



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

DIPARTIMENTO DI COSTRUZIONI E TRASPORTI

TESI DI LAUREA SPECIALISTICA

***MODELLAZIONE DEL COMPORTAMENTO
ISTERETICO DI PARETI A STRUTTURA MISTA
LEGNO-CALCESTRUZZO***

*Relatore: Dott. Ing. **ROBERTO SCOTTA***

*Correlatore: Ing. **LUCA POZZA***

*Laureando: **ROBERTO TRENTO***

ANNO ACCADEMICO 2011/2012

Ai miei nonni Ernesto e Bruna

SOMMARIO

SOMMARIO...	5
PREMESSA.....	11
CAPITOLO 1 - IL SISTEMA COSTRUTTIVO	13
1.1 - INTRODUZIONE.....	13
1.2 - CARATTERISTICHE DEL SINGOLO MODULO PARETE	14
1.2.1 - INTELAIATURA IN LEGNO.....	14
1.2.2 - PANNELLO IN OSB	15
1.2.3 - LASTRA IN CALCESTRUZZO ARMATO	16
1.2.4 - CONNESSIONE LASTRA C.A. – INTELAIATURA IN LEGNO	16
1.2.5 - COLLEGAMENTO TRA I SINGOLI MODULI PARETE	18
1.2.6 - COLLEGAMENTO ALLA FONDAZIONE.....	18
1.2.7 - COLLEGAMENTO INTERPIANO	20
1.2.8 - APPOGGIO DEL SOLAIO ALLA PARETE.....	21
1.2.9 - INTERSEZIONI DELLE PARETI.....	21
CAPITOLO 2 - LA PROVA SPERIMENTALE	23
2.1 - INTRODUZIONE.....	23
2.2 - ESECUZIONE DELLA PROVA CICLICA COMPLETA	23
2.2.1 - ALLESTIMENTO DELLA PROVA CICLICA COMPLETA	23
2.2.2 - DESCRIZIONE DELLA PARETE SOTTOPOSTA A PROVA	25
2.2.3 - STRUMENTAZIONE.....	27
2.2.4 - ESECUZIONE DELLA PROVA	28
2.3 - RISULTATI DELLA PROVA.....	29

2.3.1 - VALUTAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DI RESISTENZA E RIGIDEZZA DELLA PARETE.....	30
2.3.2 - VALUTAZIONE DEL DEGRADO DI RESISTENZA DELLA PARETE.....	33
2.3.3 - VALUTAZIONE DEL RAPPORTO DI SMORZAMENTO VISCOSO EQUIVALENTE DELLA PARETE	34
2.3.4 - CICLI ISTERETICI DELLE CONNESSIONI.....	35
2.4 - CONFRONTO CON I VALORI DI RESISTENZA VALUTATI ANALITICAMENTE	38
2.5 - CONFRONTO CON I VALORI DI RIGIDEZZA VALUTATI ANALITICAMENTE	41
 CAPITOLO 3 - MODELLAZIONE NUMERICA.....	 45
3.1 - PREMESSA.....	45
3.2 - GENERALITA' SUI CICLI ISTERETICI DELE CONNESSIONI	45
3.3 - IL MODELLO CECCOTTI.....	46
3.4 - IL MODELLO DI OPENSEES.....	47
3.5 - CONCLUSIONI.....	48
 CAPITOLO 4 - TARATURA MODELLO FEM.....	 49
4.1 - PREMESSA.....	49
4.2 - PARAMETRI DEL MODELLO.....	49
4.2.1 - DESCRIZIONE DEL MODELLO DI DANNO.....	52
4.3 - MODELLI NUMERICI DELLE CONNESSIONI.....	57
4.3.1 - FISSAGGI A TERRA: TAGLIO ALLA BASE.....	57
4.3.2 - FISSAGGI A TERRA: HOLDOWN	61
4.3.3 - GIUNTO VERTICALE TRA LE PARETI.....	65
4.3.4 - LASTRA DI CONTROVENTO	68
4.4 - CONCLUSIONI.....	71

<i>CAPITOLO 5 - VALIDAZIONE DEL MODELLO</i>	<i>73</i>
<i>5.1 - PREMESSA</i>	<i>73</i>
<i>5.2 - LA PARETE LINEARE</i>	<i>73</i>
<i>5.3 - LA PARETE TEST</i>	<i>75</i>
<i>5.4 - CONCLUSIONI.....</i>	<i>80</i>
<i>CAPITOLO 6 - MODELLAZIONE EDIFICIO A 3 PIANI.....</i>	<i>81</i>
<i>6.1 - PREMESSA</i>	<i>81</i>
<i>6.2 - CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA PARETE.....</i>	<i>81</i>
<i>6.3 - COSTRUZIONE DEL MODELLO DELLA PARETE</i>	<i>82</i>
6.3.1 - DISPOSIZIONE DEGLI ELEMENTI DI CONNESSIONE.....	83
6.3.2 - MODELLAZIONE DEL COMPORTAMENTO DELLE MOLLE.....	84
6.3.3 - DISTRIBUZIONE DELLE MASSE	85
<i>6.4 - L'ANALISI DINAMICA NON-LINEARE.....</i>	<i>85</i>
6.4.1 - NON LINEARITA' DELL'ANALISI	85
6.4.2 - MODELLO DI SMORZAMENTO ADOTTATO.....	86
6.4.3 - PASSO D'INTEGRAZIONE	87
<i>6.5 - L'ANALISI STATICA NON-LINEARE.....</i>	<i>88</i>
<i>6.6 - CONCLUSIONI.....</i>	<i>88</i>
<i>CAPITOLO 7 - DETERMINAZIONE DEL FATTORE DI STRUTTURA Q.....</i>	<i>89</i>
<i>7.1 - PREMESSA</i>	<i>89</i>
<i>7.2 - STRATEGIA PER IL CALCOLO DEL FATTORE DI STRUTTURA.....</i>	<i>90</i>
<i>7.3 - ANALISI DINAMICA NON LINEARE PER L'EDIFICIO TEST N. 1 E N. 2.</i>	<i>94</i>
<i>7.4 - DETERMINAZIONE DEL FATTORE DI STRUTTURA Q PER L'EDIFICIO TEST N.1 E N. 2.....</i>	<i>114</i>

<i>7.5 - CONCLUSIONI.....</i>	<i>115</i>
<i>CAPITOLO 8 - VALIDAZIONE DEI RISULTATI.....</i>	<i>117</i>
<i>8.1 - PREMESSA.....</i>	<i>117</i>
<i>8.2 - LA CURVA DI CAPACITA'</i>	<i>117</i>
<i>8.3 - VALUTAZIONE DEL FATTORE DI STRUTTURA Q.....</i>	<i>118</i>
<i>8.4 - CONCLUSIONI.....</i>	<i>121</i>
<i>CAPITOLO 9 - VALUTAZIONI ENERGETICHE</i>	<i>123</i>
<i>9.1 - PREMESSA.....</i>	<i>123</i>
<i>9.2 - IL BILANCIO ENERGETICO.....</i>	<i>123</i>
<i>9.3 - ANALISI ENERGETICHE SULLA PARETE.....</i>	<i>124</i>
9.3.1 - GRAFICI ALLO STATO DI QUIETE: DISSIPAZIONE DEGLI ELEMENTI DI CONNESSIONE.....	126
9.3.2 - GRAFICI NEL DOMINIO DEL TEMPO: DISSIPAZIONE PER ELEMENTO.	130
9.3.3 - GRAFICI NEL DOMINIO DEL TEMPO: DISSIPAZIONE PER LIVELLI	136
9.3.4 - GRAFICI ALLO STATO DI QUIETE: COMPARAZIONE AL VARIARE DELLE PGA.....	142
9.3.5 - GRAFICI ALLO STATO DI QUIETE: COMPARAZIONE AL VARIARE DELLA MASSA.....	147
<i>9.4 - CONCLUSIONI.....</i>	<i>150</i>
<i>CAPITOLO 10 - CONCLUSIONI</i>	<i>151</i>
<i>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</i>	<i>153</i>
<i>BIBLIOGRAFIA.....</i>	<i>155</i>
<i>INDICE DELLE FIGURE.....</i>	<i>157</i>

INDICE DELLE TABELLE.....	165
RINGRAZIAMENTI.....	167
APPENDICE A – OPENSEES	169
<i>A.1 - MODELLO SENSORE TAGLIO ALLA BASE (1-2).....</i>	<i>169</i>
<i>A.2 - MODELLO SENSORE HOLDOWN (4-5).....</i>	<i>172</i>
<i>A.3 - MODELLO SENSORE VERTICALE TRA LE PARETI (3).....</i>	<i>175</i>
<i>A.4 - MODELLO SENSORE CONTROVENTO (6-7).....</i>	<i>178</i>
<i>A.5 - PROCUNIAXIALPINCHING</i>	<i>181</i>
<i>A.6 - PROCRCYCDANS.....</i>	<i>182</i>
<i>A.7 - PROCRCYCDANSNONSYMM</i>	<i>183</i>
<i>A.8 - MODELLO PARETE TEST.....</i>	<i>184</i>
<i>A.9 - PINCH_S1.....</i>	<i>189</i>
<i>A.10 - PINCH_S3.....</i>	<i>190</i>
<i>A.11 - PINCH_S4.....</i>	<i>192</i>
<i>A.12 - PINCH_S6.....</i>	<i>193</i>
<i>A.13 - PUSH_DISPCTRL.....</i>	<i>195</i>
<i>A.14 - PUSH_PEAKPTS.....</i>	<i>196</i>
<i>A.15 - MODELLO EDIFICIO 3 PIANI.....</i>	<i>198</i>
<i>A.16 - PINCH_S11</i>	<i>225</i>
<i>A.17 - PUSH_DISPCTRL.....</i>	<i>226</i>
APPENDICE B – VISUAL BASIC.....	229
<i>B.1 - IL PROGRAMMA COMPRIMI TXT</i>	<i>229</i>
<i>B.2 - MACRO IN VISUAL BASIC PER L'EXCEL.....</i>	<i>231</i>

APPENDICE C – ELABORATI GRAFICI.....233

*APPENDICE D – RAPPORTO DI PROVA RELATIVO AI
RISULTATI DELLA PROVA CICLICA COMPLETA SU DUE
MODULI PARETE AFFIANCATI.....243*

PREMESSA

Gli edifici a struttura di legno trovano sempre più spazio e credito nell'intero mercato dell'edilizia residenziale e stanno ormai diventando una realtà anche nel nostro paese. Da un lato come conseguenza dell'aumentata sensibilità per i temi della salute e dell'ambiente da parte dell'uomo, dall'altro sulla scia degli sviluppi tecnici, i quali permettono oggi di avere soluzioni costruttive sicure e competitive, efficienti e durabili nel tempo. Non si può nascondere che il legno come materiale da costruzione viene oggi rivalutato anche per il parallelo aumento dei costi e della reperibilità dei materiali costruttivi tradizionalmente concorrenti quali l'acciaio e il calcestruzzo.

Spesso però, soprattutto in Italia, l'idea della casa di legno evoca l'immagine degli chalet di montagna, di solito interamente in legno anche nell'aspetto esteriore; questo luogo comune è probabilmente uno dei maggiori freni alla diffusione di tecnologie costruttive per l'edilizia residenziale che impiegano il legno come materiale principale. L'inserimento di una costruzione interamente in legno risulta inoltre spesso improbabile se non impossibile, soprattutto in contesti già urbanizzati ed edificati secondo i canoni consueti, quindi con finiture costituite da intonaco tinteggiato e rivestimento in mattoni.

Tra i vari sistemi costruttivi si sta recentemente diffondendo nel territorio il sistema "CoStructure", costituito da telai prefabbricati in legno controventati con lastre di calcestruzzo di piccolo spessore. Questo sistema costruttivo nasce dallo sviluppo della tipologia strutturale Platform Frame, largamente utilizzata nei paesi anglosassoni, ma si differenzia da essa essenzialmente per due aspetti:

- accoppiamento di controventatura in pannelli in OSB chiodati con lastre di calcestruzzo di piccolo spessore avvitate;
- prefabbricazione dei moduli parete e di ogni elemento costruttivo;

I pannelli prefabbricati verticali costituiscono muri portanti ed hanno il compito di controventare l'edificio oltre a quello usuale di tamponamento. Tali elementi più in generale devono anche garantire l'adeguato isolamento termico e acustico, nonché un'appropriata resistenza al fuoco. Le finiture sia esterne che interne, infine, conferiscono all'edificio l'aspetto tipico delle costruzioni urbane.

In questo elaborato di tesi ci si propone di analizzare in modo dettagliato il comportamento in ambito non lineare della struttura al fine di ricavare la sua riserva di resistenza nei confronti delle azioni sismiche. Lo studio è stato condotto mediante la realizzazione di un modello numerico ad elementi finiti capace di riprodurre il comportamento di ogni singolo elemento che compone la struttura. La taratura di quest'ultimi è stata effettuata in base ai risultati sperimentali condotti dalla ditta Polifar s.r.l..

Attraverso una serie di analisi non lineari si è studiata la capacità dissipativa della struttura andando quindi a ricavare il fattore di struttura "q" da utilizzare nella progettazione di edifici con il sistema "CoStructure". L'elaborato si concluderà con uno studio sull'energia che il sistema è in grado di dissipare per isteresi mediante le connessioni.

CAPITOLO 1 - IL SISTEMA COSTRUTTIVO

1.1 - INTRODUZIONE

Il sistema “CoStructure” come viene studiato in questo elaborato di tesi è frutto di una lunga ricerca e ottimizzazione del sistema stesso. Sono state infatti svolte molte prove sperimentali sulla parete stessa e su configurazioni differenti volte al definire un sistema il più resistente e duttile possibile. In particolare la ricerca ha riguardato la lastra di controvento in calcestruzzo che costituisce la partizione esterna dove più facilmente si instaura un meccanismo di rottura di tipo fragile.

Le prove sperimentali svolte hanno indicato come l'utilizzo di viti di grosso diametro resinare, per il collegamento della lastra in calcestruzzo, conferiscano alla parete uno spiccato comportamento incrudente mentre il riempimento con resina epossidica dello spazio tra il gambo della vite e la lastra in c.a. elimina ogni gioco e quindi garantisce una rigidità elastica elevata alla parete.

Definita la tipologia del sistema di controvento si è proceduto con uno studio di ottimizzazione di tutti i dettagli costruttivi in particolar modo per quanto riguarda i seguenti aspetti:

1. STRUTTURALI
 - a. intelaiatura in legno
 - b. viti di connessione lastra in c.a. – telaio in legno
 - c. unione dei moduli parete adiacenti
 - d. collegamento della parete alla fondazione
 - e. collegamento interpiano delle pareti
 - f. appoggio del solaio sulla parete
 - g. intersezione dei moduli parete - angoli
2. DI FISICA TECNICA
 - a. ventilazione esterna
 - b. isolamento interno

3. TECNOLOGICI

- a. produzione del modulo parete
- b. montaggio

Attraverso lo studio di ottimizzazione è stato possibile conciliare gli aspetti strutturali, di fisica tecnica e tecnologici. Nel presente capitolo si riporta la descrizione dei dettagli costruttivi più significativi per il comportamento strutturale del sistema costruttivo. I disegni esplicativi di ogni dettaglio del sistema sono riportati in Appendice C.

1.2 - CARATTERISTICHE DEL SINGOLO MODULO PARETE

Le dimensioni del modulo parete sono determinate dai vincoli di produzione delle lastre di controventamento in calcestruzzo. Si hanno tre misure della base dei moduli parete: 36cm – 72cm – 108cm mentre l'altezza è fissa e pari a 324cm. Si riporta di seguito la descrizione di ogni singola parte del modulo parete.

1.2.1 - INTELAIATURA IN LEGNO

L'intelaiatura in legno del modulo parete consta di due montanti verticali in legno lamellare GL24 con sezione pari 16x12cm. I due montanti verticali sono collegati da dei traversi orizzontali in legno massiccio C24 spessore 8cm e altezza pari 8cm per il traverso di base e 20cm per gli altri. In Figura 1.1 si riporta un dettaglio della struttura in legno del modulo parete.

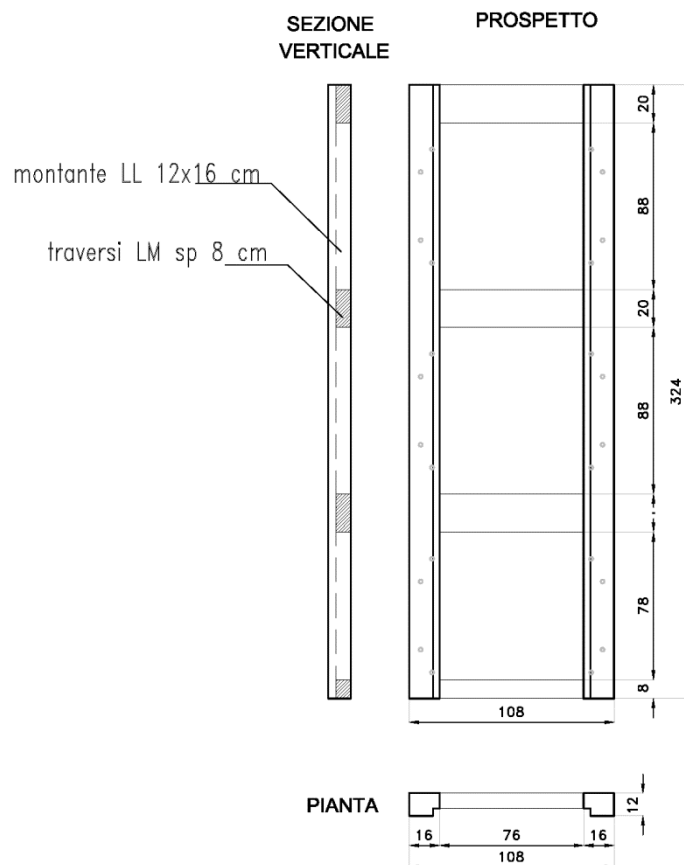


Figura 1.1 – Intelaiatura in legno del modulo parete.

Il collegamento montanti verticali-traversi viene realizzato mediante la chiodatura con cambrette del pannello in OSB e non mediante viti; in questo modo si elimina la possibilità di rottura fragile del traverso indotta dall'infissione della vite lungo la fibratura.

I montanti verticali presentano sul lato interno una fresatura di 4 x 4 cm per l'alloggiamento del pannello di OSB e per la realizzazione della camera di ventilazione esterna.

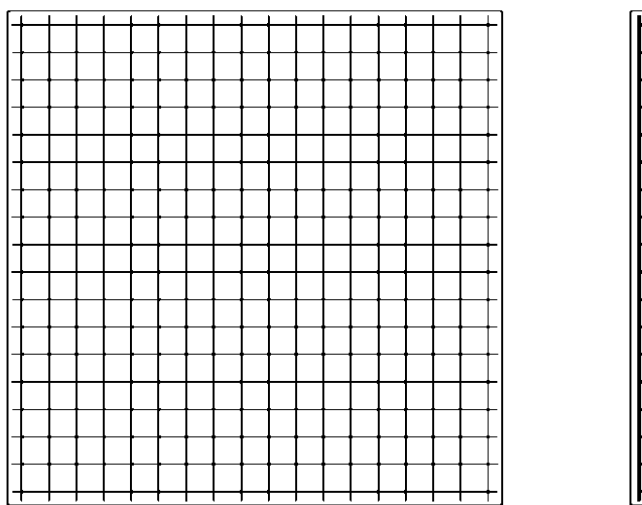
Si evidenzia che le varie larghezze del pannello parete vengono realizzate semplicemente cambiando i traversi orizzontali e non i montanti verticali.

1.2.2 - PANNELLO IN OSB

Un primo sistema di controventamento dell'intelaiatura in legno è costituito da una pannellatura di OSB dello spessore di 15mm fissata lungo tutto il perimetro mediante cambrette ai montanti verticali e ai traversi. La pannellatura viene alloggiata nella fresatura dei montanti verticali.

1.2.3 - LASTRA IN CALCESTRUZZO ARMATO

Oltre al pannello in OSB l'intelaiatura verticale è controventata da n. 3 lastre in calcestruzzo fissate ai montanti verticali e ai traversi con viti. Lo spessore della lastra è di 4cm. L'armatura è costituita da una rete elettrosaldata maglia 6cmx6cm. Le barre della rete sono lisce con diametro di 4.4mm. Per evitare fenomeni di corrosione dell'armatura la rete viene zincata a caldo. La Figura 1.2 riporta uno schema con indicata l'armatura della rete per le lastre da 108cm.



rete e.s. zincata Ø 4.5 maglia 6x6mm

Figura 1.2 – Dettaglio armatura lastra in c.a.

Le lastre vengono realizzate con calcestruzzo vibro-pressato con resistenza caratteristica pari a circa 40MPa.

1.2.4 - CONNESSIONE LASTRA C.A. – INTELAIATURA IN LEGNO

La lastra in c.a. viene fissata all'intelaiatura in legno mediante una connessione speciale costituita da una vite troncoconica inserita all'interno di una boccola in nylon come riportato nei dettagli che seguono.

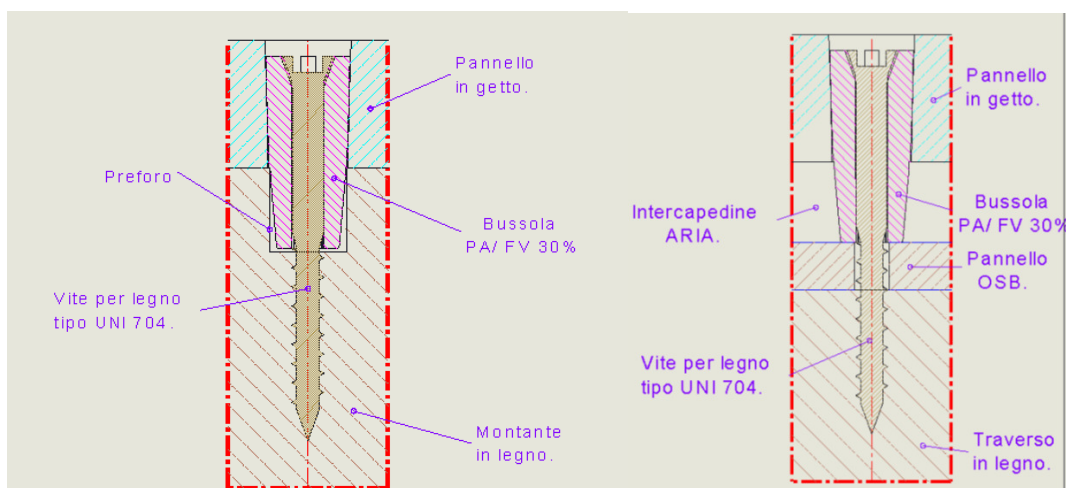


Figura 1.3 – Boccola e vite di fissaggio lastra in c.a – montanti (a sinistra); traversi (a destra)..

La vite si differenzia da un tirafondo standard essenzialmente per la forma troncoconica della parte non filettata del gambo della vite e per la presenza di una testa con inserto torx e non esagonale. In questo modo il foro sulla lastra in c.a. ha esattamente la dimensione della testa della vite senza necessità di una svasatura aggiuntiva per il passaggio della chiave di fissaggio.

La boccola ricalca esattamente la forma troncoconica della vite. È realizzata in nylon e svolge le seguenti importanti funzioni:

- a. Eliminazione gioco vite – lastra: al termine dell'avvitamento la vite contrasta sulla boccola e grazie alla forma troncoconica e alla presenza degli intagli la boccola si espande e va in perfetta aderenza con la superficie laterale del foro sulla lastra in c.a. eliminando ogni gioco senza ricorrere a sigillanti.
- b. Realizzazione di distanziatore su camera d'aria: tra la lastra di calcestruzzo e il pannello di OSB è presente la camera di ventilazione dello spessore di 2.5cm. Il fissaggio delle viti in corrispondenza dei traversi infletterebbe la lastra verso l'interno della camera d'aria provocandone la rottura. La boccola funge da distanziatore impedisce l'inflessione della lastra e garantisce un agevole fissaggio della vite.
- c. Incremento della superficie di rifollamento delle viti: in corrispondenza dei montanti verticali non è presente la camera di ventilazione e la lastra appoggia direttamente sul legno pertanto non è necessario alcun distanziatore tra lastra e struttura in legno. Mediante dei prefiori la boccola viene infissa nel legno aumentando di conseguenza la superficie di rifollamento della vite. I fori

presenti sui montanti verticali per l'alloggiamento della boccola fungono anche da dima per il corretto posizionamento della lastra in calcestruzzo.

La forma troncoconica della vite garantisce inoltre:

- Una maggior area di acciaio nella sezione critica di interfaccia lastra c.a. – legno in cui può avvenire la formazione della cerniera plastica della vite.
- Una naturale espulsione dell'acqua che entra tra boccola e vite e tra lastra e boccola in quanto si ha una svasatura del foro verso l'esterno.

1.2.5 - COLLEGAMENTO TRA I SINGOLI MODULI PARETE

I vari moduli parete sono collegati tra di loro mediante un elemento coprigiunto in legno massiccio C24, avvitato ai montanti verticali. La sezione del coprigiunto è di 8x16cm e il collegamento con i montanti verticali avviene mediante normali viti da legno 8x160 come riportato nel dettaglio che segue.

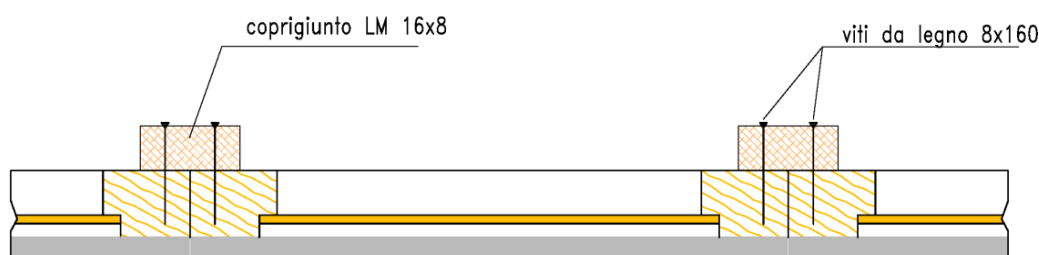


Figura 1.4 – Dettaglio coprigiunto per collegamento moduli pareti adiacenti.

Questo elemento coprigiunto oltre a collegare i due moduli parete adiacenti:

1. Funge anche da appoggio per le travi del solaio.
2. Realizza il collegamento interpiano nelle pareti parallele all'orditura del solaio.

1.2.6 - COLLEGAMENTO ALLA FONDAZIONE

Il collegamento a terra del modulo parete deve assicurare il trasferimento alla fondazione dei tiri verticali dovuti all'effetto rocking e dell'azione tagliante indotti da una azione orizzontale applicata in sommità della parete. Il trasferimento di tali azioni avviene mediante due sistemi di connessione distinti:

1. Staffe angolari tipo holdown: per contrastare i tiri verticali.
2. Fissaggi a taglio: per trasferire l'azione tagliante alla fondazione.

Staffe angolari tipo holdown: in corrispondenza dei montanti verticali della parete viene fissata una coppia di piastre angolari con chiodi tipo anker 4x60 come mostrato in Figura 1.5.

Il collegamento della staffa angolare alla fondazione è realizzato mediante barre resinare. La staffa metallica viene realizzata mediante lamiera presso-piegata in acciaio S235JR.

La connessione è progettata in modo tale che tutte le parti che possono manifestare meccanismi di rottura fragile siano sovradimensionate rispetto a quelle che manifestano meccanismi di rottura duttile. Nel caso specifico il collegamento alla fondazione con barre resinare e la sezione netta dell'angolare metallico presentano una resistenza maggiore rispetto a quella della connessione chiodata.

Fissaggi a taglio: la resistenza a taglio della parete viene conferita dal controventamento in pannelli di OSB e lastre in calcestruzzo. Ciascuno dei due contributi di resistenza deve essere trasferito alla fondazione mediante delle apposite connessioni a taglio.

- Contributo di resistenza dato dalla lastra in calcestruzzo: la lastra viene fissata direttamente al cordolo di fondazione mediante tasselli meccanici.
- Contributo di resistenza data dal pannello in OSB: il traverso inferiore dell'intelaiatura in legno (su cui è chiodato il pannello in OSB) viene fissato al cordolo di fondazione mediante tasselli meccanici.

In Figura 1.5 è riportato il dettaglio dei fissaggi a taglio della parete al cordolo di fondazione.

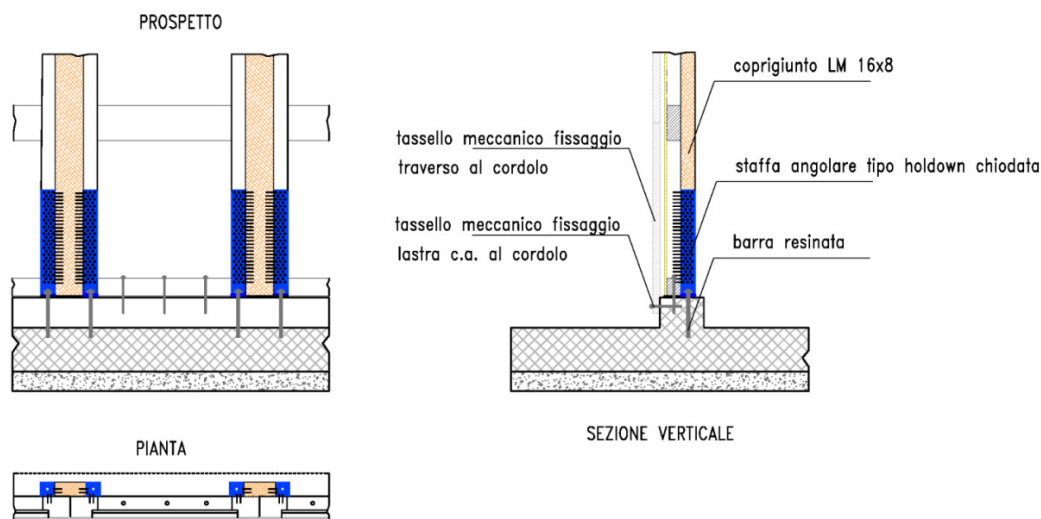


Figura 1.5 – Dettaglio fissaggi alla fondazione contro i tiri verticali e per sforzi di taglio.

Le connessioni sopra descritte trasferiscono a terra le sollecitazioni indotte sulla parete da un’azione orizzontale. I carichi gravitazionali vengono trasferiti a terra direttamente per contatto tra gli elementi lignei e la fondazione.

1.2.7 - COLLEGAMENTO INTERPIANO

Gli elementi di collegamento tra i piani devono consentire la trasmissione del taglio dalla parete posta al piano superiore alla parete posta al piano inferiore ma anche contrastare i tiri verticali che insorgono a causa dell’effetto “rocking” della parete.

Il contributo di resistenza a taglio della controventatura con lastra in c.a. viene trasmesso da un piano all’altro fissando la lastra del modulo parete superiore sul traverso di sommità del modulo parete inferiore. Il contributo di resistenza dato dal pannello in OSB chiodato viene trasferito da un piano all’altro avvitando tra loro il traverso di base della parete al piano superiore con quello di sommità del piano inferiore. In Figura 1.6 è riportato un dettaglio dei collegamenti a taglio interpiano.

I tiri verticali dovuti all’effetto rocking sono trasmessi da un piano all’altro in maniera diversa a seconda che sulla parete appoggino le travi del solaio oppure no.

Parete di appoggio del solaio: il coprigiunto in legno risulta interrotto per consentire l’appoggio del solaio. Il collegamento interpiano è garantito da un angolare metallico chiodato ai montanti verticali dei moduli parete. Questo angolare funge anche da dima per il posizionamento della trave del solaio.

Parete parallela all'orditura del solaio: in questo caso il collegamento interpiano viene realizzato direttamente dal coprigiunto continuo in legno avvitato ai montanti verticali delle pareti. Per conferire un'adeguata resistenza e capacità dissipativa viene comunque disposto un angolare metallico chiodato.

In Figura 1.6 è riportato il dettaglio delle due tipologie di collegamento interpiano.

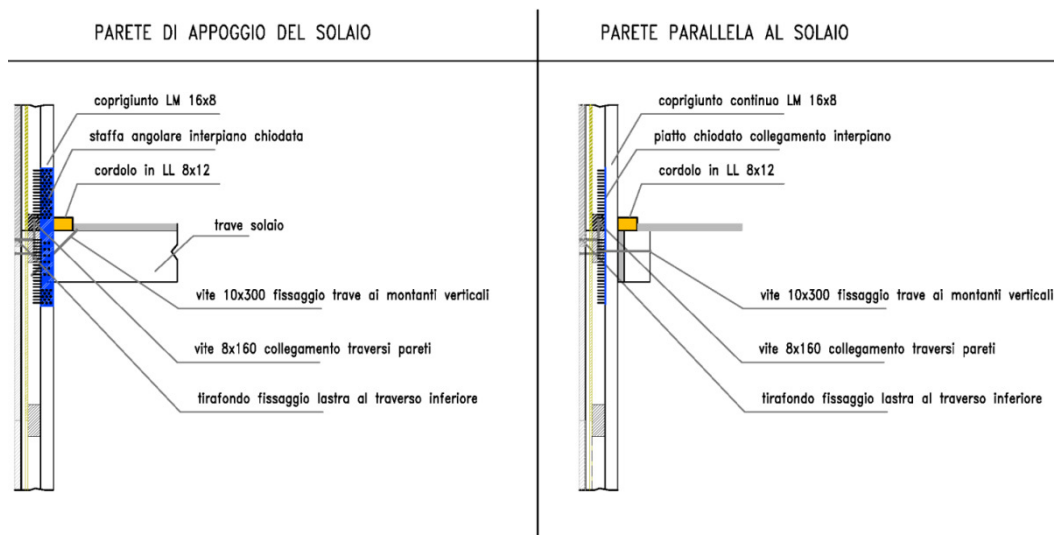


Figura 1.6 – Dettaglio collegamenti interpiano.

1.2.8 - APPOGGIO DEL SOLAIO ALLA PARETE

Le travi di legno lamellare GL24 con base di 16cm del solaio, appoggiano sugli elementi coprigiunto di sezione 8x16cm. Le travi vengono stabilizzate all'appoggio dai due angolari che contrastano i tiri verticali e sono connesse alla parete mediante una vite da legno 10x300 messa in opera inclinata di circa 45° rispetto la verticale come mostrato in Figura 1.6.

Il cordolo viene realizzato con una trave in legno lamellare di sezione 8x12cm fissata alle travi del solaio. Negli angoli è prevista una staffa di chiusura a L chiodata con chiodi anker 4x60 ai due cordoli che si incrociano.

1.2.9 - INTERSEZIONI DELLE PARETI

I moduli parete, descritti in dettaglio nei precedenti paragrafi, vengono uniti mediante i coprigiunti in modo da formare le pareti degli edifici. Nell'ambito dello studio di ottimizzazione svolto, per garantire una perfetta modularizzazione del sistema

costruttivo, sono stati sviluppati anche i dettagli di intersezione della pareti. Si riporta di seguito una breve descrizione dei dettagli tipologici.

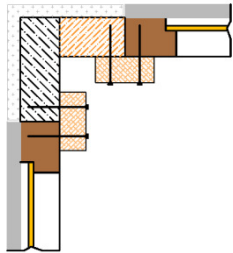
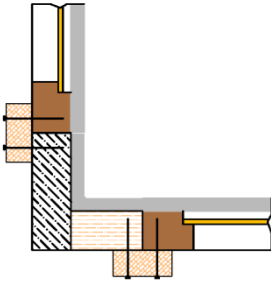
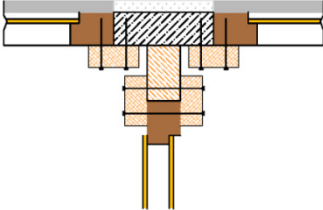
<p><u>ANGOLO ESTERNO</u>: viene realizzato un pilastro in legno lamellare GL24 con forma a L continuo dalla fondazione alla sommità dell'edificio. Il fissaggio a terra avviene con le medesime staffe angolari utilizzate per il fissaggio dei moduli parete. il collegamento dei moduli parete al pilastro d'angolo viene realizzato mediante i coprighiunti come per due moduli parete adiacenti. Il pilastro viene rivestito sul lato esterno lastre in cls di dimensioni 36cmx108cm.</p>	
<p><u>ANGOLO RIENTRANTE</u>: viene realizzato un pilastro in legno lamellare GL24 con forma a L continuo dalla fondazione alla sommità dell'edificio. Il fissaggio a terra avviene con le medesime staffe angolari utilizzate per il fissaggio dei moduli parete. Il collegamento dei moduli parete al pilastro d'angolo viene realizzato mediante i coprighiunti come per due moduli parete adiacenti. Il pilastro viene rivestito sul lato esterno lastre in cls di dimensioni 36cmx108cm.</p>	
<p><u>INTERSEZIONE A T</u>: viene realizzata mediante un pilastro a T in legno lamellare GL24 continuo dalla fondazione alla sommità dell'edificio. Il fissaggio a terra avviene con le medesime staffe angolari utilizzate per il fissaggio dei moduli parete. Il collegamento dei moduli parete al pilastro d'angolo viene realizzato mediante i coprighiunti come per due moduli parete adiacenti. La parte esterna del pilastro è rivestita con lastre in cls di dimensioni 36cmx108cm.</p>	

Tabella 1.1 – Dettagli intersezione pareti.

L'impiego di elementi speciali in corrispondenza di ogni intersezione garantisce la perfetta modularizzazione del sistema costruttivo. Si deve inoltre osservare che l'impiego di pilastri continui in corrispondenza delle intersezioni delle pareti garantisce una notevole efficienza nella posa e una robustezza complessiva all'edificio.

CAPITOLO 2 - LA PROVA SPERIMENTALE

2.1 - INTRODUZIONE

Lo studio di ottimizzazione, descritto nel precedente capitolo, ha consentito di rimuovere le inefficienze presenti nei vari dettagli costruttivi, razionalizzandoli sia dal punto di vista strutturale che della produzione e montaggio.

Ciascun elemento di connessione (attacco a terra – collegamento dei moduli parete – fissaggio del controventamento all'intelaiatura in legno) influenza la risposta della parete alle azioni orizzontali in termini di resistenza, rigidità e capacità dissipativa.

Per ottenere delle indicazioni sul comportamento complessivo di un'intera parete costituita da più moduli affiancati e connessa alla fondazione è stata eseguita una prova ciclica completa su due moduli parete affiancati. Le modalità di esecuzione della prova e i risultati ottenuti sono riportati nel presente capitolo.

2.2 - ESECUZIONE DELLA PROVA CICLICA COMPLETA

Per ottenere informazioni sulla rigidità, resistenza, duttilità e capacità dissipativa del sistema costruttivo è stata eseguita una prova ciclica completa secondo il protocollo di prova riportato nella EN 12512. La prova è stata progettata basandosi sui risultati delle prove preliminari in particolare per la definizione dello spostamento di snervamento della parete. La geometria dei moduli parete e i sistemi di connessione impiegati sono quelli descritti al capitolo 1.

2.2.1 - ALLESTIMENTO DELLA PROVA CICLICA COMPLETA

Per l'esecuzione delle prove si è utilizzato un apposito telaio di contrasto in acciaio per l'applicazione delle spinte orizzontali in sommità della parete. Per riprodurre fedelmente le condizioni di attacco a terra della parete alla fondazione e il cordolo di base in calcestruzzo armato su cui viene fissata la parete sono stati realizzati in opera con le stesse modalità e caratteristiche previste per la costruzione.

L'applicazione della spinta orizzontale ciclica in sommità alla parete è avvenuta mediante una coppia di martinetti idraulici a doppia azione collegati ad una cella di carico.

Per la stabilizzazione laterale della parete si è utilizzato un pattino metallico che manteneva verticale la parete evitando fenomeni di torsione durante l'applicazione del carico.

Per riprodurre le condizioni di carico di una parete di un edificio residenziale posta al piano terra e soggetta al peso dei solai e delle pareti sovrastanti è stato studiato un sistema di funi in acciaio con rinvio per applicazione del carico verticale in corrispondenza dei montanti della parete. L'applicazione della forza avveniva mediante un sistema di cavi fissati alla fondazione che abbracciano il montante verticale. I cavi erano messi in tensione da un martinetto e per mantenere pressoché invariata l'entità del carico applicato, indipendentemente dai sollevamenti della parete, è stata collegata in serie al martinetto una molla con costante elastica bassa ($K_{molla} = 0.7kN/mm$) ed elevata capacità di allungamento. In questo modo i sollevamenti della parete sono stati compensati dagli allungamenti della molla a cui corrispondono piccole variazioni del carico applicato. Il carico P applicato in corrispondenza di ogni montante risulta di $P=14.7kN$. Complessivamente sulla parete gravava un carico di $14.7 \times 3 = 44.1kN$.

In Figura 2.1 viene riportato uno schema grafico dell'allestimento della prova mentre le foto di Figura 2.2 mostrano la parete montata prima dell'inizio della prova.

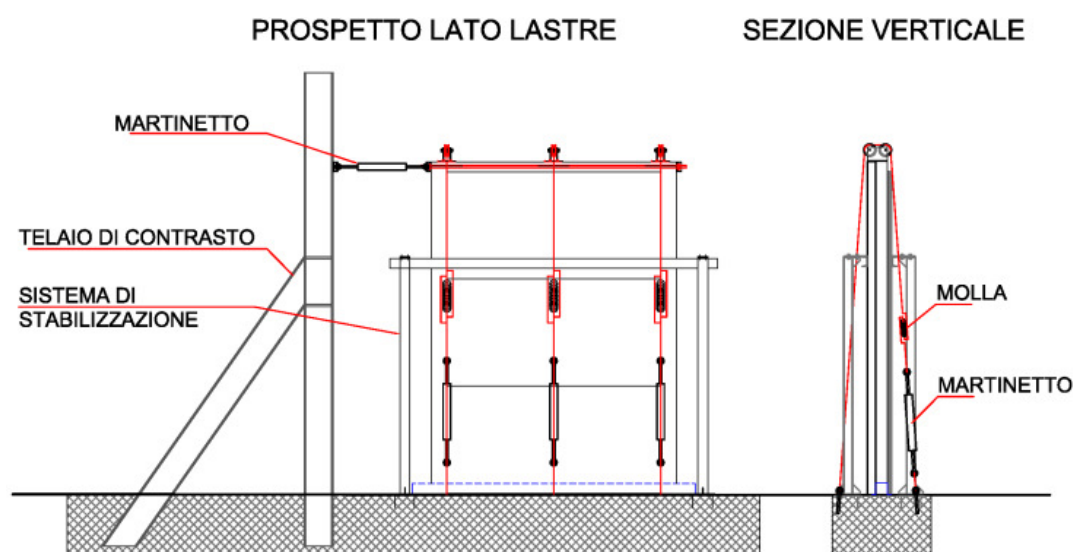


Figura 2.1 - Allestimento della prova – prospetto e sezione verticale.



Figura 2.2 - Allestimento della prova: lato esterno (in alto), lato interno (in basso).

2.2.2 - DESCRIZIONE DELLA PARETE SOTTOPOSTA A PROVA

La parete testata aveva dimensioni di 216cm di base per 324cm di altezza. Si componeva quindi di n. 2 moduli parete di larghezza 108cm affiancati. La parete è stata messa in opera al di sopra del cordolo di fondazione e fissata alla fondazione mediante le seguenti connessioni:

- Montanti di estremità collegati a terra con una coppia di angolari metallici sp. 3mm fissati alla parete con n.48 chiodi 4x60 e con tirafondo chimico d=24mm alla fondazione. In corrispondenza dei montanti intermedi, coppia di angolari metallici sp. 3mm fissati con n.28 chiodi 4x60 alla parete e con tirafondo chimico d=16mm alla fondazione.

- Trasverso inferiore della parete fissato al cordolo in calcestruzzo con n.3 viti autofilettanti per calcestruzzo con diametro di 10mm, lunghezza di infissione nel cls di 5cm.
- Lastra in calcestruzzo inferiore fissata al cordolo in calcestruzzo con n.3 viti autofilettanti per calcestruzzo con diametro di 10mm, lunghezza di infissione nel cls di 8cm.
- Lastre in calcestruzzo fissate ciascuna al telaio in legno con tirafondi cl.8.8 d=10mm rispettivamente con n.2 tirafondi sui lati in corrispondenza del trasverso e n.4 sui lati in dei montanti verticali.
- Pannelli in OSB chiodati lungo il perimetro con cambrette realizzate con filo di sezione 1.2mm per 1.59mm, lunghezza 60mm, larghezza testa 12mm. Le cambrette sono state messe in opera con un angolo di inclinazione rispetto alla fibratura maggiore di 30° e con passo pari a 4cm.
- Moduli parete uniti mediante elemento coprigiunto in legno massiccio C24 di sezione 8x16cm fissato con n.14 viti da legno 8x160 lungo ogni montante verticale.

La Figura 2.3 riporta i dettagli dei sistemi di connessione impiegati.

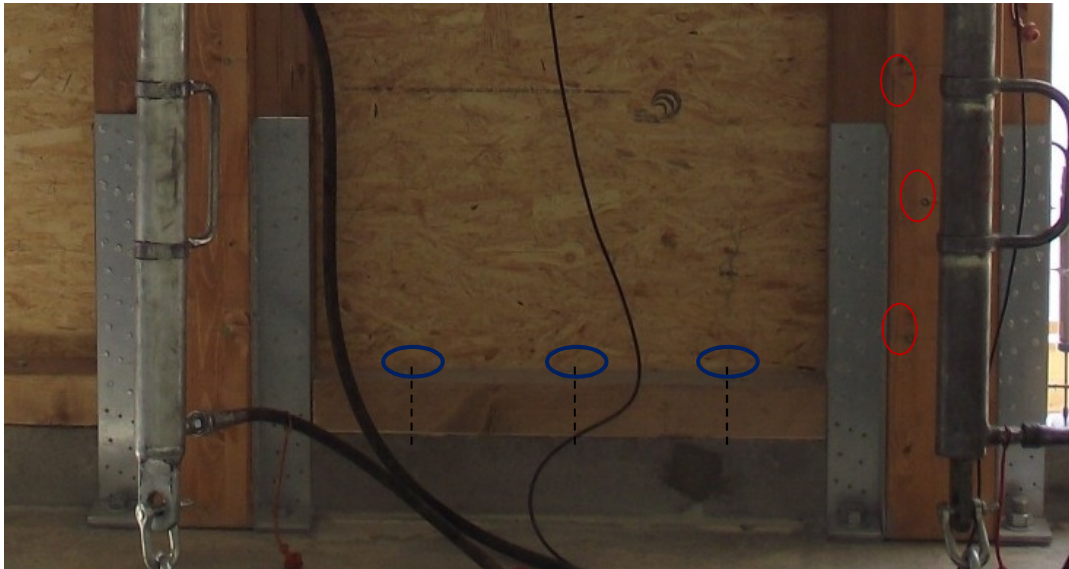


Figura 2.3 - Elementi di connessione a terra e tra i moduli parete – lato interno

2.2.3 - STRUMENTAZIONE

La parete è stata attrezzata con n.6 sensori di misura con precisione del centesimo di millimetro. In Figura 2.4 è riportata la disposizione dei sensori di misurazione. In particolare:

- Sensori n. 1 e n. 2 con corsa di $\pm 5\text{cm}$ per rilevare lo scorrimento relativo tra la parete e il cordolo di fondazione.
- Sensore n. 3 con corsa di $\pm 5\text{cm}$ per rilevare lo scorrimento relativo tra i due moduli parete.
- Sensori n. 4 e n. 5 con corsa di $\pm 5\text{cm}$ per rilevare il sollevamento della parete dal piano della fondazione.
- Sensori n. 6 e n. 7: corsa di $\pm 10\text{cm}$ per rilevare lo spostamento orizzontale in sommità.

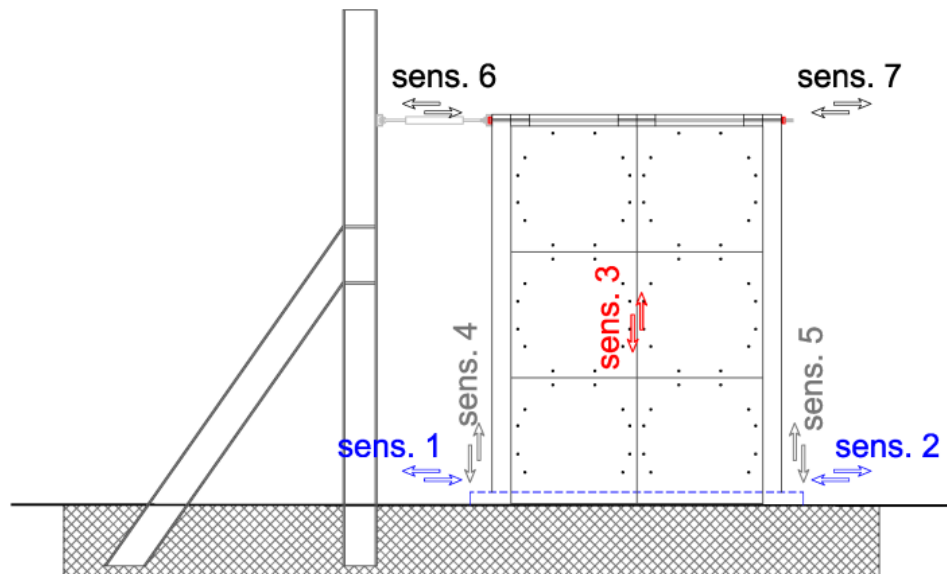


Figura 2.4 - Disposizione dei sensori di misurazione.

Le letture degli spostamenti sono state effettuate in continuo per tutta la durata della prova con intervallo di misurazione di 10sec. In Figura 2.5 si riportano foto di dettaglio di alcuni dei sensori di misura disposti.

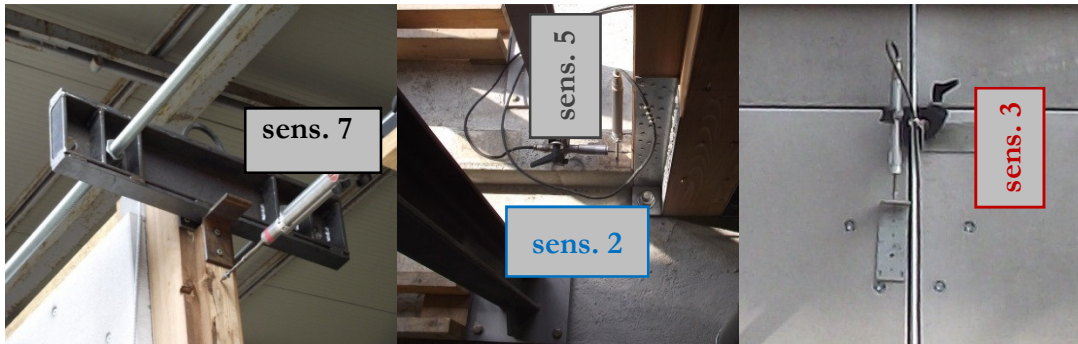


Figura 2.5 - Dettaglio dei sensori di misura degli spostamenti.

2.2.4 - ESECUZIONE DELLA PROVA

La prova è stata condotta nel rispetto del protocollo di prova ciclica completa riportato in (EN12512, 2005).

Per la stima del valore dello spostamento di snervamento si è fatto riferimento ai risultati ottenuti da alcune prove preliminari di tipo monotono e ciclico effettuate sul singolo modulo parete. Attraverso tali prove si è stimato lo spostamento di snervamento della parete in 24mm.

Definito il valore dello spostamento di snervamento è stata progettata la prova ciclica completa individuando l'ampiezza dei cicli di carico e scarico. La velocità di carico adottata è pari a 0.2 mm/s.

Nell'esecuzione della prova i cicli di ampiezza pari a 3 e 4 volte lo spostamento di snervamento V_y sono stati eseguiti solamente in tiro poiché in spinta, già per i cicli di ampiezza 2 volte lo spostamento di snervamento, si erano manifestati effetti torcenti che causavano un'instabilizzazione laterale della parete. Il diagramma ciclico tempo spostamento seguito nella prova è riportato in Figura 2.6.

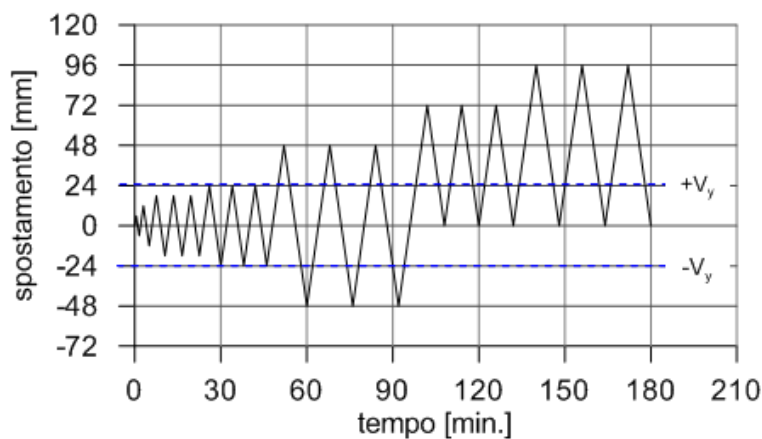


Figura 2.6 - Cicli spostamento tempo della prova

Secondo questo schema di carico ciclico la parete veniva testata sino ad uno spostamento massimo di 96mm che coincideva con la massima corsa disponibile del pistone.

2.3 - RISULTATI DELLA PROVA

I dati numerici della prova sperimentale forniti da 4EMME sono riportati in Appendice D.

Il risultato principale della prova è il diagramma di isteresi della parete sotto carico ciclico in Figura 2.7, ottenuto plottando gli spostamenti in sommità della parete e il corrispondente carico applicato.

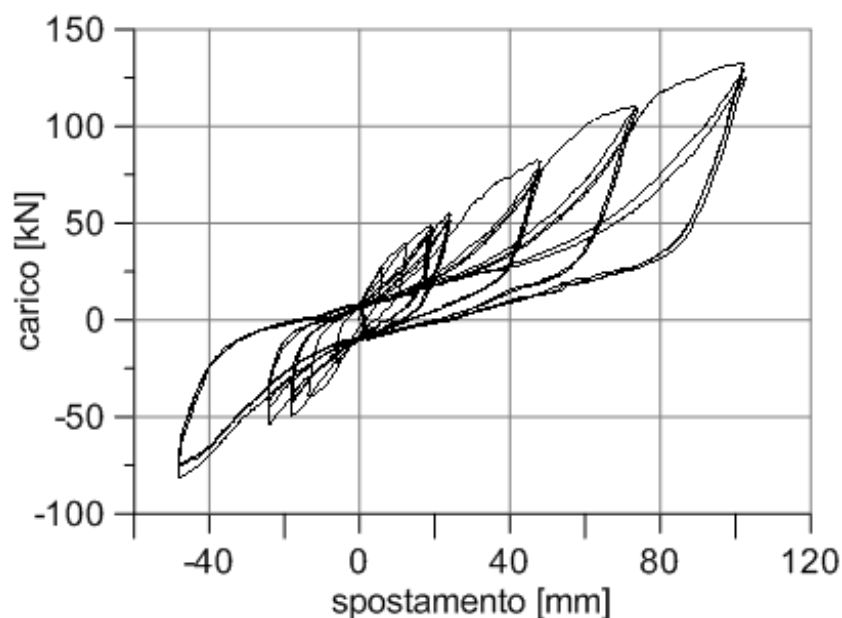


Figura 2.7 - Ciclo carico - spostamento in sommità della parete testata

Il ciclo isteretico della parete presenta la tipica forma a fiocco delle connessioni legno-legno e legno-acciaio realizzate con connettori metallici di piccolo diametro. La parete inoltre mostra un marcato comportamento incrudente senza cadute di resistenza dovute a rotture fragili delle lastre in calcestruzzo. Va osservato che non è stato possibile portare a rottura la parete in quanto la corsa dei martinetti è stata esaurita prima. Dall'esame visivo della parete soggetta al massimo carico non si sono rilevate fessurazioni delle lastre in c.a. nemmeno nell'intorno delle viti che connettono la lastra al telaio in legno. Gli scorrimenti delle connessioni alla fondazione risultano modesti, non si sono manifestate rotture o fenomeni di estrazione dei chiodi o di rottura fragile

del legno. In Figura 2.8 si riporta una foto della parete e delle connessioni in condizioni ultime.



Figura 2.8 - Condizioni di rottura della parete - vista complessiva (a sinistra), dettaglio scorrimento delle lastre (in alto a destra), dettaglio deformazione piastra di base tipo holdown (in basso a destra).

In accordo con (EN12512, 2005) dall'analisi dei cicli isteretici è possibile ricavare le seguenti grandezze:

- I valori degli spostamenti di snervamento V_y e in condizioni ultime V_u con i rispettivi valori delle forze F_y e F_u . Definiti gli spostamenti si è ricavato il livello massimo di duttilità raggiunto come rapporto tra lo spostamento massimo e quello di snervamento.
- La diminuzione della resistenza per ognuna delle tre serie di cicli e per ogni livello di duttilità considerato nella prova.
- Il rapporto di smorzamento ad ogni livello di duttilità considerato nella prova valutato sulla forma dal terzo ciclo di ogni step di carico.

2.3.1 - VALUTAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DI RESISTENZA E RIGIDEZZA DELLA PARETE.

Per definire lo snervamento della parete si devono individuare le pendenze del tratto elastico e incrudente della bilatera che approssima la curva di carico monotono della parete. La curva di carico monotono della parete è stata ottenuta utilizzando il

legame forza spostamento di tipo esponenziale proposto da (Foliente et al., 1993) e riportato nell'espressione seguente.

$$F = (r_1 k_0 \cdot x + F_0) \cdot \left(1 - e^{-\frac{k_0 x}{F_0}}\right) \quad (2.1)$$

dove:

F è il valore della forza;

x è lo spostamento;

k_0 è la rigidezza iniziale;

$r_1 k_0$ è la pendenza del ramo incrudente;

F_0 è l'intercetta con l'asse delle ordinate del ramo incrudente;

La pendenza β del tratto incrudente della bilatera corrisponde alla pendenza $r_1 k_0$ del ramo incrudente della curva di involucro. La pendenza elastica α invece è stata definita uguagliando le aree $A_{interna}$ e $A_{esterna}$ comprese tra la bilatera e la curva di involucro. In Figura 2.9 sono riportate la curva di involucro e la bilatera di compenso.

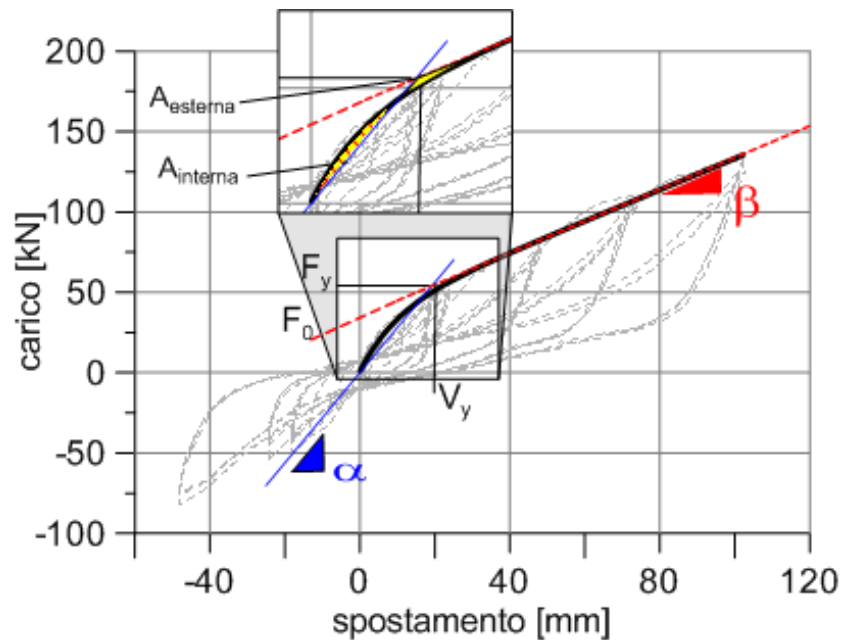


Figura 2.9 - Curva monotona di involucro dei cicli e bilatera.

L'utilizzo di una espressione analitica per la curva di involucro consente di definire le aree di compenso $A_{interna}$ e $A_{esterna}$ in maniera analitica mediante i seguenti integrali in cui con $\chi (V_y, F_y)$ si è indicata l'intersezione tra la retta elastica e quella incrudente.

$$A_{\text{interna}} = \int_0^{\lambda} [(r_1 k_0 x + F_0) (1 - e^{-\frac{k_0 x}{F_0}}) - \alpha x] dx \quad (2.2)$$

$$A_{\text{interna}} = \int_0^{\lambda} [(r_1 k_0 x + F_0) (1 - e^{-\frac{k_0 x}{F_0}}) - \alpha x] dx \quad (2.3)$$

Ponendo l'uguaglianza degli integrali si ottiene la pendenza elastica:

$$\alpha = \frac{k_0^2}{2(k_0 + r_1 k_0)} + r_1 k_0 \quad (2.4)$$

L'intersezione tra la retta elastica e il ramo incrudente definisce lo snervamento della parete in termini di forza e spostamento.

In (EN12512, 2005) sono riportati i criteri per definire il carico ultimo del sistema e il relativo valore dello spostamento ultimo. Dal diagramma forza–spostamento di Figura 2.7 si evince che la parete non presenta un decadimento della resistenza o un ramo softening che indichi la rottura della parete. La prova infatti è stata interrotta per aver terminato la corsa del martinetto senza aver portato a rottura la parete. Pertanto i valori dello spostamento e della resistenza ultima della parete sono stati cautelativamente assunti pari alla massima forza e al massimo spostamento registrati nell'ultimo ciclo di carico.

In Tabella 2.1 sono riepilogate le caratteristiche di rigidità e resistenza della parete.

Grandezza	Simbolo	Valore
Forza massima	F _{max}	135.7 kN
Spostamento ultimo	V _u	102.3 mm
Pendenza tratto elastico	α	3.3 kN/mm
Pendenza tratto incrudente	β	1.0 kN/mm
Forza di snervamento	F _y	47.2 kN
Spostamento di snervamento	V _y	14.2mm
Duttilità	μ = V _u /V _y	7.2

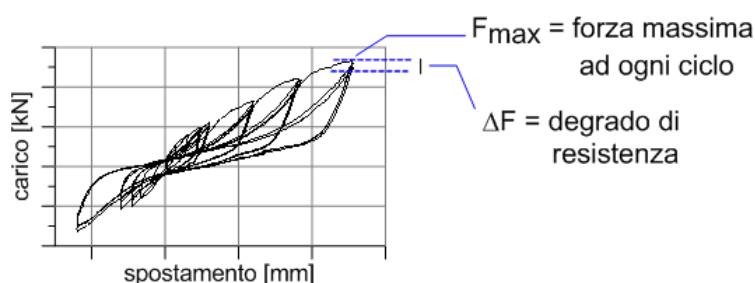
Tabella 2.1 - Valori di resistenza e rigidità della parete.

Si rileva che lo spostamento di snervamento ottenuto (14.2mm) si differenzia molto da quello stimato e utilizzato per progettare la prova (24mm) in quanto nelle prove preliminari sulla parete l'attacco a terra risultava molto più deformabile con conseguente aumento dello spostamento in sommità per effetto rocking.

2.3.2 - VALUTAZIONE DEL DEGRADO DI RESISTENZA DELLA PARETE

Un altro parametro importante per caratterizzare il comportamento sotto carichi ciclici della parete è il degrado della resistenza per cicli ripetuti. La Tabella 2.2 riporta i valori del degrado di resistenza rilevati. La parete mostra degradi di resistenza molto contenuti e sempre inferiori al 10% del massimo carico relativo al ciclo in esame.

Diversamente da quanto visto per il degrado di resistenza, la riduzione di rigidezza dovuta al rifollamento del legno e alla formazione del gioco nelle connessioni, che si ha all'aumentare dell'ampiezza del ciclo, risulta rilevante. Questo aspetto evidenzia uno spiccato comportamento di pinching che comporta una riduzione della capacità dissipativa della parete all'aumentare dell'ampiezza del carico. Questo fenomeno è confermato anche dai valori decrescenti dello smorzamento viscoso equivalente.



Ampiezza ciclo	Forza massima [kN]	Degrado di resistenza [kN]	Degrado di resistenza [%]
18 mm	1°	48.50	-
	2°	47.38	1.02
	3°	42.52	4.86
24 mm	1°	54.79	-
	2°	54.44	2.35
	3°	52.20	2.59

48 mm	1°	82.15	-	-
	2°	78.01	4.14	5.0%
	3°	76.68	5.47	6.7%
72 mm	1°	110.15	-	-
	2°	109.1	1.05	1.0%
	3°	102.5	7.65	14.4%
96 mm	1°	132.62	-	-
	2°	129.2	3.42	2.6%
	3°	125.2	7.42	5.6%

Tabella 2.2 - Valori del degrado di resistenza per cicli ripetuti di uguale ampiezza.

2.3.3 - VALUTAZIONE DEL RAPPORTO DI SMORZAMENTO VISCOSO EQUIVALENTE DELLA PARETE

In una prova ciclica è possibile calcolare il valore dello smorzamento viscoso equivalente v_{eq} , parametro adimensionale che esprime le proprietà di smorzamento isteretico dell'elemento strutturale definito dalla seguente espressione:

$$v_{eq} = \frac{E_d}{2 \cdot \pi \cdot E_p} \quad (2.5)$$

dove:

E_d = energia dissipata in metà ciclo per effetto delle deformazioni plastiche.

E_p = energia potenziale disponibile (quella assorbita dal sistema).

I valori di energia che compaiono nella formula corrispondono alle aree tratteggiate in Figura 2.10. Tale valore è stato valutato con riferimento al terzo ciclo di carico ripetuto ottenendo i valori di smorzamento isteretico riportati in Tabella 2.3.

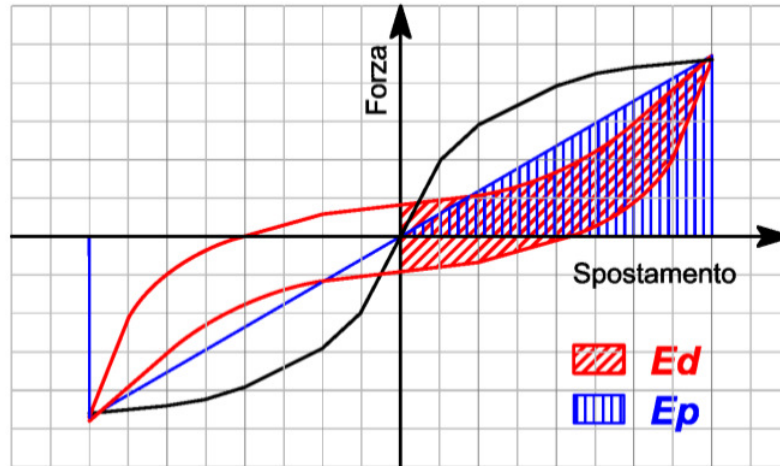


Figura 2.10 - Indicazione delle aree corrispondenti all'energia potenziale E_p e all'energia dissipata E_d .

Ampiezza ciclo [mm]	E_p [kJ]	E_d [kJ]	ν_{eq}
18	328.2	387.0	13.5%
24	435.4	624.0	11.1%
48	899.3	1824.0	7.85%
72	1512.2	3672.0	6.55%
96	2335.6	6000.0	6.20%

Tabella 2.3 - Valori dello smorzamento isteretico equivalente.

Si osserva che all'aumentare dell'ampiezza del ciclo si riducono i valori dello smorzamento viscoso equivalente. Il rapporto tra lo smorzamento viscoso equivalente del ciclo con ampiezza 18mm e quello con ampiezza 96mm è pari a 2,2. Questo aspetto indica che per la parete in esame il fenomeno del pinching è molto rilevante, pertanto si assiste ad una diminuzione della capacità dissipativa della parete all'aumentare dall'ampiezza dei cicli di carico.

2.3.4 - CICLI ISTERETICI DELLE CONNESSIONI

Utilizzando i valori degli spostamenti rilevati dai sensori 1 e 2 dal sensore 3 e si sono ricavati i cicli isteretici relativi allo spostamento alla base e allo scorrimento tra i due moduli parete riportati rispettivamente in Figura 2.11 e Figura 2.12. Anche i cicli isteretici di queste connessioni presentano la tipica forma a fiocco con modesti degni di resistenza per cicli ripetuti.

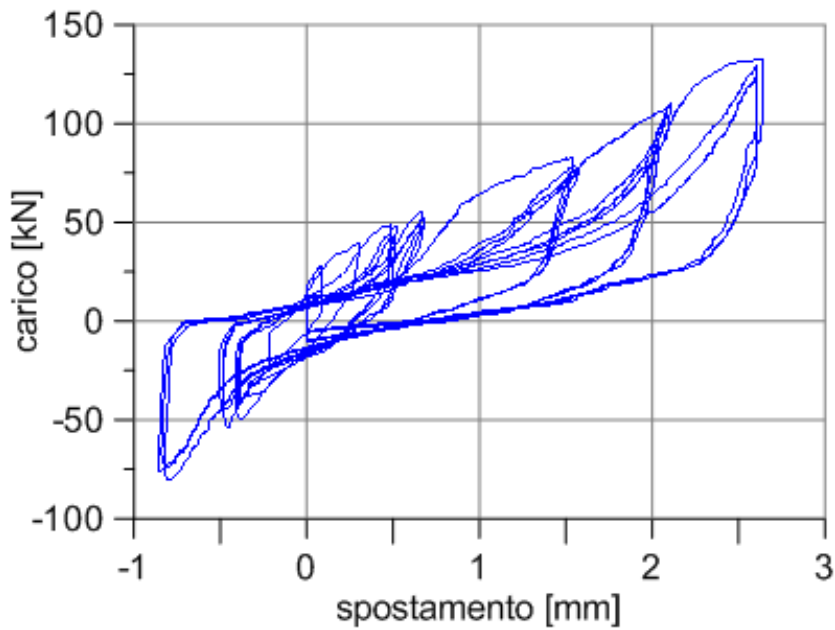


Figura 2.11 - Ciclo isteretico delle connessioni a taglio di collegamento con la fondazione.

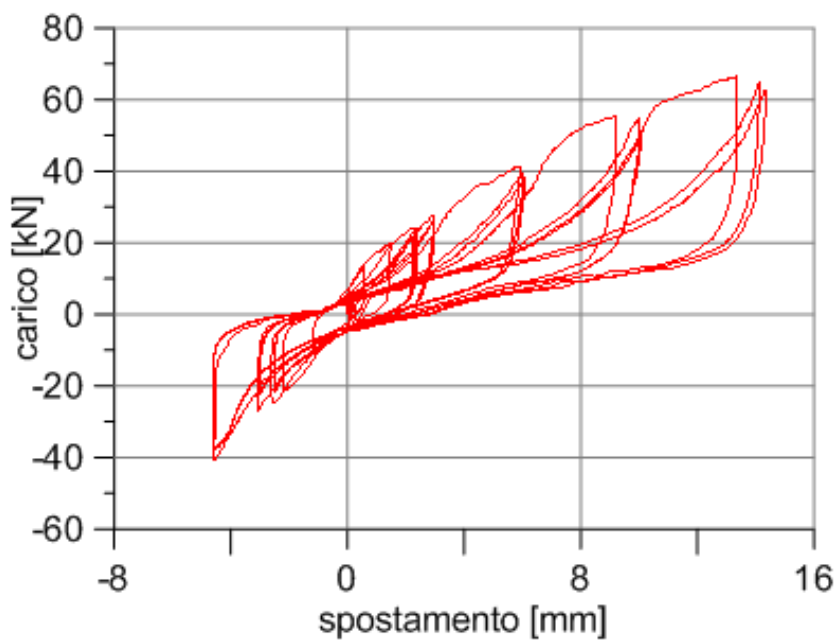


Figura 2.12 - Ciclo isteretico delle connessioni a taglio tra i moduli parete.

I sensori 4 e 5 misurano i sollevamenti della parete dalla fondazione. Confrontando gli spostamenti dei sensori 4 e 5 con quelli del sensore 3 si osserva che valori registrati in un dato istante dello scorrimento relativo tra i due moduli parete corrisponde al massimo sollevamento registrato dai sensori 4 o 5. Questo evidenzia che la deformata totale della parete è data da una deformata di tipo tagliante e un effetto rocking che però è limitato al singolo modulo parete e non all'intera parete assemblata. La Figura 2.13 riporta la schematizzazione della deformata della parete.

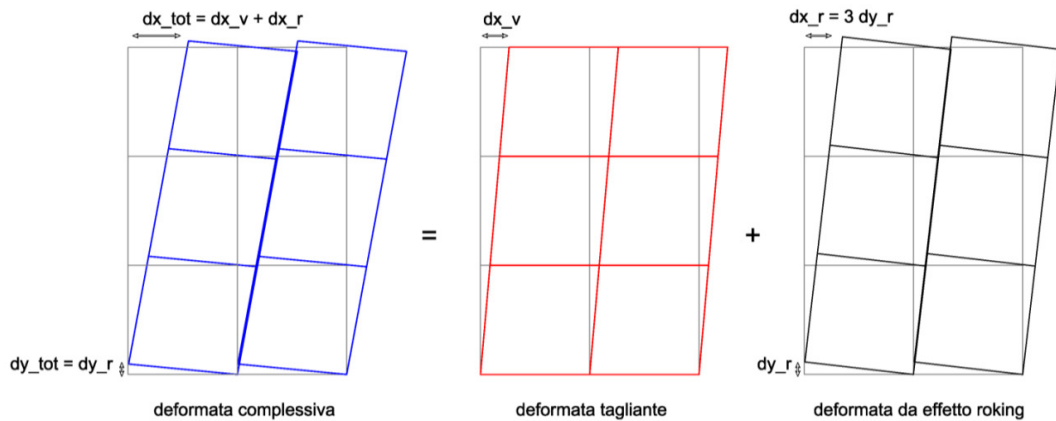


Figura 2.13 - Schematizzazione della deformata della parete.

L'effetto rocking porta al sollevamento e schiacciamento degli holddown pertanto è possibile ricavare, mediante semplici relazioni di equilibrio alla rotazione del singolo modulo parete, la forza agente sulle connessioni tipo holddown poste alla base. Il calcolo della forza sulla connessione tiene conto anche dell'applicazione del carico verticale P. In Figura 2.14 viene riportata il ciclo isteretico della connessione a terra tipo holddown.

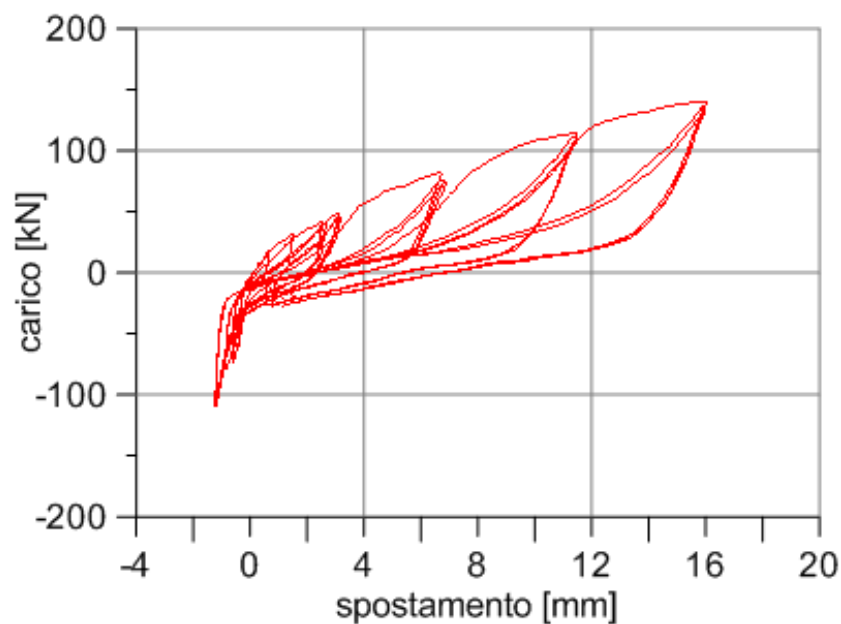


Figura 2.14 - Ciclo isteretico della connessione a terra tipo holddown.

Si osserva che, a differenza dei cicli isteretici delle altre connessioni, quelli relativi agli holddown sono asimmetrici. Questo è dovuto alla natura della connessione che sotto sforzi di trazione funziona mediante il rifollamento dei chiodi, presentando quindi il tipico diagramma a fiocco, mentre per sforzi di compressione funziona per schiacciamento del montante verticale presentando un comportamento pressoché elastico e molto rigido.

2.4 - CONFRONTO CON I VALORI DI RESISTENZA VALUTATI ANALITICAMENTE

La prova sperimentale condotta ha consentito di determinare i valori di resistenza della parete. Tali valori possono essere ricavati anche in maniera analitica utilizzando le formulazioni riportate nelle normative per il calcolo delle strutture in legno (EC5, 2009).

La resistenza a taglio della parete è somma della resistenza fornita dal controventamento con pannello in OSB chiodato con cambrette e della resistenza fornita dalle lastre in c.a. fissate con viti all'intelaiatura in legno.

Il calcolo del contributo di resistenza fornito dalla chiodatura con cambrette è determinato in accordo con le formulazioni riportate in (EC5, 2009). I parametri significativi per il calcolo della resistenza sono riportati in Tabella 2.4.

CARATTERISTICHE CAMBRETTE			
d_1	1.35	mm	Larghezza filo
d_2	1.59	mm	Spessore filo
d_{eq}	1.7	mm	Diametro equivalente
b	12	mm	Larghezza testa
L	60	mm	Lunghezza
θ	min 30	°	Inclinazione cambretta
α	0	°	Direzione forza rispetto fibratura
f_u	800	MPa	Resistenza a trazione filo
M_k	886.8	Nmm	Momento plastico di ogni gambo
$F_{ax,Rk}$	95.1	N	Resistenza caratt. all'estrazione
CARATTERISTICHE LEGNO E PANNELLO OSB			
ρ_k	350	kg/m ³	Densità caratteristica legno
t_{OSB}	15	mm	Spessore pannello OSB
$f_{h,1,k}$	59.94	MPa	Resistenza caratt. a rifollamento OSB
$f_{h,2,k}$	24.68	MPa	Resistenza caratt. a rifollamento legno
β	0.41	-	Rapporto tra le resistenze a rifollamento

RESISTENZA SINGOLA CAMBRETTE			
R_{k_III}	368.2	N	Resistenza caratt. minima gambo cambretta modo di rottura III
ΔR_k	23.8	N	Resistenza aggiuntiva gambo cambretta per effetto cordata
R_k	0.78	kN	Resistenza caratt. cambretta
RESISTENZA MODULO PARETE – CONTRIBUTO OSB			
i	40	mm	Interasse cambrette lungo il lato
n	25	-	N. cambrette per lato
R_{k_OSB}	19.5	kN	Resistenza caratt. modulo parete

Tabella 2.4 - Calcolo della resistenza del controventamento in OSB chiodato con cambrette.

Per il calcolo del contributo di resistenza fornito dal controventamento con lastra in c.a. si è fatto riferimento allo schema resistente riportato in Figura 2.15. Essendo diverso il numero di viti tra i lati della lastra fissati ai traversi orizzontali e quelli fissati al montante verticale sono stati individuati due meccanismi resistenti: il primo prevede una distribuzione delle forze costante lungo il perimetro della lastra mentre il secondo considera il meccanismo a puntone e tirante che si forma grazie alle due viti aggiuntive sui montanti verticali.

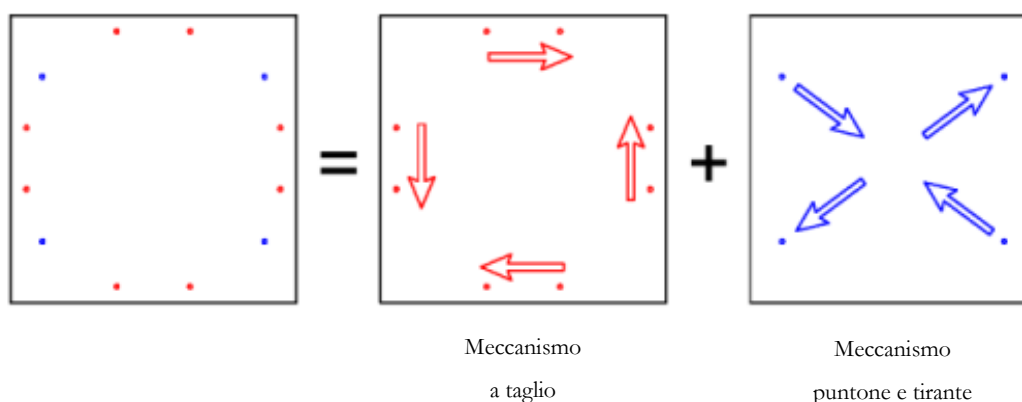


Figura 2.15 - Schema dei meccanismi resistenti.

Per determinare la resistenza della singola vite di connessione si è fatto riferimento alle formulazione per spinotti in quanto il diametro della vite risulta maggiore di 6mm. Il calcolo della resistenza data dai due meccanismi resistenti è riportato in Tabella 2.5.

CARATTERISTICHE VITE DI COLLEGAMENTO			
d	10	mm	Diametro vite
L	120	mm	Lunghezza vite
α	0	°	Direzione forza rispetto fibratura
f_u	800	MPa	Resistenza a trazione vite
CARATTERISTICHE LEGNO E LASTRA DI CALCESTRUZZO			
ρ_k	350	kg/m ³	Densità caratteristica legno
t_{LASTRA}	40	mm	Spessore lastra c.a.
$f_{h,k}$	25.83	MPa	Resistenza caratt. a rifollamento
RESISTENZA MECCANISMO A TAGLIO			
α	0	°	Direzione forza rispetto fibratura
$R_{k_III d}$	10.2	kN	Resistenza caratt. minima connessione – modo di rottura 3d
n_{ef}	0.87	-	numero efficace
n	2	-	n. viti per lato
R_{k_taglio}	17.7	kN	Resistenza caratt. modulo parete per meccanismo resistente a taglio
RESISTENZA MECCANISMO PUNTONE - TIRANTE			
α	52	°	Direzione forza rispetto fibratura
R_{k_III}	8.8	kN	Resistenza caratt. minima connessione – modo di rottura 3d
$R_{k_punt.-tir.}$	13.9	kN	Resistenza caratt. modulo parete per meccanismo puntone tirante
RESISTENZA MODULO PARETE – CONTRIBUTO LASTRA			
R_{k_LASTRA}	31.6	kN	Resistenza caratt. modulo parete

Tabella 2.5 - Calcolo della resistenza del controventamento in OSB chiodato con cambrette.

Trattandosi di azioni di breve durata, per il calcolo della resistenza a taglio della parete è stato utilizzato un coefficiente di durata del carico K_{mod} pari a 1.1 come indicato da (EC5, 2009). Il coefficiente di sicurezza γ_M adottato è unitario essendo il calcolo riferito ad una azione di tipo eccezionale quale il sisma.

La resistenza complessiva del singolo modulo parete è pari alla somma dei contributi di resistenza dei sistemi di controventamento:

$$R_{modulo} = \frac{K_{mod}}{\gamma_M} \cdot (R_{OSB} + R_{lastra\ c.a.}) = 56.2kN \quad (2.6)$$

Essendo la parete testata composta da due moduli la resistenza complessiva risulta il doppio della resistenza del singolo modulo e pari a 112.4kN. La resistenza calcolata analiticamente risulta di poco inferiore alla resistenza massima della parete ottenuta con le prove sperimentali. Questo conferma che i meccanismi resistenti ipotizzati schematizzano con buona precisione il comportamento della parete e quindi la sua resistenza.

2.5 - CONFRONTO CON I VALORI DI RIGIDEZZA VALUTATI ANALITICAMENTE

La deformazione complessiva della parete può essere scomposta, in accordo con la schematizzazione di Figura 2.13, in due contributi: il primo è dato dalla deformazione tagliante della parete mentre il secondo è dato dalla rotazione rigida dei singoli pannelli parete. Depurando i valori dello spostamento complessivo, misurato in sommità della parete, dall'effetto rocking, dovuto al sollevamento degli holdown, è possibile individuare gli spostamenti dovuti alla solo contributo di deformazione a taglio della parete. Questo contributo di deformazione è imputabile al solo sistema di controventamento in pannelli di OSB e lastra in c.a.. In Figura 2.16 viene riportato ciclo isteretico della parete dovuto alla sola deformazione tagliante.

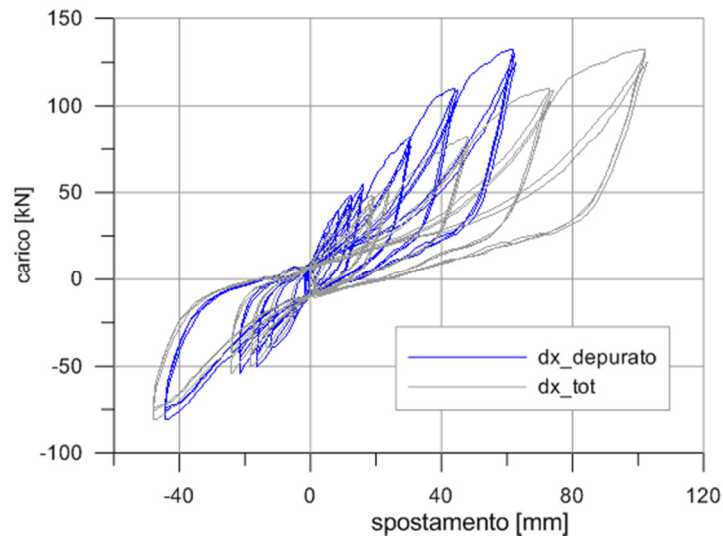


Figura 2.16 - Ciclo isteretico della parete - deformazione totale e contributo della sola deformata tagliante

Seguendo la medesima procedura riportata al §2.3.1 è possibile individuare la curva monotona di involucro dei cicli isteretici e i rispettivi valori della rigidezza elastica e post elastica della bilatera di compenso. In Figura 2.17 sono riportate tali curve mentre la Tabella 2.6 riassume i parametri caratteristici delle curve.

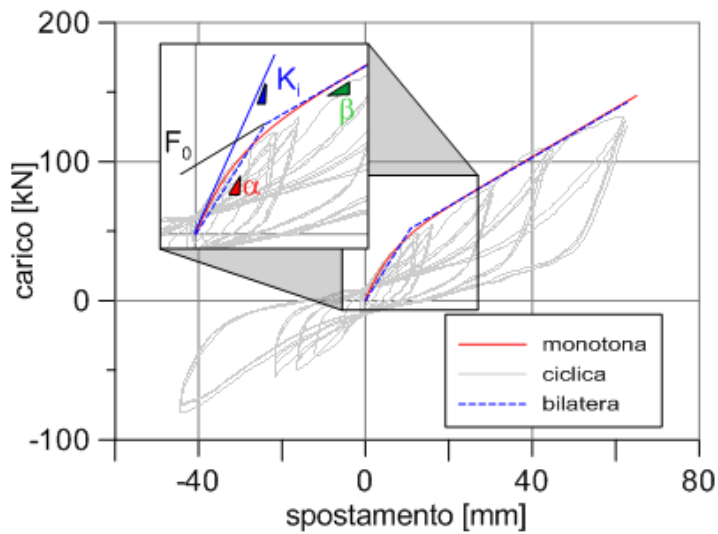


Figura 2.17 - Curva monotona e bilatera di compenso per il sistema di controvento.

Grandezza	Simbolo	Valore
Rigidezza iniziale	K_i	7.5 kN/mm
Intercetta all'origine	F_0	33.0 kN
Pendenza tratto elastico	α	4.7 kN/mm
Pendenza tratto incrudente	β	1.75 kN/mm

Tabella 2.6 - Valori della rigidezza del solo sistema di controventamento.

I valori delle rigidità così ricavate possono essere confrontate con i valori di rigidità elastica e post elastica indicati dalla normativa. In analogia a quanto visto per il calcolo della resistenza, la rigidità complessiva del sistema di controventamento è somma di due contributi: la rigidità data dal pannello in OSB chiodato e la rigidità delle connessioni con viti della lastra in c.a..

Utilizzando le espressioni per il calcolo della rigidità del singolo elemento di connessione K_{ser} , riportate in UNI EN 1995:2009 – 7.1, e le formulazioni analitiche riportate nel capitolo 2 possiamo ricavare i valori analitici della rigidità di ambedue i sistemi di controventamento. In analogia a quanto visto per il calcolo della resistenza della controventatura in lastre di c.a. anche per il calcolo della rigidità si considerano i contributi distinti dati dal meccanismo resistente a taglio e quello del tipo a puntone tirante. Si precisa che per il calcolo della rigidità della vite di connessione telaio in legno – lastra in c.a. si è assunto un diametro equivalente della vite ottenuto dall'omogeneizzazione della sezione della vite in acciaio e della boccola in nylon.

La Tabella 2.7 riporta i valori di rigidità calcolati relativi ad ogni singolo sistema di controventamento.

RIGIDEZZA CONTROVENTAMENTO CON PANNELLO IN OSB CHIODATO		
Rigidità singola cambretta	$K_{cambretta}$	0.30 kN/mm
Rigidità modulo parete - contributo pannello OSB	K_{MODULO_OSB}	0.76 kN/mm
RIGIDEZZA CONTROVENTAMENTO LASTRA IN C.A.		
Rigidità singolo elemento di connessione [vite + boccola]	$K_{vite+boccola}$	11.68 kN/mm
Meccanismo resistente a taglio		
Rigidità modulo parete-contributo lastra - taglio	K_{lastra_taglio}	0.73 kN/mm
Meccanismo resistente tipo puntone tirante		
Rigidità modulo parete-contributo lastra – puntone tirante	$K_{puntone\ tirante}$	0.97 kN/mm
Rigidità complessiva modulo parete – contributo lastra in c.a.	$K_{MODULO_LASTRA\ C.A.}$	1.70 kN/mm
RIGIDEZZA COMPLESSIVA MODULO PARETE	$K_{MODULO_PARETE.}$	2.46 kN/mm
RIGIDEZZA COMPLESSIVA PARETE TESTATA	K_{PARETE}	4.92 kN/mm

Tabella 2.7 - Valori della rigidità valutati analiticamente.

Si osserva che il valore della rigidità valutato analiticamente risulta compreso tra la rigidità iniziale sperimentale e la rigidità del tratto elastico della bilatera di compenso come evidenziato nel grafico di Figura 2.18.

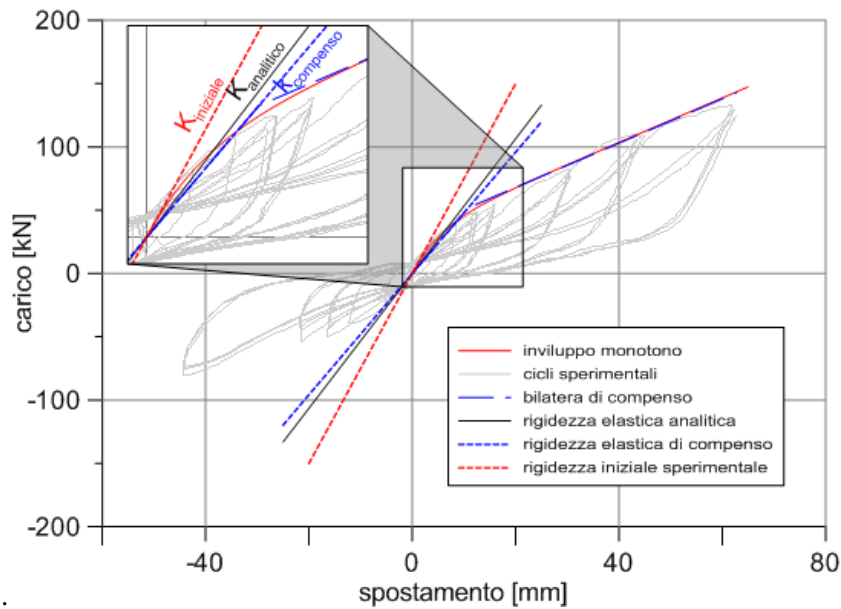


Figura 2.18 – Rigidità elastica del modulo parete.

La differenza tra la rigidità iniziale ottenuta dalle prove sperimentali e quella analitica è anche spiegabile dall'aver trascurato i fenomeni di attrito tra lastra in c.a. e intelaiatura in legno. Ad ogni modo si può affermare che il modello analitico utilizzato risulta appropriato per determinare i valori di rigidità della parete.

CAPITOLO 3 - MODELLAZIONE NUMERICA

3.1 - PREMESSA

In questo capitolo viene esposta una panoramica sui modelli numerici per la simulazione dei cicli isteretici delle connessioni che fanno parte della struttura composta legno-calcestruzzo. I modelli numerici devono essere in grado di ricreare gli aspetti caratteristici dei cicli ottenuti dalle prove sperimentali su parete reale descritti al capitolo precedente. L'accuratezza di tali modelli è di fondamentale importanza per la corretta simulazione del comportamento sismico dell'intero edificio come si vedrà nel seguito e della sua risposta dalla quale poi verrà ricavato il fattore di struttura "q". In particolare verrà presentato il modello numerico proposto da Ceccotti-Vignoli nel confronto con il modello numerico utilizzato nel software di calcolo OpenSees.

3.2 - GENERALITA' SUI CICLI ISTERETICI DELLE CONNESSIONI

Il ciclo isteretico delle connessioni presenta alcune particolarità dovute all'accostamento di materiali diversi come legno e acciaio e ai fenomeni di rifollamento del legno e plasticizzazione del connettore. La forma tipica dei diagrammi forza-spostamento è "a fiocco" e presenta nei successivi cicli di ricarica i fenomeni di degrado di rigidezza e resistenza. Quindi la curva di carico vergine risulta diversa dalle successive curve di ricarica. Riassumendo il modello numerico della connessione deve soddisfare questi tipici tre aspetti:

1. Curva di carico vergine diversa dalla curva dei successivi cicli di carico.
2. Riduzione di rigidezza per cicli di carico ripetuti.
3. Riduzione di resistenza per cicli di carico ripetuti.

In Figura 3.1 è rappresentata una curva carico-spostamento rappresentante le caratteristiche peculiari sopra descritte.

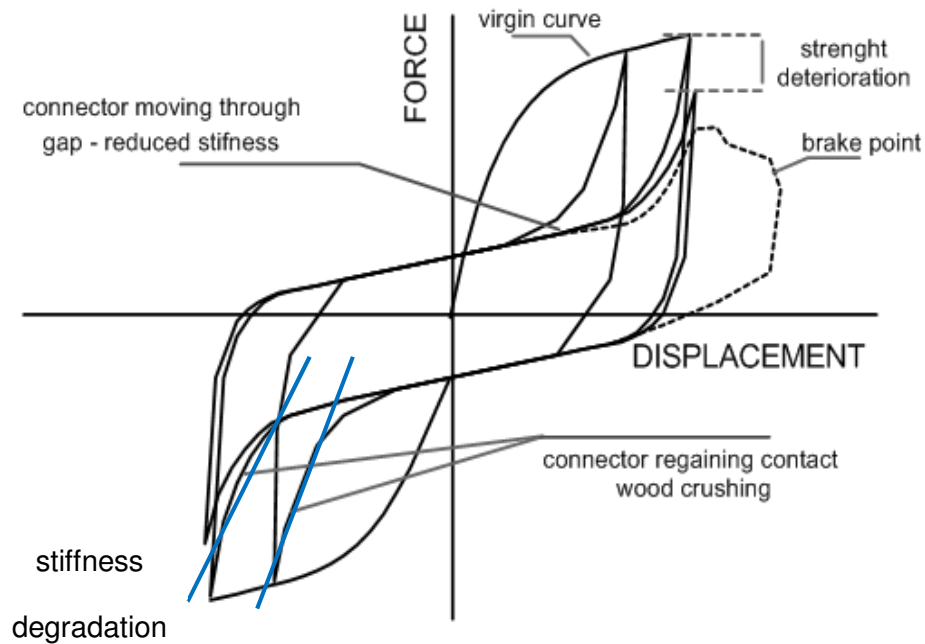


Figura 3.1 - Curva carico-spostamento tipica di una connessione in legno con indicazione degli aspetti caratteristici

3.3 - IL MODELLO CECCOTTI

Il modello proposto da Ceccotti-Vignoli è un modello numerico complesso che già si differenzia dai modelli numerici non-lineari forniti dai programmi commerciali quali Straus 7, Sap, Midas ecc.... Le sue caratteristiche principali sono di seguito riportate:

- Possibilità di simulare il comportamento di pinching della molla.
- Approssimazione del comportamento non-lineare della connessione per carichi monotoni con una curva bi-lineare.
- Possibilità di realizzare cicli di carico non simmetrici.
- Degrado di rigidezza nei cicli di carico ripetuti.
- Presenza della curva di softening e possibilità di definire un punto di rottura.

Pur riproducendo il fenomeno di degrado della rigidezza il modello di Ceccotti-Vignoli non riesce a riprodurre il degrado di resistenza della connessione. Dai numerosi parametri descritti si evince come un modello di tale tipologia sia implementabile solo con codici numerici specifici e non commerciali. In Figura 3.2 è riportato il legame costitutivo per cicli simmetrici e asimmetrici.

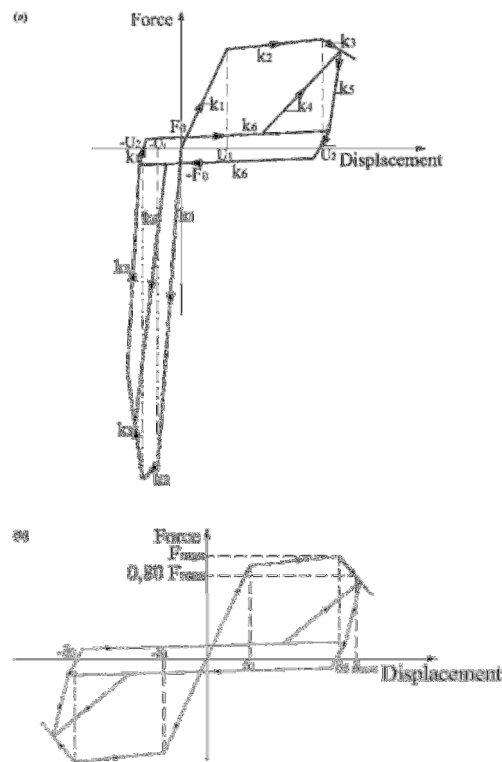


Figura 3.2 - Legami costitutivi utilizzati per modellare le connessioni asimmetriche (a) e simmetriche (b)

3.4 - IL MODELLO DI OPENSEES

Il codice OpenSees implementa al suo interno il modello Ken Elwood mediante la funzione *unialMaterial Pinching4*. Le caratteristiche non sono dissimili a quanto appena visto, in particolare:

- Possibilità di simulare il comportamento di pinching della molla.
- Approssimazione del comportamento non-lineare della connessione per carichi monotoni con una curva tri-lineare.
- Possibilità di riprodurre cicli asimmetrici.
- Degrado di rigidezza nei cicli di carico ripetuti.
- Degrado di resistenza nei cicli di carico ripetuti.
- Presenza della curva di softening e possibilità di definire un punto di rottura.

Dalle caratteristiche esposte si vede come il modello di K. Elwood sia molto complesso. Esso infatti viene implementato in un software di calcolo specifico quale OpenSees a causa dell'onere computazionale che un modello, in particolare per i criteri

di danno, richiede. In Figura 3.3 è riportata la skeleton curve relativa al legame costitutivo proposto da K. Elwood.

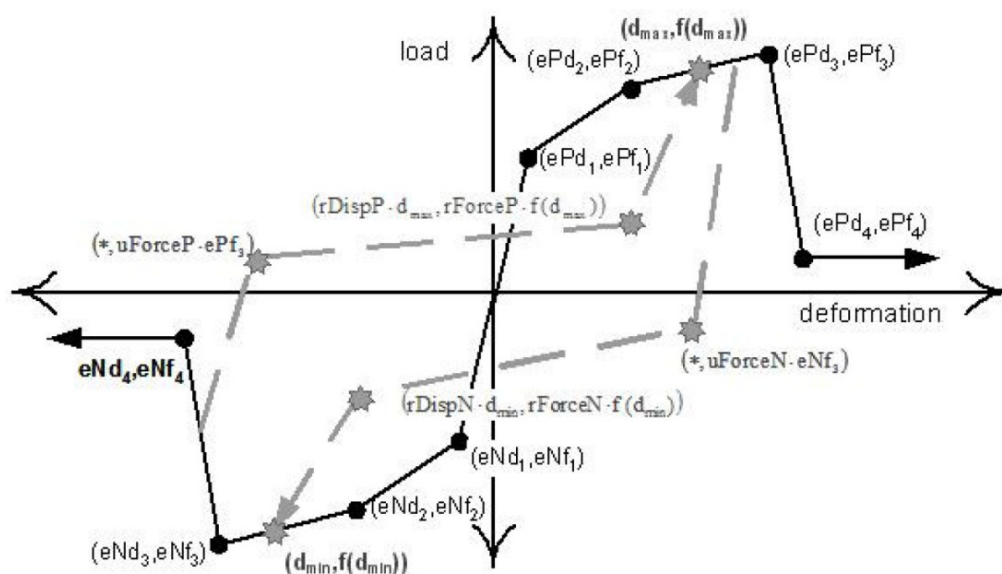


Figura 3.3 – Modello numerico K. Elwood – skeleton curve

3.5 - CONCLUSIONI

Nell'elaborato di tesi si è scelto di applicare il modello numerico Pinching4 di OpenSees al fine di avere la possibilità di simulare in modo dettagliato i parametri delle molle che compongono la parete tipo e di conseguenza l'intero edificio. Non si deve comunque distogliere l'attenzione sul vero significato dei modelli numerici che si vanno ad implementare. Essi sono tarati sulla base di dati sperimentali la cui qualità quindi deve essere paragonabile alla qualità del modello che si va ad utilizzare. Inoltre si deve porre l'attenzione sullo scopo finale e la complessità computazionale. Un modello atto a simulare l'azione sismica si pone come obiettivo principe la corretta valutazione di dissipazione energetica durante i cicli isteretici e la complessità del modello stesso deve essere congrua con l'efficienza computazionale.

CAPITOLO 4 - TARATURA MODELLO FEM

4.1 - PREMESSA

In questo capitolo viene descritto nel dettaglio il legame costitutivo di K. Elwood implementato in OpenSees mediante la funzione *uniaxialMaterial Pinching4*. Completata la descrizione delle proprietà nonché delle potenzialità di questo modello si andrà a tarare nello specifico ogni singola molla del telaio, andando a confrontare il ciclo isteretico numerico con il ciclo derivante dalla prova sperimentale.

4.2 - PARAMETRI DEL MODELLO

Nel modello numerico che si andrà a implementare entrano in gioco una serie di parametri che nel loro insieme descrivono il comportamento di pinching forza-spostamento delle molle, andando a cogliere anche gli aspetti di degrado sotto cicli di carico ripetuti. I parametri di danno sono sia sulla rigidezza che sulla resistenza.

La sintassi del comando, come citato nel manuale d'uso [1] “OpenSees Command Language Manual”, risulta essere:

```
uniaxialMaterial Pinching4 $matTag $ePf1 $ePd1 $ePf2 $ePd2 $ePf3 $ePd3  
$ePf4 $ePd4 <$eNf1 $eNd1 $eNf2 $eNd2 $eNf3 $eNd3 $eNf4 $eNd4>  
$rDispP $rForceP $uForceP <$rDispN $rForceN $uForceN > $gK1 $gK2  
$gK3 $gK4 $gKLim $gD1 $gD2 $gD3 $gD4 $gDLim $gF1 $gF2 $gF3 $gF4  
$gFLim $gE $dmgType
```

I parametri tra i simboli di minore-maggiore sono i parametri opzionali del modello. In particolare essi servono a descrivere un modello non simmetrico. Nel linguaggio TCL il simbolo “\$” implica un passaggio di variabili. I parametri che compongono il modello si possono sintetizzare in queste macro categorie, salvo successivamente descriverli nello specifico:

- Identificativo del materiale.
- Punti della curva monotona in termini di tensione-deformazione nei cicli di carico positivo e negativo.

- Valori di tensione-deformazione della curva di ricarica.
- Valori di tensione-deformazione della curva di scarico.
- Parametri di danno suddivisi in tre diverse tipologie: parametri di danno sulla resistenza e sulla rigidezza. Quest'ultimo può essere controllato sia nella curva di scarico che nella curva di ricarica.
- Valore indicante la massima dissipazione di energia sotto carico ciclico.
- Identificativo del tipo di danno.

In Figura 4.1 è sono rappresentati i parametri nello specifico del modello.

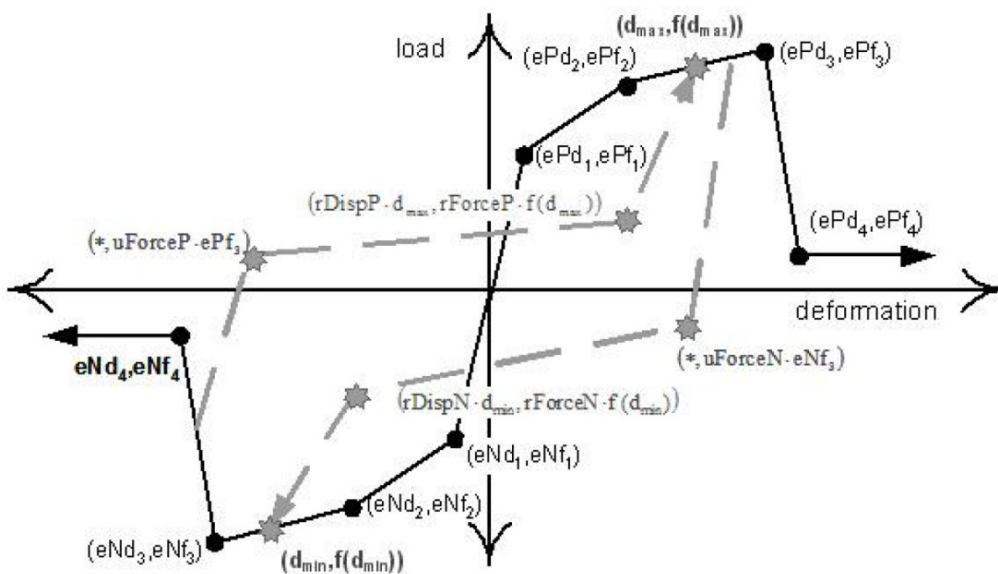


Figura 4.1 – Definizione del modello uniaxialMaterial Pinching4

IDENTIFICATIVO MATERIALE:

- **\$matTag**: in un modello numerico dove entrano in gioco più cicli che descrivono il comportamento del materiale deve essere posta una variabile, nel nostro caso di tipo intero, che per il solutore identifichi in modo univoco il legame tensione-deformazione.

PUNTI DELLA CURVA MONOTONA TENSIONE-DEFORMAZIONE :

La curva tensione-deformazione per quanto concerne il ciclo di carico-scarico è definita mediante 16 parametri. Essi sono 4 punti di tensione e altrettanti di deformazioni nel ramo degli spostamenti positivi e altrettanti nel ramo degli spostamenti negativi. Le variabili sono le seguenti:

- ***\$ePf1, \$ePf2, \$ePf3, \$ePf4***: sono valori a virgola mobile che definiscono la tensione sulla curva monotona di risposta positiva.
- ***\$ePd1, \$ePd2, \$ePd3, \$ePd4***: sono valori a virgola mobile che definiscono la deformazione sulla curva monotona di risposta positiva.
- ***\$eNf1, \$eNf2, \$eNf3, \$eNf4***: sono valori a virgola mobile che definiscono la tensione sulla curva monotona di risposta negativa. Se non specificati il software usa i valori del ramo positivo creando quindi un ciclo simmetrico.
- ***\$eNd1, \$eNd2, \$eNd3, \$eNd4***: sono valori a virgola mobile che definiscono la deformazione sulla curva monotona di risposta negativa. Se non specificati il software usa i valori del ramo positivo creando quindi un ciclo simmetrico.

Avendo a disposizione quattro punti per descrivere la curva si può creare un tratto iniziale elastico, un secondo tratto incoerente e un ultimo tratto di softening con definizione quindi del punto di rottura. Per motivi legati ai successivi parametri solitamente è conveniente avere il primo punto nell'intersezione tra il ramo elastico e plastico, due punti sulla retta di hardening e l'ultimo punto per la definizione del ramo di softening.

VALORI DI TENSIONE-DEFORMAZIONE PER LA FASE DI RICARICO:

- ***\$rDispP, \$rForceP***: sono valori a virgola mobile che definiscono il rapporto tra la tensione (o deformazione) nella curva di ricarica in base alla tensione (o deformazione) massima del ciclo nel ramo degli spostamenti positivi.
- ***\$rDispN, \$rForceN***: sono valori a virgola mobile che definiscono il rapporto tra la tensione (o deformazione) nella curva di ricarica in base alla tensione (o deformazione) massima del ciclo nel ramo degli spostamenti negativi. Se non specificati il software utilizza i valori indicati per gli spostamenti positivi.

VALORI DI TENSIONE-DEFORMAZIONE PER LA FASE DI SCARICO:

- ***\$uForceP***: valore a virgola mobile che definisce il rapporto in termini di tensione sviluppato allo scarico dal massimo valore di tensione nel ramo negativo sviluppato sulla curva di carico monotona. Il valore di deformazione è invece governato dai parametri di danno. I valori di tensione allo scarico si

basano sui valori del secondo punto della curva monotona negativa, se la tensione massima del ciclo è inferiore al terzo valore della curva monotona, altrimenti si basano sul terzo punto della detta curva monotona.

- ***\$uForceN***: valore a virgola mobile che definisce il rapporto in termini di tensione sviluppato allo scarico dal massimo valore di tensione nel ramo positivo sviluppato sulla curva di carico monotona. Il valore di deformazione è invece governato dai parametri di danno. I valori di tensione allo scarico si basano sui valori del terzo punto della curva monotona positiva, se la tensione massima del ciclo è inferiore al quarto valore della curva monotona, altrimenti si basano sul quarto punto della detta curva monotona. Se non specificato il software utilizza il valore specificato per *\$uForceP*.

VALORI DEI PARAMETRI DI DANNO:

- ***\$gK1, \$gK2, \$gK3, \$gK4, \$gKLim***: valore a virgola mobile che definisce il degrado ciclico nel modello della rigidità allo scarico. Il parametro finale serve a mettere un limite superiore al degrado.
- ***\$gD1, \$gD2, \$gD3, \$gD4, \$gDLim***: valore a virgola mobile che definisce il degrado ciclico nel modello della rigidità nel ciclo di ricarica. Il parametro finale serve a mettere un limite superiore al degrado.
- ***\$gF1, \$gF2, \$gF3, \$gF4, \$gFLim***: valore a virgola mobile che definisce il degrado ciclico di resistenza nel modello. Il parametro finale serve a mettere un limite superiore al degrado.
- ***\$gE***: valore a virgola mobile che definisce la massima energia dissipata sotto cicli di carico ripetuti. La capacità dissipativa totale è definita come prodotto tra questo fattore moltiplicativo e l'energia dissipata sotto carico monotono.
- ***\$dmgType***: valore tipo stringa che definisce il tipo di danno. Le opzioni consentite sono di un danno tipo “cycle” o “energy”.

4.2.1 - DESCRIZIONE DEL MODELLO DI DANNO

Rigidità e resistenza, come sopra visto, si assume vengano ridotte a causa della storia di carico imposta. L'equazione che governa il danno in termini di danno di resistenza e rigidità nella curva di scarico e ricarica è di tipo lineare in tutti e tre i casi.

DANNO SULLA RIGIDEZZA DELLA CURVA DI SCARICO

L'equazione che regge il danno di rigidità nella curva di scarico è la seguente:

$$k_i = k_0 \cdot (1 - \delta k_i) \quad (4.1)$$

dove:

k_i è la rigidità di scarico al tempo t_i ;

k_0 è la rigidità iniziale di scarico per il caso senza danno;

δk_i è il valore dell'indice di danno della rigidità sulla curva di scarico al tempo t_i .

DANNO SULLA RIGIDEZZA DELLA CURVA DI RICARICO

L'equazione che regge il danno di rigidità nella curva di ricarica è la seguente:

$$d_{max,i} = d_{max,0} \cdot (1 + \delta d_i) \quad (4.2)$$

dove:

$d_{max,i}$ è la deformazione richiesta definita come la fine del ciclo di ricarica per incremento della richiesta deformativa dovuta al danno;

$d_{max,0}$ è la massima deformazione richiesta nel ciclo di carico (tale valore è la richiesta di deformazione del ciclo di ricarica se il danno sulla rigidità di ricarica fosse nullo);

δd_i è il valore dell'indice di danno della rigidità sulla curva di ricarica al tempo t_i .

DANNO SULLA RESISTENZA

L'equazione che regge il danno sulla resistenza è la seguente:

$$(f_{max})_i = (f_{max})_0 \cdot (1 + \delta f_i) \quad (4.3)$$

dove:

$(f_{max})_i$ è la massima resistenza al tempo t_i ;

$(f_{max})_0$ è la massima resistenza iniziale per il caso di struttura senza danno;

δf_i è il valore dell'indice di resistenza al tempo t_i .

TIPOLOGIA DI DANNO

Il fattore di danno indicato sopra con i termini δk_i , δd_i e δf_i può essere definito come una funzione della sola storia di carico imposto in termini di spostamento, in questo caso il danno sarà tipo “cycle”, oppure come una storia di carico in termini di spostamento e di accumulo di energia, in questo caso il danno sarà di tipo “energy”. In entrambi i casi i danni sopra citati saranno considerati usando le stesse equazioni base.

Si vedono ora le equazioni che governano il danno nel caso venga dichiarato tipo “energy” (\$dmgType=”energy”). Per la riduzione di resistenza allo scarico l’indice δk_i viene implementato come segue:

$$\delta k_i = \left(gK_1 \cdot (\tilde{d}_{max})^{gK_3} + gK_2 \cdot \left(\frac{E_i}{E_{monotonic}} \right)^{gK_4} \right) \leq gK_{Lim} \quad (4.4)$$

dove:

$$\tilde{d}_{max} = \max \left[\frac{d_{max,i}}{def_{max}}, \frac{d_{min,i}}{def_{min}} \right] \quad (4.5)$$

$$E_i = \int_{load\ history} dE \quad (4.6)$$

$$E_{monotonic} = gE \cdot \left(\int_{monotonic\ load\ history} dE \right) \quad (4.7)$$

dove:

$E_{monotonic}$ pari all’energia richiesta sotto carico monotono per raggiungere la deformazione di rottura;

def_{max} e def_{min} le deformazioni positive e negative che definiscono la rottura.

Gli altri parametri di danno si ottengono dalla medesima equazione scritta in (4.4) dove al parametro del modello di danno gK si sostituisce all’occorrenza gF e gD .

Nel caso invece il danno venga dichiarato tipo “cycle” (\$dmgType=”cycle”) esso viene causato dalla storia di carico imposto in termini di spostamento a cui va a sommarsi il danno che si ha per il conteggio dei cicli di carico. L’espressione per il danno ciclico sulla rigidità di scarico è sotto riportata:

$$\delta k_i = (gK_1 \cdot (\tilde{d}_{max})^{gK_3} + gK_2 \cdot (Cycle)^{gK_4}) \leq gK_{Lim} \quad (4.8)$$

dove:

$$\tilde{d}_{max} = \max \left[\frac{d_{max,i}}{def_{max}}, \frac{d_{min,i}}{def_{min}} \right] \quad (4.9)$$

Cycle è uguale al al numero di cicli maturati nella storia di carico;

def_{max} e def_{min} le deformazioni positive e negative che definiscono la rottura.

Gli altri parametri di danno si ottengono dalla medesima equazione scritta in (4.4) dove al parametro del modello di danno gK si sostituisce all'occorrenza gF e gD .

A titolo esplicativo viene riportato l'esempio di un elemento truss caricato da una forza assiale (Figura 4.2) a cui viene imposta una storia di carico (Figura 4.3). In Figura 4.4 sono riportate le risposte della struttura nel caso di danno tipo "Energy" per la perdita di rigidezza allo scarico e al ricarico, in Figura 4.5 il danno tipo "Energy" causato dalla perdita di resistenza e la combinazione delle varie tipologie di danno ed infine in Figura 4.6 il confronto tra il danno tipo "Cycle" ed "Energy".

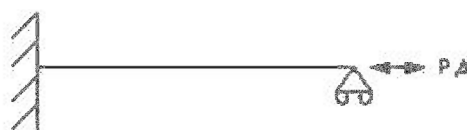


Figura 4.2 – Elemento truss caricato da una forza assiale

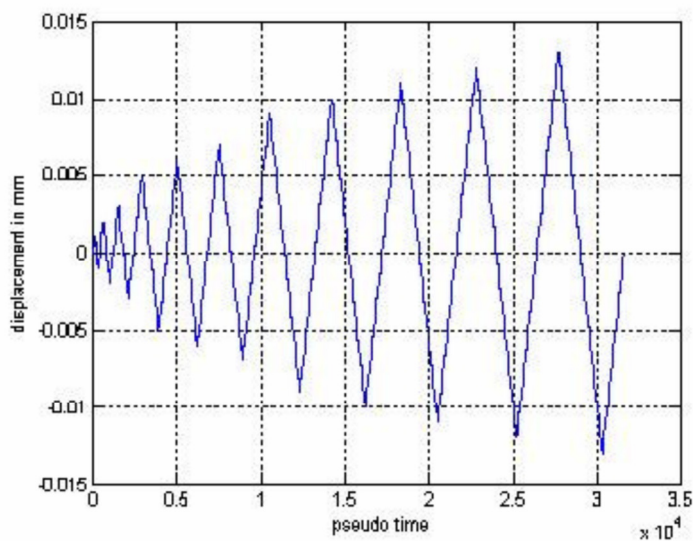


Figura 4.3 – Esempio di storia di carico ciclica in termini di spostamento

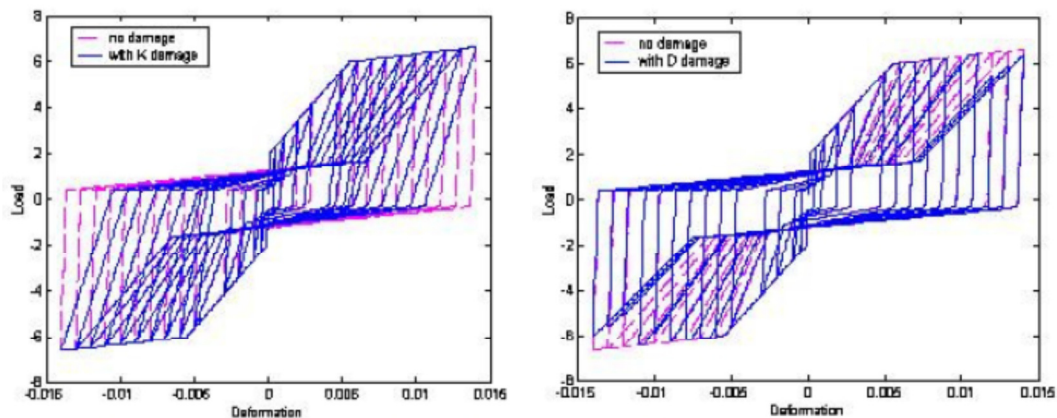


Figura 4.4 – Confronto tra il ciclo di carico senza danno e con danno sulla rigidità di scarico (sinistra) e confronto tra il ciclo di carico senza danno e con danno sulla rigidità di ricarica (destra). Il danno è imposto di tipo “Energy”.

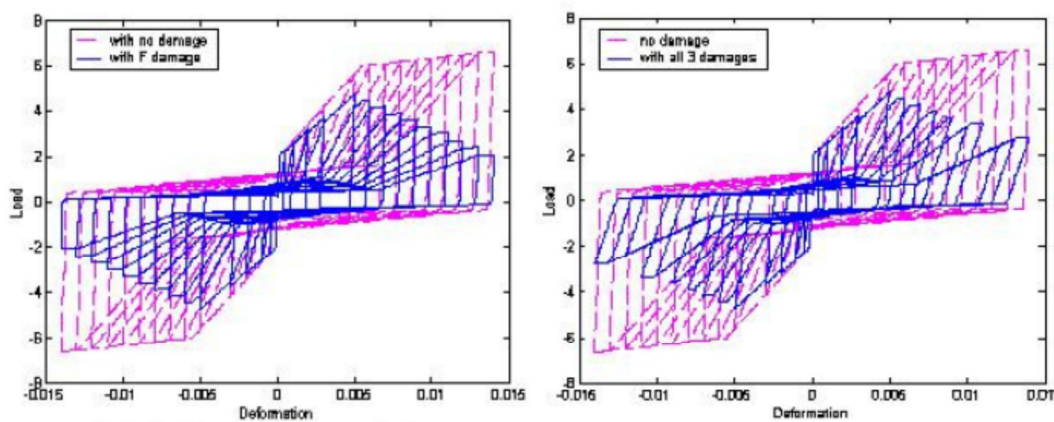


Figura 4.5 – Confronto tra il ciclo di carico senza danno e con danno sulla resistenza (sinistra) e confronto tra il ciclo di carico senza danno e con tutte e tre le tipologie di danno (destra). Il danno è imposto di tipo “Energy”.

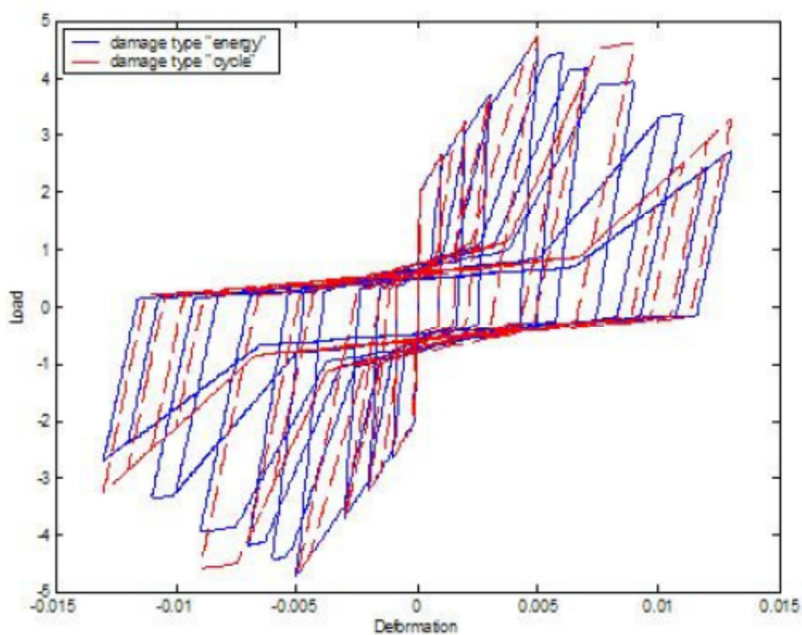


Figura 4.6 – Confronto tra i danni dovuti alla perdita di rigidità e resistenza nei casi di danno tipo “Energy” e “Cycle”

Nell'elaborato di tesi si è scelto di utilizzare il modello di danno tipo "Cycle" in quanto la perdita di rigidezza e resistenza risulta di più facile controllo oltre che a rispecchiare l'andamento colto nelle prove sperimentali. In particolare si è notata una perdita di rigidezza che aumenta di valore con l'aumentare dei cicli di carico a cui si sottopone la parete. I danni descritti come visto servono ad avvicinare in molto dettagliato la prova sperimentale al modello numerico ma al contempo causano un'elevata complessità computazionale e rendono spesso il problema instabile. Il problema diventa non trascurabile appena si guarda non alla singola molla ma ad un edificio che presenta molti legami non-lineari. Per risolvere il problema della convergenza si dovrà quindi andare a scegliere un passo di integrazione molto basso con conseguente aumento dei tempi computazionali. Il modello proposto deve quindi essere un giusto mix di questi aspetti puntando alla corretta modellazione ma non trascurando la fase computazionale al fine di rendere il modello accessibile e di facile utilizzo.

4.3 - MODELLI NUMERICI DELLE CONNESSIONI

In questo paragrafo vengono descritti gli aspetti fondamentali della taratura del modello numerico che simuli il comportamento isteretico delle connessioni presenti nella parete. In particolare si avrà il modello dei fissaggi a terra, degli holdown, della connessione tra le pareti e del controvento fornito dalla lastra in c.a..

4.3.1 - FISSAGGI A TERRA: TAGLIO ALLA BASE

Il taglio alla base provocato dall'azione orizzontale in sommità viene trasferito alla fondazione tramite dei fissaggi a taglio come descritto al §1.2.6. I sistemi resistenti sono riportati in Figura 4.7. I fissaggi a terra garantiscono anche un certo vincolo al sollevamento ma tale resistenza viene trascurata e affidata esclusivamente agli holdown.



Figura 4.7 – Collegamento a taglio lastra di calcestruzzo (sinistra) e pannello OSB tramite il traverso in legno (destra)

Il collegamento quindi è frutto del sistema di connessione tra la lastra in c.a. e il cordolo e del sistema legno sul cordolo di fondazione.

Il ciclo, come si può notare dalla Figura 4.8, risulta essere asimmetrico e ciò comporta una complicazione a livello computazionale. Il primo passo per la modellazione è stato di costruire il ciclo in modo simmetrico per poi andare a raffinare la modellazione e renderlo asimmetrico. Questi step sono necessari visto l'utilizzo di un software che viene programmato direttamente dall'utente utilizzando comunque delle function preformate. Il manuale infatti porta l'esempio di un ciclo isteretico simmetrico di una connessione. Con semplici modifiche a livello di codice si è potuto rendere tale ciclo asimmetrico. Tra le modalità di danno si è scelto di utilizzare la perdita di rigidità allo scarico e trascurare le altre modalità di danno al fine di rendere il modello non troppo pesate in termini computazionali.

La costruzione del modello si basa sull'applicazione di uno spostamento imposto di valore pari al massimo spostamento di ogni ciclo di carico della prova sperimentale. Lo spostamento impresso viene applicato su un elemento tipo truss di lunghezza e area unitaria al fine di non avere influenza su tali grandezze. Il modello sarà quindi tipo piano. La scelta dei punti per la costruzione della curva si basa sulle analisi svolte come visto in §2.3.1. Il punto d'intersezione tra la retta con pendenza α e la retta di pendenza β costituisce il primo punto di tensione-deformazione del modello. I rimanenti punti stanno tutti sulla curva β . In particolare il terzo punto viene scelto su una posizione tale che il prodotto tra il parametro $\$uForceN$ e il valore di tensione del terzo punto determini la giusta tensione allo scarico. I cicli di carico la cui deformazione è inferiore alla deformazione dettata dal terzo punto avranno quindi la tensione di scarico imposta dal prodotto sopra descritto. I punti che invece superano tale valore avranno la tensione di scarico data dalla moltiplicazione del parametro $\$uForceN$ con la tensione del quarto punto. Il secondo punto si determina a senso in base all'equazione della retta

β . I vettori delle variabili $\$rDisp$ e $\$rForce$ devono essere valutati in base alla retta di ricarica. In questo caso si è proceduto per via grafica andando a vedere in base ai valori quale fosse il ciclo di output che più si avvicinava con il ciclo di carico della prova sperimentale. Allo stesso modo si sono impostati i parametri di danno. Il codice di calcolo è riportato in Appendice A. Nelle figure che seguono sono riportati i grafici significativi per la costruzione della molla. In Figura 4.8 è riportato il grafico della prova sperimentale con le rette α e β e i punti dati in input al programma. Tali punti si vede come stiano sulle rette α e β . In Figura 4.9 è riportato l'output del programma per cicli simmetrici in confronto con il grafico sperimentale ed infine in Figura 4.10 l'output del programma per cicli asimmetrici sempre nel confronto con il grafico sperimentale.

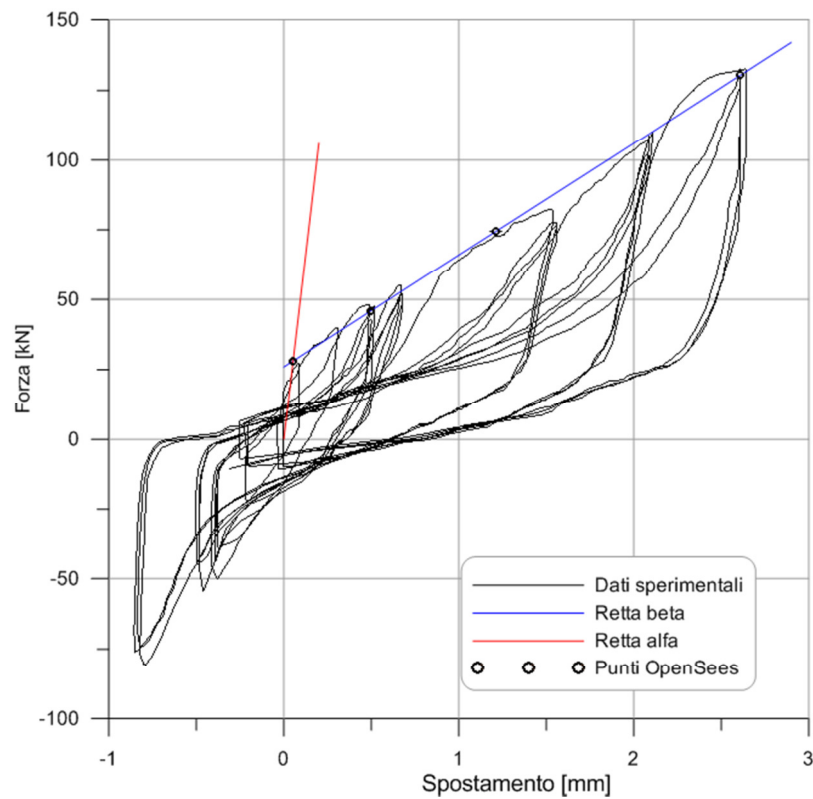


Figura 4.8 – Taglio alla base: curva sperimentale, retta alfa, retta beta e punti OpenSees

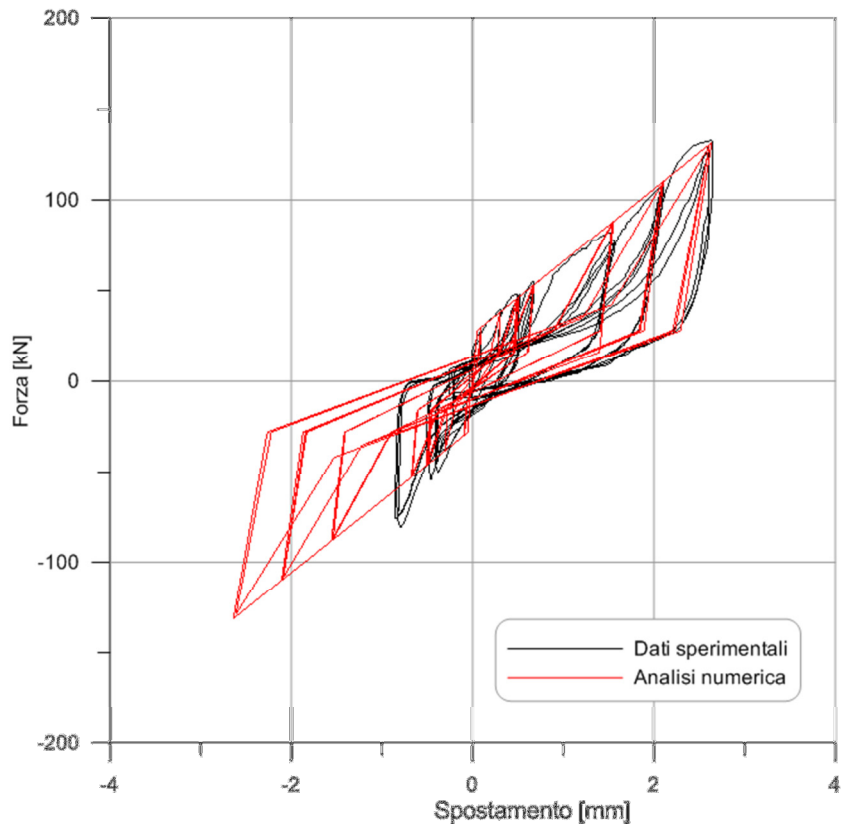


Figura 4.9 – Confronta tra la curva sperimentale e la curva simmetrica del modello numerico

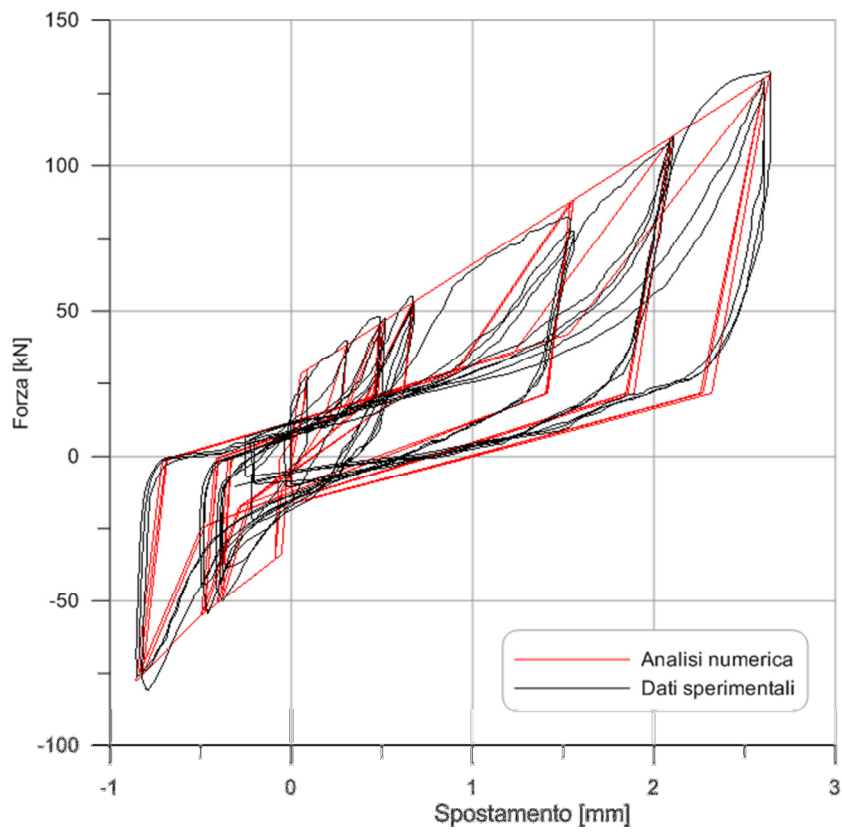


Figura 4.10 – Confronta tra la curva sperimentale e la curva asimmetrica del modello numerico

Si può notare che esclusi i primi cicli di carico l'analisi numerica rispecchia in modo adeguato i dati sperimentali. Questo aspetto non deve preoccupare in quanto lo studio che si farà è in condizioni prossime al collasso. Di conseguenza il comportamento delle connessioni per piccole deformazioni, dove si hanno gli assestamenti della struttura, non è rilevante al fine dell'attendibilità dei risultati. L'utilizzo di un solo modello di danno porta comunque ad una buona approssimazione del ciclo. Il grafico, infine, mostra la rigidezza della connessione. Lo spostamento massimo è dell'ordine dei 2,6mm sotto carico di circa 130kN. Tale molla risulterà essere la più rigida in quanto soffre, rispetto alle altre connessioni, in modo inferiore al fenomeno del rifollamento del legno.

4.3.2 - FISSAGGI A TERRA: HOLDOWN

L'holdown è il secondo elemento di fissaggio a terra . Il ruolo degli holdown è di resistere agli sforzi di sollevamento della parete dalla fondazione (o solaio di piano). Esso garantisce anche una certa resistenza a taglio che però viene trascurata lasciando tale funzione in modo esclusivo ai fissaggi a taglio. La descrizione del collegamento è riportata al §1.2.6 e in Figura 4.11 è riportato un particolare dell'unione staffa angolare-parete e staffa angolare-fondazione e la loro disposizione lungo la parete durante la prova sperimentale.



Figura 4.11 - Particolare dell'holdown e vista generale

Il comportamento degli holdown si differenzia a seconda che si parli di sforzi di sollevamento o di compressione. Per gli sforzi di compressione interviene la plasticizzazione del legno nella zona di contatto con il supporto mentre per gli sforzi di trazione si ha una combinazione tra il comportamento dell'acciaio (chiodi e staffa angolare) e del legno. Quest'ultimo sottoposto a carichi ciclici manifesta il fenomeno del rifollamento ovvero la plasticizzazione localizzata delle fibre di legno che portano alla formazione di un gioco via via crescente della connessione. Il comportamento della connessione sarà quindi spiccatamente asimmetrico. In Figura 4.12 è rappresentato il comportamento dell'holdown. La rottura può avvenire per i seguenti meccanismi:

1. Rottura del collegamento con la fondazione (o solaio di piano).
2. Plasticizzazione o rottura della lamiera dell'holdown.
3. Rottura del collegamento holdown-parete a causa del rifollamento del legno o plasticizzazione dei chiodi.
4. Schiacciamento del legno nella zona di contatto legno-supporto.

La prima modalità di crisi è da escludersi come già detto al §1.2.6. Restano quindi attive tre modalità di crisi: le prime due corrispondenti a sforzi di trazione sull'holdown (ovvero spostamenti che tendono a sollevare la parete), la terza corrispondente a sforzi di compressione sull'holdown (ovvero a spostamenti che tendono a schiacciare la parete).

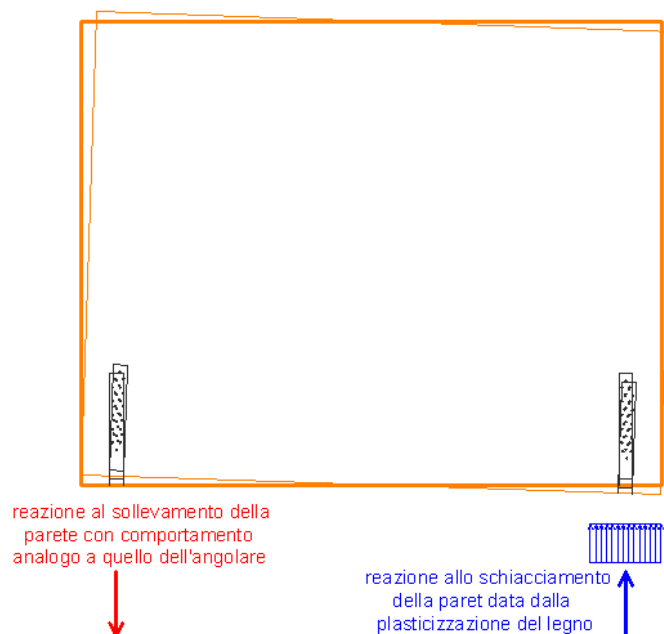


Figura 4.12 - Comportamento degli holdown alle azioni che tendono a sollevare la parete

La modellazione dell'elemento holdown presenta le stesse modalità già viste per il collegamento a taglio. Anche in questo caso si è proceduto ad un'analisi del ciclo di forma simmetrica per poi evolvere alla forma asimmetrica. Di rilievo in questo tipo di connessione il fatto di avere il ramo a compressione di forma molto chiusa e molto rigida. Per la semplificazione delle analisi si può operare un parallelo di molle tra la connessione degli holdown e un elemento che abbia un comportamento elastico in sola compressione di pari rigidezza. La semplificazione è valida poiché l'energia dissipata in compressione (i cicli sono molto stretti) è trascurabile al fine di una visione globale del problema. In Figura 4.13 è riportato il grafico della prova sperimentale, le rette α e β e i punti OpenSees. Il quarto punto non viene visualizzato in quanto esso risulta essere a un tensione molto alta sempre per permettere una tensione allo scarico che sia compatibile con quella sperimentale. In Figura 4.14 è riportato il confronto tra il ciclo numerico e sperimentale dove si può notare il diverso comportamento in fase di compressione. Si ha inoltre un discostamento anche nell'ultimo ciclo di carico in quanto il modello non implementa la riduzione di resistenza. In Figura 4.15 è riportato il grafico asimmetrico del modello in confronto con la prova sperimentale. Il codice di calcolo è riportato in Appendice A.

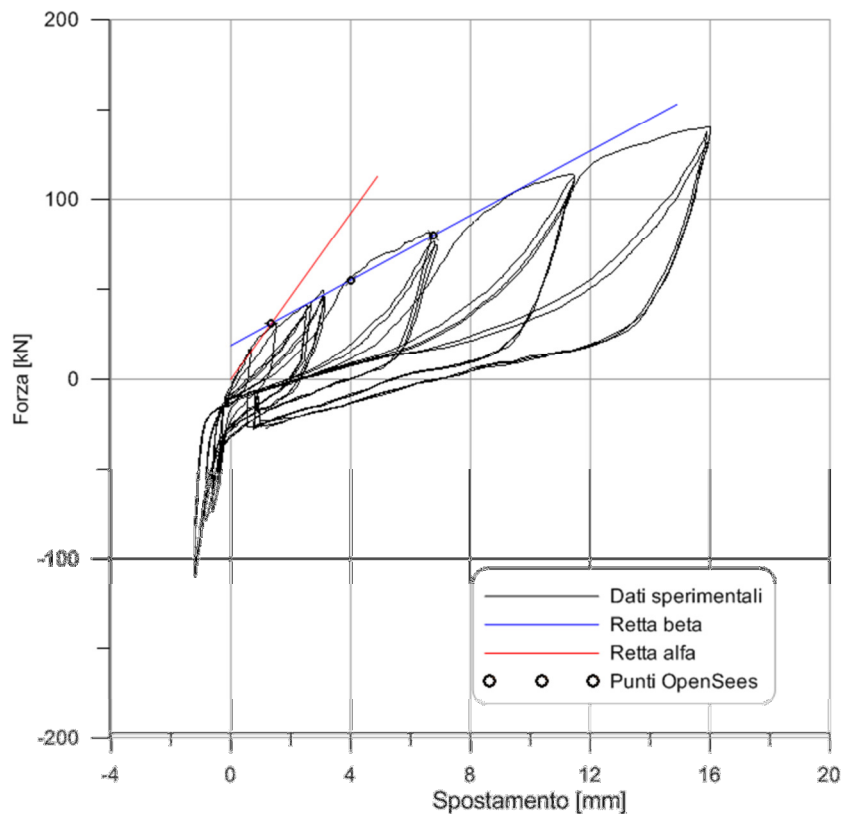


Figura 4.13 - Holdown: curva sperimentale, retta alfa, retta beta e punti OpenSees

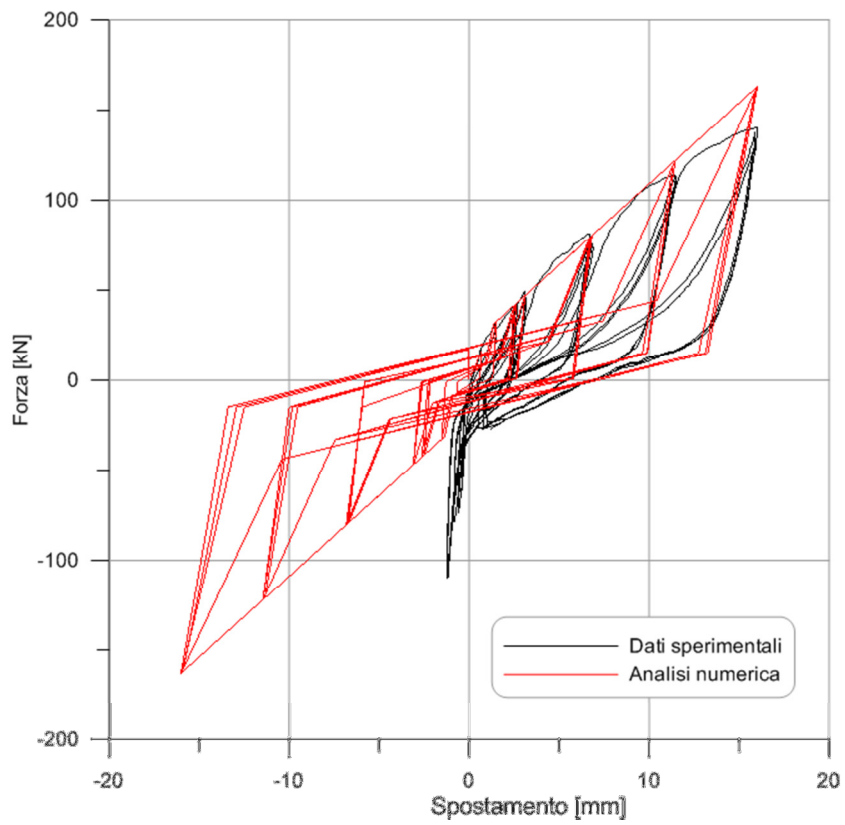


Figura 4.14 – Confronto tra la curva sperimentale e la curva simmetrica del modello numerico

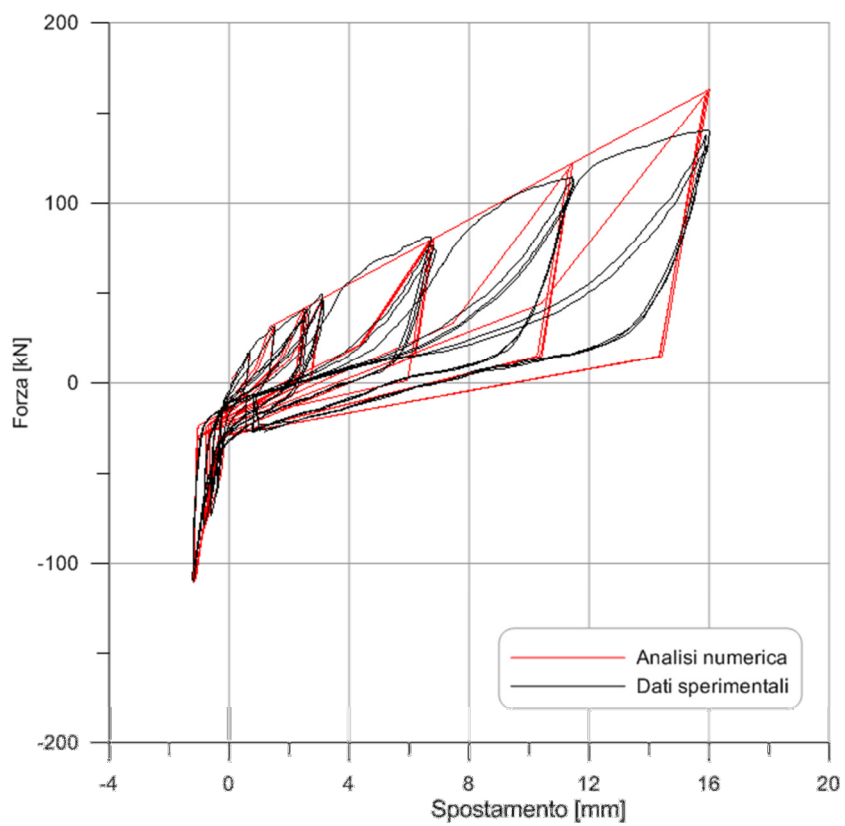


Figura 4.15 – Confronto tra la curva sperimentale e la curva asimmetrica del modello numerico

4.3.3 - GIUNTO VERTICALE TRA LE PARETI

A differenza delle connessioni analizzate nei paragrafi precedenti, per le quali è stata ipotizzata la resistenza in una sola direzione, il giunto verticale tra pareti manifesta resistenza in ambedue le direzioni appartenenti al piano della parete.



Figura 4.16 – Giunto verticale tra le pareti

La resistenza nella direzione verticale è però diversa da quella nella direzione orizzontale in particolare si ha:

- Comportamento approssimativamente simmetrico della connessione nella direzione verticale (vedi taglio alla base).
- Comportamento asimmetrico della connessione nella direzione orizzontale (vedi holdown).

Evidentemente il comportamento asimmetrico si ha per gli sforzi nel piano che tendono a comprimere la parete: in tale circostanza non viene chiamata in causa la resistenza al rifollamento e la plasticizzazione dei chiodi ma si assiste allo schiacciamento del legno che presenta una resistenza e una rigidità molto maggiori. In prima approssimazione si potrebbe considerare la connessione infinitamente rigida per sforzi di compressione il che equivale ad avere una parete realizzata da un unico pannello senza alcuna connessione. Va osservato che la schematizzazione sopra riportata rappresenta in ogni caso un'approssimazione in quanto, ad esser precisi, anche nella direzione verticale si potrebbe assumere un comportamento asimmetrico se si fa riferimento allo schiacciamento della parete sul solaio o piano di fondazione. Tener conto di questo aspetto risulta però molto difficile pertanto nell'ambito di questo elaborato di tesi si sono supposte le giunzioni tra le pareti libere di scorrere nella direzione verticale affidando ai soli holdown la resistenza allo schiacciamento e al

sollevamento. Secondo questo approccio le giunzioni verticali svolgono la funzione di controllo degli spostamenti relativi tra i pannelli della stessa parete evitando scorrimenti eccessivi nella direzione verticale e allo stesso tempo distacchi o schiacciamenti dei pannelli nella direzione orizzontale.

La modellazione del collegamento segue le modalità già viste in precedenza. In Figura 4.17 è riportato il grafico della prova sperimentale, le rette α e β e i punti OpenSees. Il quarto punto non viene visualizzato in quanto esso risulta essere a un tensione molto alta sempre per permettere una tensione allo scarico che sia compatibile con quella sperimentale. In Figura 4.18 è riportato il confronto tra il ciclo numerico e sperimentale dove si può notare il diverso comportamento in fase di compressione. Si ha inoltre un discostamento anche nell'ultimo ciclo di carico in quanto il modello non implementa la riduzione di resistenza. In Figura 4.19 è riportato il grafico asimmetrico del modello in confronto con la prova sperimentale. Come già visto per il taglio alla base si ha uno scostamento nei primi cicli di carico rispetto alla prova sperimentale. Tale aspetto risulta trascurabile in quanto frutto dei giochi di assestamento che il modello non riesce ad implementare. Il codice di calcolo è riportato in Appendice A.

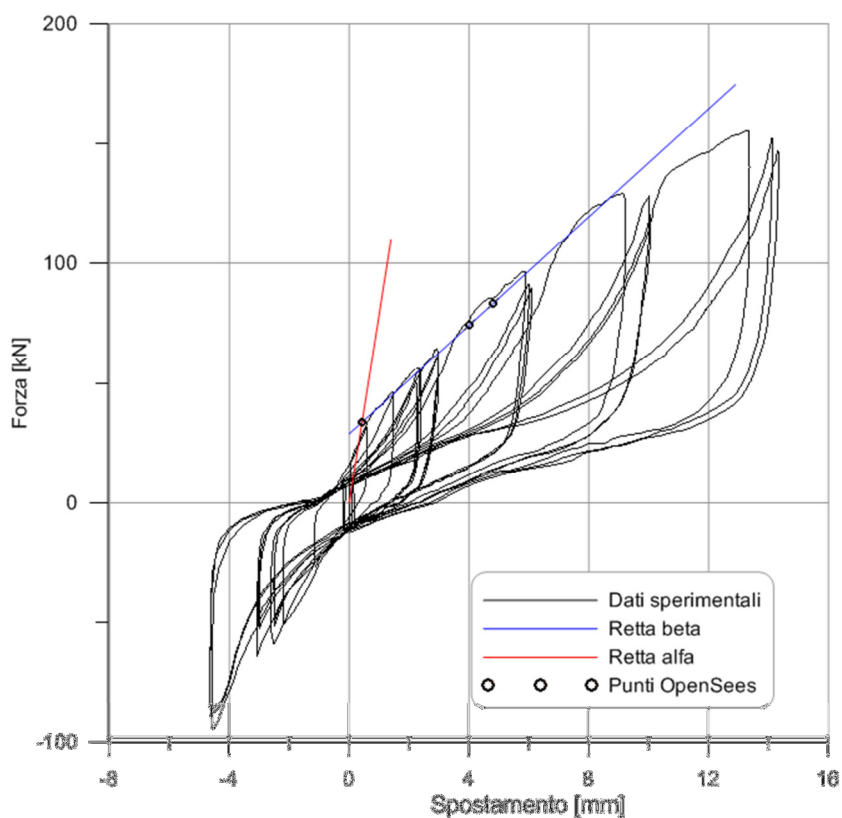


Figura 4.17 – Giunto verticale tra le pareti: curva sperimentale, retta alfa, retta beta e punti OpenSees

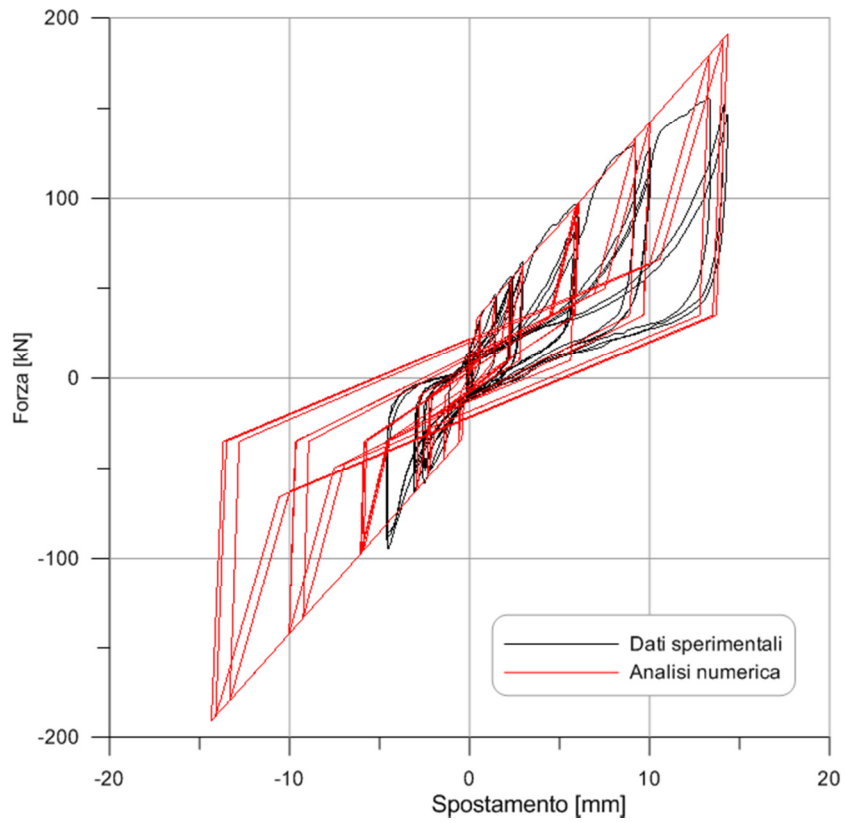


Figura 4.18 - Confronto tra la curva sperimentale e la curva simmetrica del modello numerico

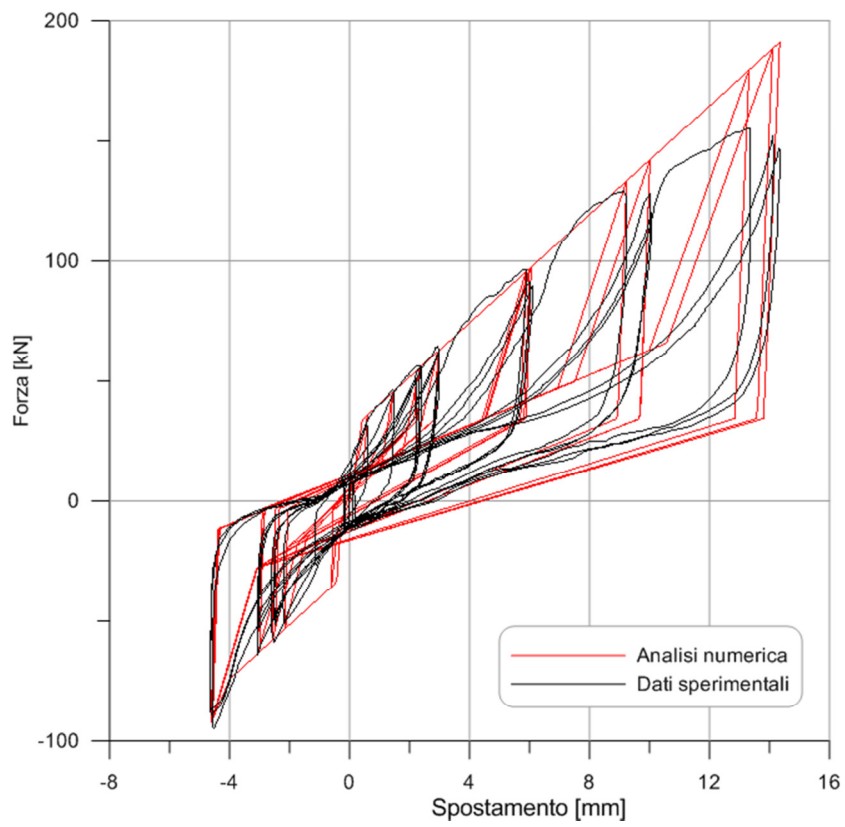


Figura 4.19 - Confronto tra la curva sperimentale e la curva asimmetrica del modello numerico

4.3.4 - LASTRA DI CONTROVENTO

L'ultima connessione da analizzare è il collegamento tra la lastra in c.a. e il telaio in legno. La connessione formata da viti ha il ruolo di fornire un piano di controvento alle azioni orizzontali. La descrizione del collegamento è riportata al §1.2.4. In Figura 4.20 è riportato uno schema del collegamento.



Figura 4.20 – Vista delle connessioni delle lastre in c.a. (sinistra) fessure nelle lastre in c.a. (destra)

Il comportamento della connessione è piuttosto simmetrico nelle due direzioni di carico. I meccanismi che si creano sono della vite sul legno tramite il rifollamento e delle viti sulla lastra. Quest'ultimo risulta molto più rigido e presenta due modalità di distribuzione della forza:

- Effetto puntone-tirante.
- Distribuzione delle forze lungo il lato della lastra.

Il meccanismo del puntone-tirante comporta una frattura di tipo fragile della lastra mentre il meccanismo lungo il contorno rappresenta una rottura di tipo duttile. Si cercherà quindi di allontanarsi dalla rottura fragile privilegiando quella duttile. Dalla prova sperimentale si giunge al comportamento del controvento diagrammando la parete nel suo complesso (spostamento in sommità-taglio alla base) previa depurazione degli spostamenti alla base, anche se si è visto esser molto piccoli, e dell'effetto rocking dovuto agli holdown.

Il modello che si va a costruire è della singola parete. Ipotizzando una distribuzione uniforme delle forze, ogni controvento viene modellato secondo il diagramma della parete depurato con una forza pari a metà del taglio alla base. In Figura 4.21 riportato il grafico della prova sperimentale, le rette α e β e i punti OpenSees. Il quarto punto non viene visualizzato in quanto esso risulta essere a una tensione molto alta sempre per permettere una tensione allo scarico che sia compatibile con quella sperimentale. In Figura 4.22 è riportato il confronto tra il ciclo numerico simmetrico e sperimentale che mostra la quasi simmetria nelle due direzioni. In Figura 4.23 è riportato il grafico asimmetrico del modello in confronto con la prova sperimentale. Il codice di calcolo è riportato in Appendice A.

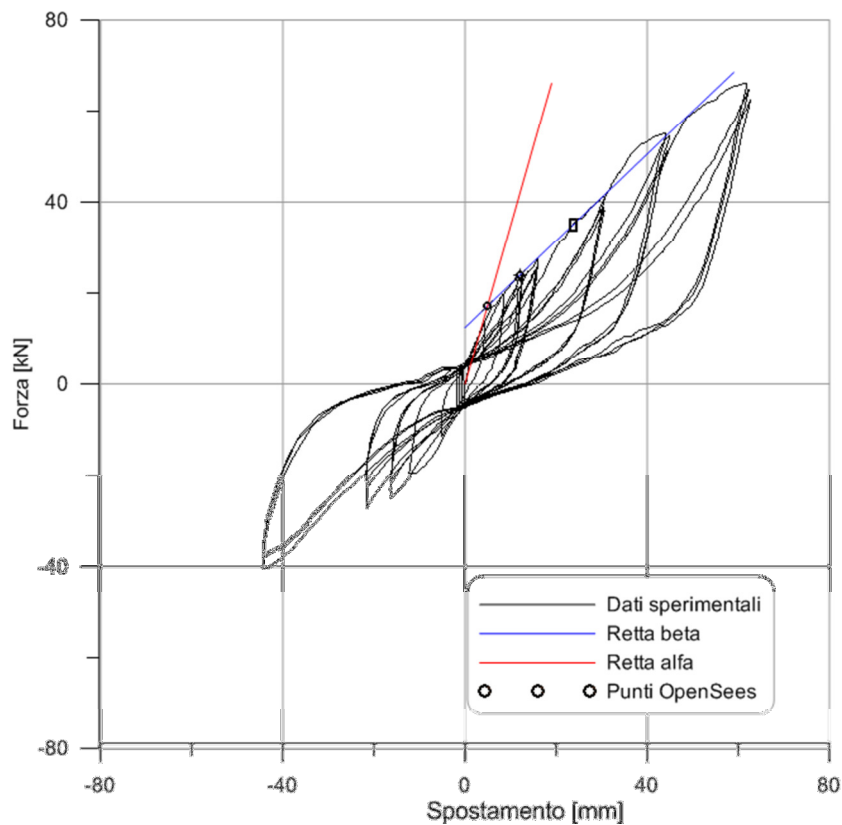


Figura 4.21 – Controvento: curva sperimentale, retta alfa, retta beta e punti OpenSees

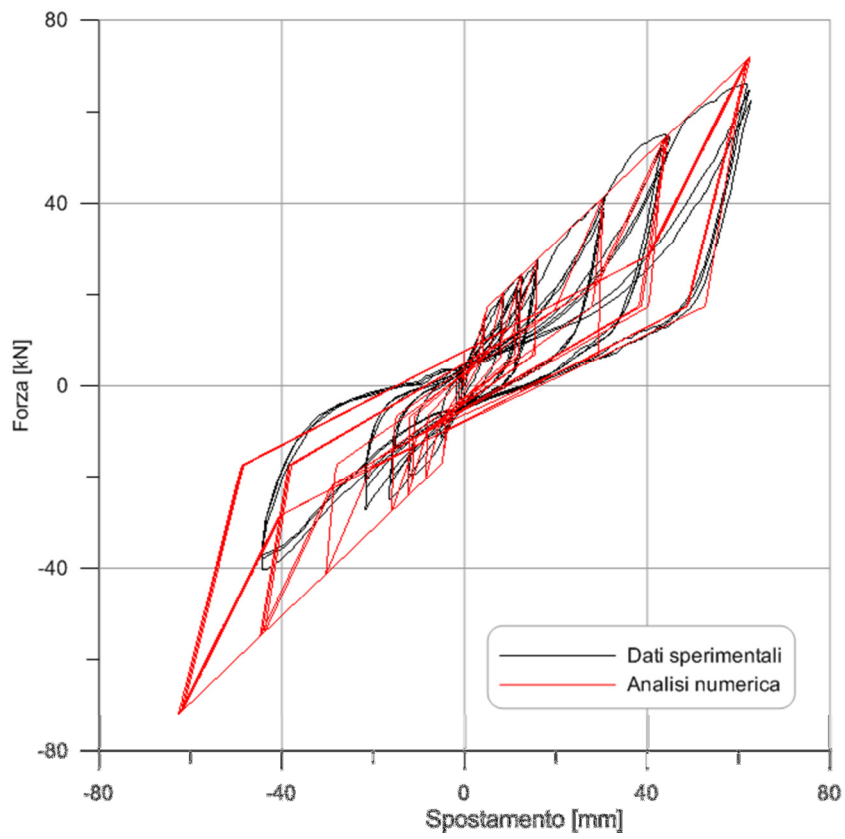


Figura 4.22 - Confronto tra la curva sperimentale e la curva simmetrica del modello numerico

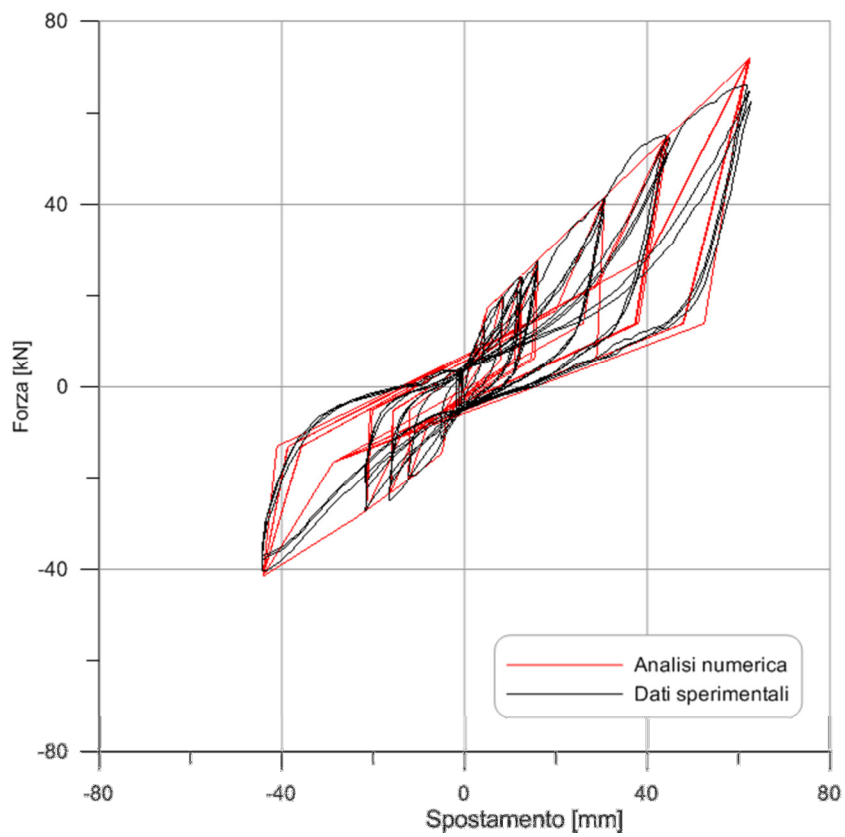


Figura 4.23 - Confronto tra la curva sperimentale e la curva asimmetrica del modello numerico

4.4 - CONCLUSIONI

La modellazione delle connessioni sopra descritte rappresenta una tappa fondamentale per lo studio, in ambito non lineare, del comportamento sismico degli edifici in legno: infatti la qualità dei risultati dipende fortemente dalla capacità, da parte del modello numerico, di riprodurre in modo fedele il comportamento isteretico reale della connessione. I modelli creati risultano approssimare bene il comportamento delle connessioni sotto carico ciclico. Si evidenzia che, data la modesta entità del degrado di resistenza rilevato nelle prove sperimentali, si è scelto di non riprodurre numericamente tale aspetto semplificando in tal modo il modello costitutivo.

CAPITOLO 5 - VALIDAZIONE DEL MODELLO

5.1 - PREMESSA

In questo capitolo viene operata la validazione dei modelli precedentemente creati. Per fare questo lavoro si ricostruisce in OpenSees la parete della prova test. Il modello risulterà affidabile se la risposta della parete complessiva del modello coincide con quella della prova sperimentale. Per la validazione si è operato per step successivi creando dapprima delle pareti con elementi lineari, i cui risultati sono confrontabili con i risultati in Straus, e successivamente si sono posti gli elementi lineari e non-lineari la cui risposta complessiva risulta essere quella della parete.

5.2 - LA PARETE LINEARE

Lo scopo di questa modellazione è di avere una corrispondenza in termini di spostamento e forze tra la parete modellata in OpenSees e la parete modellata in Straus. Esso rappresenta un primo test per una corretta modellazione. La parete viene sollecitata con uno spostamento impresso in sommità di 50mm e presenta le stesse dimensioni della parete test ma possiede tutte le connessioni con comportamento lineare e rigidezza pari a $1e9$ MPa. Gli elementi sono tipo truss e i vincoli alla base impediscono gli spostamenti in entrambe le direzioni. Nelle figure che seguono è riportato il modello Straus e OpenSees e una panoramica dei risultati ottenuti.

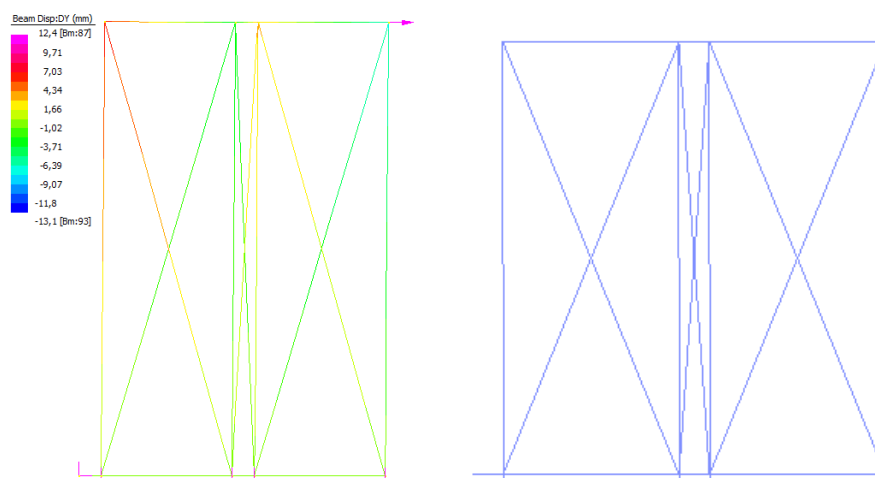


Figura 5.1 – Modello Straus (sinistra) e modello OpenSees (destra)

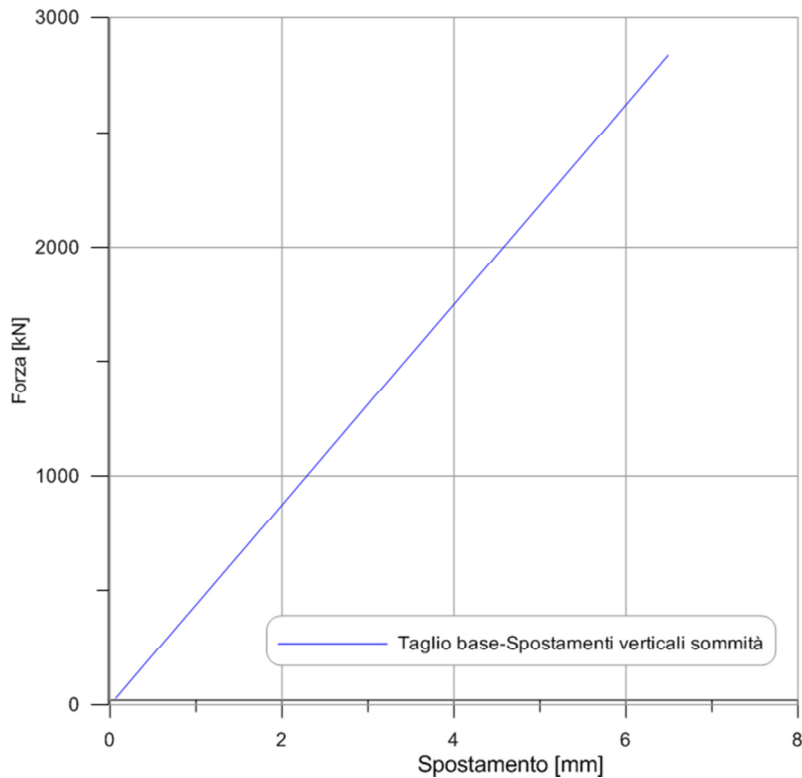


Figura 5.2 - Grafico taglio alla base- spostamento verticale in sommità

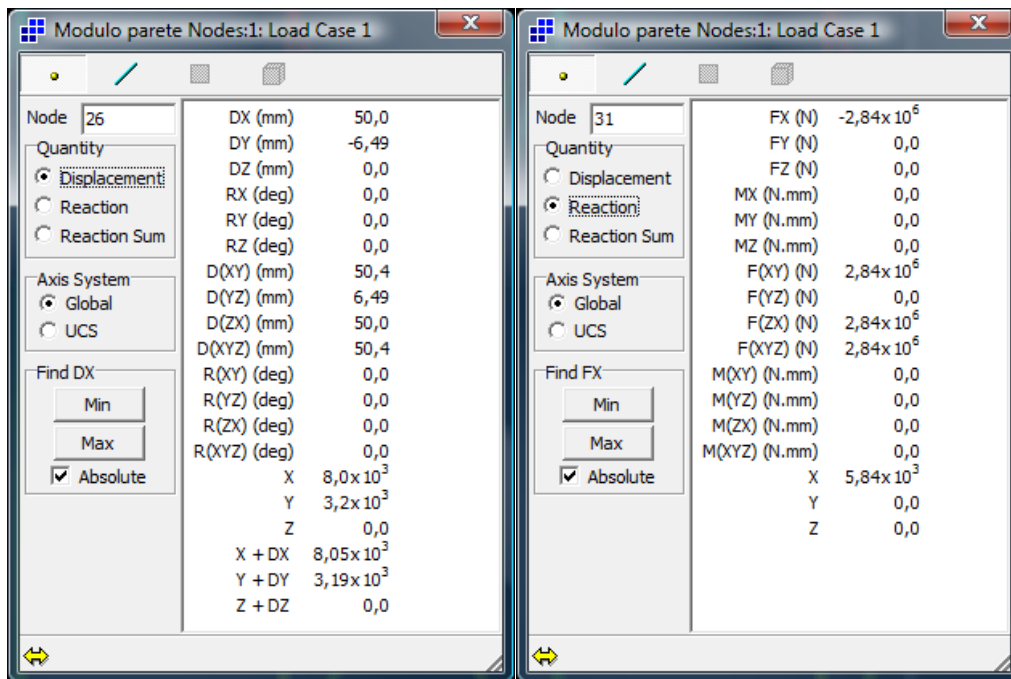


Figura 5.3 – Risultati dello spostamento in sommità (sinistra) e del taglio alla base (destra)

Come si può vedere i risultati sono del tutto identici ad indicare una corretta modellazione degli elementi in OpenSees. Si omette di riportare il codice di calcolo poiché verrà riportato quello della parete con le molle non-lineari che risulta del tutto simile.

5.3 - LA PARETE TEST

Il passo successivo è stata la modellazione della parete con le connessioni non-lineari create al capitolo precedente. Gli elementi lignei sono invece modellati con un legame lineare, di rigidità pari a $1e9\text{MPa}$. Le osservazioni, infatti, hanno dimostrato che le lesioni riguardano soltanto le connessioni, essendo la parete progettata nel rispetto della gerarchia delle resistenze per cui sono gli elementi duttili a danneggiarsi. Il modello della parete può dirsi a “duttività concentrata” in quanto la dissipazione energetica è localizzata nelle connessioni non-lineari mentre il resto della struttura rimane in campo elastico. Per quanto riguarda gli holdown si è scelto di modellare una coppia di molle in parallelo: per spostamenti che tendono a sollevare la parete si utilizza la connessione non-lineare mentre per spostamenti che portano alla compressione interviene una molla lineare rigida che simula il ramo di compressione. Tale semplificazione, come già detto, risulta valida ai fini delle valutazioni che si devono svolgere.

La modellazione ha richiesto particolare attenzione in particolare per la collocazione delle molle non-lineari. Le molle del taglio alla base e degli holdown agiscono lungo due direzioni distinte e principali e quindi rispettose della modellazione già effettuata. Diverso invece è il problema delle molle di controvento e giunto tra le pareti. Esse, infatti, secondo lo schema di parete precedente, sono poste lungo le diagonali degli elementi. Con tale disposizione entrano in gioco entrambe le direzioni di carico in contrasto con quanto modellato in precedenza. Per la molla del giunto verticale si è operato un sistema di elementi a formare dei triangoli collegati tra loro dalla molla del giunto verticale posta in verticale. Con tale configurazione si può utilizzare il ciclo isteretico visto al capitolo precedente. Uno schema del particolare del collegamento è riportato in Figura 5.4.

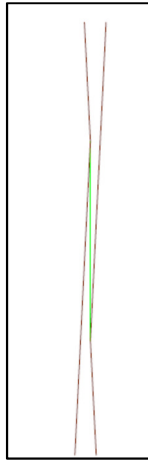


Figura 5.4 – Particolare della schematizzazione del giunto verticale

Lo schema di controvento invece risultava difficile da schematizzare in modo differente. La scelta è stata di porre la molla non-lineare sulla diagonale dell'elemento andando successivamente a modificare i parametri della molla. Tale modifica dei parametri è necessaria per effettuare un'analogia tra lo spostamento composto nelle due direzioni della parete rispetto alla direzione uniassiale schematizzata in prima fase sull'elemento.

Lo schema geometrico indicante dimensione e posizione degli elementi è riportato in Appendice C. Nel disegno è riportata anche la numerazione degli elementi truss e dei nodi utilizzata nel programma di calcolo. La scelta di numerazione verrà discussa nel capitolo successivo quando verrà presentata la modellazione della parete. Il codice per la modellazione è riportato in Appendice A.

La prima analisi svolta è una prova monotona spingendo la parete in sommità di 150mm e imponendo una rottura con una curva di softening al legame costitutivo del controvento, ipotizzando quindi una rottura delle viti del pannello. La curva monotona passa esattamente sull'involuppo superiore dei cicli di carico della prova sperimentale.

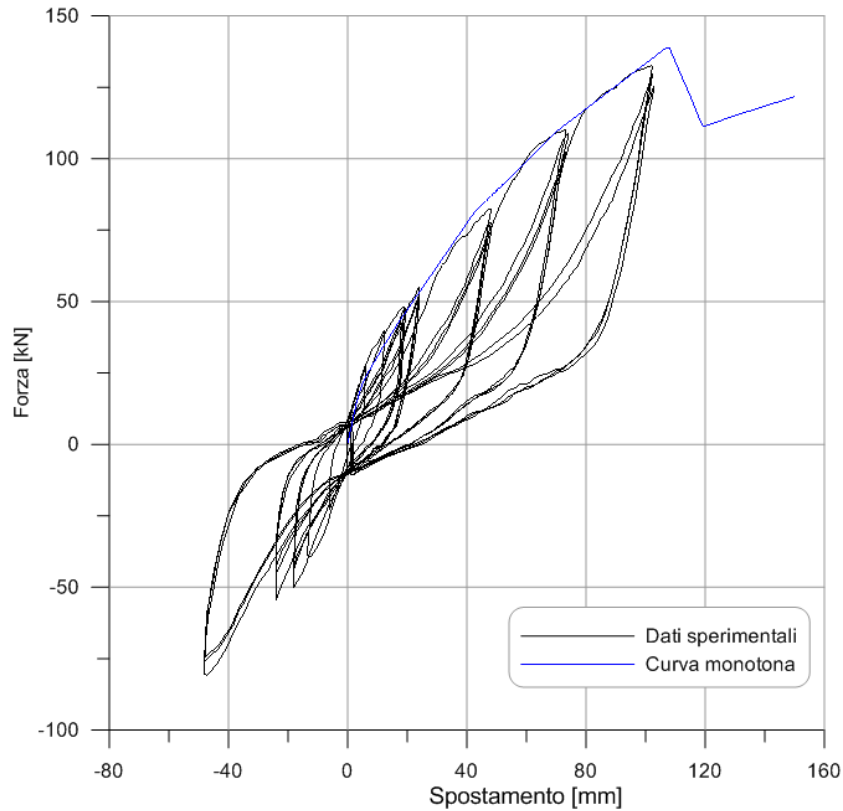


Figura 5.5 - Curva di carico monotona in confronto alla prova sperimentale

Tale risultato è il primo passo per la validazione in quanto si deve comunque verificare che il modello sia in grado di simulare il ciclo isteretico della parete. Per fare questo si impone una storia di carico in funzione del tempo così da ricostruire i cicli di carico e ricarico della prova sperimentale.

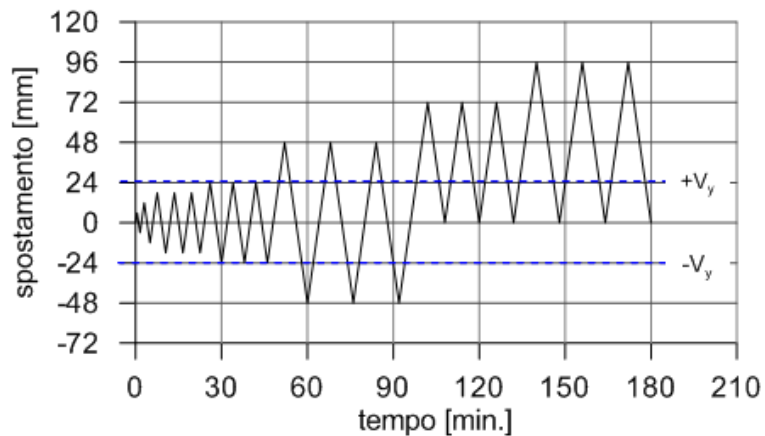


Figura 5.6 - Cicli spostamento tempo della prova.

Il risultato è decisamente soddisfacente ad eccezione dei primi cicli di carico dove i giochi delle connessioni provocano un distacco tra le due curve.

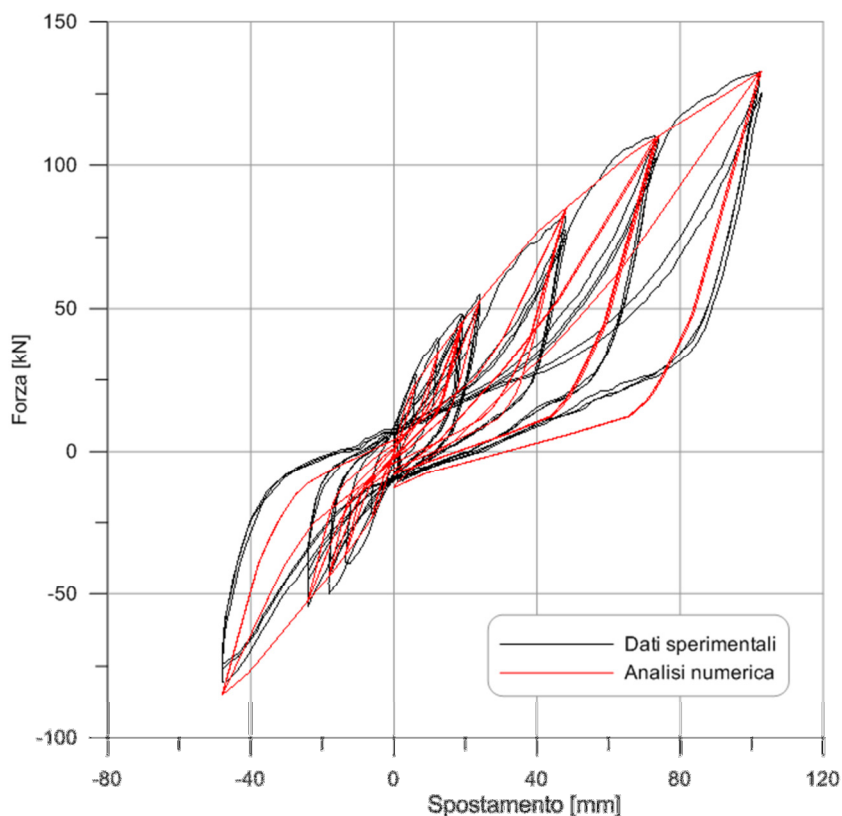


Figura 5.7 – Diagramma forza in sommità-taglio alla base della modellazione numerica e della prova sperimentale

Si osserva una buona corrispondenza sia nel campo degli spostamenti positivi che negativi. Le principali caratteristiche del comportamento della parete sono:

- Resistenza pressochè simmetrica tra il ciclo positivo e negativo.
- Forma tipica “a farfalla” del ciclo con comportamento di pinching causato dal rifollamento del legno.
- Diverso valore di tensione tra il campo degli sforzi positivi e negativi.
- Riduzione della rigidezza all'aumentare dei cicli di carico.

Non viene implementata la riduzione di resistenza per cicli successivi in quanto di modesta entità e quindi trascurabile ai fini della valutazione del comportamento globale della parete.

In Figura 5.8 è riportato il grafico completo delle tre prove.

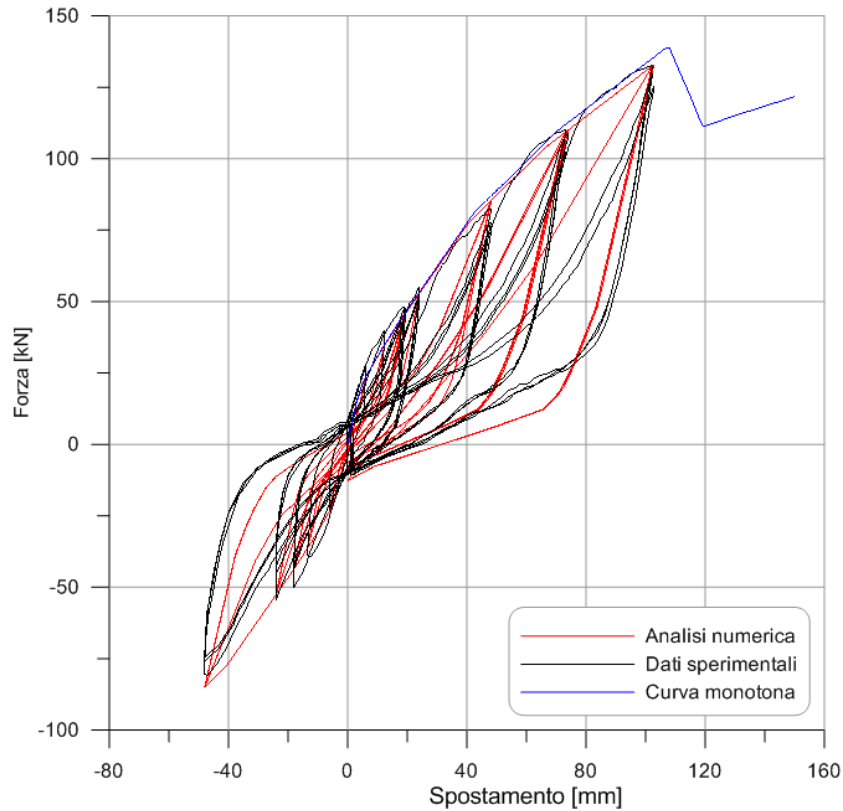


Figura 5.8 - Diagramma forza in sommità-taglio alla base della modellazione numerica, della prova sperimentale e della monotona

L'ultima analisi che viene effettuata è sul controllo di energia della parete. Tale controllo risulta molto importante in quanto misura la capacità dissipativa della parete sotto carichi ciclici e si può vedere quanto le approssimazioni effettuate siano accettabili o meno per le valutazioni successive del fattore di struttura. Con un semplice calcolo si ricava l'energia dissipata dal sistema in confronto con la prova sperimentale. L'energia dissipata viene calcolata secondo:

$$E_{d_i} = E_{d_{i-1}} + \frac{1}{2} \cdot \frac{(d_{x_i} - d_{x_{i-1}})}{(F_i + F_{i-1})} \quad (5.1)$$

dove:

E_{d_i} e $E_{d_{i-1}}$ è l'energia dissipata dal sistema per le deformazioni plastiche;

d_{x_i} e $d_{x_{i-1}}$ è lo spostamento del i-esimo e all'istante precedente;

F_i e F_{i-1} sono le forze (taglio alla base) i-esime e all'istante precedente;

In Figura 5.9 è riportato il diagramma delle energie dissipate dalla prova sperimentale e dal modello numerico.

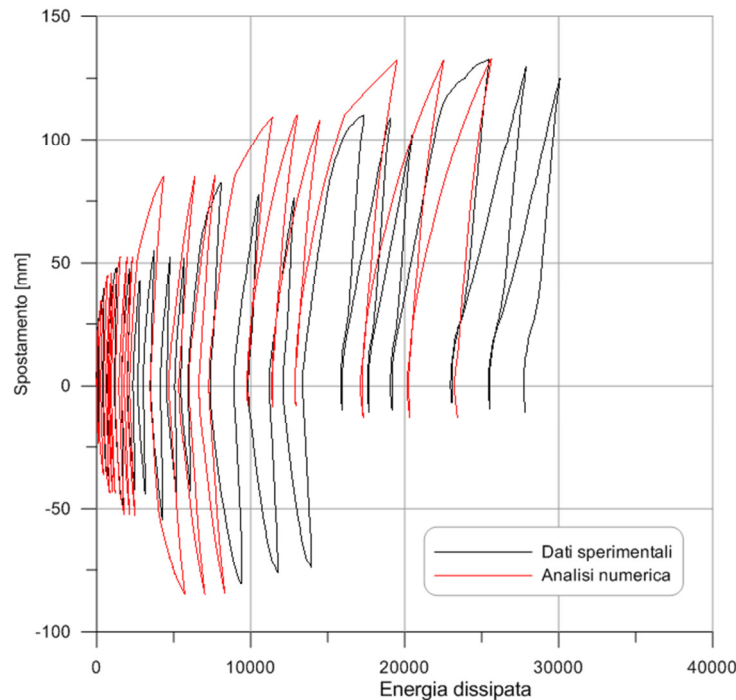


Figura 5.9 - Energia dissipata nella prova sperimentale e nell'analisi numerica

Dalla figura si vede che il modello numerico per i cicli di carico iniziali (caratterizzati da spostamenti piccoli) dissipa meno energia rispetto alla prova sperimentale. Tale differenza è principalmente dovuta alla presenza di fenomeni di attrito che nei cicli iniziali (quando le connessioni non sono ancora danneggiate) provocano un incremento dell'energia dissipata. Il modello numerico non tiene conto di questi fenomeni di attrito pertanto nelle fasi iniziali sottostima l'energia dissipata. Tale approssimazione è comunque a favore di sicurezza per la tipologia di analisi per cui il modello verrà utilizzato. Si precisa inoltre che la presenza dell'attrito tra legno e lastra è legata alla forza di compressione indotta dal serraggio delle viti della lastra. L'entità di tale forza è molto variabile nel tempo a causa dei fenomeni di ritiro e rigonfiamento del legno e della viscosità.

5.4 - CONCLUSIONI

La modellazione effettuata è servita alla taratura dei cicli isteretici dei controventi e alla soluzione del problema legato alla disposizione dell'elemento giunto verticale tra le pareti. Le analisi dimostrano una corrispondenza in termini forza-spostamento e di energia con l'eccezione riguardante i primi cicli di carico. Terminata la parte di validazione si andrà a costruire il modello di una parete a tre piani su cui, tramite analisi nel tempo, si andrà a ricavare il fattore di struttura.

CAPITOLO 6 - MODELLAZIONE EDIFICIO A 3 PIANI

6.1 - PREMESSA

Terminato il lavoro di modellazione delle molle che compongono la parete tipo si procede alla modellazione di una parete composta di sei pareti in serie e con un'altezza di tre piani. L'obiettivo di questo capitolo è la modellazione e lo studio del comportamento della parete sottoposta ad un'analisi non-lineare nel dominio del tempo. Tale fase è fondamentale per ricavare il fattore di struttura e le energie dissipate come vedremo nei capitoli successivi.

6.2 - CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA PARETE

La simulazione che viene effettuata riguarda una parete dell'edificio e non il suo studio tridimensionale. La scelta di operare su un problema bidimensionale è in primis per la semplificazione numerica visto l'uso di un software non commerciale. Inoltre il sistema, se scomposto nelle due direzioni principali, va a coinvolgere un sistema resistente rappresentato proprio dalle pareti che esso trova nella sua direzione. Analizzare una parete, quindi, è sinonimo di analisi di un intero edificio qualora l'edificio risulti regolare in pianta.

La parete che compone ha una lunghezza pari a 632cm a rappresentare sei moduli parete affiancati e un'altezza di tre piani quindi di 992cm. Per essere aderente ad una realtà costruttiva sono previsti dei fori finestra al primo e secondo piano e un'apertura porta al piano terra. I fori finestra sono previsti nella terza e quinta parete per entrambi i piani lasciando quindi un blocco di due pareti affiancate centralmente e una parete esternamente. La scelta dei fori finestra, come si vedrà dalle analisi, avrà una notevole influenza nel comportamento della parete. A favore di sicurezza e non conoscendo il comportamento di eventuali pezzi parete di chiusura si è scelto di non far entrare nella modellazione l'intera parete su cui viene alloggiata la finestra. La porta al piano terra è pensata in posizione centrale e coinvolge due dei sei moduli parete. L'intelaiatura in legno è di una trave in due appoggi con una forza centrale proveniente dal piano superiore. Al fine di non definire ulteriori legami elastici si è scelto di schematizzare la

trave in legno mediante elementi rigidi già utilizzati andando a creare un reticolo di travi come si vede in Figura 6.1. Confrontando i valori di spostamento si dimensiona la lunghezza dell'elemento verticale dello schema rigido.



Figura 6.1 – Schema trave in legno (sinistra) e schema di travi con collegamenti rigidi (destra)

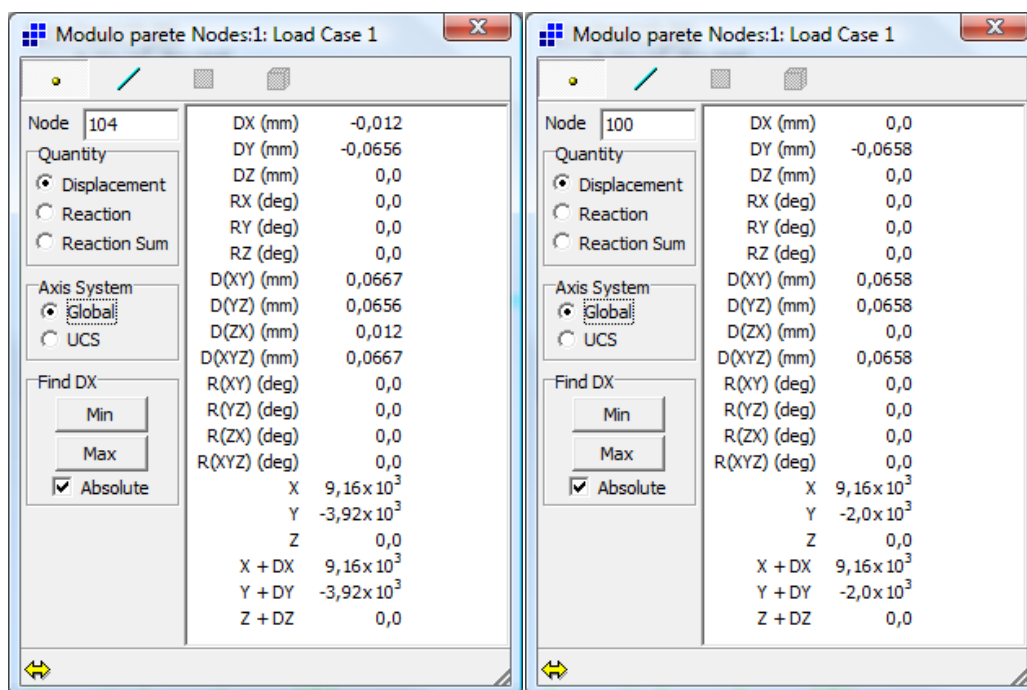


Figura 6.2 – Confronto tra i valori di spostamento tra i due schemi

Le dimensioni delle pareti che compongono l'edificio sono del tutto identiche a quanto visto in precedenza escluse alcune dimensioni delle molle non lineari che comunque non comporta alcuna variazione nel comportamento. Lo schema geometrico indicante le dimensioni degli elementi e loro posizione è riportato in Appendice C.

6.3 - COSTRUZIONE DEL MODELLO DELLA PARETE

La modellazione tiene conto di quanto stabilito per quanto riguarda le aperture e semplificazioni della trave in legno. In particolare la modellazione segue questi punti:

1. Disposizione e numerazione degli elementi di connessione.
2. Modellazione del comportamento delle molle.
3. Distribuzione delle masse.

Gli elementi utilizzati sono anche in questo caso tipo truss. Gli holdown di piano terra e le molle a taglio sempre di piano terra sono vincolate alla traslazione in entrambe le direzioni. Il codice di calcolo che implementa il modello è riportato in Appendice A.

6.3.1 - DISPOSIZIONE DEGLI ELEMENTI DI CONNESSIONE

La modellazione viene eseguita introducendo i seguenti elementi lineari e non lineari:

- Elementi elastici a comporre il telaio di supporto.
- Molle non-lineari per il taglio alla base.
- Molle non-lineari per il taglio interpiano.
- Molle non-lineari per gli holdown.
- Molle lineari in parallelo agli holdown funzionanti solo a compressione.
- Molle non-lineari per il giunto verticale.
- Molle non-lineari per il controvento.

La lunghezza di alcuni legami è imposta dalla geometria del problema stesso come i controventi, gli holdown di interpiano, gli elementi del telaio e del taglio interpiano mentre altri elementi come il giunto verticale, holdown a terra e taglio alla base sono fissati secondo una dimensione fittizia. Tale dimensione modifica il legame costitutivo poiché non entra più in gioco una lunghezza unitaria. Come si vede nel codice ai legami viene dato in input anche la lunghezza dell'elemento. Tale artificio serve a ricondurre l'elemento ad una molla di lunghezza unitaria al fine di utilizzare i legami tarati al capitolo 4 e 5.

Al fine di ottenere una semplificazione dello schema concettuale della parete nel software sono utilizzati dei prefissi ad indicare il tipo di legame utilizzato. Quindi, come si vede dall'Appendice C dove è riportata la numerazione, si assegna un numero di tre cifre ad ogni elemento non lineare e lineare ad esclusione degli elementi verticali ed

orizzontali in legno per cui si segue una numerazione crescente a partire dal numero 1. In particolare viene utilizzata la numerazione 11x per le molle a taglio, 3xx per le molle verticali del giunto tra le pareti, 6xx per i controventi, 4xx o 9xx a seconda che si stia parlando dell'holddown o del suo parallelo e 8xx per indicare gli elementi diagonali che formano i triangoli collegati dalle molle verticali tra le pareti. In Figura 6.3 è rappresentato l'output del programma dove si vede la posizione delle aperture, truss e e nodi.

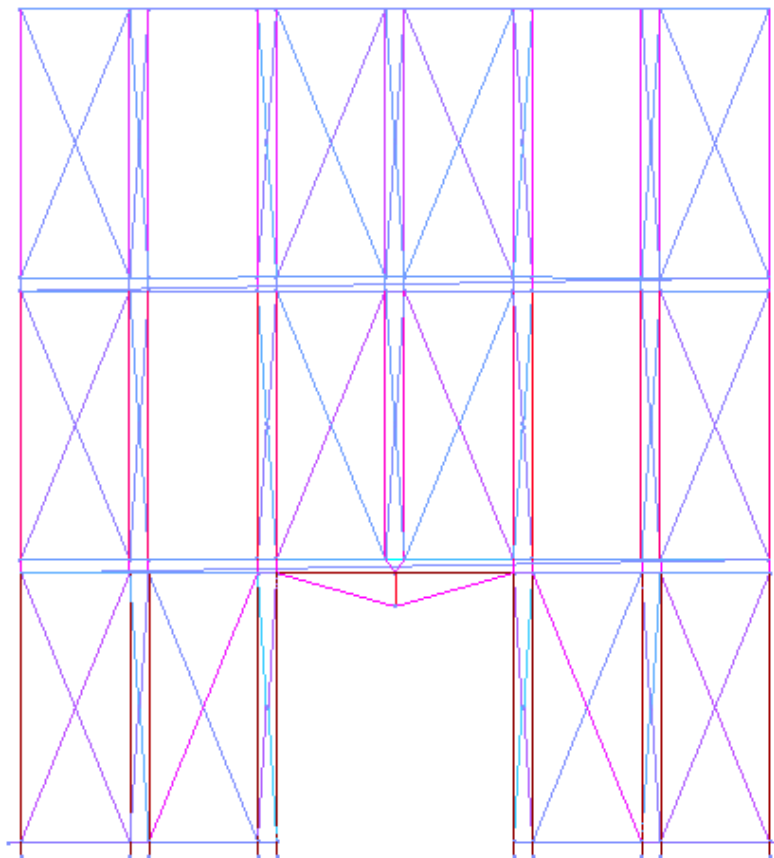


Figura 6.3 – Rappresentazione della parete dell'edificio in OpenSees

6.3.2 - MODELLAZIONE DEL COMPORTAMENTO DELLE MOLLE

I legami costitutivi sono lineari per gli elementi del telaio in legno mentre sono non lineari per le connessioni. I cicli isteretici che le rappresentano sono quelli già tarati al capitolo 4 con eccezione del controvento per cui viene utilizzato il legame modificato al capitolo 5. Le molle a taglio interpiano utilizzano il medesimo legame costitutivo dei tagli alla base ma con una resistenza tripla viste le pareti in gioco. Per lo stesso motivo vengono inserite due molle di taglio alla base.

6.3.3 - DISTRIBUZIONE DELLE MASSE

L'ultimo aspetto della modellazione ha riguardato le masse dell'edificio. Esse sono state applicate in modo concentrato sui nodi interpiano ad esclusione dei nodi che cadono sulla trave in legno dell'apertura al piano terra. L'analisi dei carichi porta a considerare un carico distribuito (valutato per la combinazione sismica) pari a 3kN/mq in copertura e di 4,8kN/mq. Posta la lunghezza del solaio a 6m. Si ha una massa sismica totale di 6t in copertura e di 9,6t ai piani inferiori. Tali masse vengono suddivise in egual modo tra i nodi. Verrà per le analisi creato anche un edificio in cui le masse sono prese al 75% del valore totale. Questa analisi servirà a comprendere il diverso comportamento al variare delle masse in gioco.

6.4 - L'ANALISI DINAMICA NON-LINEARE

Per lo studio del comportamento della parete al fine di calcolare il fattore di struttura e svolgere lo studio energetico si implementa l'analisi dinamica non-lineare. La forzante è rappresentata da un accelerogramma e la risposta viene calcolata mediante integrazione delle equazioni generali del moto. Il metodo di integrazione utilizzato è quello di Newmark dove alle variabili γ e β vengono assegnati i valori 0,5 e 0,25. Nel metodo passo passo si assume dunque che le accelerazioni rimangano costanti nell'intervallo di tempo Δt cosicché esse possono essere integrate per trovare la velocità e gli spostamenti all'istante $t + \Delta t$. Verranno ora discussi alcuni punti salienti dell'analisi:

- Non linearità dell'analisi.
- Modello di smorzamento adottato.
- Passo d'integrazione.

6.4.1 - NON LINEARITA' DELL'ANALISI

In un'analisi non lineare possono essere incluse due tipi di non linearità: la prima dovuta ai materiali, la seconda alla geometria. Nel caso in esame è stata inclusa la sola non linearità del materiale in quanto è l'unica responsabile della dissipazione di energia nella struttura. Soltanto quando le deformazioni sono rilevanti o tali da modificare la

rigidezza della struttura si deve tener in considerazione anche la non linearità geometrica e quindi gli effetti del secondo ordine.

6.4.2 - MODELLO DI SMORZAMENTO ADOTTATO

Per una struttura che “vibra” il termine smorzamento rappresenta una perdita dell’energia totale posseduta dal sistema. In una struttura lo smorzamento è dovuto a molteplici fattori di dissipazioni di energia tra i quali abbiamo l’isteresi dei materiali, lo scorrimento, le frizioni nelle connessioni, ecc...

Distinguere le varie forme di smorzamento è complicato pertanto esso viene approssimativamente definito come smorzamento viscoso (viscous damping). Lo smorzamento viscoso viene generalmente introdotto come frazione dello smorzamento critico il quale, per una struttura separa, il comportamento oscillatorio da quello non oscillatorio. Il codice di calcolo implementa il modello di smorzamento di Rayleigh.

Lo smorzamento alla Rayleigh è uno dei modelli di smorzamento più diffuso nell’ambito della modellazione fem. In questo modello si assume lo smorzamento come combinazione lineare della matrice delle rigidezze e delle masse secondo la seguente forma come riportato nella guida:

$$[D] = \alpha M \cdot [M] + \beta_{current} K_{current} \cdot [K_{current}] + \beta_{init} K_{init} \cdot [K_{init}] + \beta_{comm} K_{comm} \cdot [K_{lastCommit}] \quad (6.1)$$

dove:

$[D]$ è la matrice di smorzamento;

$[M]$ è la matrice delle masse;

$[K_{current}]$ è la matrice di rigidezza allo stato corrente;

$[K_{init}]$ è la matrice di rigidezza allo stato iniziale.

Nel codice di calcolo viene assegnato uno smorzamento da assegnare a ciascuna frequenza pari al 2%. OpenSees fornisce, in modo già predefinito, la funzione per il calcolo della matrice di damping. A tale funzione si dovranno dare in input i coefficienti moltiplicativi delle matrici di massa e rigidezza calcolati come segue:

$$\alpha M = \frac{\omega_1 \cdot \omega_1 \cdot 2 \cdot x_{Damp}}{(\omega_1 + \omega_2)} \quad (6.2)$$

$$\beta K_{comm} = \frac{2 \cdot x_{Damp}}{(\omega_1 + \omega_2)} \quad (6.3)$$

$$\beta K_{current} = 0; \beta K_{init} = 0 \quad (6.4)$$

Le due frequenze ω_1 e ω_2 vanno scelte in modo da coprire, senza ricorrere ad un intervallo eccessivamente alto, tutto il campo di frequenza in cui può lavorare la struttura. In particolare ω_1 viene scelto sul primo valore dell'autovalore e ω_2 vale:

$$\omega_2 = \left(\frac{\omega_1}{2 \cdot \pi} + 4 \right) \cdot 2 \cdot \pi \quad (6.5)$$

6.4.3 - PASSO D'INTEGRAZIONE

Infine viene discusso il passo d'integrazione. Tale parametro influenza l'accuratezza della soluzione e la sua durata. Passi d'integrazione molto piccoli comportano un conseguente aumento dell'onere computazionale. Nelle analisi non si è utilizzato un unico passo di integrazione bensì si è proceduto con analisi al 1e-4 di secondo e nel caso esse non assicurassero la convergenza si andava ad infittire fino a 1e-5 di secondo. Data l'enorme mole di dati e per assicurare una corrispondenza con l'accelerogramma di input si è salvata la soluzione ogni centesimo di secondo. Tale operazione può essere svolta in OpenSees o mediante un software esterno. Nello specifico la scelta è stata di costruire un programma in Visual Basic che dati in input i file di testo li restituisse con dati ogni centesimo di secondo. Tale programma assicura la dinamicità di salvare la soluzione desiderata in base al passo scelto nell'analisi. La form del programma è riportata in Figura 6.4 mentre il codice di calcolo è posto in Appendice B.

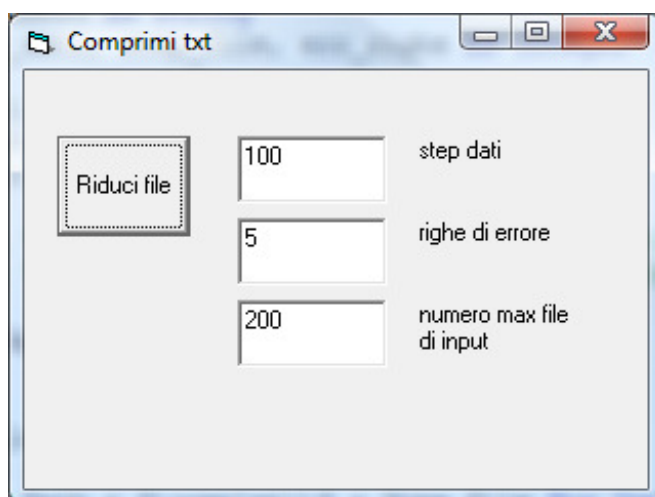


Figura 6.4 – Form di input del programma

6.5 - L'ANALISI STATICA NON-LINEARE

Come verrà discusso nei capitoli successivi per la convalida delle analisi viene eseguita un'analisi statica non-lineare (pushover). L'analisi viene svolta in controllo di spostamento assumendo ai vari piani una distribuzione delle masse proporzionale alle masse di piano. Il passo di integrazione è del decimo di millimetro poiché non si riscontrano particolari problemi di convergenza in analisi di questo tipo.

6.6 - CONCLUSIONI

Con questo capitolo si conclude la parte riguardante la modellazione numerica. Sono stati definiti tutti i legami costitutivi in gioco e si sono implementate le analisi. Esse permettono di andare a valutare la risposta dell'edificio in campo non lineare e quindi costituiscono il primo passo per la determinazione del fattore di struttura "q" come verrà esposto al capitolo successivo.

CAPITOLO 7 - DETERMINAZIONE DEL FATTORE DI STRUTTURA q

7.1 - PREMESSA

La capacità dissipativa di un sistema strutturale viene sintetizzata attraverso il fattore di struttura “ q ” (Behaviour Factor) il quale riflette il comportamento post elastico e la duttilità della struttura. È quindi possibile progettare la struttura in campo elastico tenendo conto dell’effettivo comportamento non lineare semplicemente dividendo le ordinate dello spettro di risposta per il valore del fattore di struttura q come mostrato nella figura che segue:

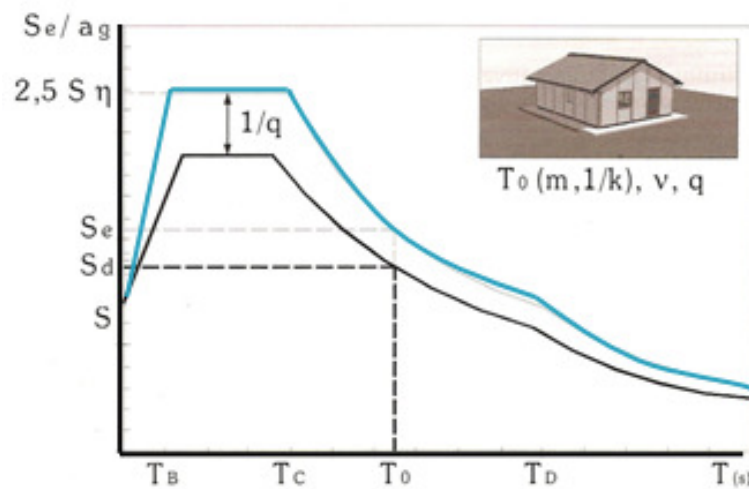


Figura 7.1 - Il fattore di struttura “ q ” riduce l’ordinata dello spettro elastico e quindi l’intensità della forza sismica equivalente

Il valore del fattore “ q ” varia in funzione di:

- Tipologia costruttiva.
- Tipo di materiale.
- Caratteristiche dei giunti.

Le normative nazionali e internazionali forniscono per ciascuna tipologia costruttiva i valori di q da utilizzare nella progettazione; in particolare, per le strutture in legno, le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni suggeriscono:

Classe		q_0	Esempi di strutture
A	Strutture aventi una alta capacità di dissipazione energetica	3,0	Pannelli di parete chiodati con diaframmi incollati, collegati mediante chiodi e bulloni; strutture reticolari con giunti chiodati
		4,0	Portali iperstatici con mezzi di unione a gambo cilindrico, spinotti e bulloni (con le precisazioni contenute nei seguenti capoversi del § 7.7.3)
		5,0	Pannelli di parete chiodati con diaframmi chiodati, collegati mediante chiodi e bulloni
B	Strutture aventi una bassa capacità di dissipazione energetica	2,0	Pannelli di parete incollati con diaframmi incollati, collegati mediante chiodi e bulloni; strutture reticolari con collegamenti a mezzo di bulloni o spinotti; strutture cosiddette miste, ovvero con intelaiatura (sismo-resistente) in legno e tamponature non portanti
			Portali isostatici con giunti con mezzi di unione a gambo cilindrico, spinotti e bulloni (con le precisazioni contenute nei seguenti capoversi del § 7.7.3)
		2,5	Portali iperstatici con mezzi di unione a gambo cilindrico, spinotti e bulloni (con le precisazioni contenute nei seguenti capoversi del § 7.7.3)

Figura 7.2 - Valori del fattore di struttura "q" indicati in normativa

In questo capitolo ci si propone di verificare il valore di struttura indicato in normativa anche per il sistema costruttivo "CoStructure". Nel seguito quindi verrà presentato il metodo di calcolo per definire tale valore.

7.2 - STRATEGIA PER IL CALCOLO DEL FATTORE DI STRUTTURA

La metodologia che viene seguita per il calcolo del fattore di struttura si basa sui seguenti punti fondamentali:

1. Modellazione di un edificio tipo in grado di simulare il comportamento non lineare.
2. Valutazione dell'intensità massima del sisma che l'edificio può sopportare rimanendo in campo elastico.
3. Valutazione dell'intensità del sisma che porta al raggiungimento della condizione "ultima".
4. Definizione di una condizione ultima o di quasi collasso (near collapse) dell'edificio.
5. Determinazione del fattore di struttura come rapporto tra l'accelerazione nella condizione di quasi collasso e l'accelerazione nella condizione elastica.

Analizziamo i precedenti punti nel dettaglio:

MODELLAZIONE DELL'EDIFICIO:

L'edificio su cui verranno eseguite le analisi non lineari è lo stesso modellato e descritto al capitolo 6. Si ricorda che per lo stesso edificio sono previste due distinte distribuzioni di massa.

VALUTAZIONE DELLA PGA ELASTICA:

La valutazione della PGA elastica viene svolta a ritroso dall'analisi lineare statica. Avendo a disposizione la resistenza della parete calcolata con le prove sperimentali e le forze inerziali date dalla massa dell'edificio è possibile ricavare l'ordinata dello spettro di risposta $S_d(T_1)$ da cui è possibile risalire all'accelerazione elastica. La resistenza della parete al §2.4 è stata valutata pari a 56,2kN per ogni parete resistente secondo l'approccio indicato nell'EC5. Per applicare la normativa nazionale per il calcolo dell'accelerazione elastica si deve calcolare la resistenza con la normativa nazionale. Infatti l'EC5 prevede $\gamma_M = 1.0$ e $k_{mod} = 1.1$ mentre la normativa nazionale pone $\gamma_M = 1.5$ e $k_{mod} = 1.0$. La resistenza, calcolata secondo l'NTC, risulta quindi pari a 34.1kN per ogni parete resistente. Nell'edificio in esame ad ogni piano sono posti quattro moduli resistenti così da avere una resistenza totale pari a 136.2kN. L'ordinata dello spettro di risposta si ricava dalla seguente relazione:

$$F_h = S_d(T_1) \cdot W/g \quad (7.1)$$

dove:

F_h è la resistenza della parete calcolata in precedenza;

W è il peso dell'edificio;

g è l'accelerazione di gravità.

Le masse per i due edifici test sono riportate nella Tabella 7.1:

Massa edificio test 1:		Massa edificio test 2:	
Massa livello 0:	9.6 [ton]	7.2 [ton]	
Massa livello 1:	9.6 [ton]	7.2 [ton]	
Massa livello 2:	6 [ton]	4.5 [ton]	
Massa totale ai livelli:	25.2 [ton]	18.9 [ton]	

Tabella 7.1 - Masse degli edifici

Dalla (6.5) si ricava che l'ordinata vale 0.55g e 0.74g rispettivamente per l'edificio test n.1 e n.2. Per ricavare l'accelerazione che fornisce i valori dello spettro appena ricavati si devono analizzare le equazioni che lo definiscono:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left(1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2.5 - 1) \right) \quad (7.2)$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 \quad (7.3)$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 \cdot \left(\frac{T}{T_C} \right) \quad (7.4)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right) \quad (7.5)$$

dove:

S è il fattore che tiene conto del profilo stratigrafico, nel nostro caso pari a 1.25 essendo un terreno tipo B;

η fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ , nel nostro caso pari a 1;

T è il periodo di vibrazione dell'oscillatore semplice;

T sono i periodi che separano i diversi rami dello spettro dipendenti dal profilo stratigrafico del suolo di fondazione, in particolare si ha: $T_B = 0,15$, $T_C = 0,5$, $T_D = 2,0$.

L'edificio presenta un periodo proprio pari a 0.44s e a 0.39s rispettivamente per l'edificio tet n. 1 e n.2 risultando quindi nel plateau dello spettro. Il periodo dell'edificio è stato ricavato dall'analisi dinamica non lineare che vedremo nel seguito. La relazione (7.3) fornisce una $a_g = 0.18g$ per l'edificio test n. 1 e una $a_g = 0.24g$ per l'edificio test n. 2. Si ricorda che lo spettro elastico coincide con lo spettro di progetto in quanto il fattore di struttura viene posto uguale a 1 al fine di ricavare l'accelerazione che porta allo snervamento la struttura.

VALUTAZIONE DELLA CONDIZIONE ULTIMA:

La modellazione effettuata permette di eseguire analisi non lineari con l'impiego di accelerogrammi di intensità via via crescente fino al raggiungimento di una condizione

definita di quasi collasso. Tali analisi considerano la risposta non lineare e dissipativa delle connessioni.

DEFINIZIONE DELLA CONDIZIONE DI QUASI COLLASSO:

La condizione di quasi collasso si ha quando almeno un holdown dell'edificio manifesta un sollevamento maggiore di 25mm oppure il drift tra due piani supera lo spostamento di 100mm. Evidentemente essa non rappresenta la condizione ultima dell'edificio ma è una misura convenzionale che decreta la perdita di funzionabilità dell'edificio.

DEFINIZIONE DEL FATTORE DI STRUTTURA:

Valutata l'intensità del sisma che porta al quasi collasso l'edificio ($PGA_{quasicollasso}$) si è quindi supposto che la forza sismica equivalente possa essere ancora calcolata con l'espressione:

$$F_h = S_d(T_1) \cdot W/g \quad \text{dove} \quad S_d(T_1) = PGA_{quasicollasso} \cdot S \cdot 2.5/q$$

Si hanno quindi a disposizione due accelerazioni:

1. PGA limite elastico pari a 0.18g e 0.24g indipendentemente dal sisma.
2. PGA quasi collasso data da un'analisi dinamica non lineare per vari sismi.

Nella determinazione dell'intensità del sisma che porta alla condizione di quasi collasso si assiste alla plasticizzazione delle connessioni pertanto la forza sismica a cui è sottoposta la struttura non cambia. Dall'uguaglianza delle forze sismiche per le due condizioni si ha:

$$q = \frac{PGA_{quasicollasso}}{PGA_{elastica}} \quad (7.6)$$

Secondo questo approccio il fattore di struttura risulta essere il rapporto tra l'accelerazione di picco del terremoto che porta al crollo la struttura e l'accelerazione di picco che porta la struttura al raggiungimento del limite elastico.

Di fatto se una struttura raggiunge il limite elastico con un valore dell'accelerazione di picco al suolo pari a $PGA_{elastico}$ allora essa è in grado di resistere ad un sisma di intensità q volte maggiore tramite la plasticizzazione delle connessioni.

L'approccio sopra descritto è di tipo misto in quanto si va a definire la condizione ultima attraverso un'analisi dinamica non lineare mentre il valore dell'accelerazione elastica viene determinato attraverso un'analisi statica equivalente.

Alla luce di quanto detto possiamo affermare che il metodo di calcolo adottato è basato su due valori di accelerazione: PGA snervamento e PGA quasi collasso. Il primo viene stabilito in modo convenzionale ed è uguale per tutti i sismi, il secondo invece viene determinato sulla base di un'analisi dinamica non lineare e varia in funzione del contenuto in frequenza del sisma.

7.3 - ANALISI DINAMICA NON LINEARE PER L'EDIFICIO TEST N. 1 E N. 2

L'analisi dinamica non lineare con impiego di accelerogramma consente di valutare la risposta dell'edificio ad un sisma di data intensità senza eseguire alcuna approssimazione in merito al comportamento dinamico delle connessioni presenti. Essa verrà eseguita su due edifici test, uguali per quanto riguarda la modellazione degli elementi e della geometria ma diversi per le masse ai livelli. In particolare si ha:

1. Edificio test n.1 con massa al 100%.
2. Edificio test n. 2 con massa al 75%.

L'utilizzo di edifici con masse differenti, e quindi con periodi fondamentali differenti, è per ottenere la risposta in un range di frequenze proprie di questa tipologia di edifici. Come già visto l'edificio test n. 2 presenta una PGA elastica maggiore poiché essendo più leggero avrà forze sismiche inferiori. Ci si aspetta quindi una PGA di quasi collasso maggiore pur mantenendo un fattore di struttura simile all'edificio test n.1. Il periodo fondamentale dell'edificio viene ricavato direttamente dalla prima frequenza dell'edificio che deriva a sua volta dal primo autovalore, rappresentativo del primo modo di vibrare. I valori del periodo e della prima frequenza sono riportati in .

	T [s]	f [Hz]
Edificio test n. 1 - M=100%	0.444	2.250
Edificio test n. 2 - M=75%	0.385	2.598

Tabella 7.2 - Periodo fondamentale e prima frequenza degli edifici test

Si osservi come la struttura con il 100% di massa abbia un periodo maggiore ad indicare una maggiore deformabilità. Di seguito è riportata la schermata di dialogo di OpenSees dalla quale vengono ricavati i valori delle frequenze proprie degli edifici e di conseguenza del periodo.

```

OpenSees -- Open System For Earthquake Engineering Simulation
Pacific Earthquake Engineering Research Center -- 2.2.1

(c) Copyright 1999,2000 The Regents of the University of California
All Rights Reserved
(Copyright and Disclaimer @ http://www.berkeley.edu/OpenSees/copyright.html)

OpenSees > source th.tcl
pinch_s1
pinch_s11
pinch_s3
pinch_s4
pinch_s6
1a frequenza =2.250207909579497
2a frequenza =6.250207909579498
alphaM = 0.4156201313622504
betaKcomm = 0.0007493076676597837

```

Figura 7.3 - Schermata di OpenSees per l'edificio test n.1

```

OpenSees -- Open System For Earthquake Engineering Simulation
Pacific Earthquake Engineering Research Center -- 2.2.1

(c) Copyright 1999,2000 The Regents of the University of California
All Rights Reserved
(Copyright and Disclaimer @ http://www.berkeley.edu/OpenSees/copyright.html)

OpenSees > source th.tcl
pinch_s1
pinch_s11
pinch_s3
pinch_s4
pinch_s6
1a frequenza =2.5983162846566956
2a frequenza =6.598316284656695
alphaM = 0.4682911431070426
betaKcomm = 0.0006925824972985618

```

Figura 7.4 - Schermata di OpenSees per l'edificio test n.2

Per la determinazione del fattore di struttura q vengono utilizzati sette diversi accelerogrammi spettro-compatibili generati con l'impiego del programma Gelfi-Simquake. La spettro compatibilità viene verificata, in accordo con la normativa, accertandosi che l'ordinata dello spettro prodotto dal sisma non sia inferiore rispetto a quella imposta dalla normativa per più del 10%. In Figura 7.5 è riportata la schermata che mostra i dati di input del programma scegliendo un terreno tipo B, uno smorzamento del 2%, un fattore di importanza unitario e una accelerazione al suolo pari a 0.25g ovvero di una zona sismica n.2. La scelta della zona sismica n.2 è da imputare al fatto che le accelerazioni elastiche ricavate si avvicinano a questa accelerazione. Il programma di calcolo (Appendice A) provvederà ad amplificare lo spettro mediante un coefficiente moltiplicativo per portarlo alla PGA sollecitante desiderata.

Seismic Zone		Spectrum Type	
<input type="radio"/> 1 ag=0,35g	<input checked="" type="radio"/> 2 ag=0,25g	<input checked="" type="radio"/> Horiz.	<input type="radio"/> Vertical
<input type="radio"/> 3 ag=0,15g	<input type="radio"/> 4 ag=0,05g	<input type="radio"/> SLU	<input type="radio"/> SLD
Ground Type		Elastic	
<input type="radio"/> A	S = 1,25	Ampl. factor	<input type="text" value="1"/>
<input checked="" type="radio"/> B,C,E	TB= 0,15	Damping Coeff.	<input type="text" value="2"/> %
<input type="radio"/> D	TD= 2		

Figura 7.5 – Dati di input del programma

Di seguito sono riportati gli accelerogrammi impiegati e la verifica di spettro-compatibilità. Nella verifica di spettro-compatibilità viene indicato in blu lo spettro da normativa, in rosa le ordinate dello spettro ridotte del 10% e in rosso lo spettro dato dall'accelerogramma. Osserviamo come la curva rossa stia sempre al di sotto della curva rosa.

ACCELEROGRAMMA N.1:

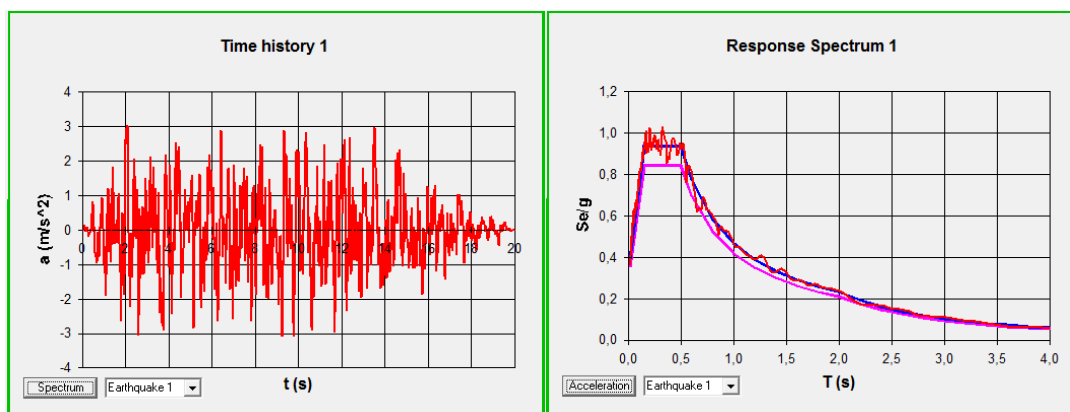


Figura 7.6 - Accelerogramma generato dal programma (sinistra), verifica di spettro compatibilità (destra)

ACCELEROGRAMMA N.2:

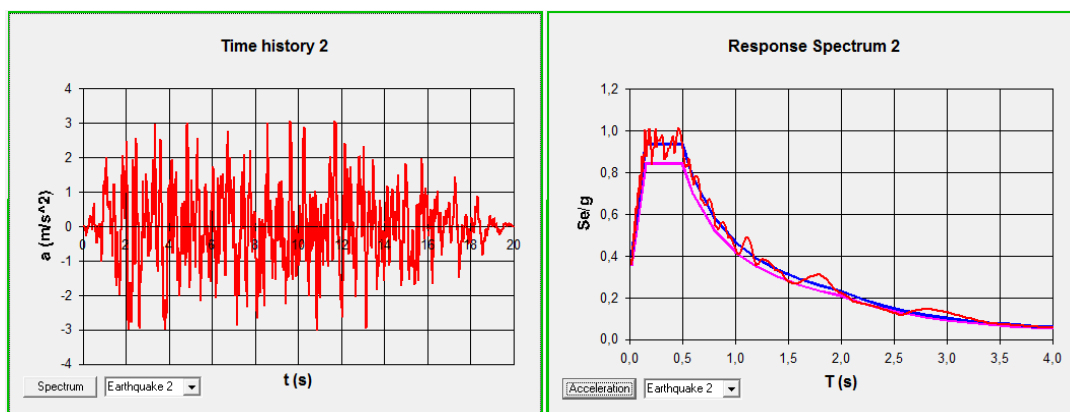


Figura 7.7 - Accelerogramma generato dal programma (sinistra), verifica di spettro compatibilità (destra)

ACCELEROGRAMMA N.3:

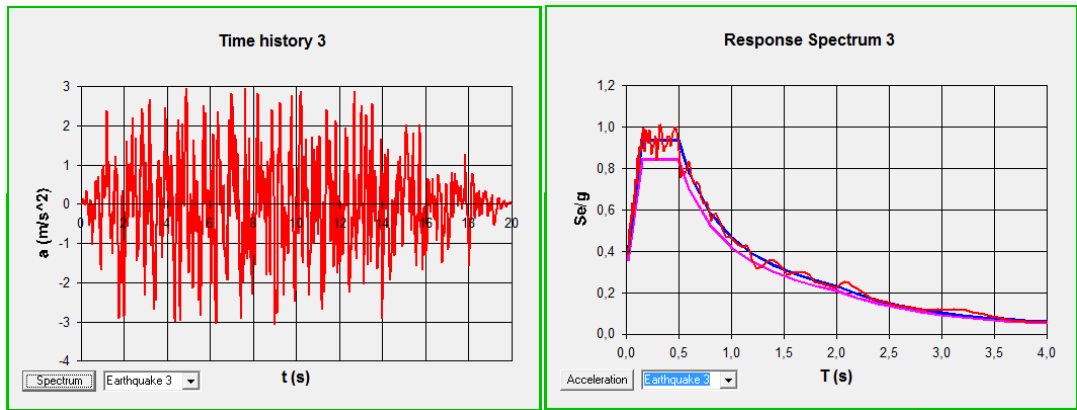


Figura 7.8 - Accelerogramma generato dal programma (sinistra), verifica di spettro compatibilità (destra)

ACCELEROGRAMMA N.4:

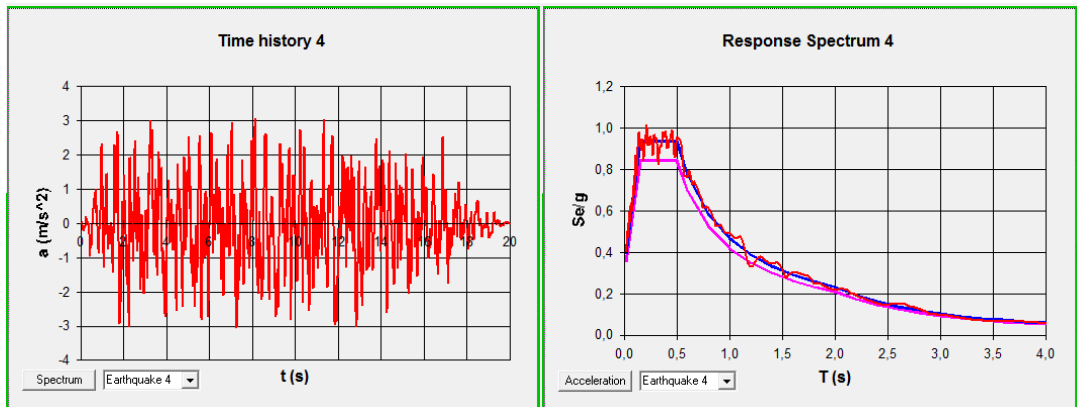


Figura 7.9 - Accelerogramma generato dal programma (sinistra), verifica di spettro compatibilità (destra)

ACCELEROGRAMMA N.5:

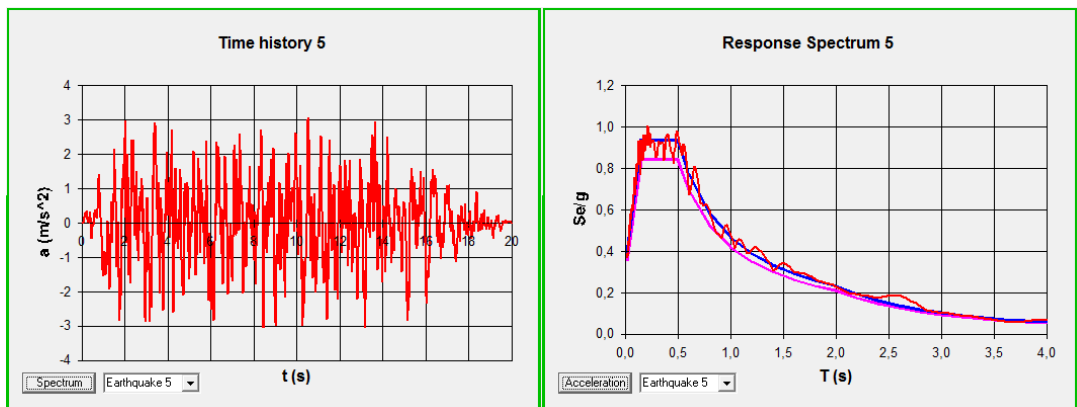


Figura 7.10 - Accelerogramma generato dal programma (sinistra), verifica di spettro compatibilità (destra)

ACCELEROGRAMMA N.6:

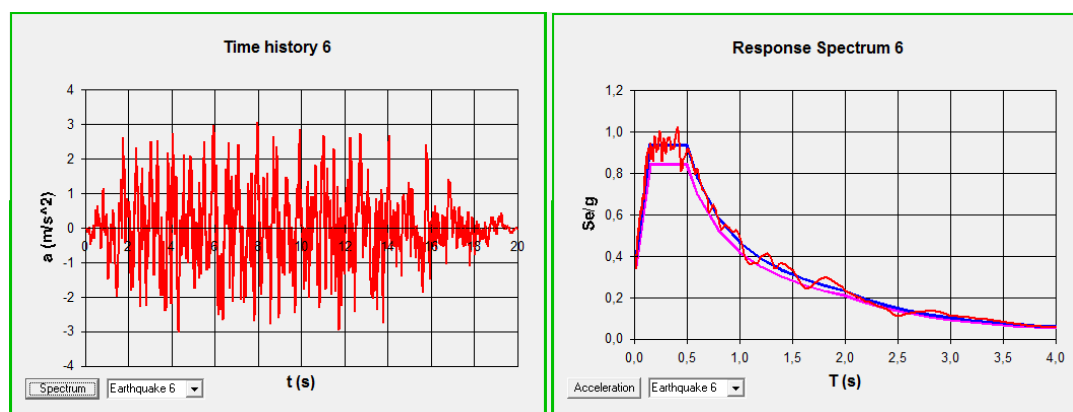


Figura 7.11 - Accelerogramma generato dal programma (sinistra), verifica di spettro compatibilità (destra)

ACCELEROGRAMMA N.7:

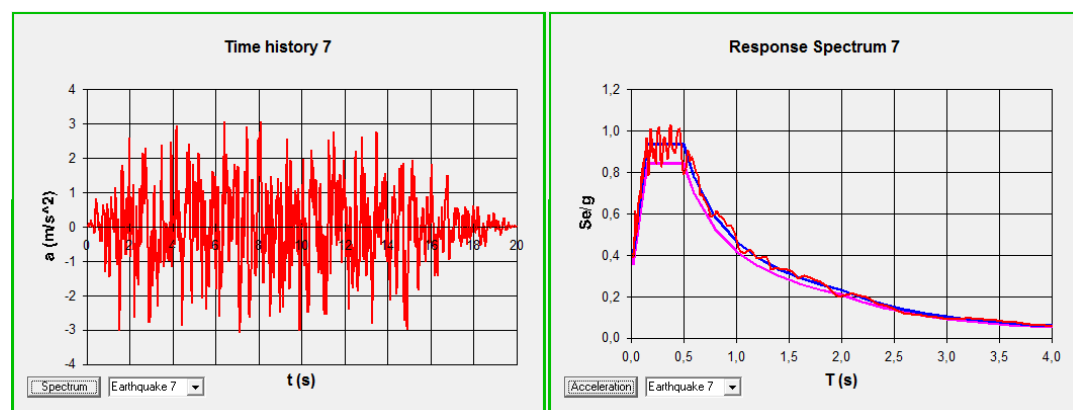


Figura 7.12 - Accelerogramma generato dal programma (sinistra), verifica di spettro compatibilità (destra)

Al termine di ogni accelerogramma sono stati aggiunti ulteriori 5 secondi ad accelerazione nulla a simulare lo stato di quiete dopo l'evento sismico.

L'analisi viene condotta dal programma assumendo, come già detto un coefficiente di damping pari al 2% mentre il passo di integrazione è risultato variabile per i problemi di convergenza che alcune analisi hanno dimostrato. A tal proposito si è potuto notare che per PGA lontane dalla condizione di quasi collasso la convergenza era garantita con un passo di integrazione pari al decimo di millesimo di secondo mentre per PGA vicine alla condizione ultima si doveva infittire il passo d'integrazione.

Le analisi sono state condotte secondo la seguente logica:

- Per un unico accelerogramma (nel nostro caso l'accelerogramma n.1) si analizzano entrambi gli edifici con una serie di cinque PGA significative. Esse sono la PGA elastica e di quasi collasso nonché altre tre intermedie ad

intervalli regolari. Si ha quindi per l'edificio test n. 1 la seguente serie di PGA: 0.18g (elastica), 0.25g, 0.50g, 0.75g e PGA di quasi collasso. Per l'edificio test n. 2 si ha: 0.24g (elastica), 0.50g, 0.75g, 1.00g e PGA di quasi collasso. Si nota come alcune PGA siano coincidenti. Tale serie di analisi servirà successivamente per svolgere il calcolo energetico.

- Per i rimanenti 6 accelerogrammi si svolgono le analisi per la PGA che porta alla condizione ultima per entrambi gli edifici. Solamente per l'edificio test n.1 al fine di svolgere un ulteriore lavoro di validazione che vedremo nel capitolo successivo sono svolte le analisi a 0.18g (elastica) e ad una PGA intermedia scelta a 0.40g.

Vengono di seguito riportati i grafici più significativi delle analisi riferite all'accelerogramma n.1. Per non appesantire l'elaborato sono riportati solamente i grafici riferiti all'edificio test n.1 salvo successivamente riportare i risultati sintetizzati per tutte le analisi. In particolare verranno analizzati:

1. Grafici spostamenti di piano nel dominio del tempo.
2. Grafici spostamenti verticali nel dominio del tempo.
3. Grafici taglio alla base nel dominio del tempo.
4. Ciclo isteretico della parete.
5. Cicli isteretici delle molle a taglio.
6. Cicli isteretici dei giunti tra pareti.
7. Cicli isteretici degli holdown.
8. Cicli isteretici dei controventi.

GRAFICI SPOSTAMENTI DI PIANO NEL DOMINIO DEL TEMPO:

Vengono riportati nel dominio del tempo i drift interpiano per la PGA elastica (0.18g) e di quasi collasso (0.80g).

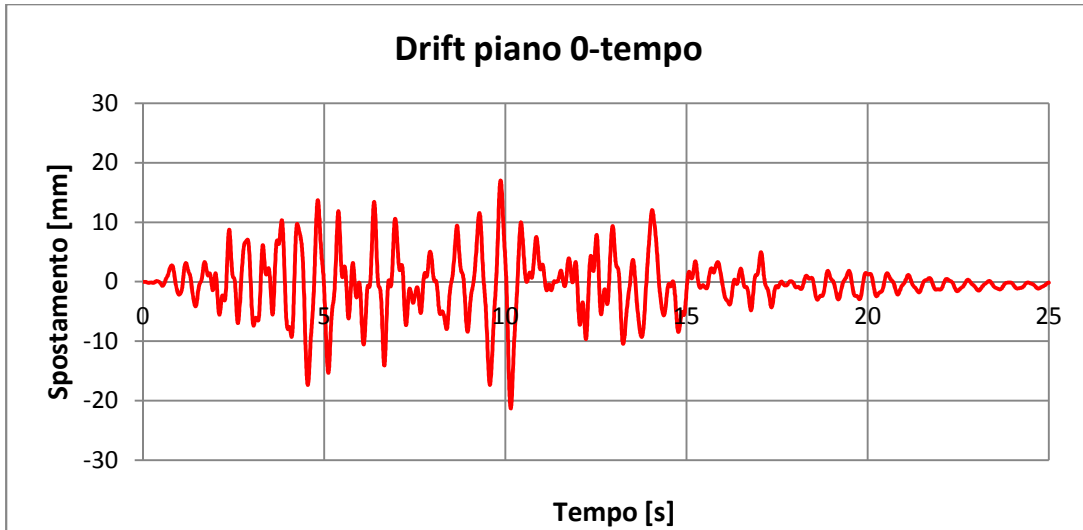


Figura 7.13 – Drift di piano 0 nel dominio del tempo per la PGA di 0.18g

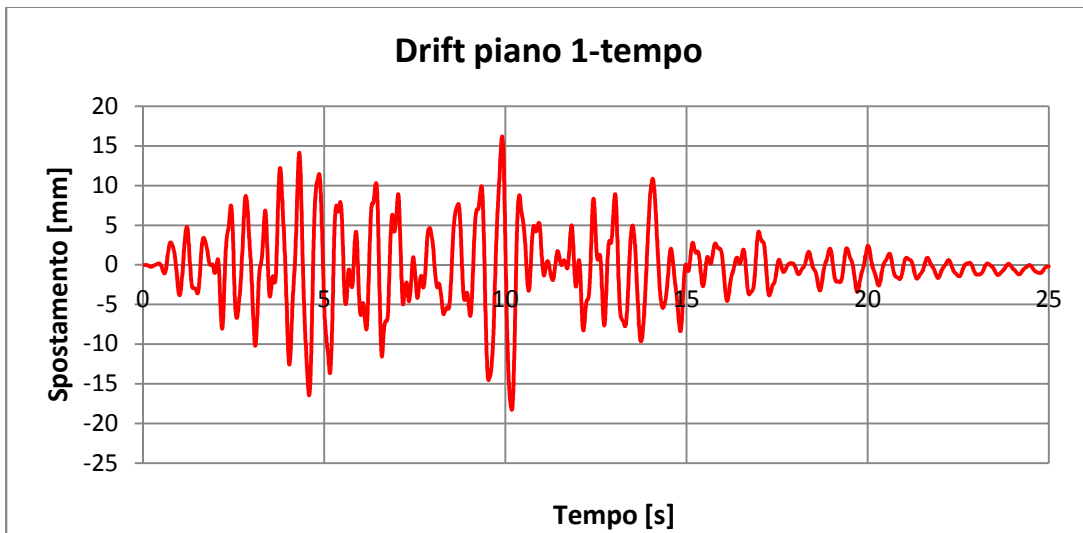


Figura 7.14 – Drift di piano 1 nel dominio del tempo per la PGA di 0.18g

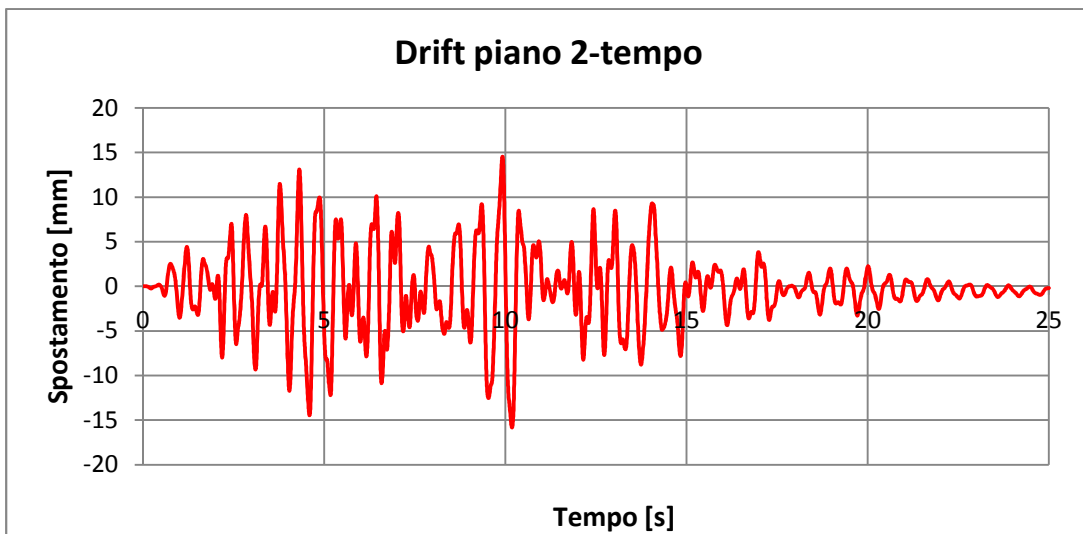


Figura 7.15 – Drift di piano 2 nel dominio del tempo per la PGA di 0.18g

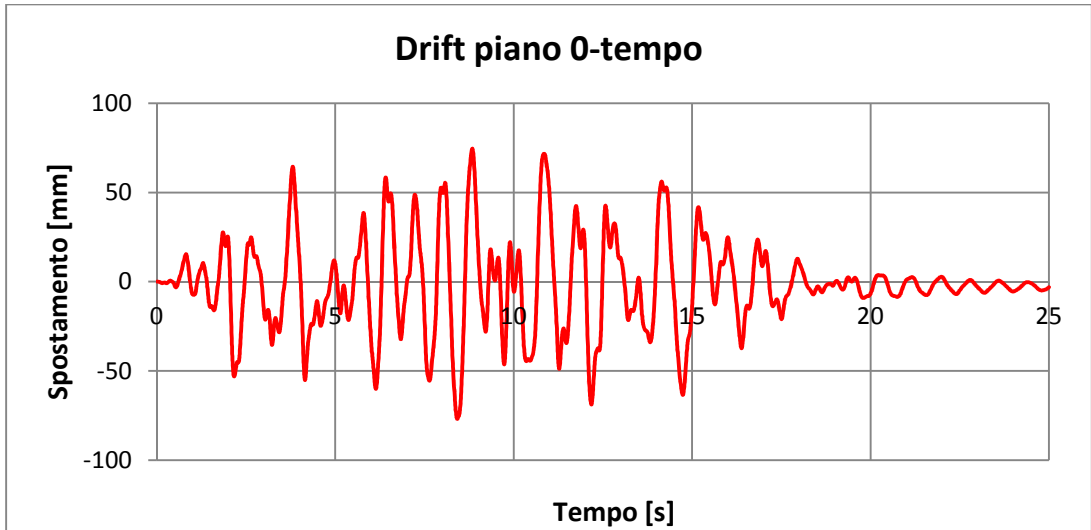


Figura 7.16 – Drift di piano 0 nel dominio del tempo per la PGA di 0.80g

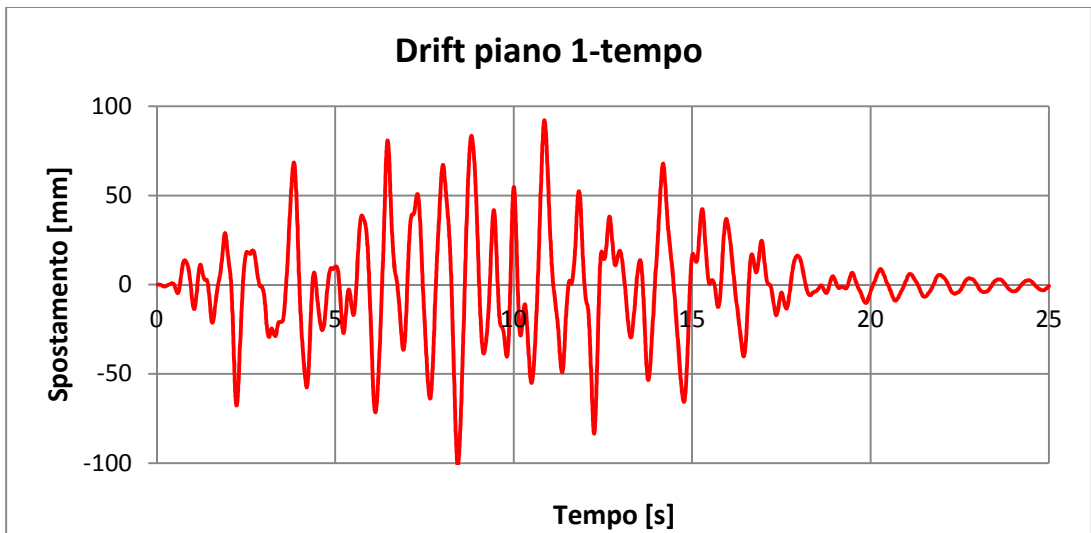


Figura 7.17 – Drift di piano 1 nel dominio del tempo per la PGA di 0.80g

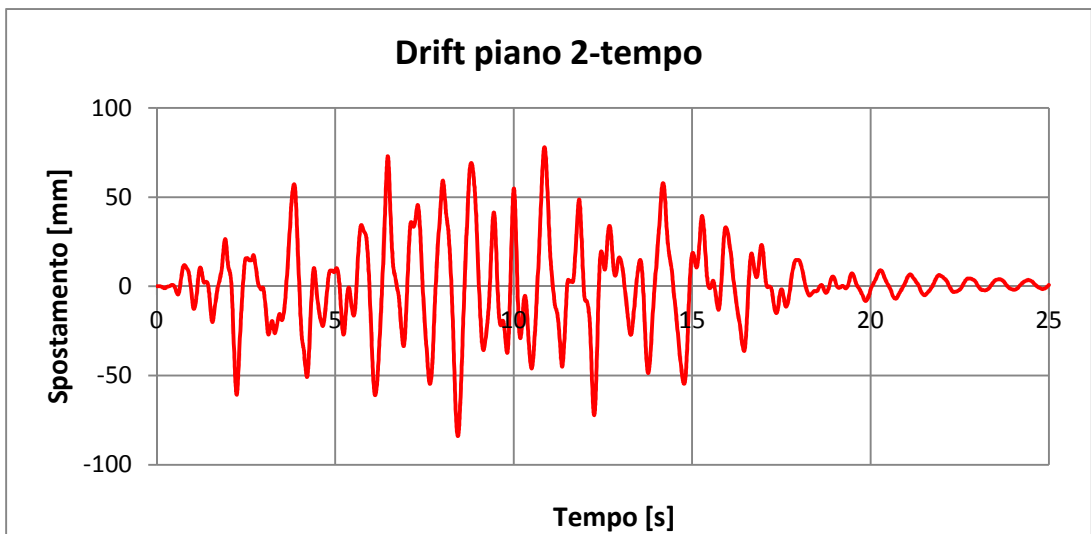


Figura 7.18 – Drift di piano 2 nel dominio del tempo per la PGA di 0.80g

Si può notare come per la PGA di 0.18g i drift siano di valore simile tra i piani mentre col crescere della PGA è il livello intermedio a subire maggiori spostamenti. Si riportano in un grafico gli spostamenti interpiano del livello 1 per tutte le PGA studiate dell'accelerogramma n.1.

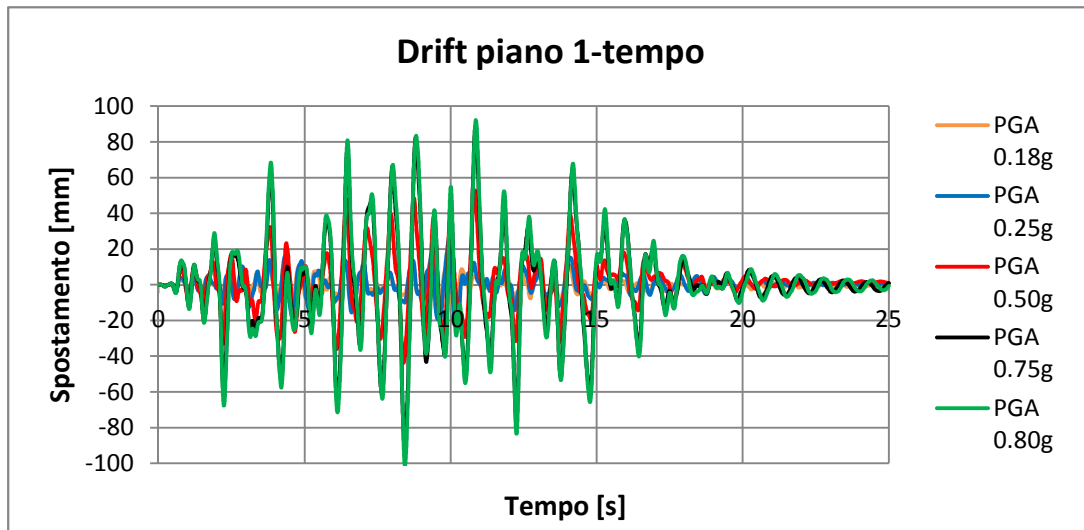


Figura 7.19 – Drift di piano 1 per le varie PGA

GRAFICI SPOSTAMENTI VERTICALI NEL DOMINIO DEL TEMPO:

Vengono riportati i grafici degli spostamenti verticali ai nodi estremi (1 e 12) per la PGA elastica (0.18g) e di quasi collasso (0.80g).

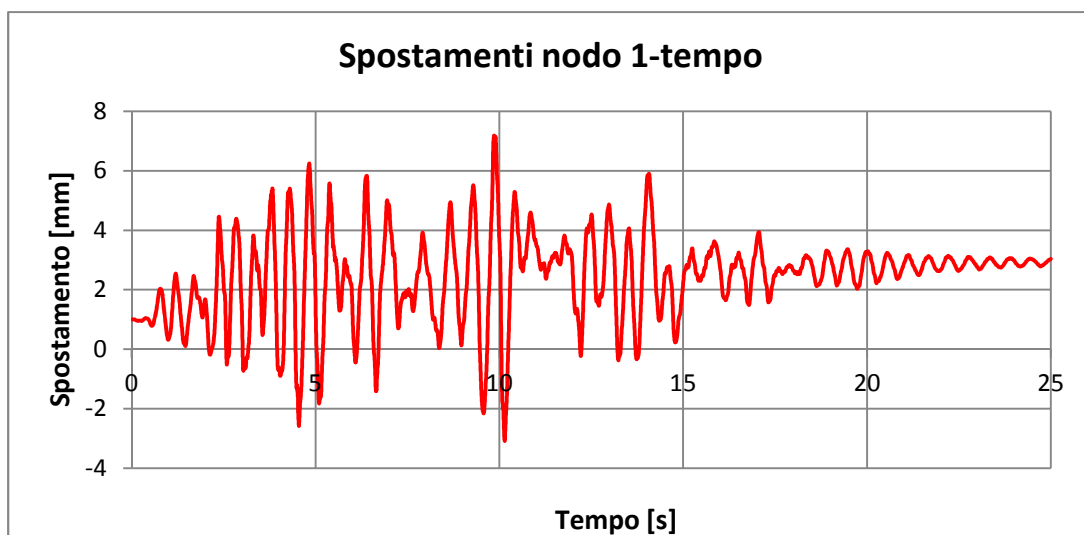


Figura 7.20 - Spostamenti verticali del nodo 1 per la PGA di 0.18g

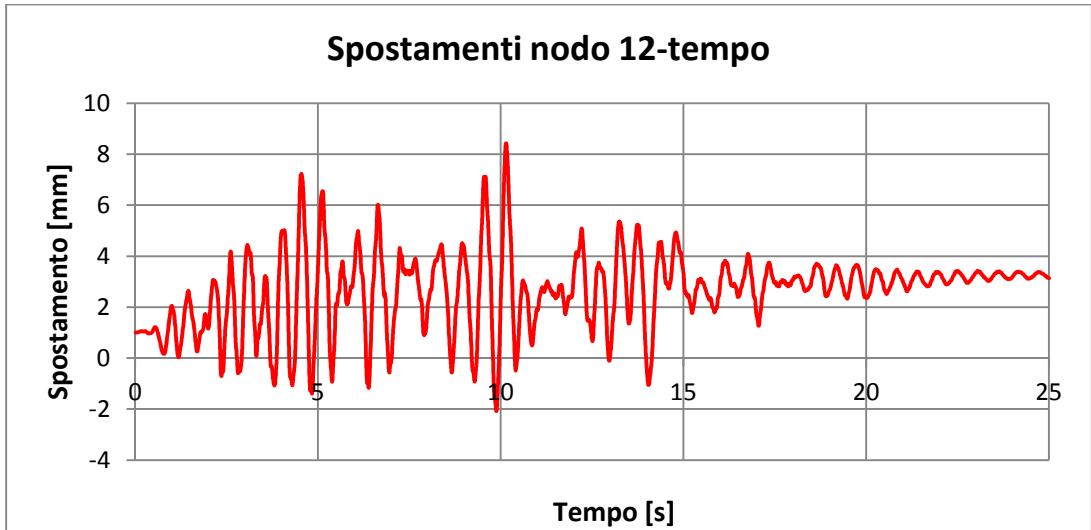


Figura 7.21 - Spostamenti verticali del nodo 12 per la PGA di 0.18g

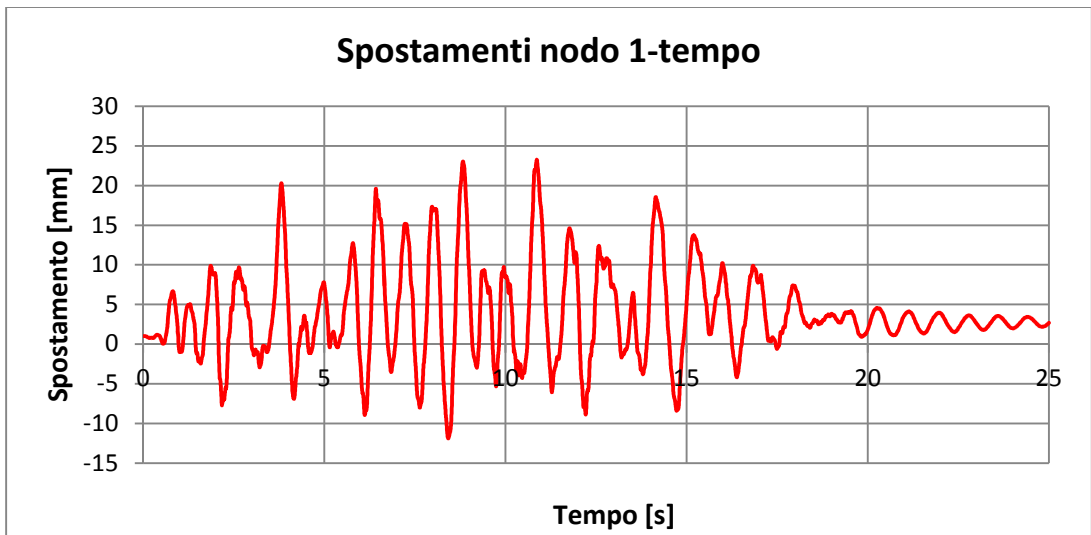


Figura 7.22 - Spostamenti verticali del nodo 1 per la PGA di 0.80g

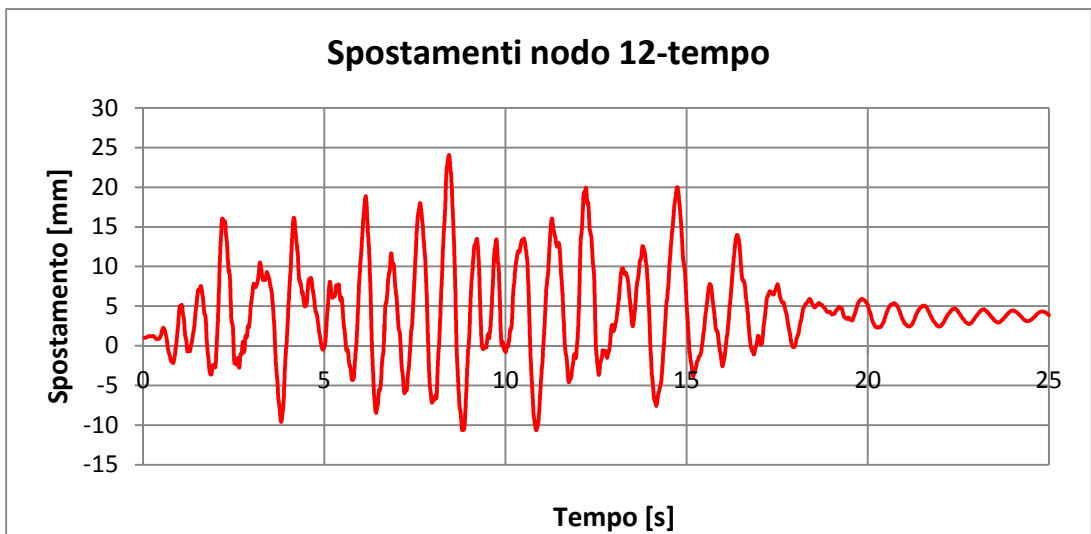


Figura 7.23 - Spostamenti verticali del nodo 12 per la PGA di 0.80g

Si riportano in un grafico gli spostamenti verticali del nodo n.1 per tutte le PGA studiate dell'accelerogramma n.1.

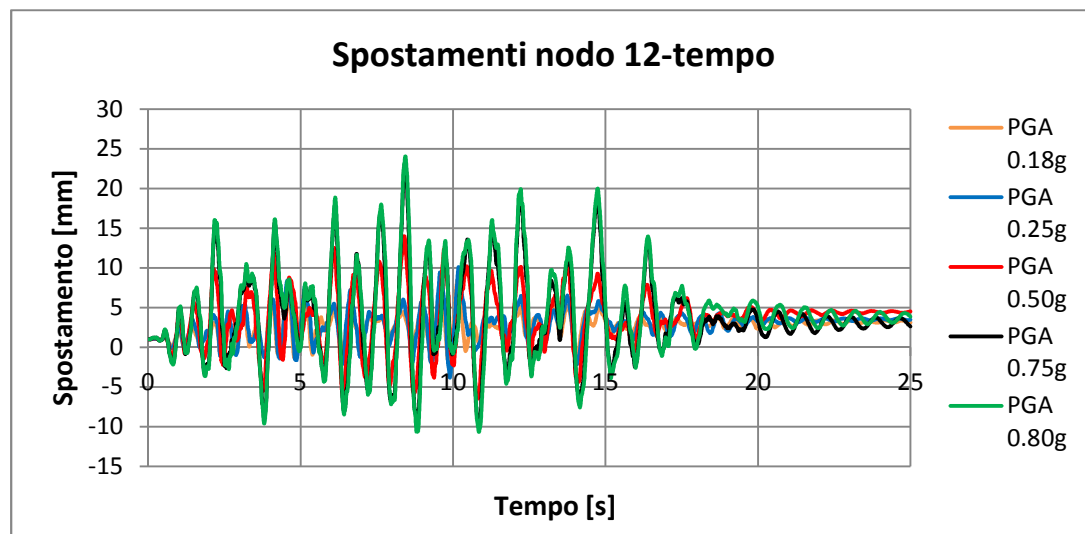


Figura 7.24 - Spostamenti verticali del nodo 12 per tutte le PGA

Dai grafici si può vedere che nella fase di quiete rimane una deformazione impressa, seppur piccola, nelle molle che simulano l'effetto degli holddown.

GRAFICI TAGLIO ALLA BASE NEL DOMINIO DEL TEMPO:

Vengono riportati i grafici dei tagli alla base ricavati come somma delle reazioni vincolari dei nodi estremi (79 e 106) per la PGA elastica (0.18g) e di quasi collasso (0.80g).

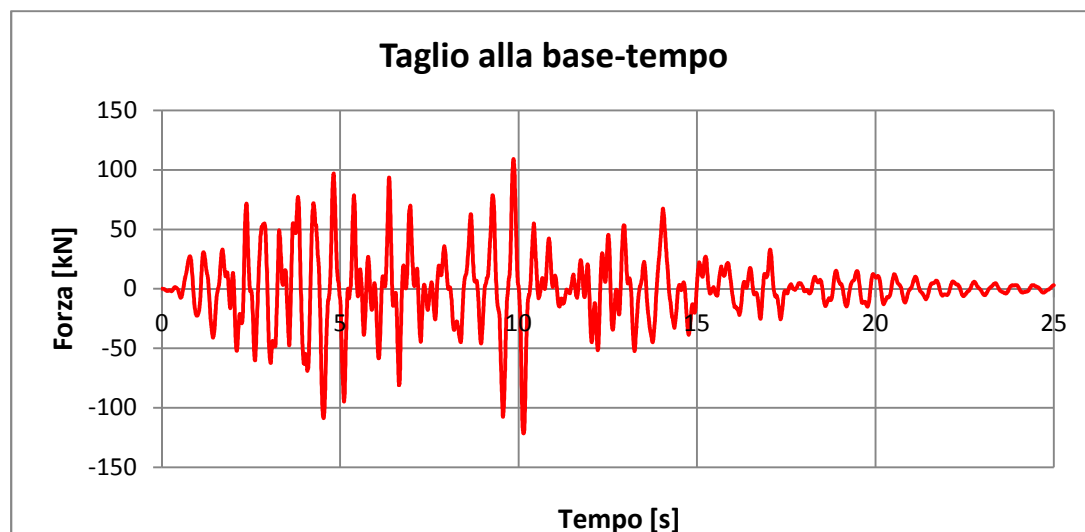


Figura 7.25 - Valori del taglio alla base per la PGA di 0.18g

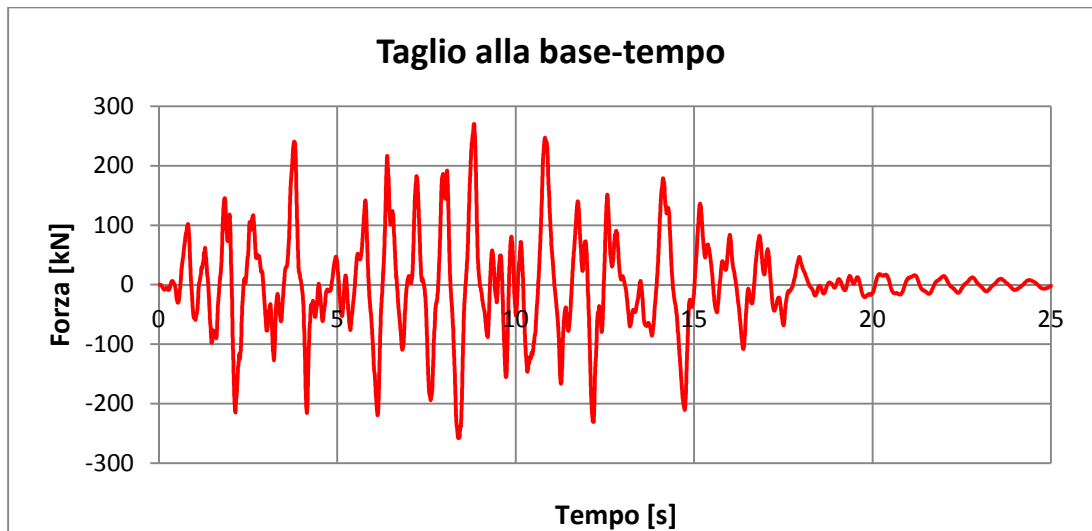


Figura 7.26 - Valori del taglio alla base per la PGA di 0.80g

Si riportano in un grafico i tagli alla base per tutte le PGA studiate dell'accelerogramma n.1.

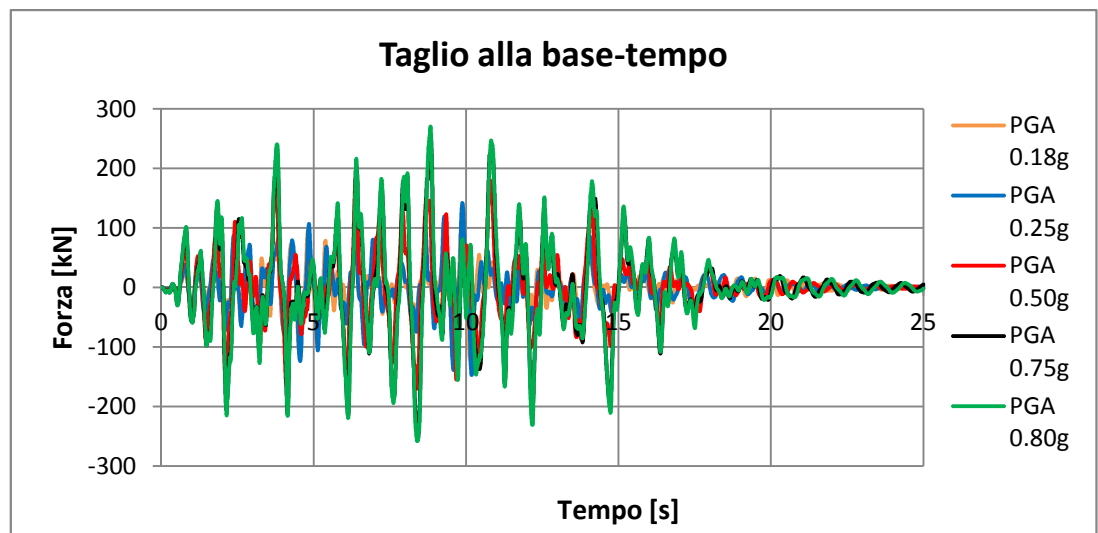


Figura 7.27 - Valori del taglio alla base per tutte le PGA

CICLO ISTERETICO DELLA PARETE:

Si riporta il ciclo isteretico che rappresenta il comportamento globale della parete per la PGA elastica (0.18g) e di quasi collasso (0.80g). Si nota come per PGA basse il ciclo sia più stretto a testimonianza della minor capacità dissipativa viste le ridotte forze in gioco.

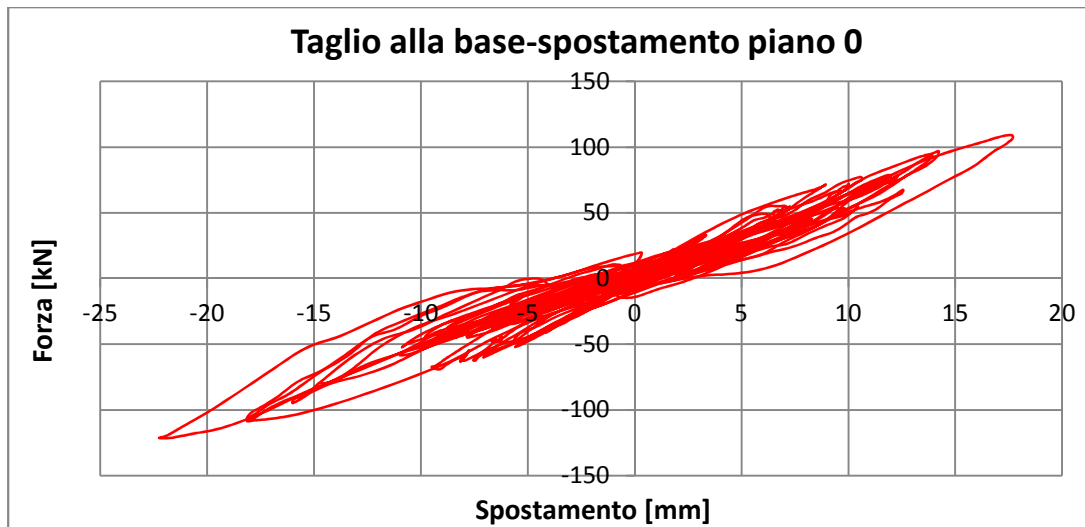


Figura 7.28 - Ciclo isteretico della parete per la PGA di 0.18g

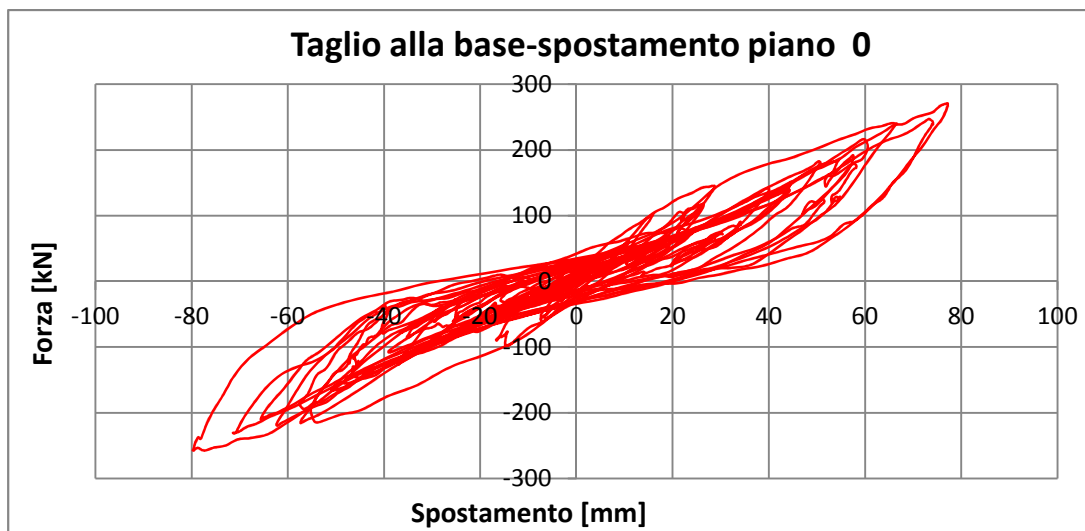


Figura 7.29 - Ciclo isteretico della parete per la PGA di 0.80g

Si vedono ora i cicli isteretici delle connessioni. La loro forma risulta molto importante poiché in base all'ampiezza si potrà determinare la loro capacità dissipativa. Si ricorda che una forma molto stretta indica un comportamento poco dissipativo simile ad un legame lineare, forme invece molto ampie presentano una forte capacità dissipativa. Per i cicli isteretici si farà riferimento alla sola PGA di quasi collasso (0.80g).

CICLI ISTERETICI DELLE MOLLE A TAGLIO:

Il ciclo isteretico delle molle a taglio mostra che gli spostamenti alla base sono di entità ridotta e il taglio si suddivide in maniera equa tra i due sensori. Il diagramma risulta di forma ampia cogliendo anche l'aspetto del danno sulla rigidezza. Alle PGA inferiori i diagrammi risultano del tutto simili.

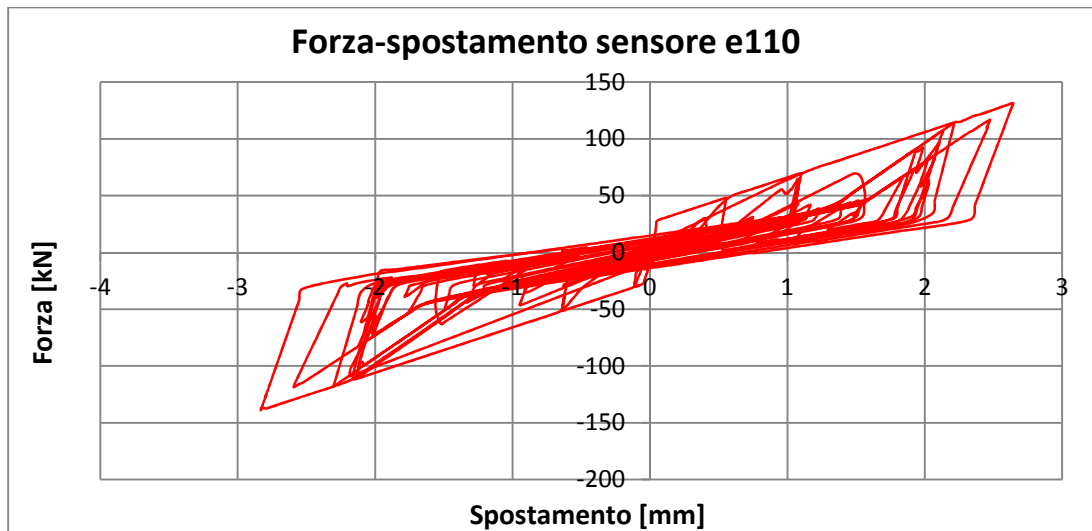


Figura 7.30 - Ciclo isteretico dell'elemento e110

CICLI ISTERETICI DEI GIUNTI TRA PARETI:

Si riporta il ciclo isteretico della molla per il giunto verticale maggiormente sollecitata ovvero corrispondente al giunto centrale del livello 1. Osservando i cicli isteretici si coglie un aspetto interessante. La forza che entra in questo tipo di connessioni è pressochè costante al livello 0 mentre ai livelli superiori è minore per i giunti alle estremità e cresce man mano che si osservano i giunti interni. Questo aspetto è da imputare alla geometria del sistema. Quando si hanno due pareti affiancate si osserva l'effetto rocking con cui lavora anche il giunto verticale. Si ricorda per l'appunto che al piano terra ci sono due pareti affiancate alle estremità e quindi lavorano i giunti tutti assieme mentre ai livelli superiori le pareti esterne non sono accoppiate provocando un minor impiego di queste connessioni. Osservando i cicli isteretici alle PGA inferiori si nota come per la PGA elastica i giunti alle estremità di livello 1 lavorino poco (ciclo molto stretto) risultando al livello 2 ancora in campo elastico. Tale condizione permane fino al raggiungimento della PGA di 0.50g.

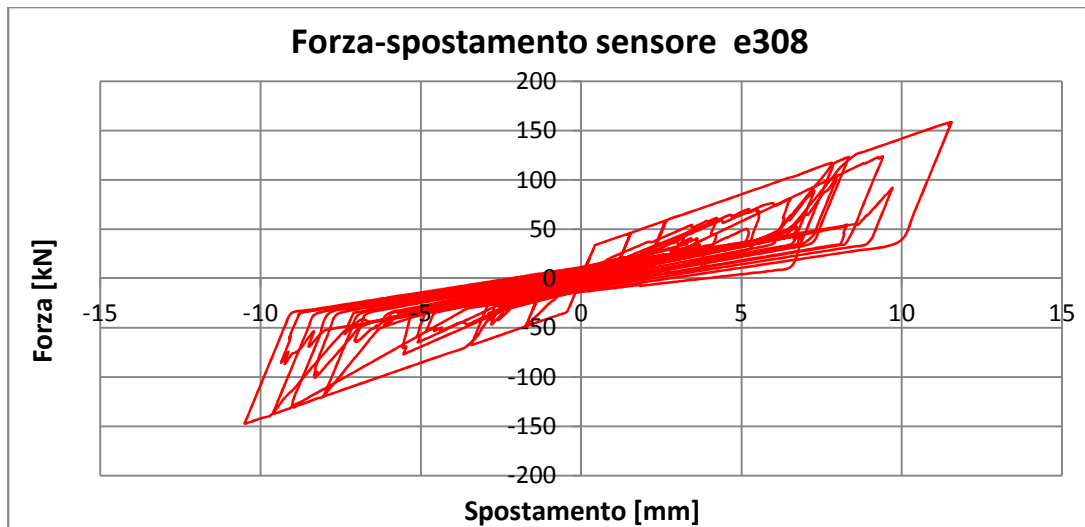


Figura 7.31 - Ciclo isteretico dell'elemento e308

CICLI ISTERETICI DEGLI HOLDOWN:

I cicli isteretici degli holdown presentano la forma tipica asimmetrica. Si era infatti posta in parallelo una molla elastica per la fase di schiacciamento. Il ramo di spostamento negativo mostra questo comportamento. La forza che entra in queste connessioni è molto elevata alla base, andando via via riducendosi con l'altezza fino ad arrivare ad un comportamento in campo elastico di tutti gli holdown di livello 2. Per le PGA di 0.18g e 0.25g si hanno holdown in campo elastico anche al livello 1. A testimonianza del diverso comportamento tra i livelli si nota come gli holdown a livello 0 posti sotto i due doppi moduli parete siano maggiormente sollecitati di quelli intermedi. Inoltre ai livelli superiori gli holdown di estremità presentano cicli stretti o in campo elastico a dimostrare un comportamento a taglio e non un effetto rocking.

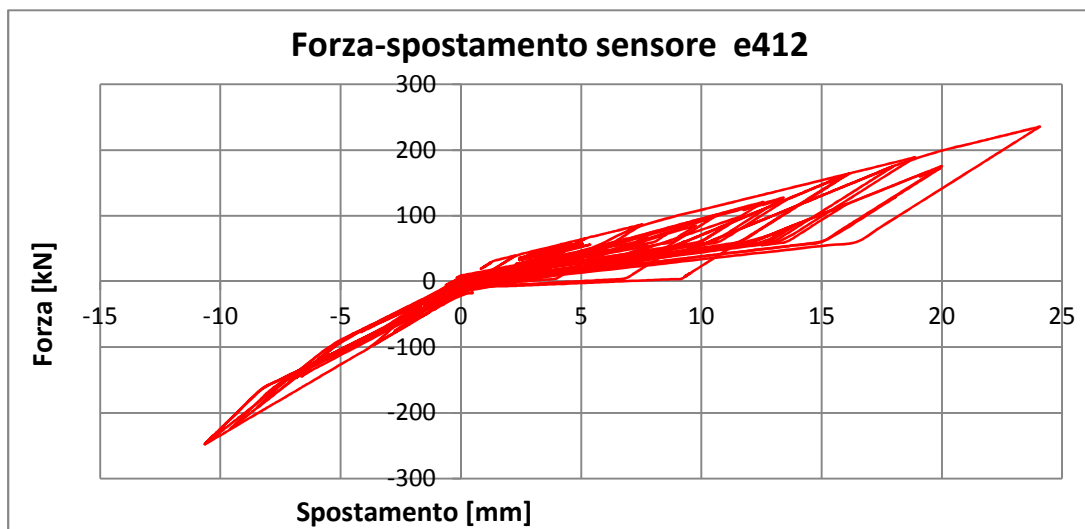


Figura 7.32 - Ciclo isteretico dell'elemento e412

CICLI ISTERETICI DEI CONTROVENTI:

I cicli isteretici dei controventi risultano essere di forma molto ampia andando per tutte le PGA in campo plastico. Le forze che entrano in questi elementi sono maggiori per le pareti interne mentre è minore la forza che entra nelle pareti esterne.

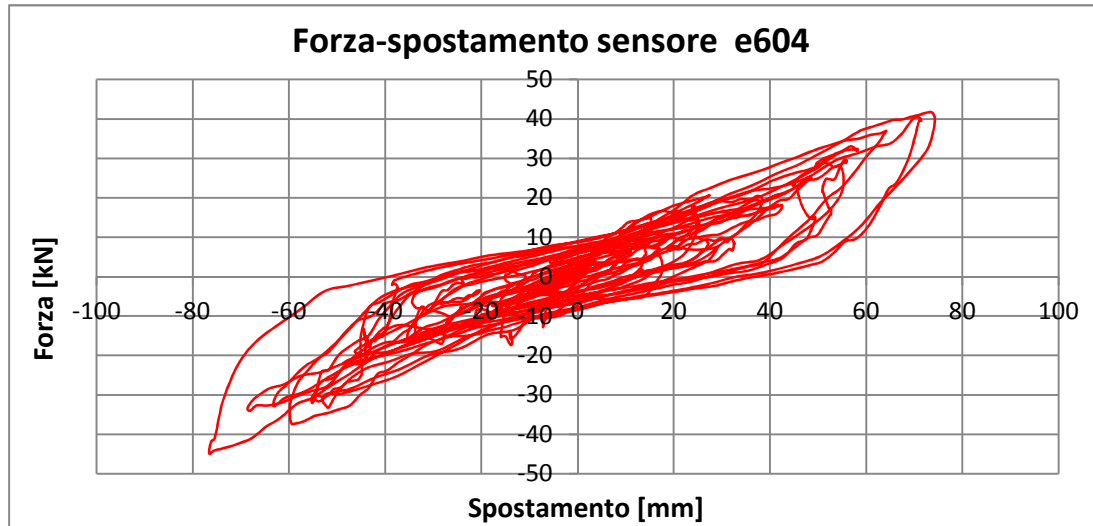


Figura 7.33 - Ciclo isteretico dell'elemento e604

Vengono ora riportati i risultati delle analisi per gli elementi più significativi in formato tabellare. In particolare sono riportati i valori di uplift al piano terra degli holdown estremi (e401 ed e412), i drift tra i piani e gli spostamenti in sommità. Si riportano solamente gli uplift degli holdown estremi in quanto risultano essere i più sollecitati in tutte le analisi. Vengono evidenziate in blu le righe corrispondenti alla PGA che porta alla condizione ultima mentre si colora di grigio la cella dell'elemento che causa lo stato di quasi collasso.

RISULTATI NUMERICI PER L'EDIFICIO TEST N. 1 (M=100%):

Accelerogramma N.1:	T_{base}	e401	e412	drift_liv.0	drift_liv.1	drift_liv.2	
	[a _g /g]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	
PGA elastica	0.18	122	7.2	8.4	21.3	18.3	15.8
PGA:	0.25	147	9.8	10.1	28.2	25.5	23.2
PGA:	0.50	186	14.9	14.0	43.5	52.8	46.0
PGA:	0.75	258	21.4	23.1	73.6	92.5	75.9
PGA-rott.:	0.80	270	23.3	24.1	76.9	101.4	84.0

Tabella 7.3 – Valori di uplift e drift tra i livelli per l'accelerogramma n.1

Accelerogramma N.1:	dx_nodo23	dx_nodo45	dx_nodo67	
	[a_g/g]	[mm]	[mm]	
PGA elastica	0.18	22.2	41.0	57.0
PGA:	0.25	29.5	52.3	73.3
PGA:	0.50	45.1	98.9	147.0
PGA:	0.75	76.3	173.0	253.0
PGA-rott.:	0.80	79.8	186.0	274.0

Tabella 7.4 – Valori di spostamento ai vari livelli per l'accelerogramma n.1

N° Acc.	PGA	T_{base}	e401	e412	drift_liv.0	drift_liv.1	drift_liv.2
	[a_g/g]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
2	0.18	110	7.6	7.6	18.2	18.9	17.3
2	0.40	176	13.9	11.8	41.3	46.2	42.3
2	0.77	268	23.7	22.6	78.8	100.1	85.1
3	0.18	105	6.1	7.6	17.5	17.8	15.4
3	0.40	172	13.5	14.3	40.7	45.7	39.5
3	0.84	273	24.0	21.9	78.8	100.2	85.6
4	0.18	114	7.5	7.7	18.3	17.2	15.2
4	0.40	178	14.1	11.9	40.9	44.3	38.5
4	0.79	273	20.3	23.4	79.5	101.2	85.1
5	0.18	122	8.0	7.2	20.7	18.9	17.5
5	0.40	191	12.8	14.4	44.6	41.7	36.1
5	0.79	305	21.7	25.2	88.4	94.9	80.5
6	0.18	108	8.1	7.1	19.0	20.0	17.6
6	0.40	189	15.4	13.2	45.4	45.9	38.4
6	0.82	301	25.3	21.8	88.1	97.5	81.9
7	0.18	113	6.2	7.5	18.1	20.2	18.5
7	0.40	183	10.7	12.7	39.6	40.5	35.6
7	0.74	322	21.2	25.1	93.1	89.4	75.5

Tabella 7.5 - Valori di uplift e drift tra i livelli

N° Acc.	PGA	dx_nodo23	dx_nodo45	dx_nodo67
	[a_g/g]	[mm]	[mm]	[mm]
2	0.18	18.9	36.1	54.0
2	0.40	42.8	85.0	127.0
2	0.77	81.3	183.7	271.6
3	0.18	18.2	36.8	53.0
3	0.40	42.3	88.4	128.0
3	0.84	81.4	184.6	274.1
4	0.18	19.0	35.5	50.1
4	0.40	42.4	87.3	127.0
4	0.79	82.5	184.6	273.8
5	0.18	21.5	38.1	53.9
5	0.40	46.4	86.8	122.0
5	0.79	91.8	187.6	266.6
6	0.18	19.6	40.5	58.8
6	0.40	47.0	95.1	135.0
6	0.82	91.1	191.9	275.1
7	0.18	18.9	37.5	56.8
7	0.40	41.3	77.8	115.0
7	0.74	96.7	184.8	259.0

Tabella 7.6 - Valori di spostamento ai vari livelli

RISULTATI NUMERICI PER L'EDIFICIO TEST N. 2 (M=75%):

Accelerogramma N.1:		T_{base}	$e401$	$e412$	$drift_{liv.0}$	$drift_{liv.1}$	$drift_{liv.2}$
	$[a_g/g]$	$[kN]$	$[mm]$	$[mm]$	$[mm]$	$[mm]$	$[mm]$
PGA elastica	0.24	119	7.3	7.8	20.5	20.1	17.6
PGA:	0.50	186	13.7	14.2	43.1	47.7	41.8
PGA:	0.75	243	18.5	18.5	63.0	77.0	68.9
PGA:	1.00	285	22.7	21.2	78.9	96.0	80.4
PGA-rott.:	1.03	291	23.2	22.2	82.2	100.3	84.7

Tabella 7.7 - Valori di uplift e drift tra i livelli per l'accelerogramma n.1

Accelerogramma N.1:		dx_{nodo23}	dx_{nodo45}	dx_{nodo67}
	$[a_g/g]$	$[mm]$	$[mm]$	$[mm]$
PGA elastica	0.24	21.5	41.5	59.6
PGA:	0.50	44.9	91.7	133.0
PGA:	0.75	65.5	134.0	206.0
PGA:	1.00	82.0	178.0	262.0
PGA-rott.:	1.03	85.4	184.0	273.0

Tabella 7.8 - Valori di spostamento ai vari livelli per l'accelerogramma n.1

N° Acc.	$PGA_{q,collasso}$	T_{base}	$e401$	$e412$	$drift_{liv.0}$	$drift_{liv.1}$	$drift_{liv.2}$
	$[a_g/g]$	$[kN]$	$[mm]$	$[mm]$	$[mm]$	$[mm]$	$[mm]$
2	0.95	307	25.0	21.8	91.3	103.4	90.1
3	0.93	276	24.0	24.3	82.0	101.8	85.9
4	0.87	284	24.8	19.6	82.8	101.0	84.1
5	0.97	332	22.2	25.3	97.1	99.9	83.3
6	0.88	298	25.3	20.7	87.2	98.1	80.4
7	0.93	295	20.3	23.3	85.4	100.5	83.8

Tabella 7.9 - Valori di uplift e drift tra i livelli

N° Acc.	$PGA_{rott.}$	dx_{nodo23}	dx_{nodo45}	dx_{nodo67}
	$[a_g/g]$	$[mm]$	$[mm]$	$[mm]$
2	0.95	94.2	196.0	286.5
3	0.93	85.1	189.0	278.0
4	0.87	85.5	189.8	278.4
5	0.97	101.0	197.0	278.0
6	0.88	90.1	192.6	277.2
7	0.93	88.7	184.0	272.2

Tabella 7.10 - Valori di spostamento ai vari livelli

Al fine di rendere chiara la lettura dei dati vengono riassunti nelle tabelle che seguono i valori più significativi di spostamento per le PGA di quasi collasso.

EDIFICIO TEST N.1 - M=100%

N° Acc.	PGA _{q,collasso}	T _{max non lineare}	Uplift _{max}	drift _{liv.0}	drift _{liv.1}	drift _{liv.2}	Sp. Sommità
	[a _g /g]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1	0.80	270	24.1	76.9	101.4	84.0	274.0
2	0.77	268	23.7	78.8	100.1	85.1	271.6
3	0.84	273	24.0	78.8	100.2	85.6	184.6
4	0.79	273	23.4	79.5	101.2	85.1	273.8
5	0.79	305	25.2	88.4	94.9	80.5	266.6
6	0.82	301	25.3	88.1	97.5	81.9	275.1
7	0.74	322	25.1	93.1	89.4	75.5	259.0
Media	0.79	287	24.4	83.4	97.8	82.5	257.8

Tabella 7.11 – Valori significativi per le PGA di quasi collasso

EDIFICIO TEST N.2 - M=75%

N° Acc.	PGA _{q,collasso}	T _{max non lineare}	Uplift _{max}	Drift _{liv.0}	Drift _{liv.1}	Drift _{liv.2}	Sp. Sommità
	[a _g /g]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1	1.03	291	23.2	82.2	100.3	85.4	273.0
2	0.95	307	25.0	91.3	103.4	90.1	286.5
3	0.93	276	24.3	82.0	101.8	85.9	278.0
4	0.87	284	24.8	82.8	101.0	84.1	278.4
5	0.97	332	25.3	97.1	99.9	83.3	278.0
6	0.88	298	25.3	87.2	98.1	80.4	277.2
7	0.93	295	23.3	85.4	100.5	83.8	272.2
Media	0.94	298	24.5	86.9	100.7	84.7	277.6

Tabella 7.12 - Valori significativi per le PGA di quasi collasso

Come ci si aspettava l'edificio test n.1 presenta una PGA di quasi collasso inferiore all'edificio test n.2. I risultati delle analisi mettono in evidenza questi aspetti principali:

- Per PGA basse il drift di livello 0 presenta solitamente spostamenti maggiori mentre, man mano che cresce l'accelerazione al suolo, diventa preponderante il drift tra i livelli di piano 1 e 2. Tale comportamento indica che, per la PGA elastica o poco superiore, la struttura funziona tutta per effetto rocking mentre, man mano che cresce l'intensità sismica, diventa preponderante il comportamento a taglio dei livelli 1 e 2. Il motivo è insito nella stessa geometria dell'edificio. Mentre alle estremità al piano terra si hanno due pareti affiancate che favoriscono l'effetto rocking, mantenendo limitati gli spostamenti interpiano, ai livelli superiori si ha una parete singola che invece favorisce l'effetto a taglio della struttura.
- Entrambi gli edifici mostrano un ottimo comportamento della struttura. Si nota infatti come la condizione ultima venga raggiunta quasi in modo simultaneo dall'holdown o dal drift interpiano. Questo a dimostrare una progettazione bilanciata e ottimale.

- La dispersione dei dati è molto limitata a dimostrazione che le analisi e la modellazione sono affidabili.

Infine si mostrano quattro schermate dell'edificio modellato in OpenSees sottoposto ad un'analisi dinamica non lineare. E' interessante notare come, in alcuni casi, ci sia uno sfasamento tra i piani, ovvero un ritardo nella risposta dei livelli superiori rispetto ai livelli inferiori.

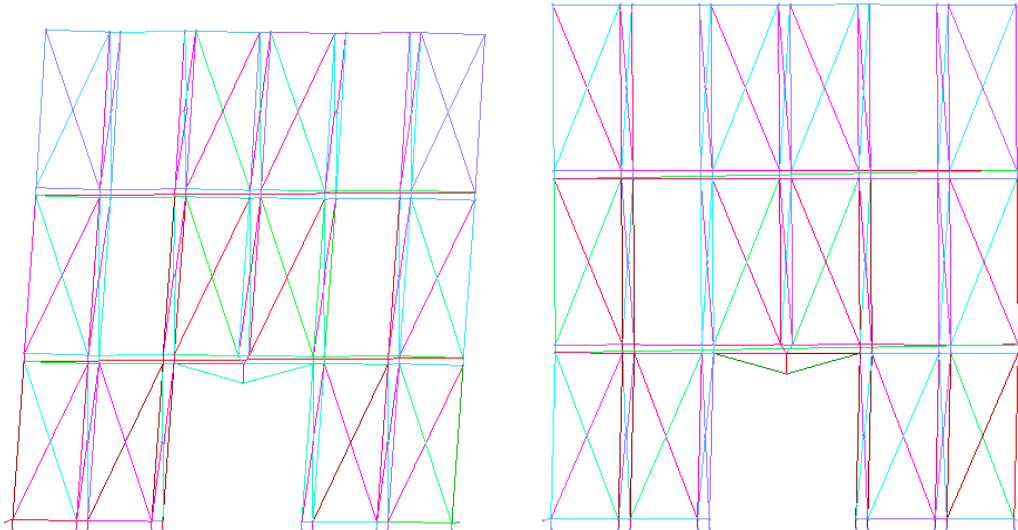


Figura 7.34 - Deformata dell'edificio (sinistra), deformata dell'edificio: si nota uno sfasamento tra i piano (destra)

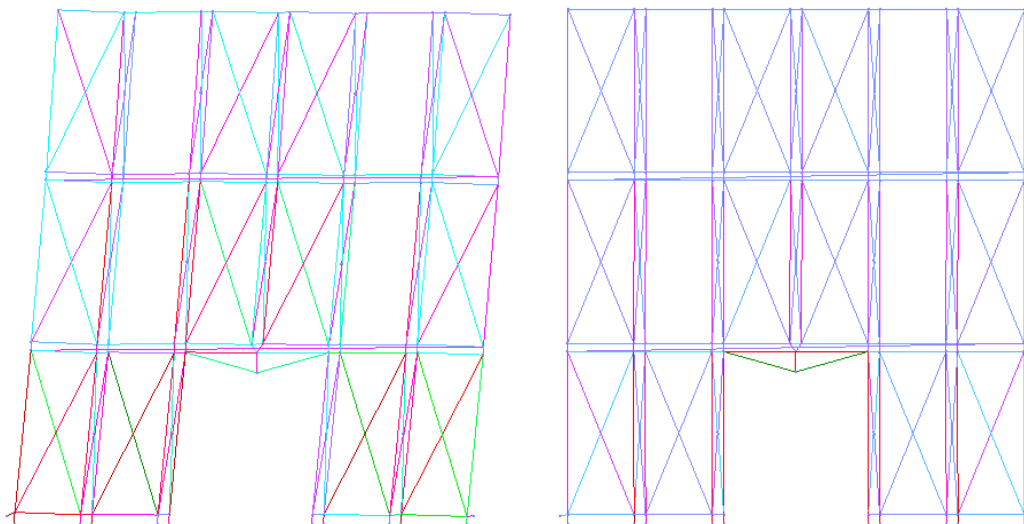


Figura 7.35 - Deformata dell'edificio (sinistra), edificio nello stato di quiete: si nota come ritorni allo stato iniziale (destra)

7.4 - DETERMINAZIONE DEL FATTORE DI

STRUTTURA q PER L'EDIFICIO TEST N.1 E N. 2

Le analisi dinamiche non lineari svolte hanno portato a determinare l'intensità sismica alla quale la struttura raggiunge le condizioni di quasi collasso (uplift superiore ai 25mm o drift di piano superiore ai 100mm). Il fattore di struttura è poi ricavato mediante la procedura descritta in precedenza ovvero come il rapporto tra la PGA che porta al quasi collasso e la PGA elastica:

$$q = \frac{PGA_{quasicollasso}}{PGA_{elastica}} \quad (7.7)$$

Nella tabella che segue sono riportati i valori di spostamento che portano alla condizione ultima riferiti alla PGA sollecitante. Si ricava quindi il fattore di struttura.

	Edificio test n.1 - PGA elastica 0.18g					Edificio test n.2 - PGA elastica 0.24g					
	$T_1=0.444$		$f_1=2.250$			$T_2=0.385$		$f_2=2.598$			q
	$PGA_{q,collasso}$	$T_{max\ non\ lin.}$	$Uplift_{max}$	$Drift_{max}$	q	$PGA_{q,collasso}$	$T_{max\ non\ lin.}$	$Uplift_{max}$	$Drift_{max}$		
	[a_g/g]	[kN]	[mm]	[mm]		[a_g/g]	[kN]	[mm]	[mm]		
Acc. 1	0.80	270	24.1	101.4	4.4	1.03	291	23.2	100.3	4.3	
Acc. 2	0.77	268	23.7	100.1	4.3	0.95	307	25.0	103.4	4.0	
Acc. 3	0.84	273	24.0	100.2	4.7	0.93	276	24.3	101.8	3.9	
Acc. 4	0.79	273	23.4	101.2	4.4	0.87	284	24.8	101.0	3.6	
Acc. 5	0.79	305	25.2	94.9	4.4	0.97	332	25.3	99.9	4.0	
Acc. 6	0.82	301	25.3	97.5	4.6	0.88	298	25.3	98.1	3.7	
Acc. 7	0.74	322	25.1	93.1	4.1	0.93	295	23.3	100.5	3.9	
Media	0.79	287	24.4	98.4	4.4	0.9	298	24.5	100.7	3.9	

Tabella 7.13 – Valori del fattore di struttura

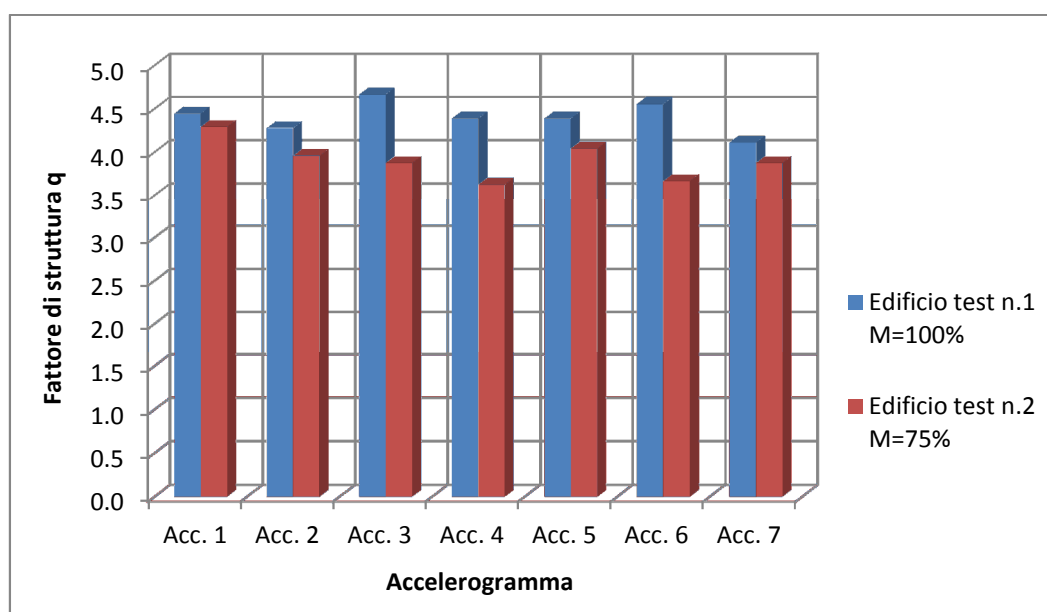


Figura 7.36 - Fattore di struttura

Osserviamo che i valori del fattore di struttura si assestano a circa 4.4 per l'edificio test n.1 e di circa 4 per l'edificio test n.2 indipendentemente dal sisma utilizzato nelle analisi.

7.5 - CONCLUSIONI

Si è visto che l'analisi dinamica non lineare è in grado di fornire un quadro completo della risposta strutturale in termini di spostamenti, sollecitazioni e, soprattutto, di capacità dissipativa. Essa però richiede la costruzione di un modello capace di rappresentare il comportamento non lineare delle connessioni. Inoltre i risultati ottenuti sono influenzati dal contenuto in frequenza del sisma da cui l'obbligo imposto dalla normativa di eseguire più analisi in modo da perdere tale dipendenza e ottenere una serie di valori di cui quello medio risulta essere rappresentativo del comportamento sismico dell'edificio. L'implementazione con un codice di calcolo non commerciale e la semplificazione dell'edificio ad una parete riduce di molto l'onere computazionale e i tempi di analisi.

Le analisi condotte in questo capitolo hanno portato a definire il valore del fattore di struttura da utilizzare nella progettazione delle pareti in legno-calcestruzzo con la tecnologia "CoStructure". Il calcolo è stato eseguito con l'approccio alle PGA. Si sono condotte analisi non lineari dinamiche su sette accelerogrammi spettro-compatibili e su due pareti con periodo fondamentale differente. I risultati portano a definire un fattore di struttura di circa 4.4 per l'edificio test n.1 e di 4 per l'edificio test n.2 a dimostrazione dell'ottima capacità dissipativa. Si può quindi concludere che un fattore di struttura pari a 4 sia descrittivo della capacità dissipativa del sistema "CoStructure". Tale valore è in linea con ciò che propone la normativa per le tipologie costruttive a pannelli chiodati ovvero di un fattore q compreso tra 4 e 5.

CAPITOLO 8 - VALIDAZIONE DEI RISULTATI

8.1 - PREMESSA

Per avere una validazione dei risultati ottenuti in termini di forza-spostamento allo stato di quasi collasso e del fattore di struttura q si procede ad un'analisi statica non lineare. Per fare questo studio si farà riferimento al solo edificio test n.1 con due differenti distribuzioni di massa: lineare e costante. La curva di capacità dovrà ripercorrere i punti dati dall'analisi dinamica non lineare per le PGA stabilite e la valutazione del fattore di struttura dare un valore prossimo a 4.4.

8.2 - LA CURVA DI CAPACITA'

La curva di capacità descrive l'evoluzione della risposta strutturale all'aumentare dell'intensità dell'evento sismico. Essa viene ottenuta mediante un'analisi statica incrementale che definisce un legame forza-spostamento rappresentativo del reale comportamento monotono della struttura. Nel caso in esame si analizza la struttura sotto due profili di masse differenti: lineare e costante. Nel caso di distribuzione costante vengono applicate le masse presenti ai piani mentre nel caso variabile si applicano delle forze crescenti pari rispettivamente a 1kN al piano terra, 2kN al primo livello e 3kN al secondo livello. L'analisi agli spostamenti viene svolta utilizzando per il controvento una curva che simuli l'effetto elastico, incrudente e di softening. Con un legame così creato la curva di capacità mostrerà un degrado della resistenza mano a mano che i controventi raggiungono la loro capacità ultima. In Figura 8.1 è riportata la curva di capacità per entrambi i profili di massa. La curva di capacità offre uno strumento di validazione delle analisi svolte con la dinamica non lineare. Riportando i valori di forza spostamento indotti dagli accelerogrammi a parità di PGA i punti di forza alla base e spostamento alla sommità devono attestarsi lungo la curva di pushover. I valori scelti per fare questa analisi sono per una PGA di 0.18g (elastica), 0.40g e per la PGA di quasi collasso. La Figura 8.1 mostra come i valori abbiano poca dispersione e vadano perfettamente a posizionarsi tra le due curve di capacità a dimostrazione dell'ottima corrispondenza tra i due metodi.

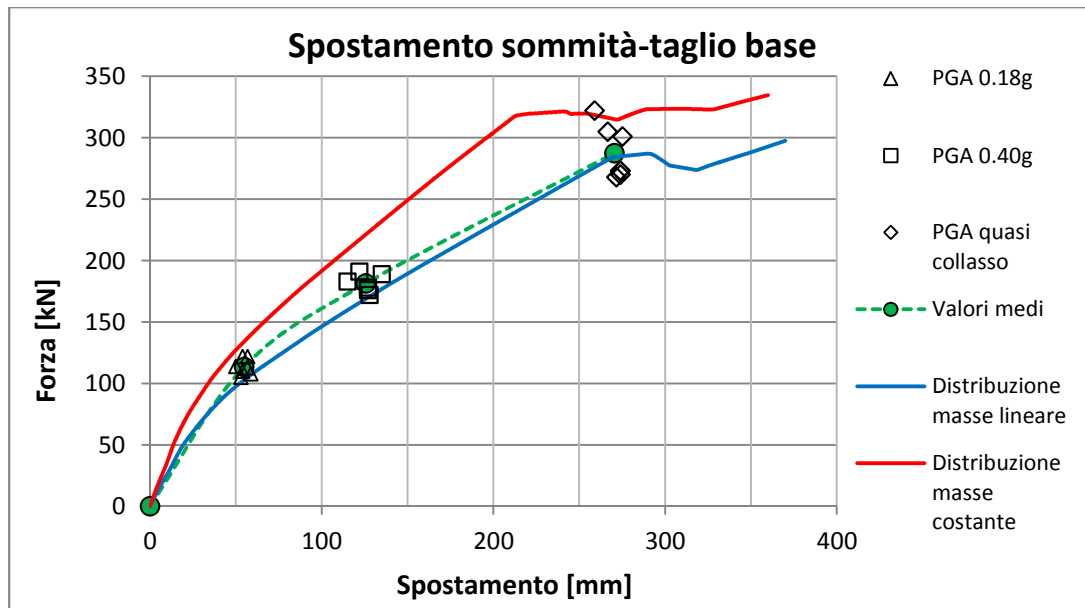


Figura 8.1 - Curve di pushover in confronto con i valori ricavati dall'analisi dinamica non lineare

8.3 - VALUTAZIONE DEL FATTORE DI STRUTTURA

q

Per la valutazione del fattore di struttura si è andati a determinare il massimo sisma compatibile con la struttura in esame. Per fare questo si è fatto riferimento alla procedura di pushover valida per i sistemi incrudenti [procedura di Gulkan e Sozen, 1977] di seguito descritta.

Innanzitutto si deve determinare la massa del sistema ad un solo grado di libertà equivalente m^* :

$$m^* = \sum_{i=1}^n m_i \cdot \phi_i \quad (8.1)$$

dove m_i è la massa del piano i -esimo e ϕ_i sono gli spostamenti normalizzati, relativi alla distribuzione dei carichi laterali adottata, in modo tale che $\phi_n = 1$, dove n è il punto di controllo posto in sommità dell'edificio.

Il calcolo del coefficiente di trasformazione da sistema a più gradi di libertà al sistema ad unico grado di libertà è dato da:

$$\Gamma = \frac{m^*}{\sum_{i=1}^n m_i \cdot \phi_i^2} \quad (8.2)$$

La curva di capacità del sistema ad unico grado di libertà equivalente è definita dalla forza $F^* = F/\Gamma$ e dallo spostamento $d^* = d_n/\Gamma$ dove F e d_n sono rispettivamente il taglio alla base e lo spostamento del nodo di controllo del sistema a più gradi di libertà, determinati mediante analisi statica non lineare.

Si procede poi con la definizione della relazione forza-spostamento idealizzata. Il periodo del sistema ad un grado di libertà equivalente idealizzato T^* è determinato dalla seguente relazione:

$$T^* = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m^* \cdot d_y^*}{F_y^*}} \quad (8.3)$$

Lo spostamento obiettivo della struttura con periodo T^* e comportamento elastico illimitato è dato da:

$$d_{et}^* = S_e(T^*) \cdot \left(\frac{T^*}{2\pi}\right)^2 \quad (8.4)$$

dove $S_e(T^*)$ è lo spettro di risposta elastico di accelerazione al periodo T^* . Si definiscono quindi le rigidezze elastica e plastica e il loro rapporto:

$$K_{el} = \frac{F_y^*}{d_y^*} \quad K_{pl} = \frac{(F_m^* - F_y^*)}{(d_m^* - d_y^*)} \quad p = \frac{K_{pl}}{K_{el}} \quad (8.5)$$

Il fattore di riduzione delle forze q^{eff} è definito come:

$$q^{eff} = \frac{m^* \cdot S_e(T^*)}{F_y^*} \quad (8.6)$$

Lo spostamento obiettivo d_t^* per le strutture di breve periodo $T^* < T_C$ è così determinato:

$$d_t^* = \frac{1}{p} \left[\sqrt{(1-p) \left(\frac{1}{q^{eff}}\right)^2 + p} - (1-p) \left(\frac{1}{q^{eff}}\right) \right] d_{et}^* \quad (8.7)$$

mentre vale $d_t^* = d_{et}^*$ per le strutture con $T^* > T_C$.

Determinato lo spostamento obiettivo si ricava il rapporto di duttilità μ :

$$\mu = \frac{d_t^*}{d_y^*} \quad (8.8)$$

Si riporta la schematizzazione del sistema a più gradi di libertà ad una curva bilineare relativa al sistema ad un grado di libertà.

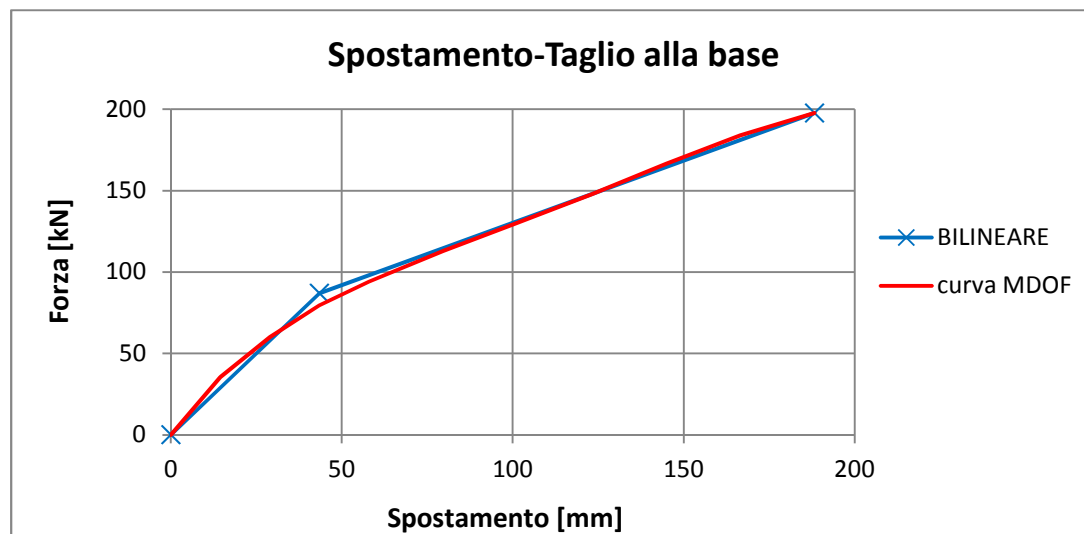


Figura 8.2 - Schematizzazione del sistema MDOF in bilineare. Si osserva l'uguaglianza tra le aree sottese alle curve

Definite le curve di capacità della struttura si procede ora con l'individuazione del massimo sisma compatibile con la curva di capacità relativa all'edificio con il sistema di masse lineare. Si osserva che alla curva di capacità corrisponde un periodo $T^* = 0.553 \text{ sec.} > T_C$.

In Figura 8.3 vengono riportati i massimi sismi compatibili con le curve di capacità prese in esame considerando come punto di funzionamento della struttura il massimo spostamento ottenuto dalle curve di capacità. I risultati sono relativi ad un suolo di tipo B.

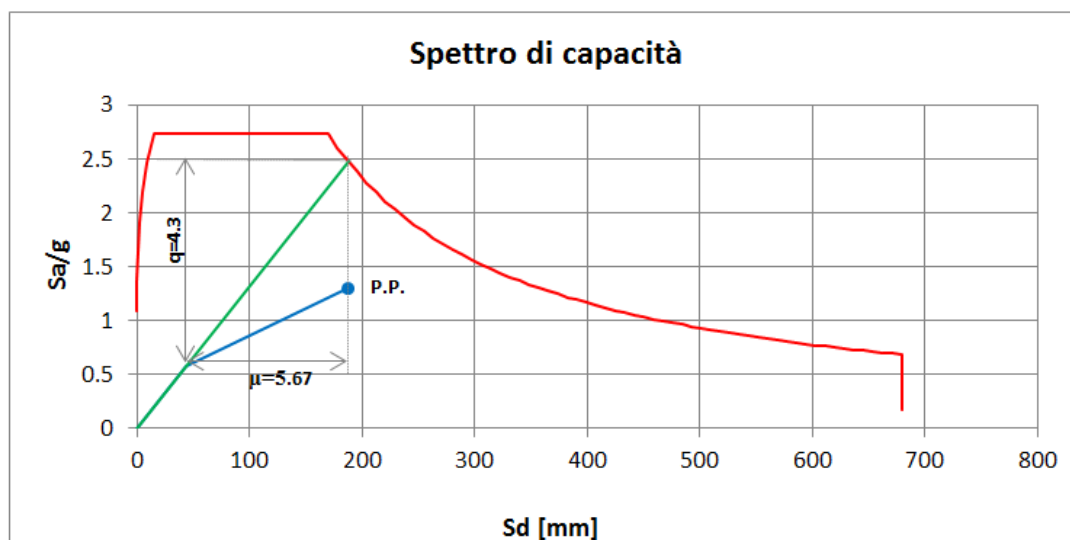


Figura 8.3 - Spettro di capacità

La Tabella 8.1 riassume i risultati ottenuti riferiti al sistema ad un unico grado di libertà.

Periodo elastico T^*	0.553 sec.
Spostamento ultimo d_u	188 mm
Spostamento di snervamento d_y	43.5mm
Duttilità μ	5.67
Accelerazione max al suolo a_g/g	1.09g
Fattore di struttura q	4.32

Tabella 8.1 – Valori dell'analisi per ricavare il fattore di struttura

Il risultato è molto vicino a quanto ricavato dalle analisi dinamiche non lineari confermando così i valori del fattore di struttura.

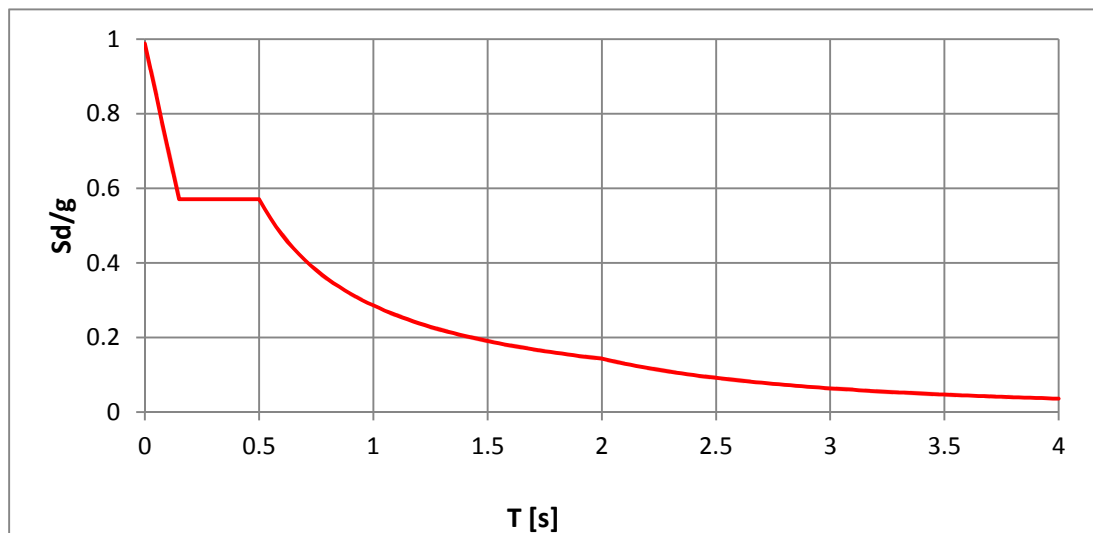


Figura 8.4 - Spettro di calcolo da normativa

8.4 - CONCLUSIONI

Le analisi condotte con il metodo statico non lineare hanno confermato i valori del fattore di struttura q precedentemente ricavati con le analisi dinamiche non lineari. Inoltre la curva di capacità passa per i punti forza-spostamento ricavati per alcune PGA significative con l'analisi dinamica non lineare.

Terminato il lavoro di valutazione del fattore q si procede con le analisi energetiche sugli elementi di connessione.

CAPITOLO 9 - VALUTAZIONI ENERGETICHE

9.1 - PREMESSA

La fase conclusiva dell'elaborato di tesi riguarda lo studio energetico della struttura. La capacità dissipativa complessiva tramite le connessioni è già stata sintetizzata mediante il fattore di struttura "q". L'ulteriore analisi sarà di quantificare l'energia complessivamente dissipata dalle varie tipologie di connessioni (holdown, giunti a taglio, giunti verticali e controventi) e dallo smorzamento viscoso. Si individueranno così le zone della parete dove avviene il meccanismo dissipativo e quali elementi ne siano responsabili. Lo studio servirà inoltre a dare un'ulteriore spiegazione al comportamento della struttura. I risultati delle analisi si avranno sia sulla parete caricata con l'intera massa sia sulla parete con il 75% della massa sottoposte all'accelerogramma n.1. Lo studio si concluderà con un confronto tra i due sistemi di masse a parità di accelerazione al suolo.

9.2 - IL BILANCIO ENERGETICO

Lo studio che si vuole fare si regge sull'equazione di bilancio energetico. In ogni istante l'energia in ingresso dovuta ad una forzante sismica è pari alla somma dell'energia cinetica, di quella elastica, del contributo viscoso e dell'aliquota dissipata per isteresi dalle connessioni:

$$E_k + E_d + E_{Se} + E_{Sp} = E_i \quad (9.1)$$

dove:

E_k è l'energia cinetica calcolata come: $E_k = \int m \dot{x} dx$;

E_d è l'energia dissipata dallo smorzamento viscoso calcolata come: $E_d = \int m \dot{x} dx$;

E_{Se} e E_{Sp} sono le aliquote di energia elastica e di dissipazione isteretica calcolate come:

$E_s = \int k x dx$;

E_i è l'energia di input dovuta alla forzante sismica calcolata come: $E_i = - \int m \ddot{x}_g dx$;

avendo indicato con m le masse, x , \dot{x} e \ddot{x} gli spostamenti relativi e le loro derivate e \ddot{x}_g l'accelerazione del terreno.

Si osservi come i termini non siano altro che gli integrali dell'equazione del moto di un sistema a più gradi di libertà con smorzamento viscoso e soggetto ad eccitazione sismica.

Il termine E_{Se} rappresenta l'aliquota di energia recuperata dal sistema al termine dell'evento sismico. Gli altri due termini E_{Sp} e E_d costituiscono l'aliquota di energia dissipata durante il moto sismico, che risulta pari all'energia in ingresso E_i una volta ripristinata la condizione di quiete:

$$E_i = E_d(t = t_f) + E_{Sp}(t = t_f) \quad (9.2)$$

$$E_k(t = t_f) = 0 \quad (9.3)$$

con t_f rappresentante il tempo nella condizione di quiete.

9.3 - ANALISI ENERGETICHE SULLA PARETE

Nello svolgere il lavoro di calcolo della dissipazione di energia si sono svolte diverse analisi con riferimento l'accelerogramma n.1 per le due differenti configurazioni di massa dell'edificio. Le analisi sono condotte per la PGA di snervamento e quasi collasso nonché per le PGA intermedie.

L'energia totale dissipata per isteresi è costituita dai contributi delle molle non lineari della parete rappresentanti le connessioni. Si avranno quindi le seguenti aliquote dissipative:

- Energia dissipata dagli holdown alla base e ai livelli E_{sp_h} .
- Energia dissipata dai controventi E_{sp_c} .
- Energia dissipata dai collegamenti a taglio alla base e tra i livelli E_{sp_b} .
- Energia dissipata dai giunti verticali tra le pareti E_{sp_p} .
- Energia totale dissipata calcolata come somme dei precedenti contributi:

$$E_{sp} = E_{sp_h} + E_{sp_c} + E_{sp_b} + E_{sp_p}.$$

I contributi energetici descritti possono essere calcolati attraverso un'integrazione dei cicli isteretici delle diverse connessioni, calcolando l'area sottesa alla curva di riferimento. Nelle figure che seguono sono riportati degli esempi di cicli isteretici.

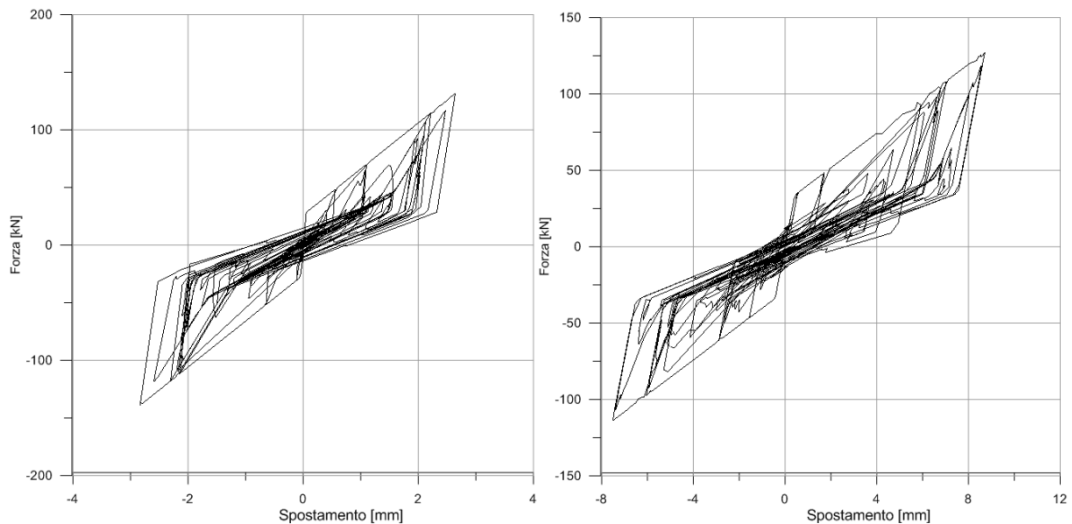


Figura 9.1 - Ciclo isteretico taglio alla base (sinistra) e giunto verticale tra pareti (destra)

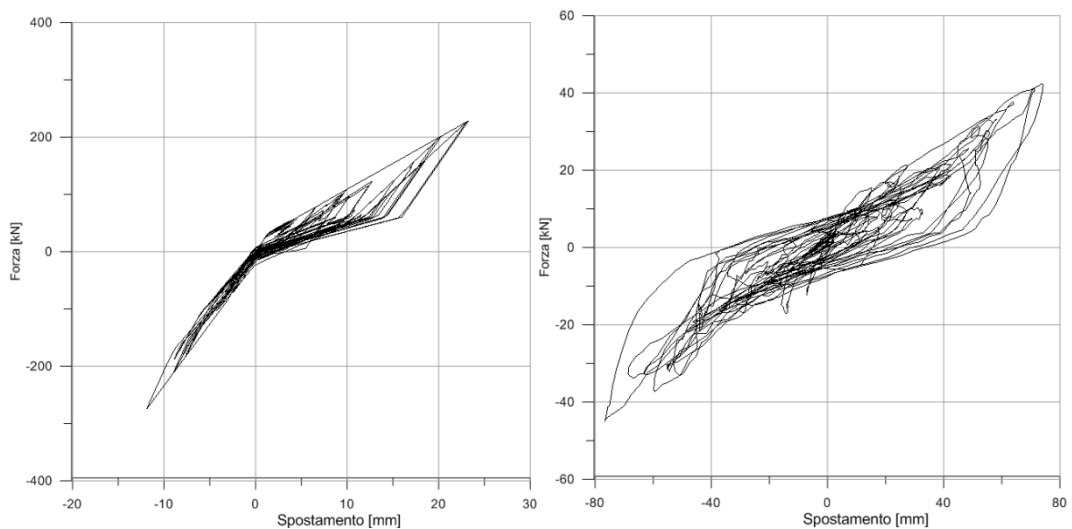


Figura 9.2 – Ciclo isteretico boldown (sinistra) e controvento (destra)

Nei paragrafi che seguono saranno presentati i grafici delle dissipazioni energetiche al variare della PGA fornite dall'accelerogramma n.1. In particolare verranno studiate le pareti con PGA di snervamento (0.18g), 0.25g, 0.50g, 0.75g e quasi collasso (0.80g) per l'intera massa e le PGA di snervamento (0.24g), 0.50g, 0.75g, 1.00g e quasi collasso (1.03g) con il 75% della massa in gioco. Per ogni PGA si forniranno i seguenti grafici:

- Grafico a torta dove si riporta la dissipazione di ogni singola molla allo stato di quiete.
- Grafico rappresentante la dissipazione suddivisa per tipologia di connessione nel dominio del tempo.
- Grafico rappresentante la dissipazione ai diversi livelli dell'edificio nel dominio del tempo.

Le dissipazioni per livelli vengono calcolate sommando le dissipazioni di ogni singolo elemento di connessione facente parte del piano.

Verranno inoltre presentati i grafici riassuntivi e comparativi dell'energia dissipata al variare delle PGA allo stato di quiete. Si avranno degli istogrammi (in valore assoluto e percentuale) con le dissipazioni suddivise per elementi di connessione e per livelli al variare della massa. Infine si opera un confronto mediante istogramma (in valore assoluto e percentuale) delle dissipazioni (per elementi e per livelli) a parità di PGA tra le due differenti configurazioni di massa dell'edificio.

9.3.1 - GRAFICI ALLO STATO DI QUIETE: DISSIPAZIONE DEGLI ELEMENTI DI CONNESSIONE

Si riportano di seguito dei diagrammi a torta che evidenziano come si ripartisce l'energia dissipata per isteresi tra i vari elementi di connessione.

EDIFICIO TEST N.1 (M=100%):

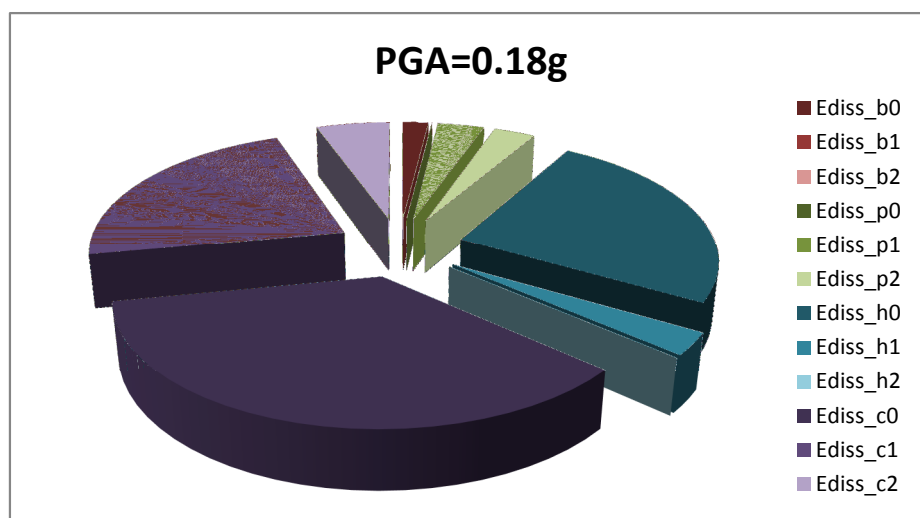


Figura 9.3 – Energia dissipata al variare dell'elemento e del livello – PGA=0.18g

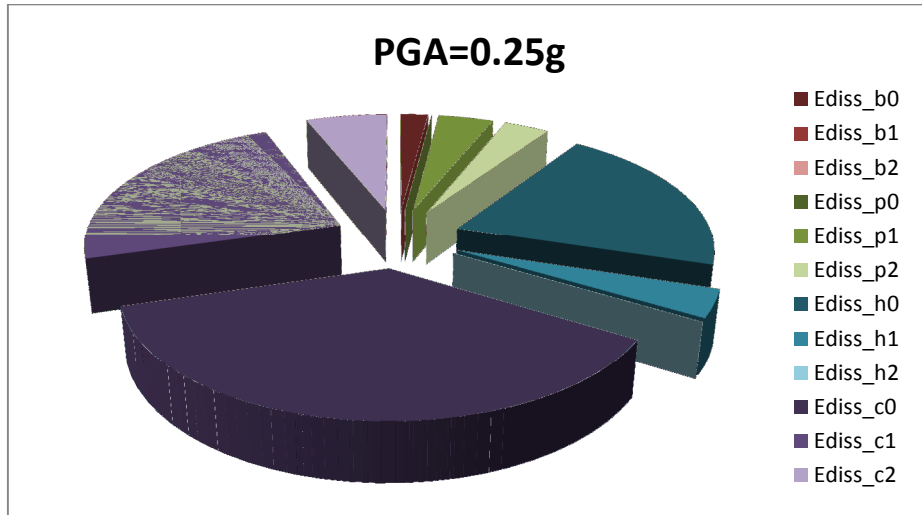


Figura 9.4 – Energia dissipata al variare dell'elemento e del livello – PGA=0.25g

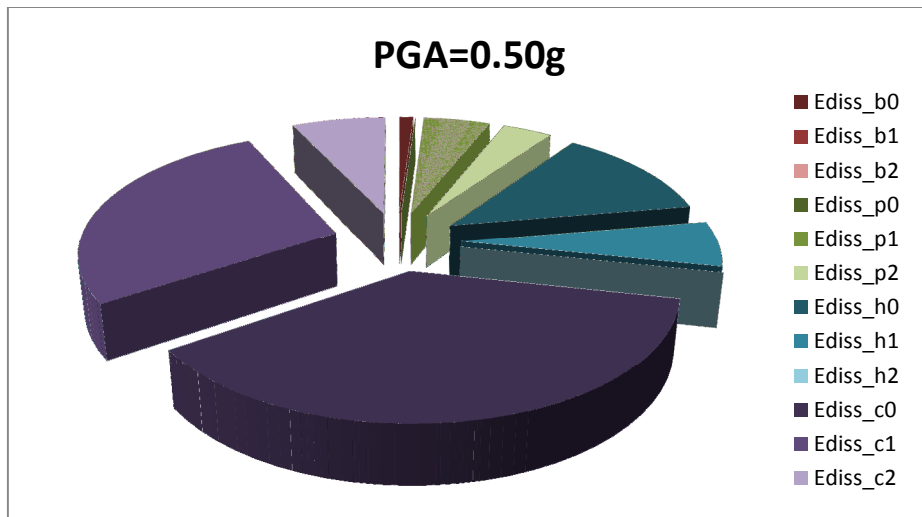


Figura 9.5 – Energia dissipata al variare dell'elemento e del livello – PGA=0.50g

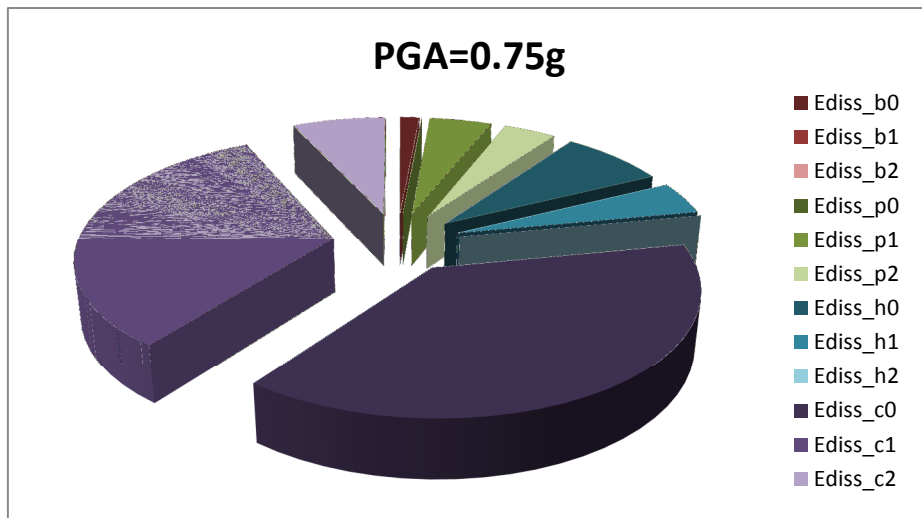


Figura 9.6 – Energia dissipata al variare dell'elemento e del livello – PGA=0.75g

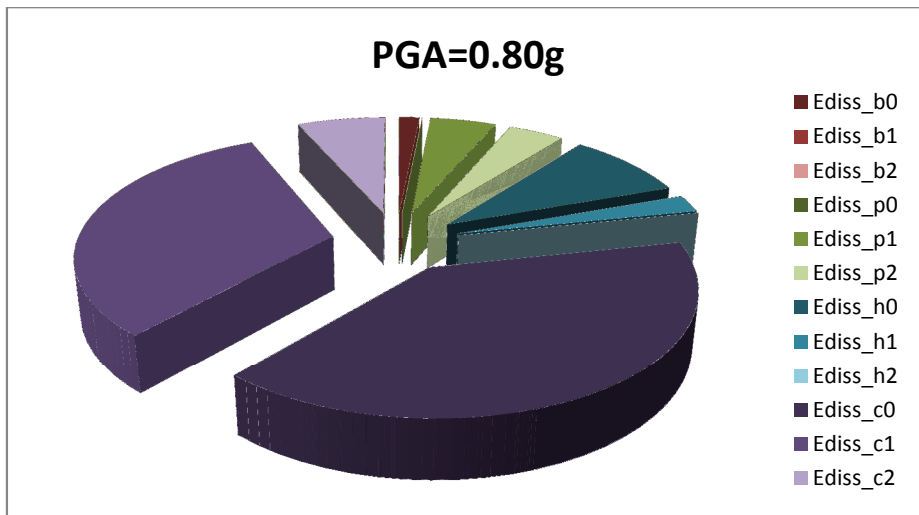


Figura 9.7 – Energia dissipata al variare dell'elemento e del livello – PGA=0.80g

EDIFICIO TEST N.2 (M=75%):

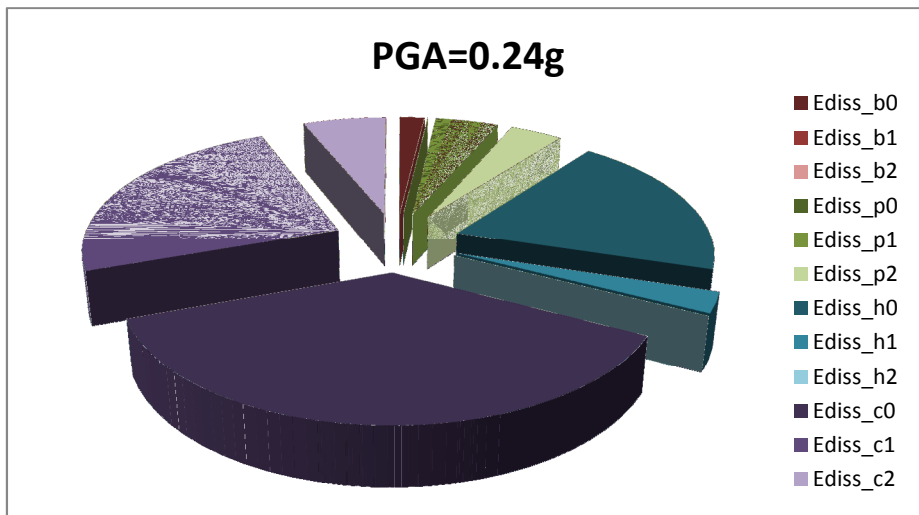


Figura 9.8 – Energia dissipata al variare dell'elemento e del livello – PGA=0.24g

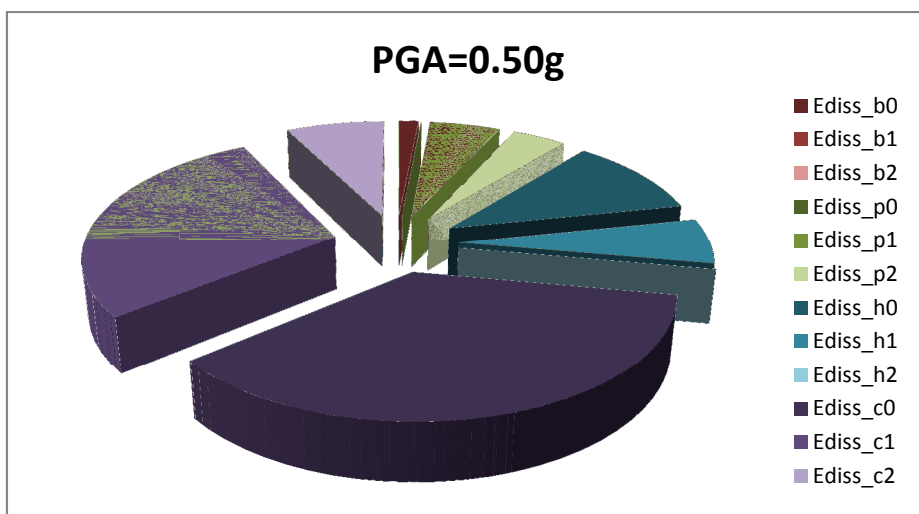


Figura 9.9 – Energia dissipata al variare dell'elemento e del livello – PGA=0.50g

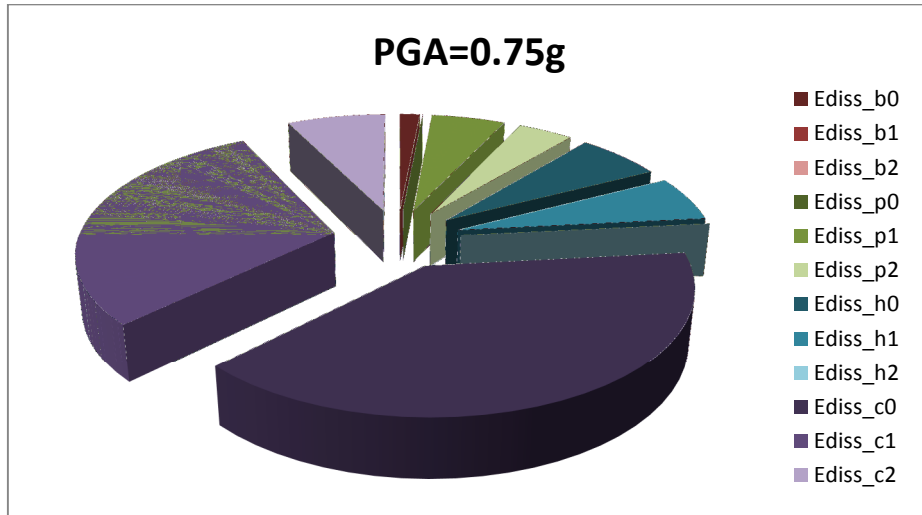


Figura 9.10 – Energia dissipata al variare dell'elemento e del livello – PGA=0.75g

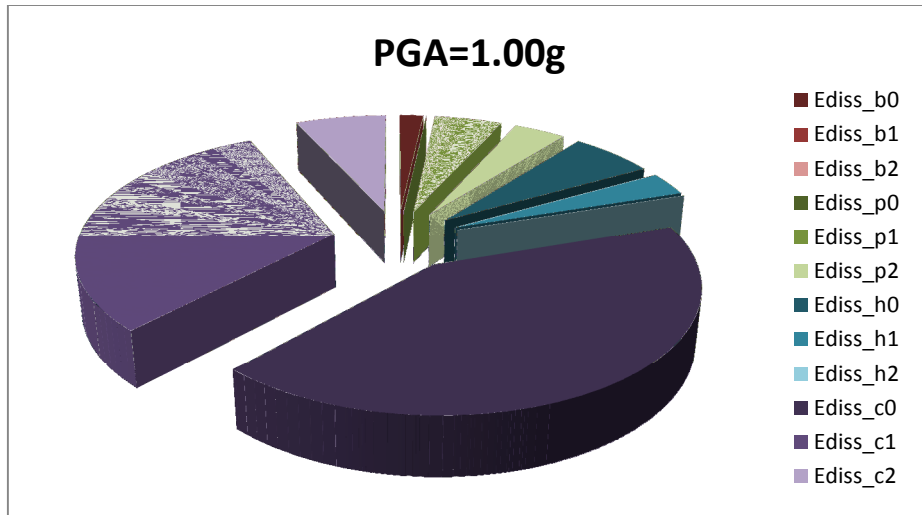


Figura 9.11 – Energia dissipata al variare dell'elemento e del livello – PGA=1.00g

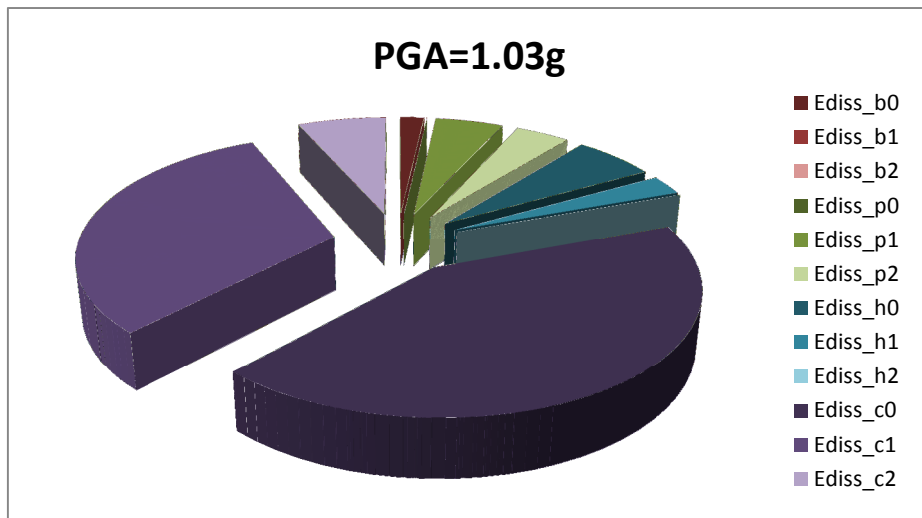


Figura 9.12 – Energia dissipata al variare dell'elemento e del livello – PGA=1.03g

9.3.2 - GRAFICI NEL DOMINIO DEL TEMPO: DISSIPAZIONE PER ELEMENTO

Si riportano di seguito i grafici che rappresentano l'energia viscosa e l'energia dissipata dagli elementi di connessione per isteresi nel dominio del tempo.

EDIFICIO TEST N.1 (M=100%):

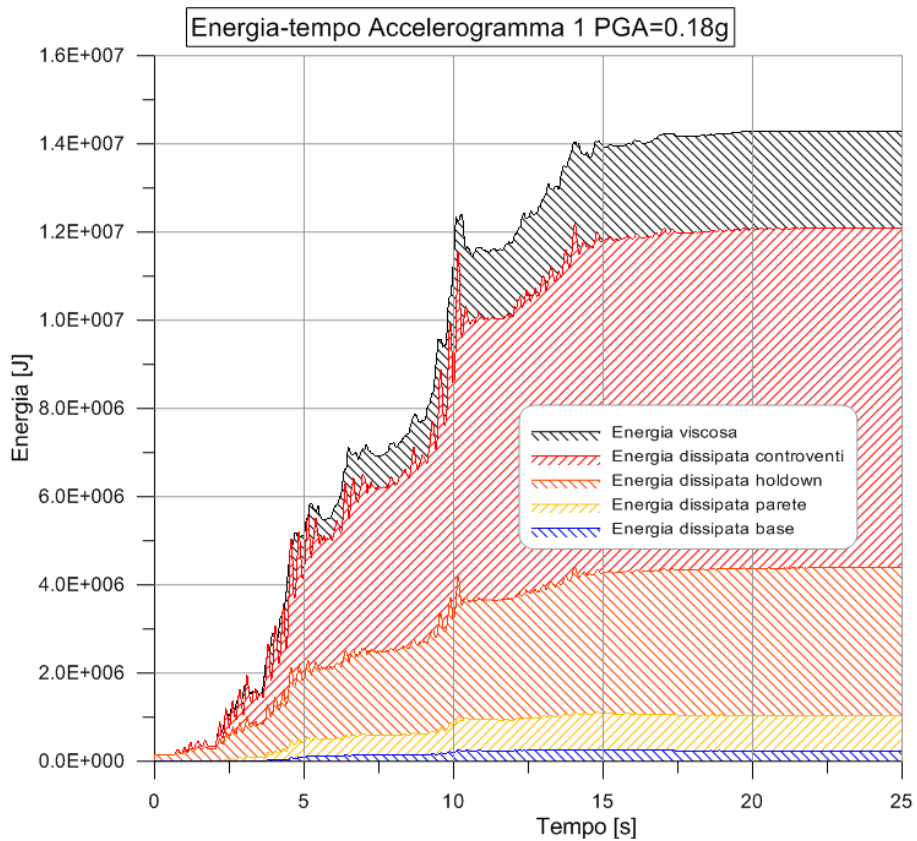


Figura 9.13 – Andamento dell'energia nel dominio del tempo per le diverse connessioni – PGA=0.18g

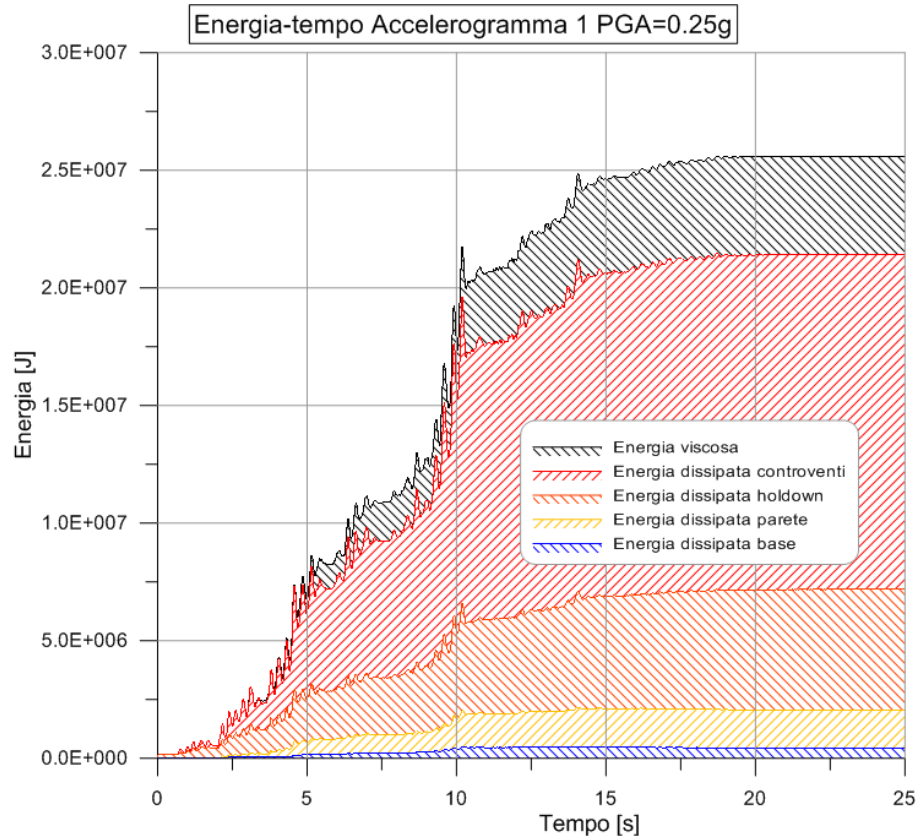


Figura 9.14 – Andamento dell'energia nel dominio del tempo per le diverse connessioni – PGA=0.25g

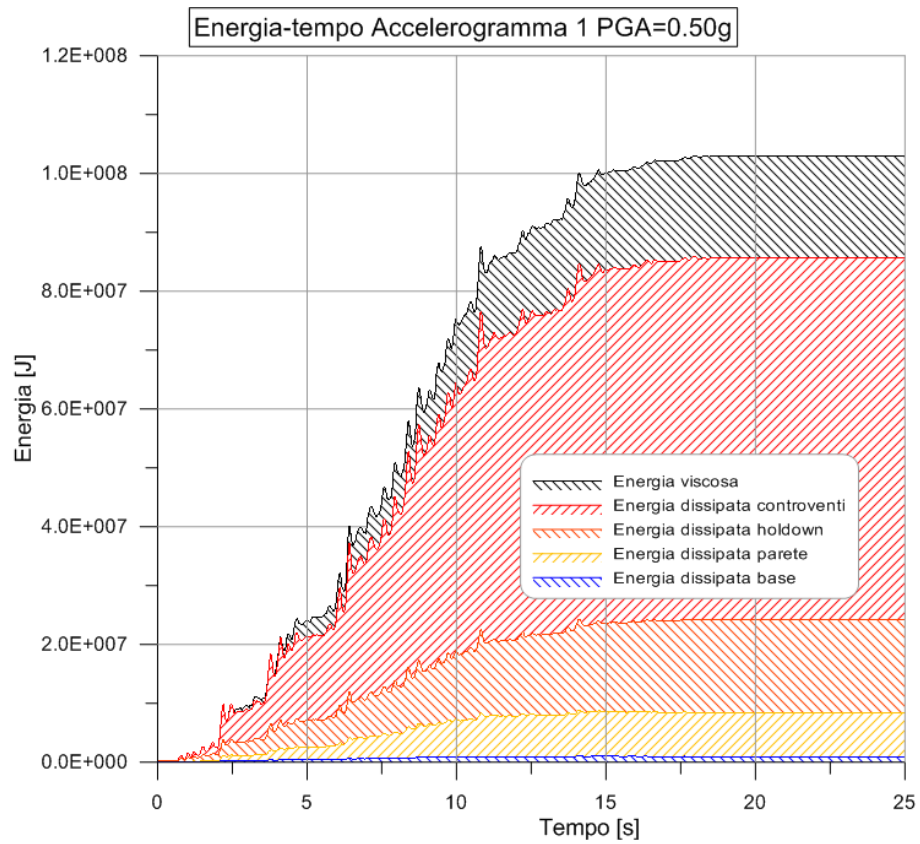


Figura 9.15 – Andamento dell'energia nel dominio del tempo per le diverse connessioni – PGA=0.50g

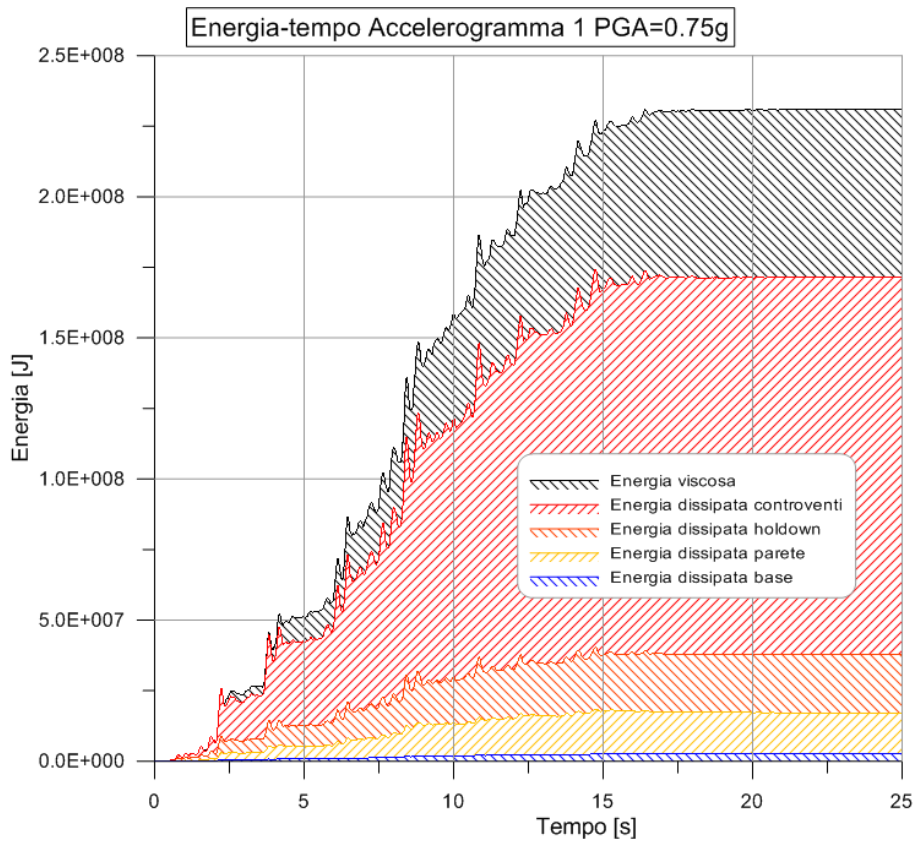


Figura 9.16 – Andamento dell'energia nel dominio del tempo per le diverse connessioni – PGA=0.75g

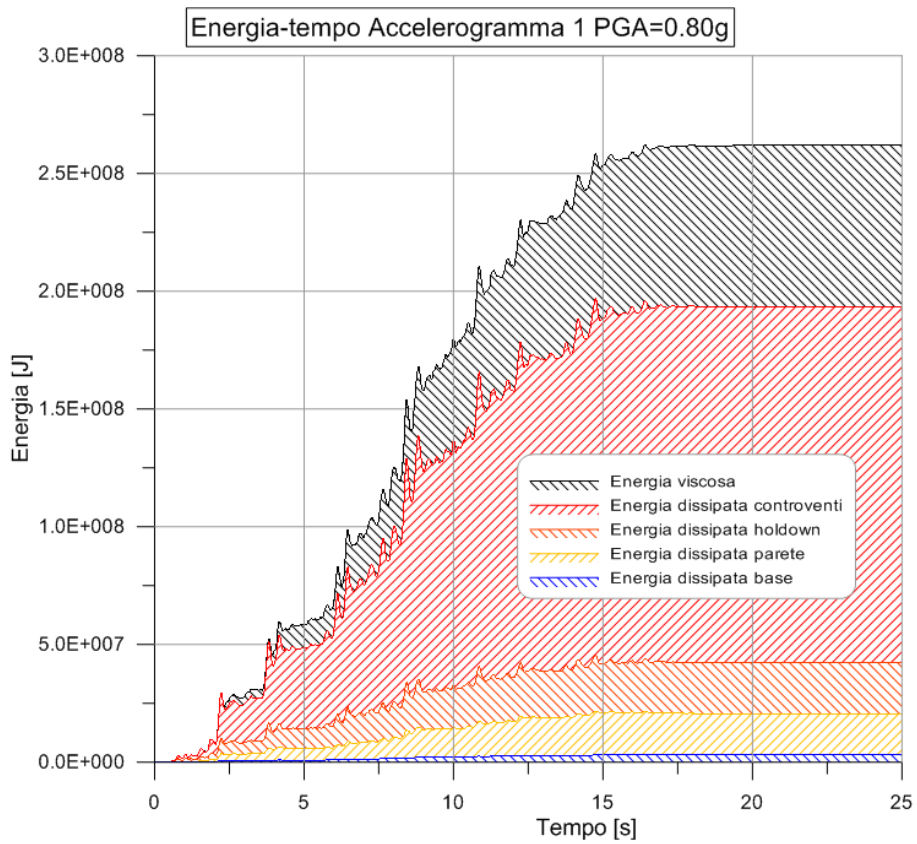


Figura 9.17 – Andamento dell'energia nel dominio del tempo per le diverse connessioni – PGA=0.80g

EDIFICIO TEST N.2 (M=75%):

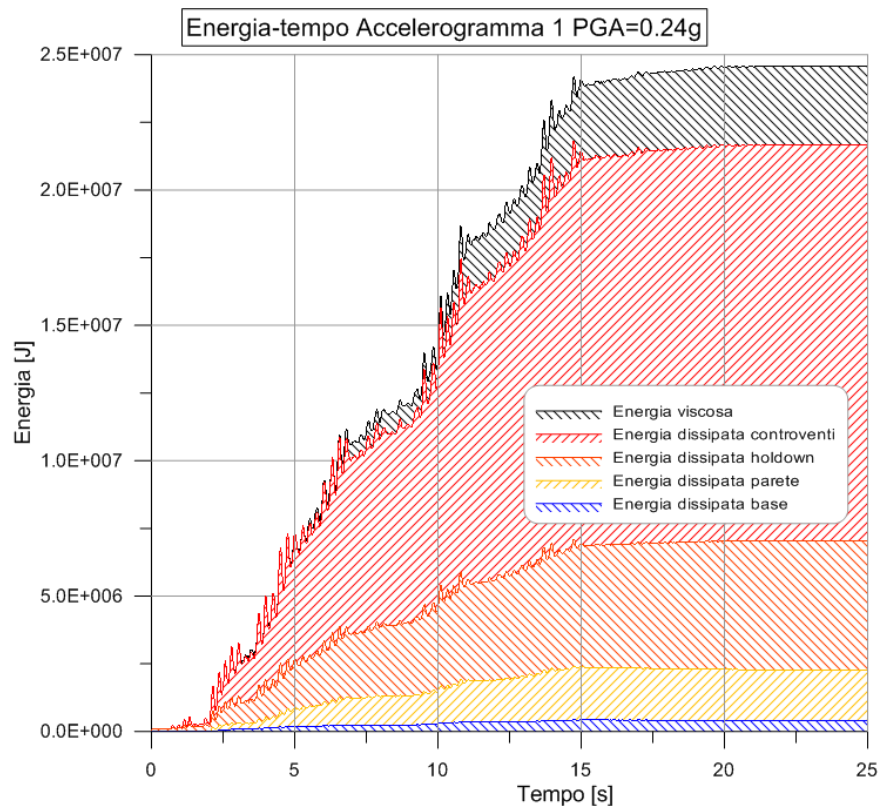


Figura 9.18 – Andamento dell'energia nel dominio del tempo per le diverse connessioni – PGA=0.24g

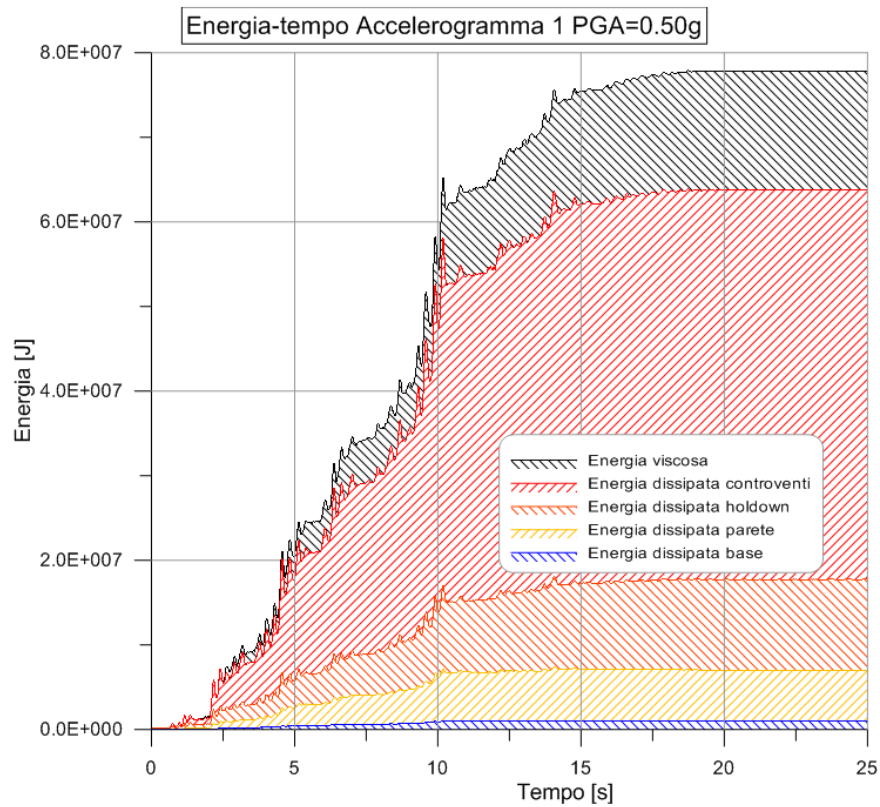


Figura 9.19 – Andamento dell'energia nel dominio del tempo per le diverse connessioni – PGA=0.50g

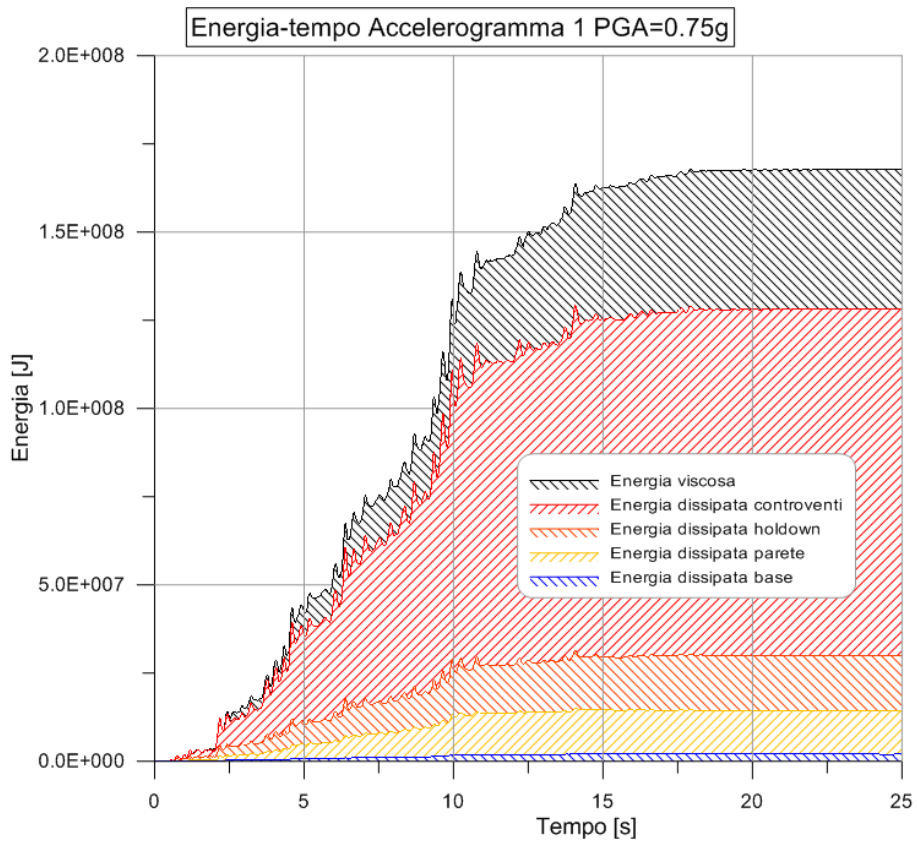


Figura 9.20 – Andamento dell'energia nel dominio del tempo per le diverse connessioni – PGA=0.75g

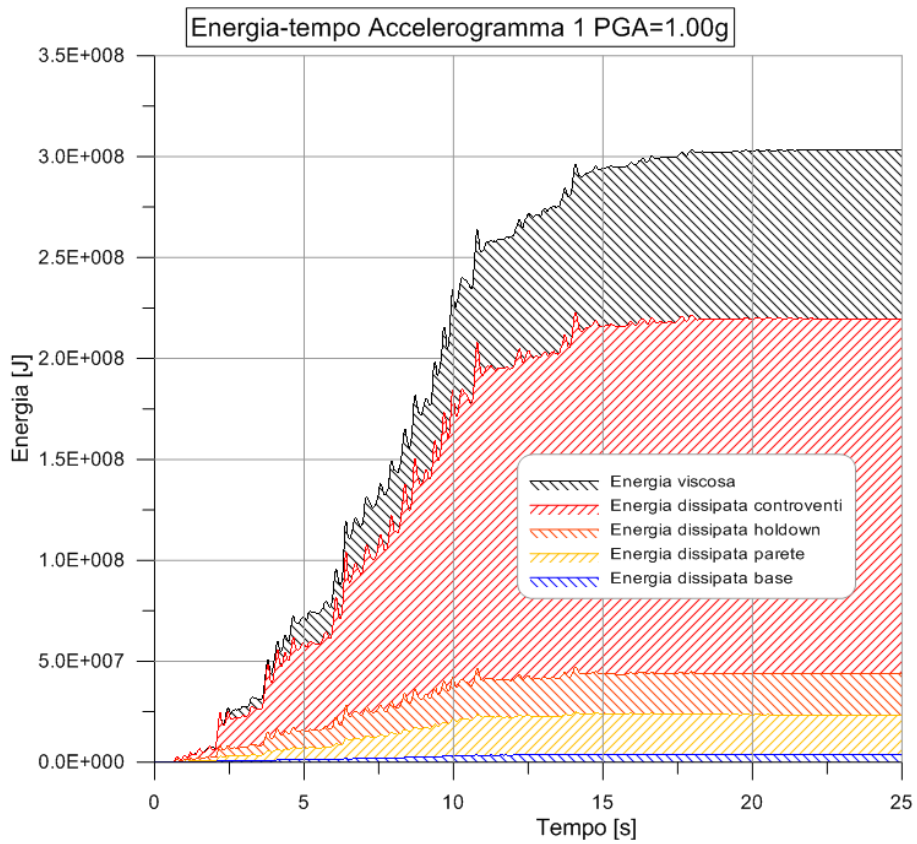


Figura 9.21 – Andamento dell'energia nel dominio del tempo per le diverse connessioni – PGA=1.00g

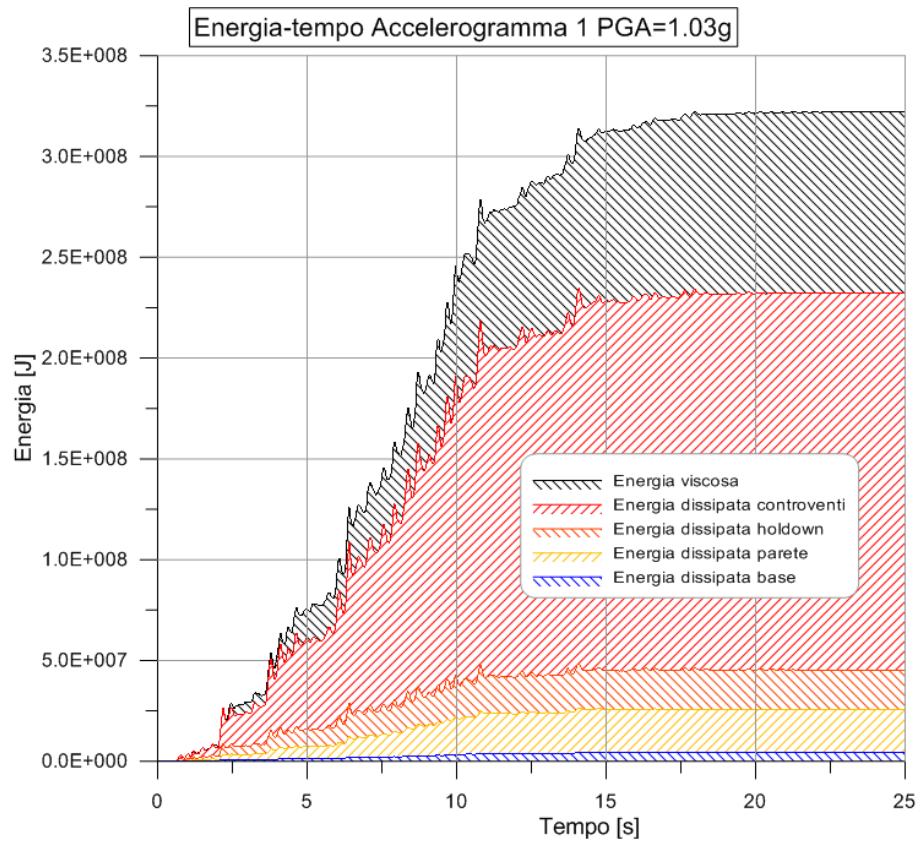


Figura 9.22 – Andamento dell'energia nel dominio del tempo per le diverse connessioni – PGA=1.03g

9.3.3 - GRAFICI NEL DOMINIO DEL TEMPO: DISSIPAZIONE PER LIVELLI

Si riportano di seguito i grafici che rappresentano l'energia dissipata ai vari livelli dell'edificio per isteresi, l'energia viscosa e l'energia cinetica nel dominio del tempo.

EDIFICIO TEST N.1 (M=100%):

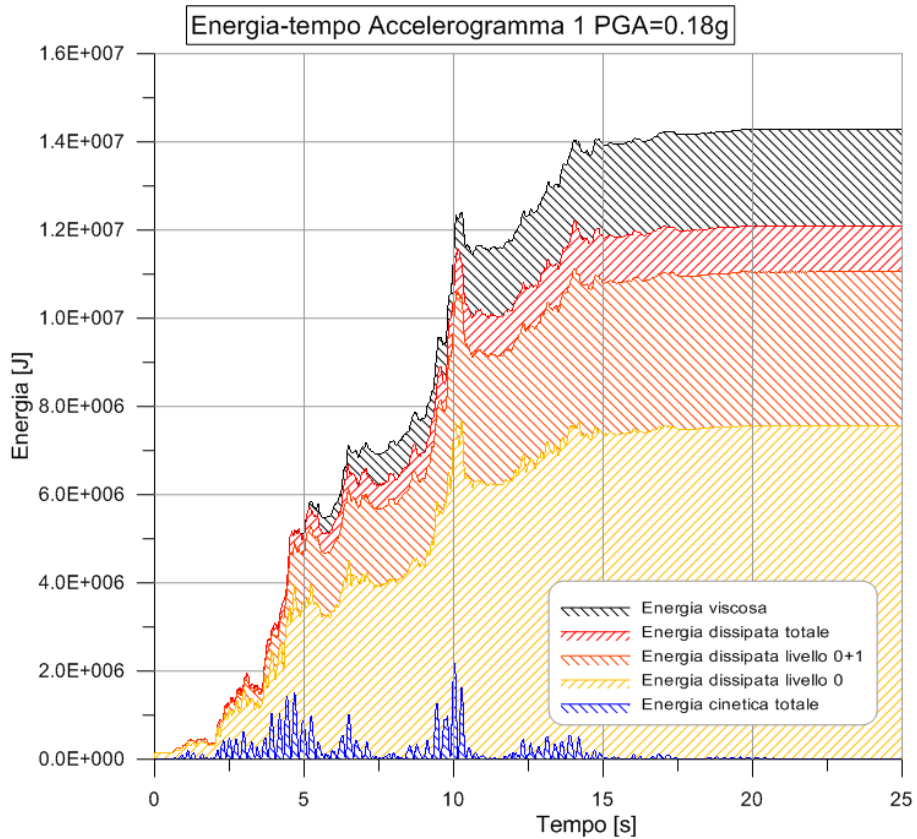


Figura 9.23 – Andamento dell'energia nel dominio del tempo al variare dei livelli – PGA=0.18g

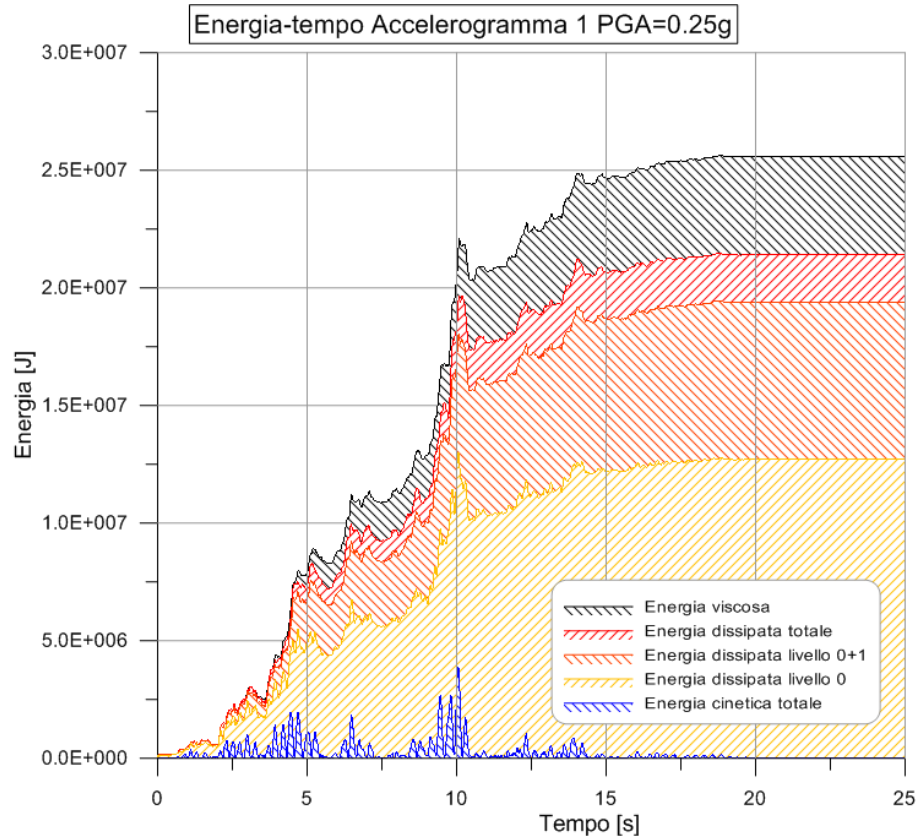


Figura 9.24 – Andamento dell'energia nel dominio del tempo al variare dei livelli – PGA=0.25g

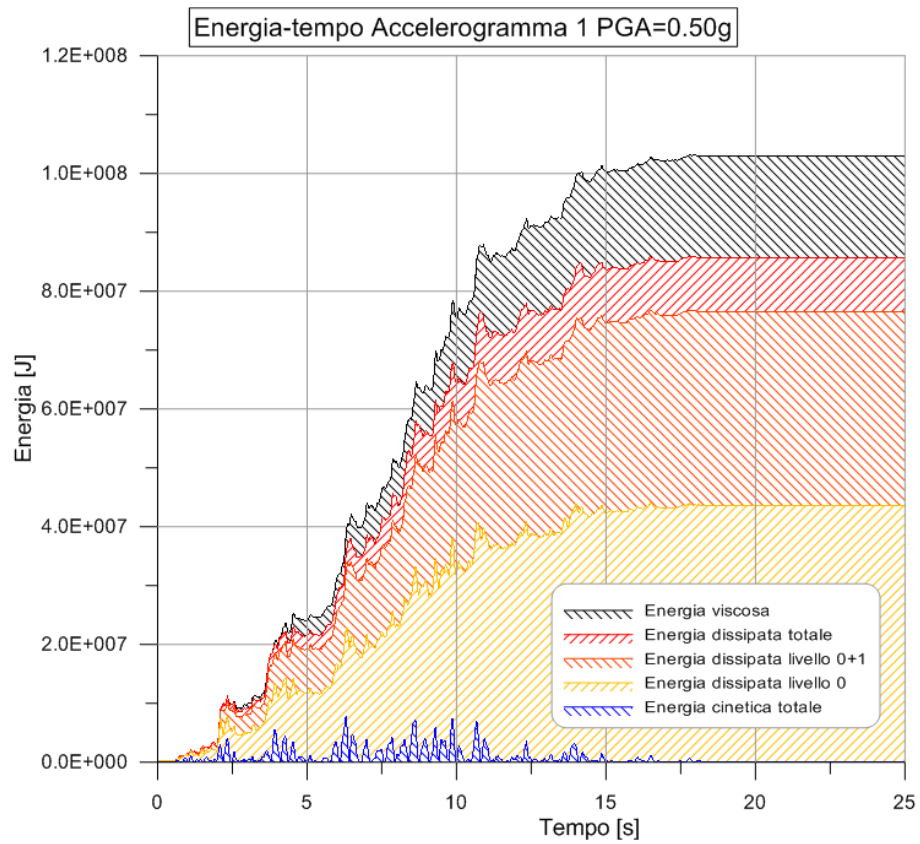


Figura 9.25 – Andamento dell'energia nel dominio del tempo al variare dei livelli – PGA=0.50g

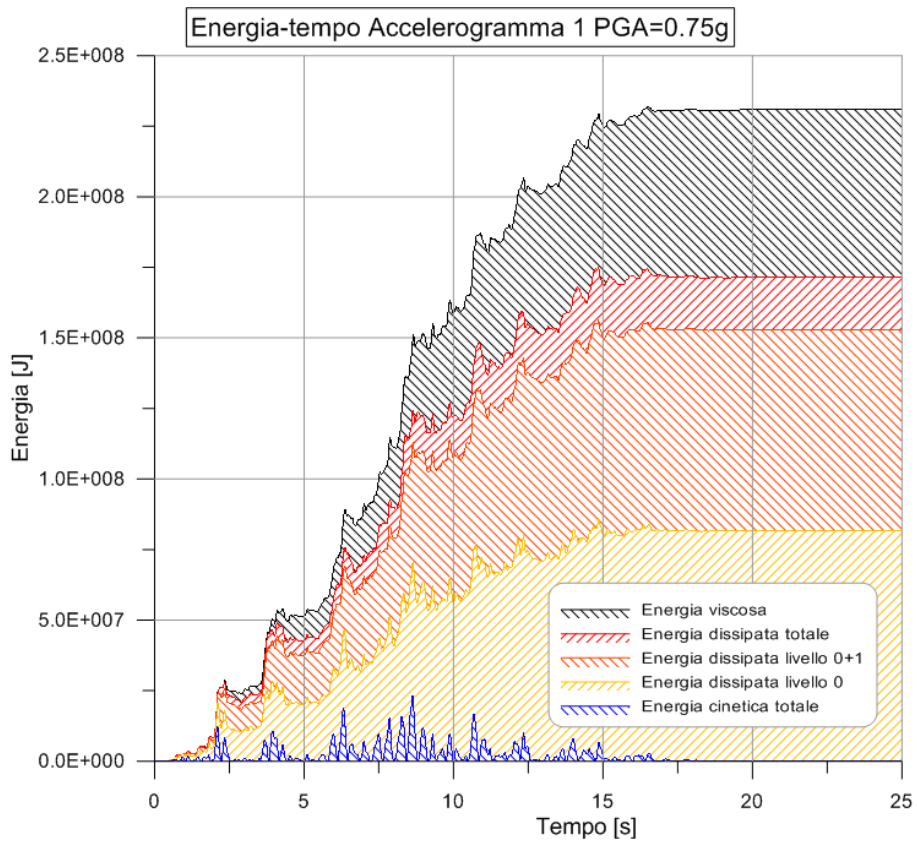


Figura 9.26 – Andamento dell'energia nel dominio del tempo al variare dei livelli – PGA=0.75g

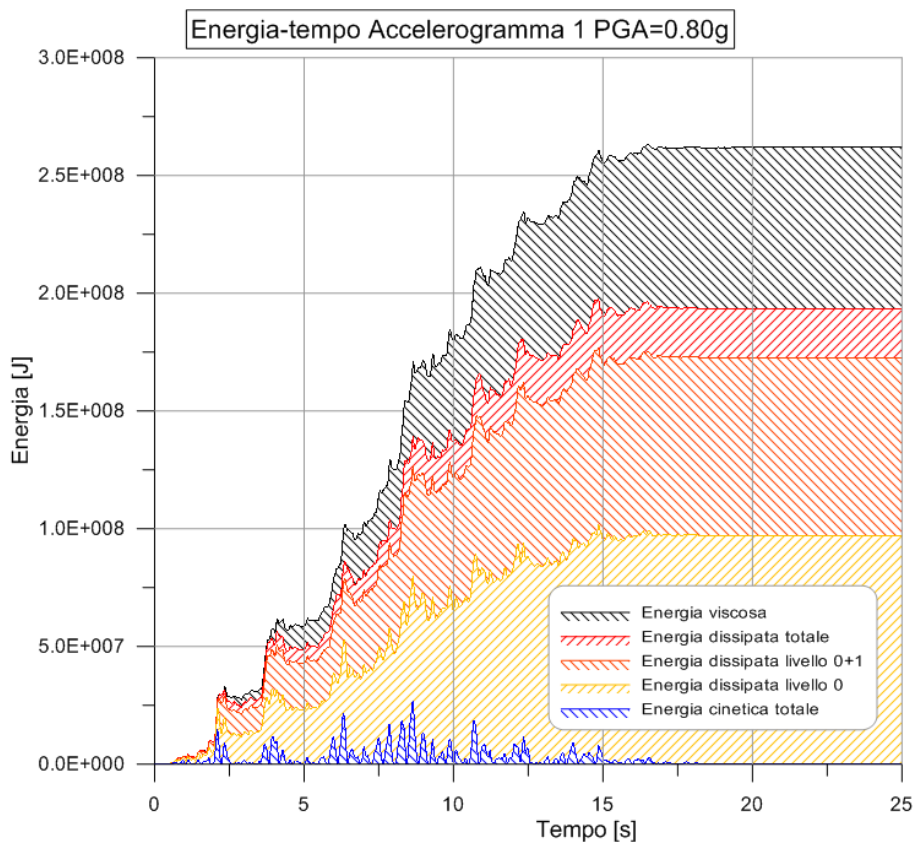


Figura 9.27 – Andamento dell'energia nel dominio del tempo al variare dei livelli – PGA=0.80g

EDIFICIO TEST N.2 (M=75%):

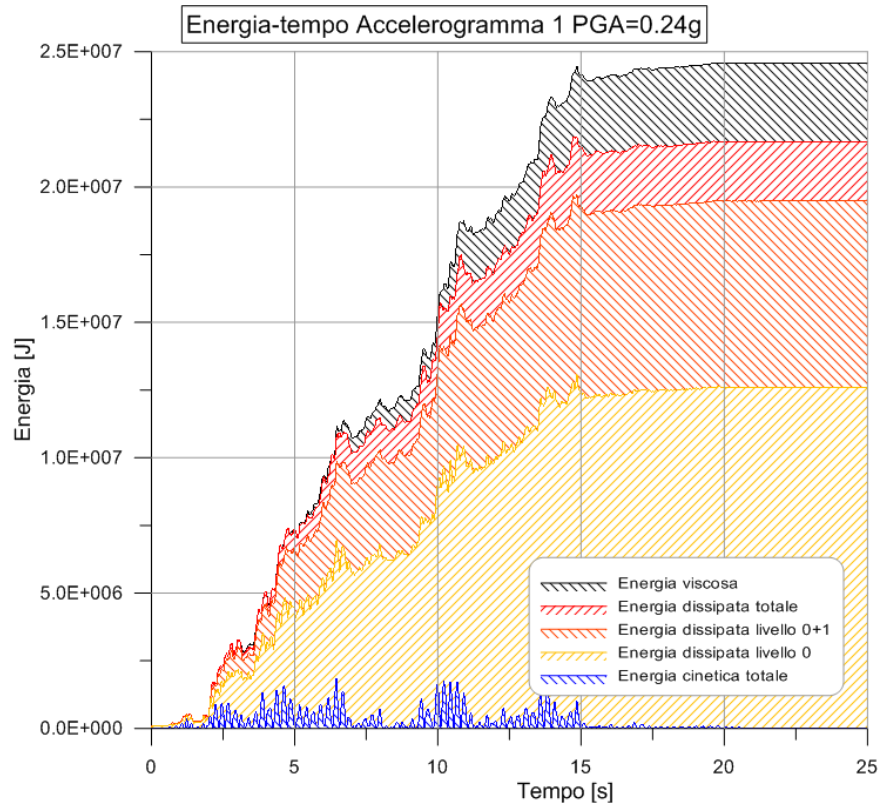


Figura 9.28 – Andamento dell'energia nel dominio del tempo al variare dei livelli – PGA=0.24g

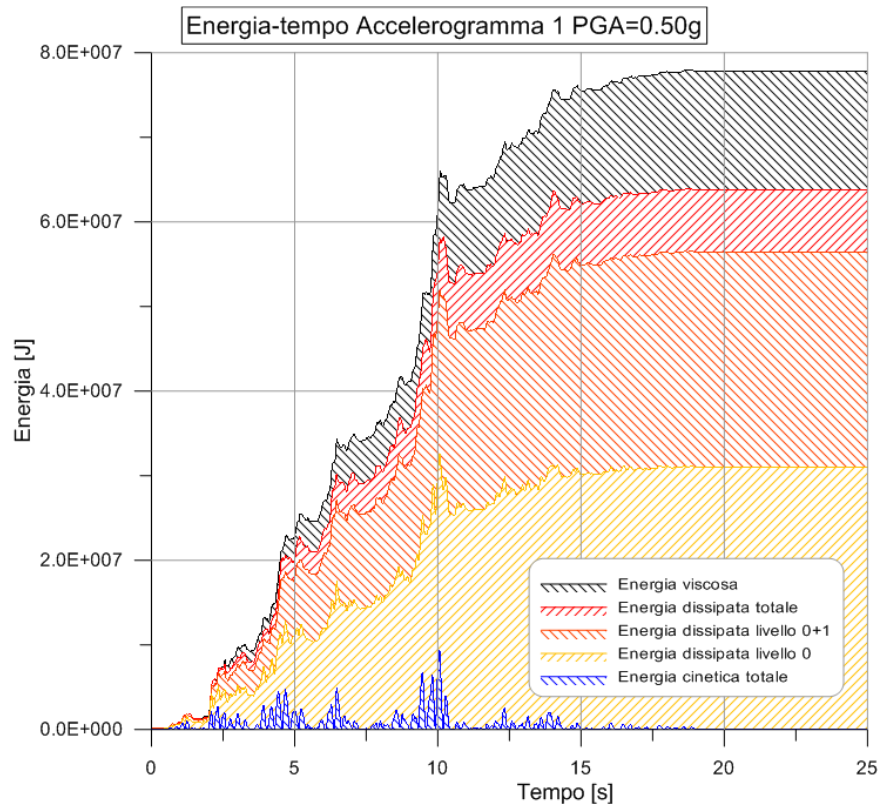


Figura 9.29 – Andamento dell'energia nel dominio del tempo al variare dei livelli – PGA=0.50g

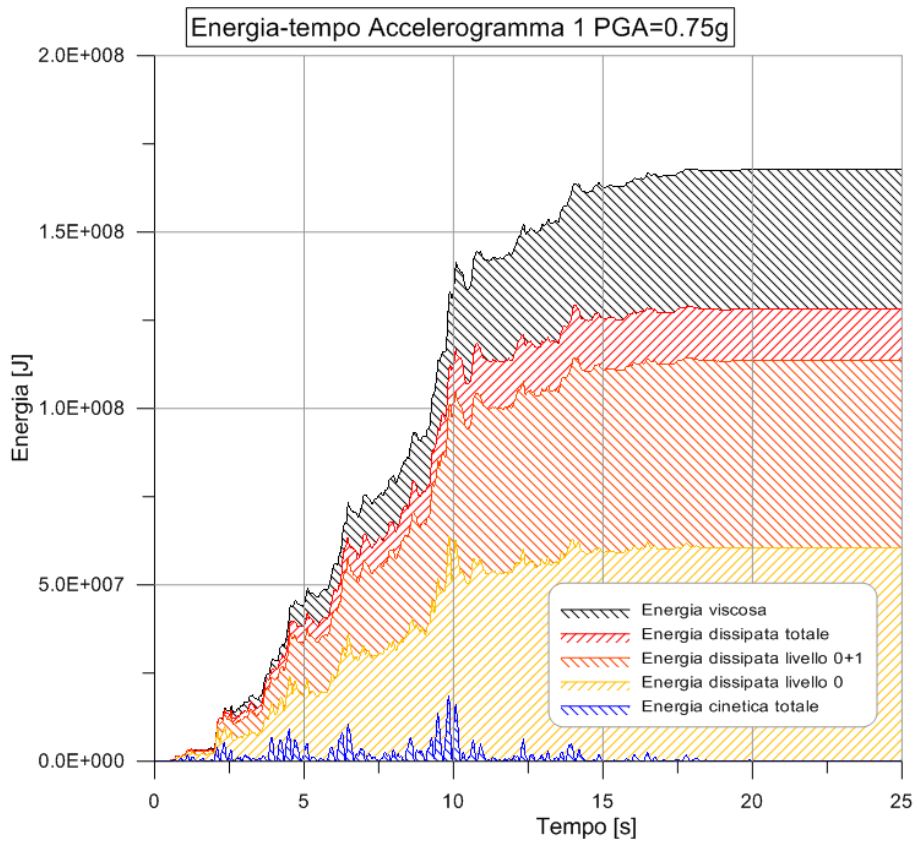


Figura 9.30 – Andamento dell'energia nel dominio del tempo al variare dei livelli – PGA=0.75g

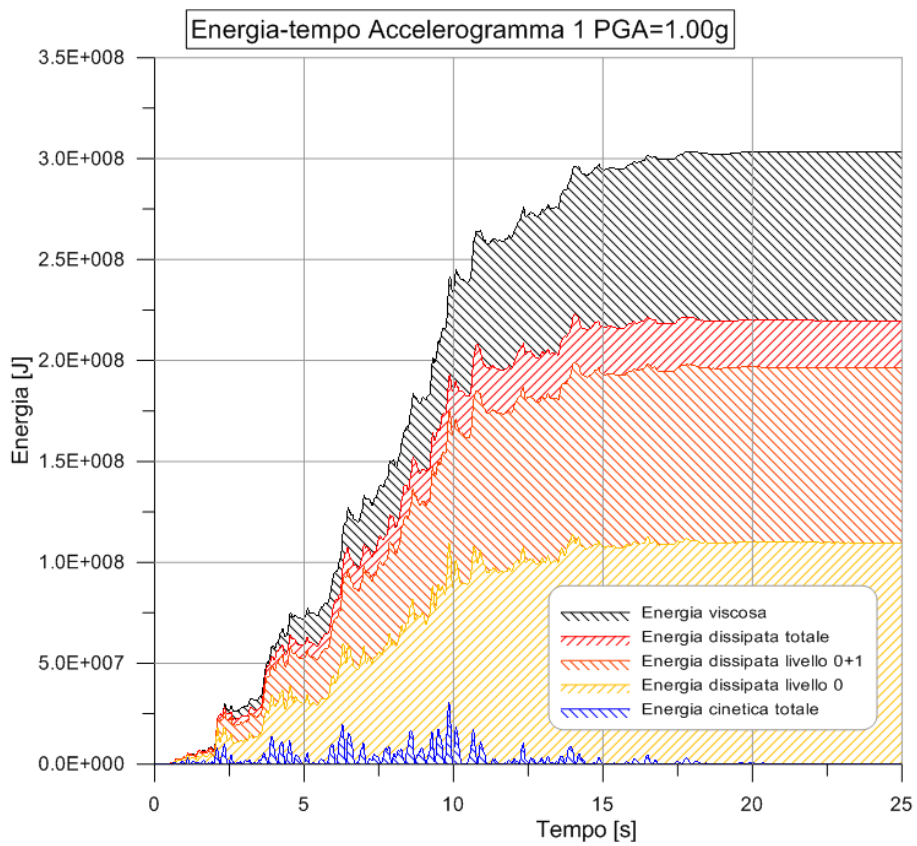


Figura 9.31 – Andamento dell'energia nel dominio del tempo al variare dei livelli – PGA=1.00g

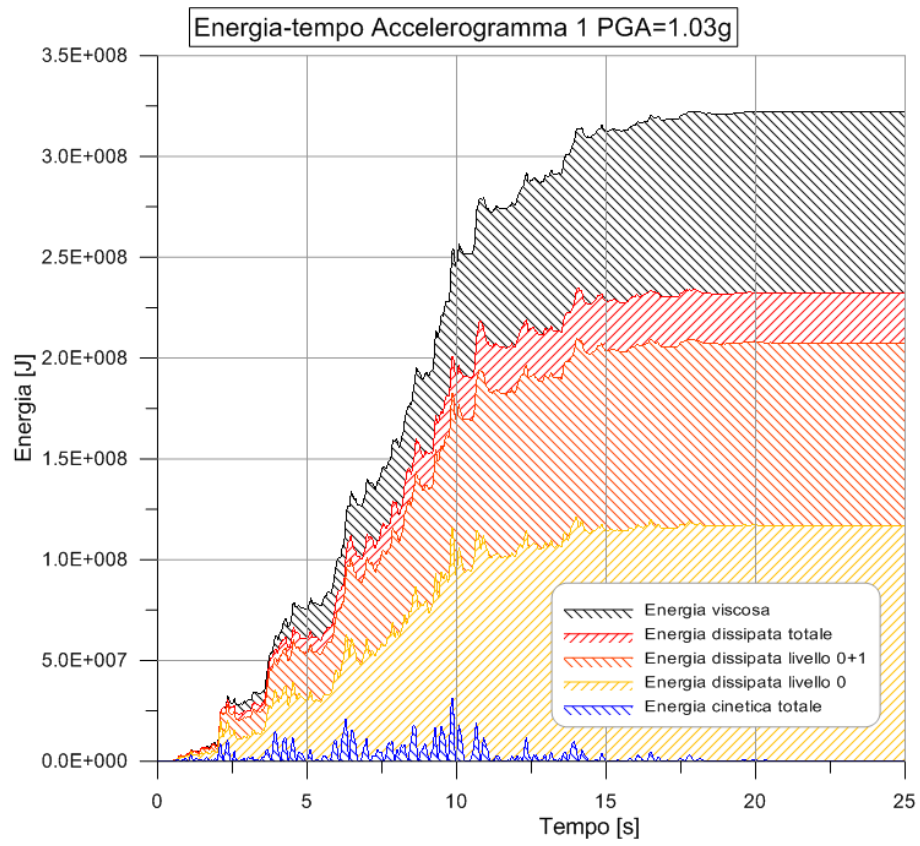


Figura 9.32 – Andamento dell'energia nel dominio del tempo al variare dei livelli – PGA=1.03g

9.3.4 - GRAFICI ALLO STATO DI QUIETE: COMPARAZIONE AL VARIARE DELLE PGA

I risultati numerici allo stato di quiete delle energie del sistema sono riassunti nelle seguenti tabelle:

EDIFICIO TEST N.1 (M=100%):

PGA	$E_{i\ tot.}$	$E_{diss\ b}$	$E_{diss\ p}$	$E_{diss\ h}$	$E_{diss\ c}$	$E_{diss\ tot.}$	E_{visc}
0.18	1.43E+07	2.34E+05	7.93E+05	3.36E+06	7.70E+06	1.21E+07	2.18E+06
0.25	2.56E+07	4.38E+05	1.60E+06	5.14E+06	1.42E+07	2.14E+07	4.18E+06
0.50	1.03E+08	9.23E+05	7.41E+06	1.59E+07	6.14E+07	8.57E+07	1.73E+07
0.75	2.31E+08	2.52E+06	1.46E+07	2.06E+07	1.34E+08	1.71E+08	5.95E+07
0.80	2.62E+08	2.98E+06	1.75E+07	2.16E+07	1.51E+08	1.93E+08	6.90E+07

Tabella 9.1 – Valori dell'energia

EDIFICIO TEST N.1 (M=100%):

PGA	$E_{i\ tot.}$	$E_{diss\ liv.0}$	$E_{diss\ liv.1}$	$E_{diss\ liv.2}$	$E_{diss\ tot.}$	E_{visc}
0.18	1.43E+07	7.56E+06	3.49E+06	1.04E+06	1.21E+07	2.18E+06
0.25	2.56E+07	1.27E+07	6.69E+06	2.01E+06	2.14E+07	4.18E+06
0.50	1.03E+08	4.36E+07	3.30E+07	9.12E+06	8.57E+07	1.73E+07
0.75	2.31E+08	8.15E+07	7.13E+07	1.86E+07	1.71E+08	5.95E+07
0.80	2.62E+08	9.69E+07	7.55E+07	2.06E+07	1.93E+08	6.90E+07

Tabella 9.2 – Valori dell'energia

EDIFICIO TEST N.2 (M=75%):

PGA	$E_{i\ tot.}$	$E_{diss\ b}$	$E_{diss\ p}$	$E_{diss\ h}$	$E_{diss\ c}$	$E_{diss\ tot.}$	E_{visc}
0.24	2.46E+07	4.06E+05	1.86E+06	4.78E+06	1.46E+07	2.17E+07	2.91E+06
0.50	7.78E+07	9.64E+05	6.02E+06	1.07E+07	4.60E+07	6.37E+07	1.41E+07
0.75	1.68E+08	1.93E+06	1.23E+07	1.57E+07	9.81E+07	1.28E+08	3.96E+07
1.00	3.03E+08	3.80E+06	1.96E+07	2.04E+07	1.76E+08	2.20E+08	8.35E+07
1.03	3.22E+08	4.12E+06	2.12E+07	1.99E+07	1.87E+08	2.32E+08	8.99E+07

Tabella 9.3 – Valori dell'energia

EDIFICIO TEST N.2 (M=75%):

PGA	$E_{i\ tot.}$	$E_{diss\ liv.0}$	$E_{diss\ liv.1}$	$E_{diss\ liv.2}$	$E_{diss\ tot.}$	E_{visc}
0.24	2.46E+07	1.26E+07	6.87E+06	2.18E+06	2.17E+07	2.91E+06
0.50	7.78E+07	3.09E+07	2.54E+07	7.35E+06	6.37E+07	1.41E+07
0.75	1.68E+08	6.03E+07	5.31E+07	1.46E+07	1.28E+08	3.96E+07
1.00	3.03E+08	1.10E+08	8.66E+07	2.33E+07	2.20E+08	8.35E+07
1.03	3.22E+08	1.17E+08	9.06E+07	2.47E+07	2.32E+08	8.99E+07

Tabella 9.4 – Valori dell'energia

Si riportano di seguito degli istogrammi che evidenziano l'energia viscosa e la ripartizione dell'energia dissipata per isteresi tra i vari elementi di connessione nello stato di quiete al variare delle PGA. Sono riportati anche gli istogrammi rappresentanti l'energia viscosa e dissipata al variare dei livelli.

EDIFICIO TEST N.1 (M=100%):

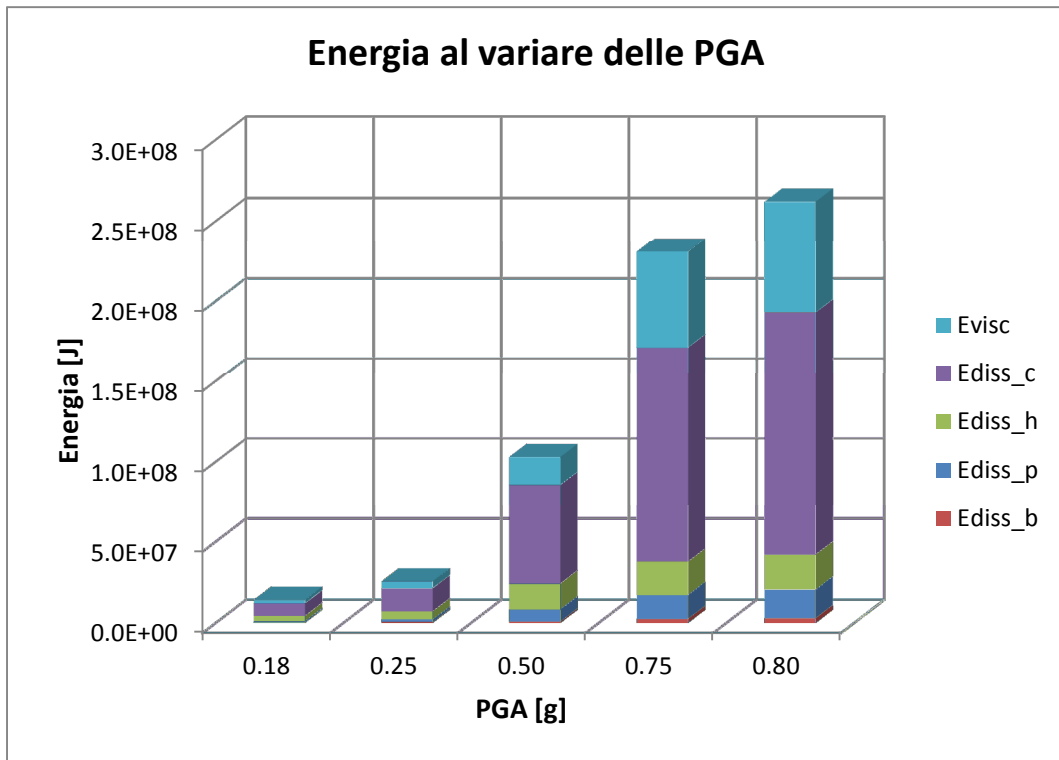


Figura 9.33 - Energia dissipata dagli elementi di connessione al variare delle PGA

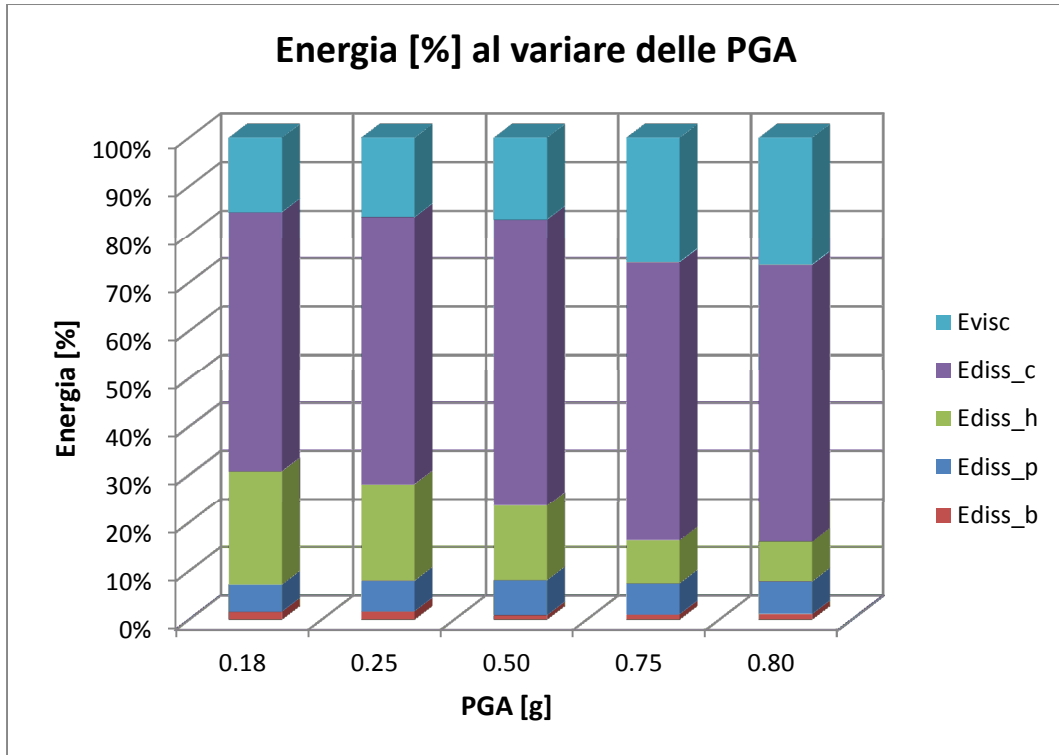


Figura 9.34 - Energia dissipata dagli elementi di connessione al variare delle PGA

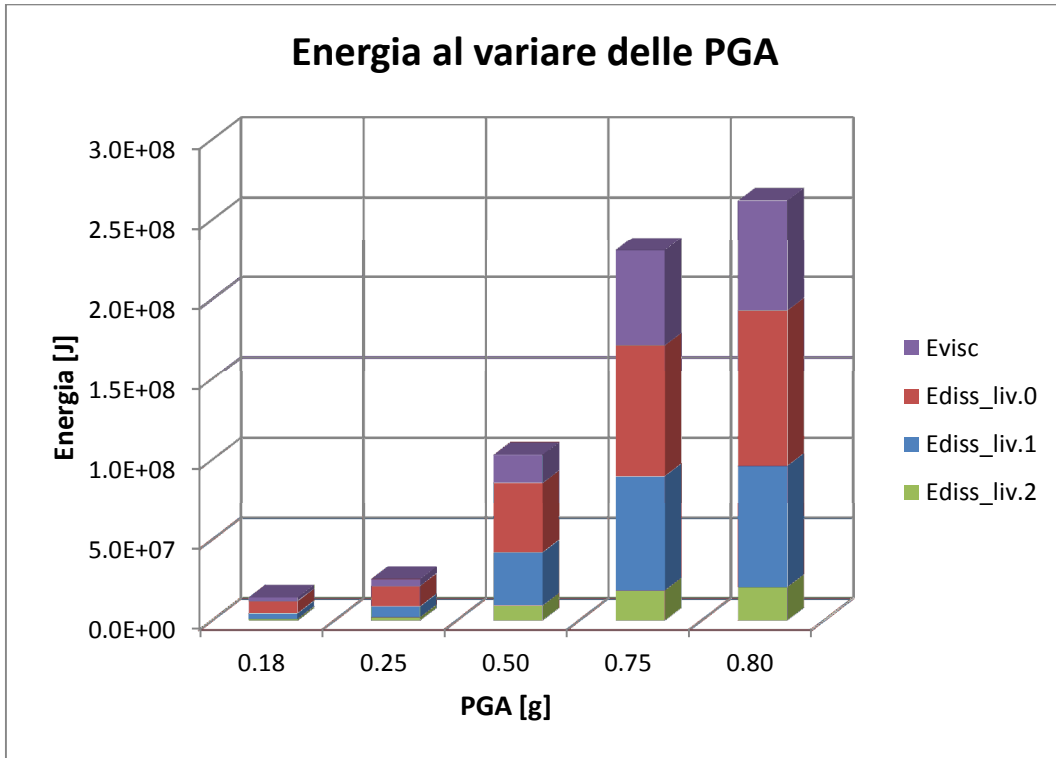


Figura 9.35 - Energia dissipata ai livelli al variare delle PGA

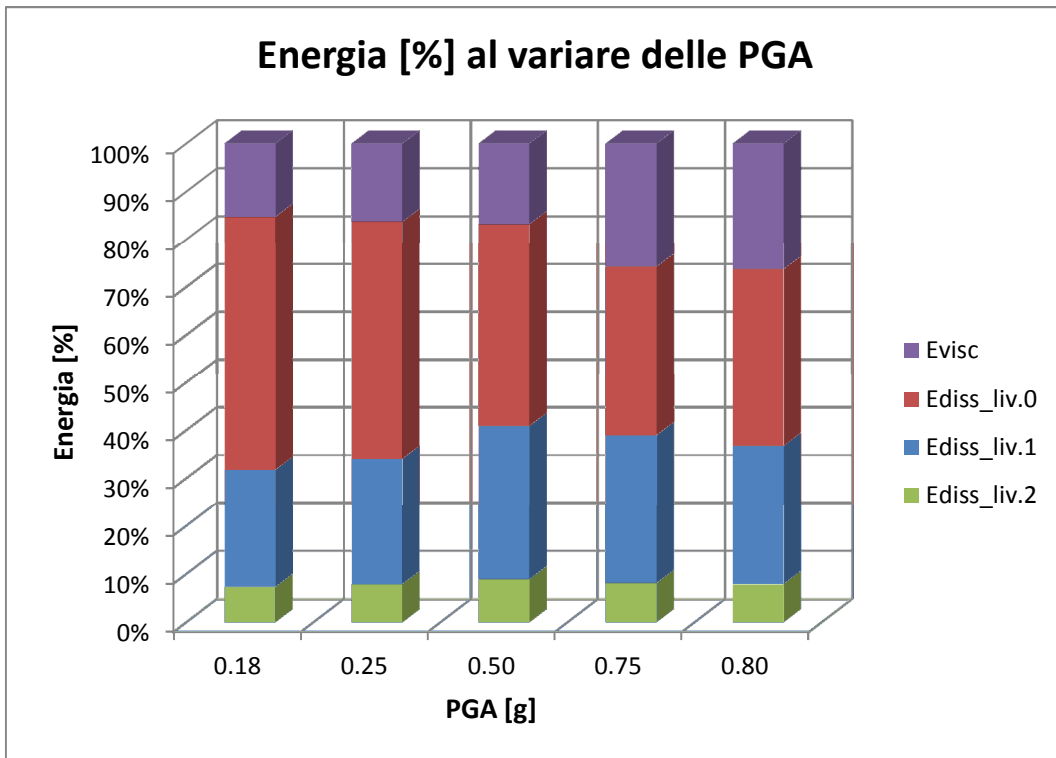


Figura 9.36 - Energia dissipata ai livelli al variare delle PGA

EDIFICIO TEST N.2 (M=75%):

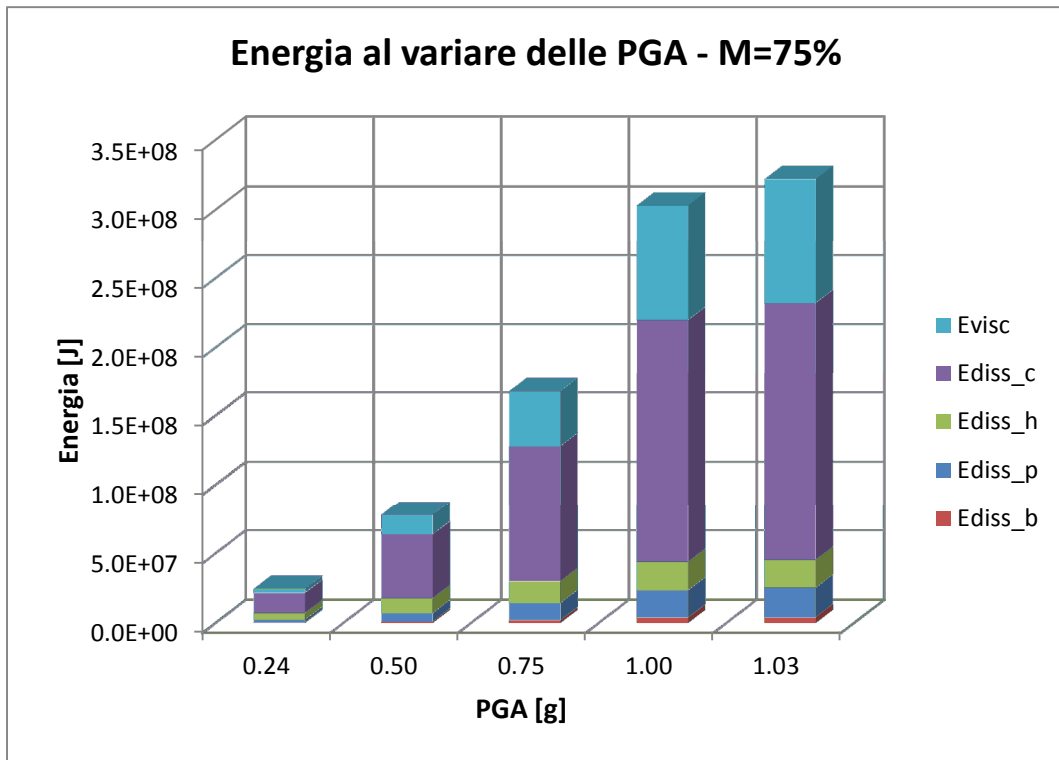


Figura 9.37 - Energia dissipata dagli elementi di connessione al variare delle PGA

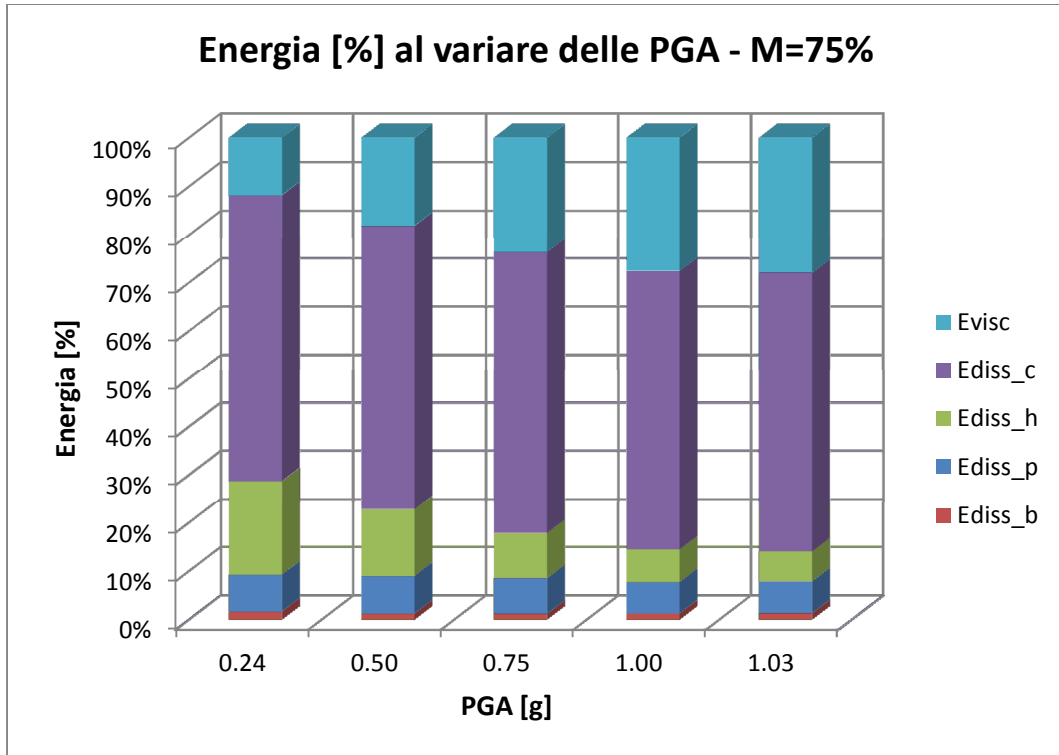


Figura 9.38 - Energia dissipata dagli elementi di connessione al variare delle PGA

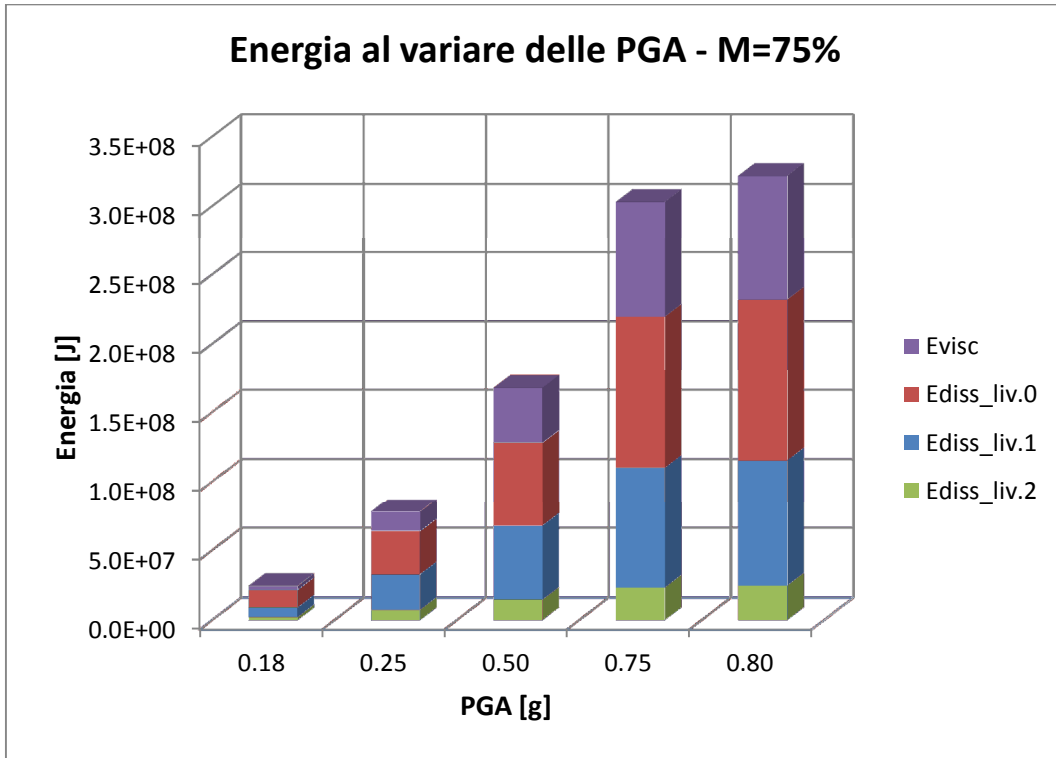


Figura 9.39 - Energia dissipata ai livelli al variare delle PGA

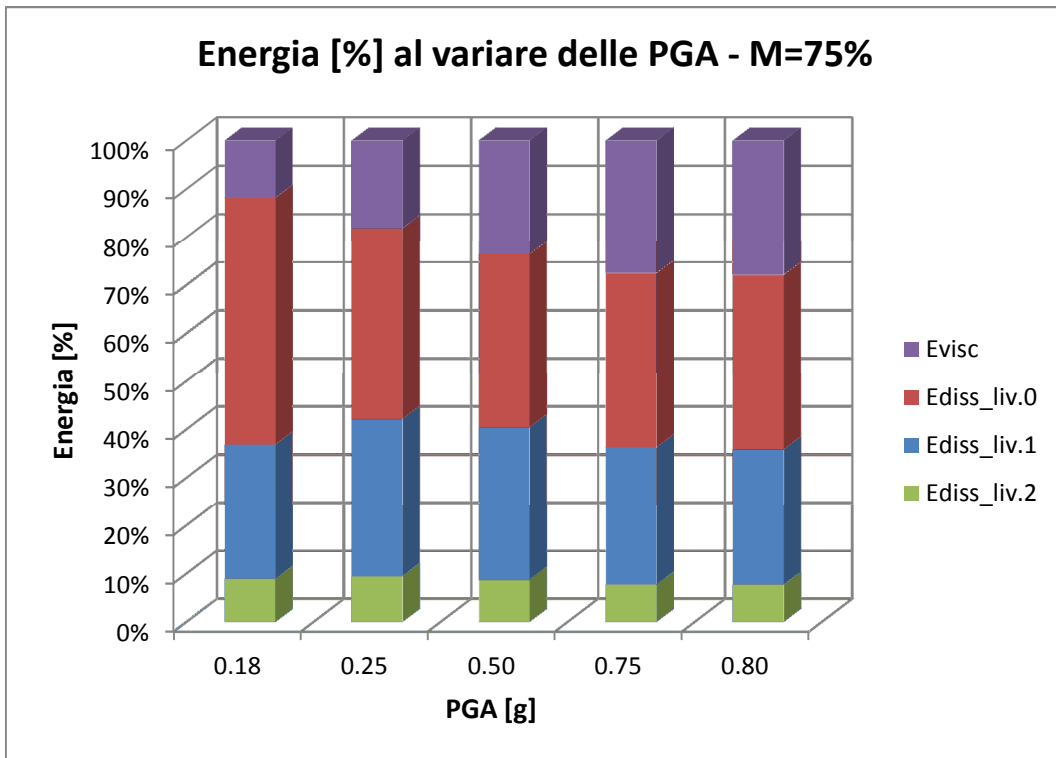


Figura 9.40 - Energia dissipata ai livelli al variare delle PGA

9.3.5 - GRAFICI ALLO STATO DI QUIETE: COMPARAZIONE AL VARIARE DELLA MASSA

I risultati numerici dell'energia per la comparazione tra le due differenti configurazioni di massa dell'edificio sono riportati nelle tabelle che seguono:

PGA	E_{i_tot}	E_{diss_b}	E_{diss_p}	E_{diss_h}	E_{diss_c}	E_{diss_tot}	E_{visc}
PGA_snerv. M=1.00	1.43E+07	2.34E+05	7.93E+05	3.36E+06	7.70E+06	1.21E+07	2.18E+06
PGA_snerv. M=0.75	2.46E+07	4.06E+05	1.86E+06	4.78E+06	1.46E+07	2.17E+07	2.91E+06
PGA=0.5 M=1.00	1.03E+08	9.23E+05	7.41E+06	1.59E+07	6.14E+07	8.57E+07	1.73E+07
PGA=0.5 M=0.75	7.78E+07	9.64E+05	6.02E+06	1.07E+07	4.60E+07	6.37E+07	1.41E+07
PGA=0.75 M=1.00	2.31E+08	2.52E+06	1.46E+07	2.06E+07	1.34E+08	1.71E+08	5.95E+07
PGA=0.75 M=0.75	1.68E+08	1.93E+06	1.23E+07	1.57E+07	9.81E+07	1.28E+08	3.96E+07
PGA_rottura M=1.00	2.62E+08	2.98E+06	1.75E+07	2.16E+07	1.51E+08	1.93E+08	6.90E+07
PGA_rottura M=0.75	3.22E+08	4.12E+06	2.12E+07	1.99E+07	1.87E+08	2.32E+08	8.99E+07

Tabella 9.5 – Valori dell'energia

PGA	E_{i_tot}	E_{diss_liv.0}	E_{diss_liv.1}	E_{diss_liv.2}	E_{diss_tot}	E_{visc}
PGA_snerv. M=1.00	1.43E+07	7.56E+06	3.49E+06	1.04E+06	1.21E+07	2.18E+06
PGA_snerv. M=0.75	2.46E+07	1.26E+07	6.87E+06	2.18E+06	2.17E+07	2.91E+06
PGA=0.5 M=1.00	1.03E+08	4.36E+07	3.30E+07	9.12E+06	8.57E+07	1.73E+07
PGA=0.5 M=0.75	7.78E+07	3.09E+07	2.54E+07	7.35E+06	6.37E+07	1.41E+07
PGA=0.75 M=1.00	2.31E+08	8.15E+07	7.13E+07	1.86E+07	1.71E+08	5.95E+07
PGA=0.75 M=0.75	1.68E+08	6.03E+07	5.31E+07	1.46E+07	1.28E+08	3.96E+07
PGA_rottura M=1.00	2.62E+08	9.69E+07	7.55E+07	2.06E+07	1.93E+08	6.90E+07
PGA_rottura M=0.75	3.22E+08	1.17E+08	9.06E+07	2.47E+07	2.32E+08	8.99E+07

Tabella 9.6 – Valori dell'energia

Si riportano di seguito degli istogrammi che evidenziano l'energia viscosa e la ripartizione dell'energia dissipata per isteresi tra i vari elementi di connessione nello stato di quiete, operando un confronto tra le due configurazioni di massa a parità di PGA. Tale analisi è svolta anche per quanto riguarda i livelli dell'edificio.

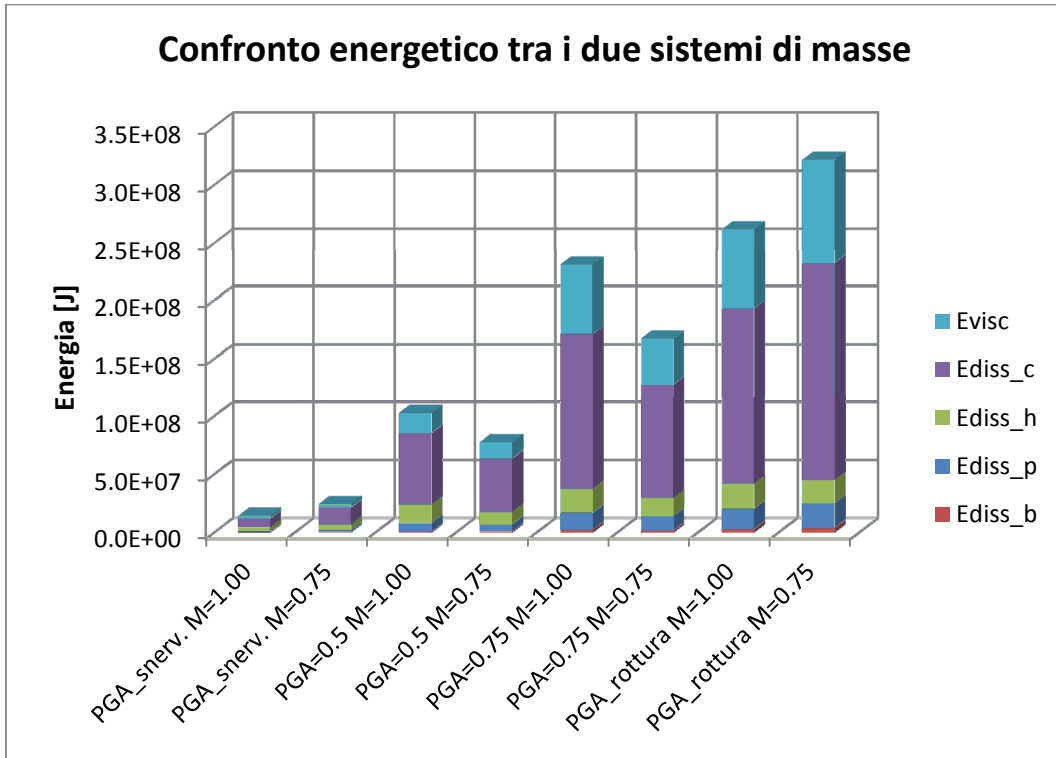


Figura 9.41 - Energia dissipata dagli elementi di connessione al variare delle PGA e della configurazione di massa

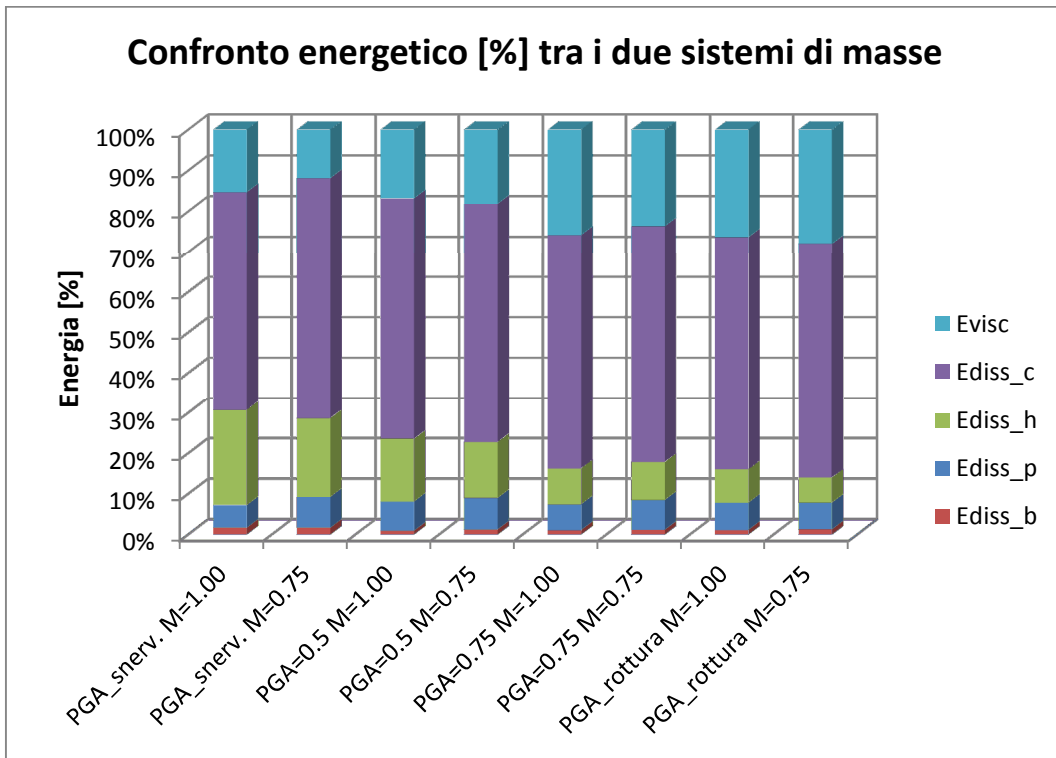


Figura 9.42 - Energia dissipata dagli elementi di connessione al variare delle PGA e della configurazione di massa

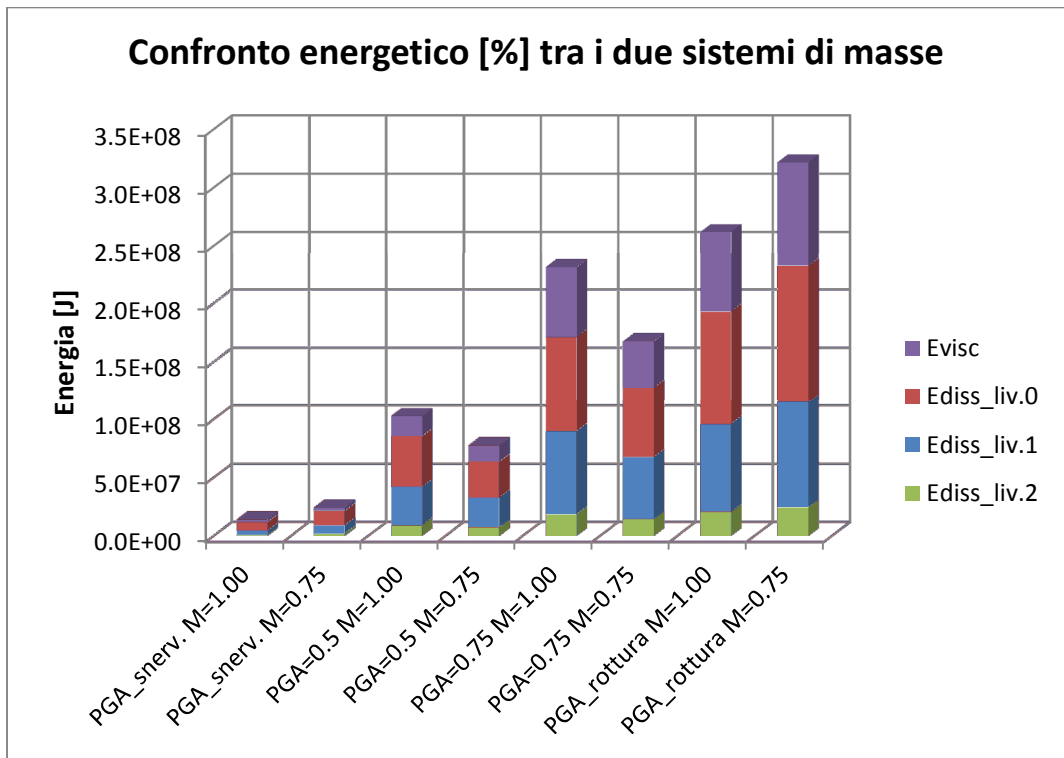


Figura 9.43 - Energia dissipata ai livelli al variare delle PGA e della configurazione di massa

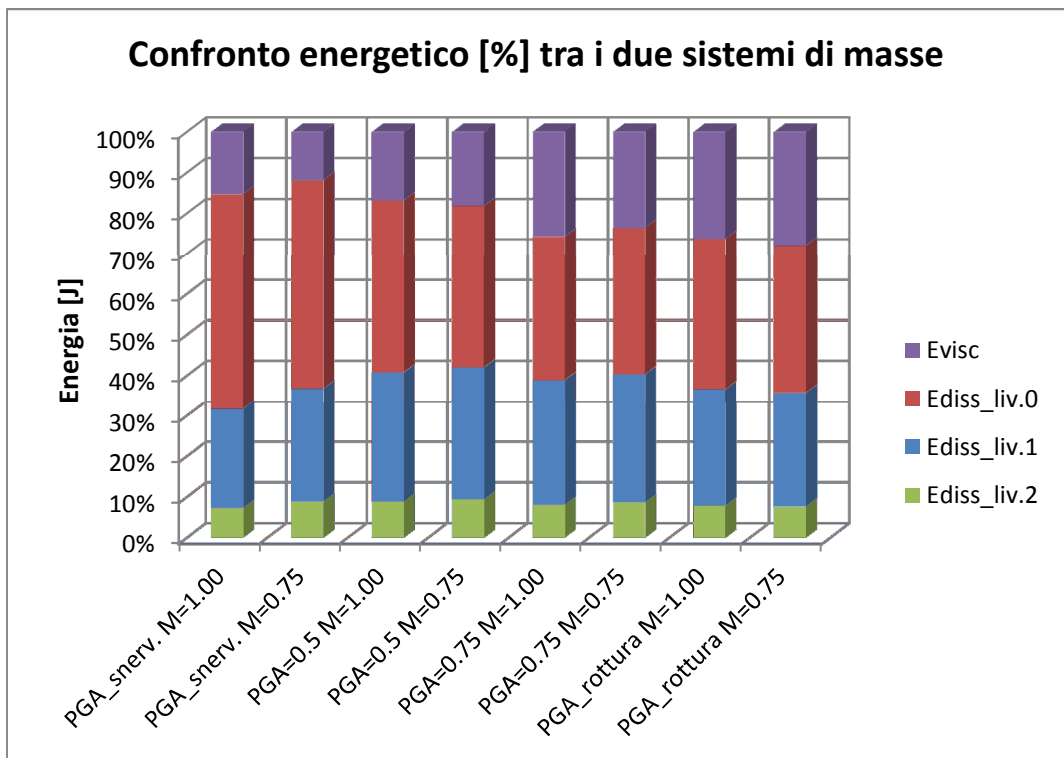


Figura 9.44 - Energia dissipata ai livelli al variare delle PGA e della configurazione di massa

9.4 - CONCLUSIONI

Le analisi svolte mostrano come il contributo dissipativo degli elementi a taglio alla base e dei giunti tra le pareti sia pressochè costante nelle varie analisi e questo vale sia per l'intera massa sia per la parete con la massa ridotta. Le stesse considerazioni si possono fare per gli elementi di controvento che risultano essere quelli in cui si concentra la maggior parte della dissipazione, a dimostrazione del comportamento a taglio della struttura indipendentemente dalla PGA. Per quanto riguarda gli holdown invece si nota un progressivo abbassamento della capacità dissipativa all'aumentare delle PGA. Questo è dovuto in particolare alla minor dissipazione degli holdown di base ad indicare un comportamento che, all'aumentare delle PGA, diminuisce l'effetto rocking.

Analizzando il comportamento ai livelli le conclusioni non cambiano. Se ai livelli secondo e primo si ha un andamento pressochè costante il livello zero invece presenta una capacità dissipativa minore all'aumentare delle PGA. La motivazione risiede sempre nell'aver meno un effetto rocking a vantaggio dell'effetto a taglio. Le dissipazioni sono concentrate per la maggior parte nel livello di piano terra e diminuiscono all'aumentare del livello. Se, aumentando il livello, si nota una progressiva diminuzione della capacità dissipativa degli holdown, di contro si ha una corrispondente maggior capacità dissipativa dei giunti tra le pareti dovuta in particolare alla configurazione geometrica della disposizione delle aperture.

Infine i grafici comparativi tra le due diverse configurazioni di massa mostrano che, a parità di PGA, la distribuzione delle dissipazioni è molto simile.

CAPITOLO 10 - CONCLUSIONI

Il lavoro svolto nell'elaborato ha portato a definire un fattore di struttura q pari a 4, in linea con quanto riportato in normativa. Il risultato è stato ottenuto mediante una serie di analisi che ha permesso di riprodurre il comportamento non lineare ed isteretico di tutte le connessioni, elementi dove viene a concentrarsi l'intera capacità dissipativa dell'edificio.

La modellazione delle connessioni ha costituito, quindi, una parte fondamentale per lo studio in campo non lineare del comportamento sismico dell'edificio. L'utilizzo del software OpenSees e del suo modello numerico per la riproduzione del ciclo ha permesso di avere cicli isteretici aderenti alla realtà delle prove sperimentali. Il modello numerico pinching4, infatti, permette di cogliere tutti gli aspetti tipici delle connessioni a fronte comunque di un onere computazionale contenuto.

La validazione dei legami isteretici creati singolarmente è avvenuta attraverso la modellazione di una parete con caratteristiche che rispecchiassero la prova sperimentale. Tale fase è utile per tarare le molle di controvento in modo corretto. La risposta dell'intera parete sottoposta alla prova ciclica si sovrappone in modo adeguato a quanto ottenuto in via sperimentale.

Il modello della parete a tre piani, significativo di un edificio regolare in pianta, ha permesso di condurre le analisi non lineari e di definire la strategia per il calcolo del fattore di struttura. Si sono svolte analisi dinamiche non lineari utilizzando sette diversi accelerogrammi spettro-compatibili definendo il fattore di struttura come rapporto tra l'accelerazione di picco e l'accelerazione elastica. Il confronto tra i due edifici test ha permesso di validare le analisi e di confrontare i risultati ottenuti. Infine il valore del fattore di struttura è stato confermato mediante un'analisi statica non-lineare.

L'analisi energetica ha poi stabilito gli elementi su cui viene a localizzarsi la dissipazione energetica. In particolare sono i controventi e gli holdown al piano terra a fornire il maggior contributo. Queste analisi confermano quanto già visto mediante l'osservazione dei drift di piano, ovvero si nota un comportamento di rocking della struttura per accelerazioni basse e di taglio per accelerazioni maggiori.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- **DM 14 Gennaio 2008 Nuove Norme Tecniche delle Costruzioni 2008.**
- **Circolare n. 617 del 2 Febbraio 2009**, Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.
- **Ordinanza n.3274 del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20.03.2003**, Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- **Ordinanza n.3431 del Presidente del Consiglio dei Ministri del 3.5.2005**, Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003.
- **UNI ENV 1995-1-1 Eurocodice 5** - Progettazione delle strutture in legno: "Parte 1-1: Regole generali – Regole comuni e regole per gli edifici".
- **UNI ENV 12512 Metodi di prova** – Strutture di legno: "Prove cicliche di giunti realizzati con elementi meccanici di collegamento".

BIBLIOGRAFIA

1. **“OpenSees Command Language Manual”** – 2007 – S. Mazzoni, F. McKenna, M.H. Scott, G.L. Fenves, et al.
2. **“Strutture in legno: materiale, calcolo e progetto secondo le nuove normative europee”** – Ulrico Hoepli editore, Milano 2009 – M. Piazza, R. Tomasi, R. Modena
3. **“Criteri di progettazione antisismica degli edifici”** – Multimedia Cardano, Pavia 2006 – L. Petrini, R. Pinho, G.M. Calvi
4. **“I sistemi di connessione e le connessioni di carpenteria”** materiale didattico di *promo_legno* 2006 – M. Piazza, R. Tommasi
5. **“Sviluppo e validazione di modelli per la valutazione del comportamento sismico di edifici in legno a parete massiccia”** Luca Pozza Tesi di laurea specialistica, relatore: Dott. Ing. Roberto Scotta, Università degli Studi di Padova, Facoltà di Ingegneria, a.a. 2008/2009
6. **“Comportamento sismico di edifici con pareti in legno massiccio”** Luca Favero Tesi di laurea quinquennale, relatore : Prof. Renato Vitaliani, correlatore: Dott. Ing. Roberto Scotta, Università degli Studi di Padova, Facoltà di Ingegneria, a.a. 2006/2007
7. **“Rapporto interno, relazione finale sull’attività di ricerca svolta nell’ambito della convenzione con Polifar s.r.l. sul tema: ‘Sviluppo e ottimizzazione di un sistema costruttivo a telai in legno denominato CoStructure’”** R. Scotta, L. Pozza, Settembre 2011
8. **“Valutazione numerica del comportamento sismico e del fattore di struttura “q” di edifici in legno con pareti tipo XLam”** R. Scotta, L. Pozza
9. **“Stochastic Dynamic Response of Wood Structural Systems”** G.C. Foliente
10. **“La sperimentazione sismica sulle costruzioni di legno: attualità e prospettive”** A. Ceccotti, M. Follesa. M.P. Lauriola

11. ***“Seismic response controlled effect of wooden houses by framed analysis”*** K. Matsuda, H. Sakata, K. Kasai
12. ***“Risposta sismica di strutture non lineari usando il concetto di spettro di risposta a smorzamento variabile”*** T. Albanesi, C. Nuti, I. Vanzì
13. ***“Analisi statica non lineare (pushover)”*** T. Albanesi, C. Nuti, Maggio 2007
14. ***“Una più semplice procedura per la valutazione della risposta sismica delle strutture attraverso analisi statica non lineare”*** M. Bosco, A. Gherzi, E.M. Marino, 12-13 Febbraio 2007
15. ***“Inelastic responses of reinforced concrete structures to earthquake Motions”*** P.Gulkan, M.A. Sozen, 1977, ACI Publication SP- 53, Detroit, pp. 109-116
16. ***“Timber buildings: a numerical model to assess the non linear behaviour of wood connections”*** R. Scotta, L. Pozza, 6 Settembre 2011 Padova

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.1 – Intelaiatura in legno del modulo parete.....	15
Figura 1.2 – Dettaglio armatura lastra in c.a.	16
Figura 1.3 – Boccola e vite di fissaggio lastra in c.a – montanti (a sinistra); traversi (a destra)..	17
Figura 1.4 – Dettaglio coprigiunto per collegamento moduli pareti adiacenti.	18
Figura 1.5 – Dettaglio fissaggi alla fondazione contro i tiri verticali e per sforzi di taglio.	20
Figura 1.6 – Dettaglio collegamenti interpiano.....	21
Figura 2.1 - Allestimento della prova – prospetto e sezione verticale.	24
Figura 2.2 - Allestimento della prova: lato esterno (in alto), lato interno (in basso).	25
Figura 2.3 - Elementi di connessione a terra e tra i moduli parete – lato interno.....	26
Figura 2.4 - Disposizione dei sensori di misurazione.	27
Figura 2.5 - Dettaglio dei sensori di misura degli spostamenti.....	28
Figura 2.6 - Cicli spostamento tempo della prova.....	28
Figura 2.7 - Ciclo carico - spostamento in sommità della parete testata	29
Figura 2.8 - Condizioni di rottura della parete - vista complessiva (a sinistra), dettaglio scorrimento delle lastre (in alto a destra), dettaglio deformazione piastra di base tipo holdown (in basso a destra).	30
Figura 2.9 - Curva monotona di involucro dei cicli e bilatera.	31
Figura 2.10 - Indicazione delle aree corrispondenti all'energia potenziale E_p e all'energia dissipata E_d	35
Figura 2.11 - Ciclo isteretico delle connessioni a taglio di collegamento con la fondazione.....	36
Figura 2.12 - Ciclo isteretico delle connessioni a taglio tra i moduli parete.....	36
Figura 2.13 - Schematizzazione della deformata della parete.	37
Figura 2.14 - Ciclo isteretico della connessione a terra tipo holdown.	37
Figura 2.15 - Schema dei meccanismi resistenti.	39
Figura 2.16 - Ciclo isteretico della parete - deformazione totale e contributo della sola deformata tagliante.....	42
Figura 2.17 - Curva monotona e bilatera di compenso per il sistema di controvento.	42
Figura 2.18 – Rigidezza elastica del modulo parete.	44

Figura 3.1 - Curva carico-spostamento tipica di una connessione in legno con indicazione degli aspetti caratteristici.....	46
Figura 3.2 - Legami costitutivi utilizzati per modellare le connessioni asimmetriche (a) e simmetriche (b).....	47
Figura 3.3 – Modello numerico K. Elwood – skeleton curve	48
Figura 4.1 – Definizione del modello uniaxialMaterial Pinching4.....	50
Figura 4.2 – Elemento truss caricato da una forza assiale.....	55
Figura 4.3 – Esempio di storia di carico ciclica in termini di spostamento	55
Figura 4.4 – Confronto tra il ciclo di carico senza danno e con danno sulla rigidezza di scarico (sinistra) e confronto tra il ciclo di carico senza danno e con danno sulla rigidezza di ricarico (destra). Il danno è imposto di tipo “Energy”	56
Figura 4.5 – Confronto tra il ciclo di carico senza danno e con danno sulla resistenza (sinistra) e confronto tra il ciclo di carico senza danno e con tutte e tre le tipologie di danno (destra). Il danno è imposto di tipo “Energy”	56
Figura 4.6 – Confronto tra i danni dovuti alla perdita di rigidezza e resistenza nei casi di danno tipo “Energy” e “Cycle”	56
Figura 4.7 – Collegamento a taglio lastra di calcestruzzo (sinistra) e pannello OSB tramite il traverso in legno (destra)	58
Figura 4.8 – Taglio alla base: curva sperimentale, retta alfa, retta beta e punti OpenSees.....	59
Figura 4.9 – Confronta tra la curva sperimentale e la curva simmetrica del modello numerico.....	60
Figura 4.10 – Confronta tra la curva sperimentale e la curva asimmetrica del modello numerico	60
Figura 4.11 - Particolare dell'holdown e vista generale.....	61
Figura 4.12 - Comportamento degli holdown alle azioni che tendono a sollevare la parete.....	62
Figura 4.13 - Holdown: curva sperimentale, retta alfa, retta beta e punti OpenSees.....	63
Figura 4.14 – Confronto tra la curva sperimentale e la curva simmetrica del modello numerico	64
Figura 4.15 – Confronto tra la curva sperimentale e la curva asimmetrica del modello numerico	64
Figura 4.16 – Giunto verticale tra le pareti	65
Figura 4.17 – Giunto verticale tra le pareti: curva sperimentale, retta alfa, retta beta e punti OpenSees.....	66

Figura 4.18 - Confronto tra la curva sperimentale e la curva simmetrica del modello numerico	67
Figura 4.19 - Confronto tra la curva sperimentale e la curva asimmetrica del modello numerico	67
Figura 4.20 – Vista delle connessioni delle lastre in c.a. (sinistra) fessure nelle lastre in c.a. (destra).....	68
Figura 4.21 – Controvento: curva sperimentale, retta alfa, retta beta e punti OpenSees.....	69
Figura 4.22 - Confronto tra la curva sperimentale e la curva simmetrica del modello numerico	70
Figura 4.23 - Confronto tra la curva sperimentale e la curva asimmetrica del modello numerico	70
Figura 5.1 – Modello Straus (sinistra) e modello OpenSees (destra)	73
Figura 5.2 - Grafico taglio alla base- spostamento verticale in sommità.....	74
Figura 5.3 – Risultati dello spostamento in sommità (sinistra) e del taglio alla base (destra).....	74
Figura 5.4 – Particolare del la schematizzazione del giunto verticale	76
Figura 5.5 - Curva di carico monotona in confronto alla prova sperimentale.....	77
Figura 5.6 - Cicli spostamento tempo della prova.....	77
Figura 5.7 – Diagramma forza in sommità-taglio alla base della modellazione numerica e della prova sperimentale	78
Figura 5.8 - Diagramma forza in sommità-taglio alla base della modellazione numerica, della prova sperimentale e della monotona	79
Figura 5.9 - Energia dissipata nella prova sperimentale e nell'analisi numerica.....	80
Figura 6.1 – Schema trave in legno (sinistra) e schema di travi con collegamenti rigidi (destra) 82	
Figura 6.2 – Confronto tra i valori di spostamento tra i due schemi.....	82
Figura 6.3 – Rappresentazione della parete dell'edificio in OpenSees.....	84
Figura 6.4 – Form di input del programma.....	88
Figura 7.1 - Il fattore di struttura “q” riduce l’ordinata dello spettro elastico e quindi l’intensità della forza sismica equivalente.....	89
Figura 7.2 - Valori del fattore di struttura "q" indicati in normativa.....	90
Figura 7.3 - Schermata di OpenSees per l'edificio test n.1.....	95
Figura 7.4 - Schermata di OpenSees per l'edificio test n.2.....	95
Figura 7.5 – Dati di input del programma.....	96

Figura 7.6 - Accelerogramma generato dal programma (sinistra), verifica di spettro compatibilità (destra).....	96
Figura 7.7 - Accelerogramma generato dal programma (sinistra), verifica di spettro compatibilità (destra).....	96
Figura 7.8 - Accelerogramma generato dal programma (sinistra), verifica di spettro compatibilità (destra).....	97
Figura 7.9 - Accelerogramma generato dal programma (sinistra), verifica di spettro compatibilità (destra).....	97
Figura 7.10 - Accelerogramma generato dal programma (sinistra), verifica di spettro compatibilità (destra).....	97
Figura 7.11 - Accelerogramma generato dal programma (sinistra), verifica di spettro compatibilità (destra).....	98
Figura 7.12 - Accelerogramma generato dal programma (sinistra), verifica di spettro compatibilità (destra).....	98
Figura 7.13 – Drift di piano 0 nel dominio del tempo per la PGA di 0.18g.....	100
Figura 7.14 – Drift di piano 1 nel dominio del tempo per la PGA di 0.18g.....	100
Figura 7.15 – Drift di piano 2 nel dominio del tempo per la PGA di 0.18g.....	100
Figura 7.16 – Drift di piano 0 nel dominio del tempo per la PGA di 0.80g.....	101
Figura 7.17 – Drift di piano 1 nel dominio del tempo per la PGA di 0.80g.....	101
Figura 7.18 – Drift di piano 2 nel dominio del tempo per la PGA di 0.80g.....	101
Figura 7.19 – Drift di piano 1 per le varie PGA.....	102
Figura 7.20 - Spostamenti verticali del nodo 1 per la PGA di 0.18g.....	102
Figura 7.21 - Spostamenti verticali del nodo 12 per la PGA di 0.18g.....	103
Figura 7.22 - Spostamenti verticali del nodo 1 per la PGA di 0.80g.....	103
Figura 7.23 - Spostamenti verticali del nodo 12 per la PGA di 0.80g.....	103
Figura 7.24 - Spostamenti verticali del nodo 12 per tutte le PGA.....	104
Figura 7.25 - Valori del taglio alla base per la PGA di 0.18g.....	104
Figura 7.26 - Valori del taglio alla base per la PGA di 0.80g.....	105
Figura 7.27 - Valori del taglio alla base per tutte le PGA.....	105
Figura 7.28 - Ciclo isteretico della parete per la PGA di 0.18g.....	106
Figura 7.29 - Ciclo isteretico della parete per la PGA di 0.80g.....	106
Figura 7.30 - Ciclo isteretico dell'elemento e110.....	107

Figura 7.31 - Ciclo isteretico dell'elemento e308.....	108
Figura 7.32 - Ciclo isteretico dell'elemento e412.....	108
Figura 7.33 - Ciclo isteretico dell'elemento e604.....	109
Figura 7.34 - Deformata dell'edificio (sinistra), deformata dell'edificio: si nota uno sfasamento tra i piano (destra).....	113
Figura 7.35 - Deformata dell'edificio (sinistra), edificio nello stato di quiete: si nota come ritorni allo stato iniziale (destra)	113
Figura 7.36 - Fattore di struttura.....	114
Figura 8.1 - Curve di pushover in confronto con i valori ricavati dall'analisi dinamica non lineare	118
Figura 8.2 - Schematizzazione del sistema MDOF in bilineare. Si osserva l'uguaglianza tra le aree sottese alle curve.....	120
Figura 8.3 – Spettro di capacità.....	120
Figura 8.4 - Spettro di calcolo da normativa	121
Figura 9.1 - Ciclo isteretico taglio alla base (sinistra) e giunto verticale tra pareti (destra)	125
Figura 9.2 – Ciclo isteretico holdown (sinistra) e controvento (destra).....	125
Figura 9.3 – Energia dissipata al variare dell'elemento e del livello – PGA=0.18g	126
Figura 9.4 – Energia dissipata al variare dell'elemento e del livello – PGA=0.25g	127
Figura 9.5 – Energia dissipata al variare dell'elemento e del livello – PGA=0.50g	127
Figura 9.6 – Energia dissipata al variare dell'elemento e del livello – PGA=0.75g	127
Figura 9.7 – Energia dissipata al variare dell'elemento e del livello – PGA=0.80g	128
Figura 9.8 – Energia dissipata al variare dell'elemento e del livello – PGA=0.24g	128
Figura 9.9 – Energia dissipata al variare dell'elemento e del livello – PGA=0.50g	128
Figura 9.10 – Energia dissipata al variare dell'elemento e del livello – PGA=0.75g	129
Figura 9.11 – Energia dissipata al variare dell'elemento e del livello – PGA=1.00g	129
Figura 9.12 – Energia dissipata al variare dell'elemento e del livello – PGA=1.03g	129
Figura 9.13 – Andamento dell'energia nel dominio del tempo per le diverse connessioni – PGA=0.18g.....	130
Figura 9.14 – Andamento dell'energia nel dominio del tempo per le diverse connessioni – PGA=0.25g.....	131
Figura 9.15 – Andamento dell'energia nel dominio del tempo per le diverse connessioni – PGA=0.50g.....	131

Figura 9.16 – Andamento dell’energia nel dominio del tempo per le diverse connessioni – PGA=0.75g.....	132
Figura 9.17 – Andamento dell’energia nel dominio del tempo per le diverse connessioni – PGA=0.80g.....	132
Figura 9.18 – Andamento dell’energia nel dominio del tempo per le diverse connessioni – PGA=0.24g.....	133
Figura 9.19 – Andamento dell’energia nel dominio del tempo per le diverse connessioni – PGA=0.50g.....	133
Figura 9.20 – Andamento dell’energia nel dominio del tempo per le diverse connessioni – PGA=0.75g.....	134
Figura 9.21 – Andamento dell’energia nel dominio del tempo per le diverse connessioni – PGA=1.00g.....	134
Figura 9.22 – Andamento dell’energia nel dominio del tempo per le diverse connessioni – PGA=1.03g.....	135
Figura 9.23 – Andamento dell’energia nel dominio del tempo al variare dei livelli – PGA=0.18g	136
Figura 9.24 – Andamento dell’energia nel dominio del tempo al variare dei livelli – PGA=0.25g	137
Figura 9.25 – Andamento dell’energia nel dominio del tempo al variare dei livelli – PGA=0.50g	137
Figura 9.26 – Andamento dell’energia nel dominio del tempo al variare dei livelli – PGA=0.75g	138
Figura 9.27 – Andamento dell’energia nel dominio del tempo al variare dei livelli – PGA=0.80g	138
Figura 9.28 – Andamento dell’energia nel dominio del tempo al variare dei livelli – PGA=0.24g	139
Figura 9.29 – Andamento dell’energia nel dominio del tempo al variare dei livelli – PGA=0.50g	139
Figura 9.30 – Andamento dell’energia nel dominio del tempo al variare dei livelli – PGA=0.75g	140
Figura 9.31 – Andamento dell’energia nel dominio del tempo al variare dei livelli – PGA=1.00g	140
Figura 9.32 – Andamento dell’energia nel dominio del tempo al variare dei livelli – PGA=1.03g	141

Figura 9.33 - Energia dissipata dagli elementi di connessione al variare delle PGA.....	143
Figura 9.34 - Energia dissipata dagli elementi di connessione al variare delle PGA.....	143
Figura 9.35 - Energia dissipata ai livelli al variare delle PGA.....	144
Figura 9.36 - Energia dissipata ai livelli al variare delle PGA.....	144
Figura 9.37 - Energia dissipata dagli elementi di connessione al variare delle PGA.....	145
Figura 9.38 - Energia dissipata dagli elementi di connessione al variare delle PGA.....	145
Figura 9.39 - Energia dissipata ai livelli al variare delle PGA.....	146
Figura 9.40 - Energia dissipata ai livelli al variare delle PGA.....	146
Figura 9.41 - Energia dissipata dagli elementi di connessione al variare delle PGA e della configurazione di massa	148
Figura 9.42 - Energia dissipata dagli elementi di connessione al variare delle PGA e della configurazione di massa	148
Figura 9.43 - Energia dissipata ai livelli al variare delle PGA e della configurazione di massa.	149
Figura 9.44 - Energia dissipata ai livelli al variare delle PGA e della configurazione di massa.	149

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1.1 – Dettagli intersezione pareti.	22
Tabella 2.1 - Valori di resistenza e rigidezza della parete.	32
Tabella 2.2 - Valori del degrado di resistenza per cicli ripetuti di uguale ampiezza.	34
Tabella 2.3 - Valori dello smorzamento isteretico equivalente.	35
Tabella 2.4 - Calcolo della resistenza del controventamento in OSB chiodato con cambrette. .	39
Tabella 2.5 - Calcolo della resistenza del controventamento in OSB chiodato con cambrette. .	40
Tabella 2.6 - Valori della rigidezza del solo sistema di controventamento.	42
Tabella 2.7 - Valori della rigidezza valutati analiticamente.	43
Tabella 7.1 - Masse degli edifici.....	91
Tabella 7.2 - Periodo fondamentale e prima frequenza degli edifici test.....	94
Tabella 7.3 – Valori di uplift e drift tra i livelli per l’accelerogramma n.1	109
Tabella 7.4 – Valori di spostamento ai vari livelli per l’accelerogramma n.1	110
Tabella 7.5 - Valori di uplift e drift tra i livelli.....	110
Tabella 7.6 - Valori di spostamento ai vari livelli.....	110
Tabella 7.7 - Valori di uplift e drift tra i livelli per l’accelerogramma n.1	111
Tabella 7.8 - Valori di spostamento ai vari livelli per l’accelerogramma n.1	111
Tabella 7.9 - Valori di uplift e drift tra i livelli.....	111
Tabella 7.10 - Valori di spostamento ai vari livelli	111
Tabella 7.11 – Valori significativi per le PGA di quasi collasso.....	112
Tabella 7.12 - Valori significativi per le PGA di quasi collasso.....	112
Tabella 7.13 – Valori del fattore di struttura	114
Tabella 8.1 – Valori dell’analisi per ricavare il fattore di struttura	121
Tabella 9.1 – Valori dell’energia	142
Tabella 9.2 – Valori dell’energia	142
Tabella 9.3 – Valori dell’energia	142
Tabella 9.4 – Valori dell’energia	142
Tabella 9.5 – Valori dell’energia	147
Tabella 9.6 – Valori dell’energia	147

RINGRAZIAMENTI

A conclusione dell'elaborato colgo l'occasione per esprimere la mia gratitudine a quanti hanno collaborato alla sua realizzazione e a tutti coloro che mi hanno affiancato e accompagnato in questi anni con il loro prezioso sostegno.

Anzitutto ringrazio i miei genitori che mi hanno sempre permesso di coltivare le mie aspirazioni, contribuendo alla loro realizzazione. Sono stati modello da seguire nelle scelte e nella vita quotidiana. Ringrazio anche mia sorella, Francesca, il cui aiuto nel momento del bisogno non si è mai fatto attendere.

Un doveroso ringraziamento lo devo al prof. Roberto Scotta e all'ing. Luca Pozza, che hanno permesso la realizzazione di questo elaborato di tesi. La loro disponibilità, cordialità e competenza mi hanno sempre consentito di superare gli ostacoli che si sono presentati in questi mesi di lavoro.

Un ringraziamento speciale ai miei amici che, con la loro allegria ed il loro affetto, sono stati al mio fianco nei momenti più difficili e mi hanno regalato innumerevoli occasioni di felicità e gioia pura.

Un ricordo anche ai gruppi Emmaus, Samuel e alle persone che vi hanno fatto parte o che ancora continuano questo cammino assieme a me.

Un particolare ringraziamento all'ing Pierluigi Brustolon che mi ha portato a conoscenza di questo nuovo metodo costruttivo e al sig. Gian Franco Biancon che mi ha permesso di approfondire l'argomento e assistere alle prove sperimentali. Infine ringrazio l'ing Dario Gambarotto per la disponibilità dimostratami e la cui collaborazione è stata per me fonte di crescita professionale.

Ringrazio i miei compagni di università con cui ho avuto il piacere di condividere questa esperienza.

Concludo ringraziando anche tutti coloro che non ho citato ma che comunque, attraverso qualche piccolo contributo e incoraggiamento, mi sono stati vicini.

APPENDICE A – OPENSEES

A.1 - MODELLO SENSORE TAGLIO ALLA BASE (1-2)

Il programma serve a creare il modello di comportamento della molla non-lineare per il taglio alla base in termini di forza-spostamento (tensione-deformazione). Il materiale verrà assegnato ad un elemento tipo truss a cui saranno impressi gli spostamenti (saranno gli spostamenti massimi della prova sperimentale ad ogni ciclo di carico-scarico). L'output del programma serve a ricostruire la curva carico-spostamento con un semplice foglio di calcolo al fine di operare il confronto con la prova sperimentale. Sotto alcune righe di comando sono scritte in formato di commento le corrispondenti righe per la creazione del ciclo non-simmetrico.

wipe

#creazione del modello: dichiarazione della dimensione del problema e del numero di gradi di libertà

model BasicBuilder -ndm 2 -ndf 2

#creazione dei nodi: node nodeId xCrd yCrd

node 1 0.0 0.0

node 2 1.0 0.0

#chiamata alle funzioni esterne

source procUniaxialPinching.tcl

source procRCycDAns.tcl

#source procRCycDAnsNonSymm.tcl

#creazione del vettore di tensioni positive e negative

#stress1 stress2 stress3 stress4

#cicli simmetrici

set pEnvelopeStress [list 28.12e3 46.00e3 74.42e3 130.23e3]

set nEnvelopeStress [list -28.12e3 -46.00e3 -74.42e3 -130.23e3]

#cicli asimmetrici

#set pEnvelopeStress [list 28.12e3 46.00e3 74.42e3 130.23e3]

#set nEnvelopeStress [list -33.70e3 -55.20e3 -100.00e3 -160.00e3]

```

#creazione del vettore di deformazioni positive e negative
#strain1 strain2 strain3 strain4
set pEnvelopeStrain [list 0.05 0.50 1.21 2.61]
set nEnvelopeStrain [list -0.05 -0.50 -1.21 -2.61]

#rapporto della deformazione massima a cui inizia il ricarico
#Pos_env. Neg_env.
set rDisp [list 0.58 0.58]
#Rapporto della forza (corrispondente alla massima deformazione) a cui inizia il ricarico
#Pos_env. Neg_env.
set rForce [list 0.32 0.32]
#Rapporto della forza della curva monotona che si sviluppa allo scarico
#Pos_env. Neg_env.
set uForce [list -0.215 -0.215]

#Coefficienti di danno sulla rigidezza allo scarico
#gammaK1 gammaK2 gammaK3 gammaK4 gammaKLimit
set gammaK [list -1.5 1 -0.08 0.25 5]
#Coefficienti di danno sulla rigidezza di ricarico
#gammaD1 gammaD2 gammaD3 gammaD4 gammaDLimit
set gammaD [list 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0]
#Coefficienti di danno sulla resistenza
#gammaF1 gammaF2 gammaF3 gammaF4 gammaFLimit
set gammaF [list 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0]
#Danno massimo
set gammaE 100
#Tipologia di danno (option: "energy", "cycle")
set dam "cycle"

#Identificativo del materiale
set matID 1

#Creazione del modello tensione-deformazione attraverso una procedura
procUniaxialPinching $matID $pEnvelopeStress $nEnvelopeStress $pEnvelopeStrain
$nEnvelopeStrain $rDisp $rForce $uForce $gammaK $gammaD $gammaF $gammaE $dam

```

```
#Creazione dell'elemento truss: element truss trussID node1 node2 A matID  
element truss 1 1 2 1.0 1
```

```
#Imposizione dei vincoli: fix nodeID xResrnt? yRestrnt?  
fix 1 1 1  
fix 2 0 1
```

```
#Applicazione del carico di tipo lineare  
pattern Plain 1 Linear {  
load 2 1 0  
}
```

```
#dichiarazione dei risultati da stampare su file txt  
recorder Node -file Risultati/Pinchdx.txt -node 2 -dof 1 disp  
recorder Node -file Risultati/PinchR.txt -node 1 -dof 1 reaction
```

```
#Dichiarazione dei parametri per l'analisi  
system ProfileSPD  
constraints Plain  
test NormDispIncr 1.0e-6 20  
algorithm Newton  
numberer RCM
```

```
#Dichiarazione dei parametri per la creazione dei cicli in controllo di spostamento
```

```
#ciclo simmetrico
```

```
set peakpts [list 0.09 0.31 0.49 0.52 0.50 0.67 0.68 0.68 1.54 1.56 1.56 2.11 2.09 2.09 2.64 2.61 2.61]
```

```
#ciclo asimmetrico
```

```
#set peakpts [list 0.09 -0.22 0.31 -0.38 0.49 -0.41 0.52 -0.39 0.50 -0.39 0.67 -0.48 0.68 -0.500.68 -  
0.48 1.54-0.82 1.56 -0.86 1.56 -0.84 2.11 -0.84 2.09 -0.84 2.09 -0.84 2.64 -0.84 2.61 -0.84 2.61 -0.84]
```

```
set increments 10
```

```
set nodeTag 2
```

```
set dofTag 1
```

```
#Costruzione dei cicli di pinching
```

```
#ciclo simmetrico
```

```
procRCycDAns $increments $nodeTag $dofTag $peakpts
```

```
#ciclo asimmetrico  
#procRCycDAnsNonSymm $increments $nodeTag $dofTag $peakpts
```

```
puts "Molla taglio base"
```

A.2 - MODELLO SENSORE HOLDOWN (4-5)

```
wipe
```

```
#creazione del modello: dichiarazione della dimensione del problema e del numero di gradi di libertà  
model BasicBuilder -ndm 2 -ndf 2
```

```
#creazione dei nodi: node nodeId xCrd yCrd  
node 1 0.0 0.0  
node 2 1.0 0.0
```

```
#chiamata alle funzioni esterne  
source procUniaxialPinching.tcl  
source procRCycDAns.tcl  
#source procRCycDAnsNonSymm.tcl
```

```
#creazione del vettore di tensioni positive e negative  
#stress1 stress2 stress3 stress4  
#cicli simmetrici  
set pEnvelopeStress [list 31.19e3 55.00e3 80.00e3 1200.00e3]  
set nEnvelopeStress [list -31.19e3 -55.00e3 -80.00e3 -1200.00e3]  
#cicli asimmetrici  
#set pEnvelopeStress [list 31.19e3 55.00e3 80.00e3 100.00e3]  
#set nEnvelopeStress [list -50.0e3 -85.00e3 -110.00e3 -1200.00e3]
```

```
#creazione del vettore di deformazioni positive e negative  
#strain1 strain2 strain3 strain4  
#cicli simmetrici  
set pEnvelopeStrain [list 1.35 4.00 6.78 131.22]  
set nEnvelopeStrain [list -1.35 -4.00 -6.78 -131.22]
```



```

#cicli asimmetrici
#set pEnvelopeStrain [list 1.35 4.00 6.78 9.0]
#set nEnvelopeStrain [list -0.25 -0.9 -1.12 -131.22]

#rapporto della deformazione massima a cui inizia il ricarica
#Pos_env. Neg_env.
#cicli simmetrici
set rDisp [list 0.65 0.65]
#cicli asimmetrici
#set rDisp [list 0.65 0.3]
#Rapporto della forza (corrispondente alla massima deformazione) a cui inizia il ricarica
#Pos_env. Neg_env.
set rForce [list 0.27 0.27]
#Rapporto della forza della curva monotona che si sviluppa allo scarico
#Pos_env. Neg_env.
#cicli simmetrici
set uForce [list -0.0125 -0.0125]
#cicli asimmetrici
#set uForce [list -0.3 -0.0125]

#Coefficienti di danno sulla rigidezza allo scarico
#gammaK1 gammaK2 gammaK3 gammaK4 gammaKLimit
set gammaK [list -10 1 0.1 0.7 5]
#Coefficienti di danno sulla rigidezza di ricarica
#gammaD1 gammaD2 gammaD3 gammaD4 gammaDLimit
set gammaD [list 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0]
#Coefficienti di danno sulla resistenza
#gammaF1 gammaF2 gammaF3 gammaF4 gammaFLimit
set gammaF [list 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0]
#Danno massimo
set gammaE 100
#Tipologia di danno (option: "energy", "cycle")
set dam "cycle"

#Identificativo del materiale
set matID 1

```

```

#Creazione del modello tensione-deformazione attraverso una procedura
procUniaxialPinching $matID $pEnvelopeStress $nEnvelopeStress $pEnvelopeStrain
$nEnvelopeStrain $rDisp $rForce $uForce $gammaK $gammaD $gammaF $gammaE $dam

#Creazione dell'elemento truss: element truss trussID node1 node2 A matID
element truss 1 1 2 1.0 1

#Imposizione dei vincoli: fix nodeID xResrnt? yRestrnt?
fix 1 1 1
fix 2 0 1

#Applicazione del carico di tipo lineare
pattern Plain 1 Linear {
load 2 1 0
}

#dichiarazione dei risultati da stampare su file txt
recorder Node -file Risultati/Pinchdx.txt -node 2 -dof 1 disp
recorder Node -file Risultati/PinchR.txt -node 1 -dof 1 reaction

#Dichiarazione dei parametri per l'analisi
system ProfileSPD
constraints Plain
test NormDispIncr 1.0e-6 20
algorithm Newton
numberer RCM

#Dichiarazione dei parametri per la creazione dei cicli in controllo di spostamento
#ciclo simmetrico
set peakpts [list 0.69 1.53 2.55 2.68 2.51 3.12 3.13 3.15 6.74 6.82 6.88 11.47 11.48 11.36 16.01 15.88
15.96]
#ciclo asimmetrico
#set peakpts [list 0.69 -0.30 1.53 -0.40 2.55 -0.60 2.68 -0.60 2.51 -0.62 3.12 -0.84 3.13 -0.83 3.15 -
0.81 6.74 -1.21 6.82 -1.21 6.88 -1.20 11.47 -1.2 11.48 -1.2 11.36 -1.2 16.01 -1.2 15.88 -1.2 15.96 -
1.2]
set increments 10
set nodeTag 2

```

```

set dofTag 1

#Costruzione dei cicli di pinching
#ciclo simmetrico
procRCycDAns $increments $nodeTag $dofTag $peakpts
#ciclo asimmetrico
#procRCycDAnsNonSymm $increments $nodeTag $dofTag $peakpts

puts "Molla holdown"

```

A.3 - MODELLO SENSORE VERTICALE TRA LE PARETI (3)

```

wipe

#creazione del modello: dichiarazione della dimensione del problema e del numero di gradi di libertà
model BasicBuilder -ndm 2 -ndf 2

#creazione dei nodi: node nodeId xCrd yCrd
node 1 0.0 0.0
node 2 1.0 0.0

#chiamata alle funzioni esterne
source procUniaxialPinching.tcl
source procRCycDAns.tcl
#source procRCycDAnsNonSymm.tcl

#creazione del vettore di tensioni positive e negative
#stress1 stress2 stress3 stress4
set pEnvelopeStress [list 33.87e3 74.20e3 83.33e3 291.67e3]
set nEnvelopeStress [list -33.87e3 -74.20e3 -83.33e3 -291.67e3]
#cicli asimmetrici
#set pEnvelopeStress [list 33.87e3 74.20e3 83.33e3 291.67e3]
#set nEnvelopeStress [list -33.87e3 -74.20e3 -98.33e3 -291.67e3]

```

```

#creazione del vettore di deformazioni positive e negative
#strain1 strain2 strain3 strain4
set pEnvelopeStrain [list 0.43 4.00 4.81 23.24]
set nEnvelopeStrain [list -0.43 -4.00 -4.81 -23.24]

#rapporto della deformazione massima a cui inizia il ricarica
#Pos_env. Neg_env.
#cicli simmetrici
set rDisp [list 0.75 0.75]
#cicli asimmetrici
#set rDisp [list 0.75 0.67]
#Rapporto della forza (corrispondente alla massima deformazione) a cui inizia il ricarica
#Pos_env. Neg_env.
#cicli simmetrici
set rForce [list 0.35 0.35]
#cicli asimmetrici
#set rForce [list 0.35 0.30]
#Rapporto della forza della curva monotona che si sviluppa allo scarico
#Pos_env. Neg_env.
#cicli simmetrici
set uForce [list -0.12 -0.12]
#cicli asimmetrici
#set uForce [list -0.04 -0.35]

#Coefficienti di danno sulla rigidezza allo scarico
#gammaK1 gammaK2 gammaK3 gammaK4 gammaKLimit
set gammaK [list -10 1 0.1 0.7 5]
#Coefficienti di danno sulla rigidezza di ricarica
#gammaD1 gammaD2 gammaD3 gammaD4 gammaDLimit
set gammaD [list 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0]
#Coefficienti di danno sulla resistenza
#gammaF1 gammaF2 gammaF3 gammaF4 gammaFLimit
set gammaF [list 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0]
#Danno massimo
set gammaE 100

```

```

#Tipologia di danno (option: "energy", "cycle")
set dam "cycle"

#Identificativo del materiale
set matID 1

#Creazione del modello tensione-deformazione attraverso una procedura
procUniaxialPinching $matID $pEnvelopeStress $nEnvelopeStress $pEnvelopeStrain
$nEnvelopeStrain $rDisp $rForce $uForce $gammaK $gammaD $gammaF $gammaE $dam

#Creazione dell'elemento truss: element truss trussID node1 node2 A matID
element truss 1 1 2 1.0 1

#Imposizione dei vincoli: fix nodeID xResrnt? yRestrnt?
fix 1 1 1
fix 2 0 1

#Applicazione del carico di tipo lineare
pattern Plain 1 Linear {
load 2 1 0
}

#dichiarazione dei risultati da stampare su file txt
recorder Node -file Risultati/Pinchdx.txt -node 2 -dof 1 disp
recorder Node -file Risultati/PinchR.txt -node 1 -dof 1 reaction

#Dichiarazione dei parametri per l'analisi
system ProfileSPD
constraints Plain
test NormDispIncr 1.0e-6 20
algorithm Newton
numberer RCM

```

```

#Dichiarazione dei parametri per la creazione dei cicli in controllo di spostamento

#ciclo simmetrico

set peakpts [list 0.60 1.48 2.34 2.39 2.25 2.98 2.97 2.99 5.91 6.03 6.10 9.24 10.03 10.06 13.37 14.13
14.34]

#ciclo asimmetrico

#set peakpts [list 0.60 -1.16 1.48 -2.21 2.34 -2.60 2.39 -2.51 2.25 -2.51 2.98 -3.07 2.97 -3.00 2.99 -
3.04 5.91 -4.57 6.03 -4.64 6.10 -4.65 9.24 -4.65 10.03 -4.65 10.06 -4.65 13.37 -4.65 14.13 -4.65 14.34
-4.65]

set increments 10

set nodeTag 2

set dofTag 1

#Costruzione dei cicli di pinching

#ciclo simmetrico

procRCycDAns $increments $nodeTag $dofTag $peakpts

#ciclo asimmetrico

#procRCycDAnsNonSymm $increments $nodeTag $dofTag $peakpts

puts "Molla giunto verticale"

```

A.4 - MODELLO SENSORE CONTROVENTO (6-7)

```

wipe

#creazione del modello: dichiarazione della dimensione del problema e del numero di gradi di libertà

model BasicBuilder -ndm 2 -ndf 2

#creazione dei nodi: node nodeId xCrd yCrd

node 1 0.0 0.0

node 2 1.0 0.0

#chiamata alle funzioni esterne

source procUniaxialPinching.tcl

source procRCycDAns.tcl

#source procRCycDAnsNonSymm.tcl

```

```

#creazione del vettore di tensioni positive e negative
#stress1 stress2 stress3 stress4
set pEnvelopeStress [list 17.19e3 23.90e3 35.00e3 87.50e3]
set nEnvelopeStress [list -17.19e3 -23.90e3 -35.00e3 -87.50e3]
#cicli asimmetrici
#set pEnvelopeStress [list 17.19e3 23.90e3 35.00e3 87.50e3]
#set nEnvelopeStress [list -14.6e3 -20.30e3 -28.80e3 -63.25e3]

#creazione del vettore di deformazioni positive e negative
#strain1 strain2 strain3 strain4
set pEnvelopeStrain [list 4.94 12 23.68 78.95]
set nEnvelopeStrain [list -4.94 -12 -23.68 -78.95]

#Rapporto della deformazione massima a cui inizia il ricarico
#Pos_env. Neg_env.
set rDisp [list 0.65 0.65]
#Rapporto della forza (corrispondente alla massima deformazione) a cui inizia il ricarico
#Pos_env. Neg_env.
set rForce [list 0.4 0.4]
#Rapporto della forza della curva monotona che si sviluppa allo scarico
#Pos_env. Neg_env.
#cicli simmetrici
set uForce [list -0.2 -0.2]
#cicli asimmetrici
#set uForce [list -0.15 -0.22]

#Coefficienti di danno sulla rigidità allo scarico
#gammaK1 gammaK2 gammaK3 gammaK4 gammaKLimit
set gammaK [list -0.4 0.5 -2 0 5]
#Coefficienti di danno sulla rigidità di ricarico
#gammaD1 gammaD2 gammaD3 gammaD4 gammaDLimit
set gammaD [list 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0]
#Coefficienti di danno sulla resistenza
#gammaF1 gammaF2 gammaF3 gammaF4 gammaFLimit
set gammaF [list 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0]

```

```

#Danno massimo
set gammaE 100
#Tipologia di danno (option: "energy", "cycle")
set dam "cycle"

#Identificativo del materiale
set matID 1

#Creazione del modello tensione-deformazione attraverso una procedura
procUniaxialPinching $matID $pEnvelopeStress $nEnvelopeStress $pEnvelopeStrain
$nEnvelopeStrain $rDisp $rForce $uForce $gammaK $gammaD $gammaF $gammaE $dam

#Creazione dell'elemento truss: element truss trussID node1 node2 A matID
element truss 1 1 2 1.0 1

#Imposizione dei vincoli: fix nodeID xResrnt? yRestrnt?
fix 1 1 1
fix 2 0 1

#Applicazione del carico di tipo lineare
pattern Plain 1 Linear {
load 2 1 0
}

#dichiarazione dei risultati da stampare su file txt
recorder Node -file Risultati/Pinchdx.txt -node 2 -dof 1 disp
recorder Node -file Risultati/PinchR.txt -node 1 -dof 1 reaction

#Dichiarazione dei parametri per l'analisi
system ProfileSPD
constraints Plain
test NormDispIncr 1.0e-6 20
algorithm Newton
numberer RCM

```


#Dichiarazione dei parametri per la creazione dei cicli in controllo di spostamento

#ciclo simmetrico

```
set peakpts [list 4.47 8.62 12.54 12.66 11.71 16.10 16.00 15.93 30.79 30.53 30.64 43.99 44.99 44.39  
62.00 62.32 62.76 62.76]
```

#ciclo asimmetrico

```
#set peakpts [list 4.47 -5.25 8.62 -12.25 12.54 -16.38 12.66 -16.24 11.71 -16.31 16.10 -21.61 16.00 -  
21.54 15.93 -21.67 30.79 -44.32 30.53 -44.32 30.64 -44.19 43.99 -44.19 44.99 -44.19 44.39 -44.19  
62.00 -44.19 62.32 -44.19 62.76 -44.19]
```

```
set increments 10
```

```
set nodeTag 2
```

```
set dofTag 1
```

#Costruzione dei cicli di pinching

#ciclo simmetrico

```
procRCycDAns $increments $nodeTag $dofTag $peakpts
```

#ciclo asimmetrico

```
#procRCycDAnsNonSymm $increments $nodeTag $dofTag $peakpts
```

```
puts "Molla controvento"
```

A.5 - PROCUNIAXIALPINCHING

La procedura serve alla creazione del legame costitutivo. In input essa vuole le variabili così come descritte al §4.2. Al suo interno viene implementata la funzione *uniaxialMaterial Pinching4*.

```
proc procUniaxialPinching { materialTag pEnvelopeStress nEnvelopeStress pEnvelopeStrain  
nEnvelopeStrain rDisp rForce uForce gammaK gammaD gammaF gammaE damage } {  
  
#stress1P strain1P stress2P strain2P stress3P strain3P stress4P strain4P  
  
# stress1N strain1N stress2N strain2N stress3N strain3N stress4N strain4N  
  
#rDispP rForceP uForceP rDispN rForceN uForceN  
  
#gammaK1 gammaK2 gammaK3 gammaK4 gammaKLimit  
  
#gammaD1 gammaD2 gammaD3 gammaD4 gammaDLimit  
  
#gammaF1 gammaF2 gammaF3 gammaF4 gammaFLimit gammaE $damage  
  
uniaxialMaterial Pinching4 $materialTag [lindex $pEnvelopeStress 0] [lindex $pEnvelopeStrain 0]  
[lindex $pEnvelopeStress 1] [lindex $pEnvelopeStrain 1] [lindex $pEnvelopeStress 2] [lindex  
$pEnvelopeStrain 2] [lindex $pEnvelopeStress 3] [lindex $pEnvelopeStrain 3] [lindex  
$nEnvelopeStress 0] [lindex $nEnvelopeStrain 0] [lindex $nEnvelopeStress 1] [lindex  
$nEnvelopeStrain 1] [lindex $nEnvelopeStress 2] [lindex $nEnvelopeStrain 2] [lindex
```

```

$nEnvelopeStress 3] [index $nEnvelopeStrain 3] [index $rDisp 0] [index $rForce 0] [index
$uForce 0] [index $rDisp 1] [index $rForce 1] [index $uForce 1] [index $gammaK 0] [index
$gammaK 1] [index $gammaK 2] [index $gammaK 3] [index $gammaK 4] [index $gammaD 0]
[index $gammaD 1] [index $gammaD 2] [index $gammaD 3] [index $gammaD 4] [index
$gammaF 0] [index $gammaF 1] [index $gammaF 2] [index $gammaF 3] [index $gammaF 4]
$gammaE $damage}

```

A.6 - PROCRCYCDANS

La procedura descritta serve per creare cicli simmetrici in controllo di spostamento. La funzione in input necessita del passo di integrazione, del numero di nodo, della direzione di applicazione dello spostamento al nodo e del massimo spostamento di ogni ciclo.

```

proc procRCycDAns { incre nodeTag dofTag peakpts} {

#dichiarazione del tipo di analisi
analysis Static

#determinazione del passo di integrazione in base al primo ciclo di carico
set x [index $peakpts 0]
set fir [expr $x/$incre]

#creazione del primo ciclo: carico-scarico- carico negativo-scarico
integrator DisplacementControl $nodeTag $dofTag 0.0 1 $fir $fir
analyze $incre
integrator DisplacementControl $nodeTag $dofTag 0.0 1 [expr -$fir] [expr -$fir]
analyze [expr 2*$incre]
integrator DisplacementControl $nodeTag $dofTag 0.0 1 $fir $fir
analyze $incre

#creazione dei rimanenti cicli di carico
for {set j 1} {$j < [length $peakpts]} {incr j 1} {
set tx [index $peakpts $j]
set tinc [expr $tx/$fir]
set rt [expr int($tinc)]
integrator DisplacementControl $nodeTag $dofTag 0.0 1 $fir $fir
analyze $rt

```

```

integrator DisplacementControl $nodeTag $dofTag 0.0 1 [expr -$fir] [expr -$fir]
analyze [expr 2*$rt]
integrator DisplacementControl $nodeTag $dofTag 0.0 1 $fir $fir
analyze $rt
}
}

```

A.7 - PROCRCYCDANSNONSYMM

La procedura descritta serve per creare cicli non-simmetrici in controllo di spostamento. La funzione risulta del tutto simile a quanto sopra visto.

```

proc procRCycDAnsNonSymm { incre nodeTag dofTag peakpts } {

#dichiarazione del tipo di analisi
analysis Static

#determinazione del passo di integrazione in base al primo ciclo di carico
set x [lindex $peakpts 0]
set fir [expr $x/$incre]

#creazione del primo ciclo: carico-scarico- carico negativo-scarico
integrator DisplacementControl $nodeTag $dofTag 0.0 1 $fir $fir
analyze $incre
integrator DisplacementControl $nodeTag $dofTag 0.0 1 [expr -$fir] [expr -$fir]
analyze [expr 2*$incre]
integrator DisplacementControl $nodeTag $dofTag 0.0 1 $fir $fir
analyze $incre

#creazione dei rimanenti cicli di carico non-simmetrici
set i 3
for {set j 2} {$j < [length $peakpts]} {incr j 2} {
#ciclo carico-scarico positivo
set tx [lindex $peakpts $j]
set tinc [expr $tx/$fir]
set rt [expr int($tinc)]

```

```

integrator DisplacementControl $nodeTag $dofTag 0.0 1 $fir $fir
analyze $rt
integrator DisplacementControl $nodeTag $dofTag 0.0 1 [expr -$fir] [expr -$fir]
analyze [expr $rt]
#ciclo carico-scarico negativo
set tx [lindex $peakpts $i]
set tinc [expr -$tx/$fir]
set rt [expr int($tinc)]
integrator DisplacementControl $nodeTag $dofTag 0.0 1 [expr -$fir] [expr -$fir]
analyze $rt
integrator DisplacementControl $nodeTag $dofTag 0.0 1 $fir $fir
analyze [expr $rt]
incr i 2
}
}

```

A.8 - MODELLO PARETE TEST

Viene di seguito riportato il codice per la creazione della parete test discussa al §5.3. Nei paragrafi successivi sono riportati anche le funzioni per la creazione dei legami non lineari. Quest'ultime sono funzioni simili a quanto visto ai paragrafi precedenti.

```

wipe

#creazione del modello: dichiarazione della dimensione del problema e del numero di gradi di libertà
model BasicBuilder -ndm 2 -ndf 2

#chiamata alle funzioni esterne
source pinch_s1.tcl
source pinch_s3.tcl
source pinch_s4.tcl
source pinch_s6.tcl
source push_DisPctrl.tcl
source push_PeakPts.tcl

```

#definizione variabili lunghezza molle ed elementi

set l_s3 40.0

set l_s4 40.0

set l_traverso1 920.0

set l_traverso2 160.0

set l_montante 3200.0

#creazione dei nodi: node nodeId xCrd yCrd

node 1 0.0 0.0

node 2 \$l_traverso1 0.0

node 3 \$l_traverso1 \$l_montante

node 4 0.0 \$l_montante

node 5 [expr \$l_traverso1+\$l_traverso2] 0.0

node 6 [expr \$l_traverso1*2+\$l_traverso2] 0.0

node 7 [expr \$l_traverso1*2+\$l_traverso2] \$l_montante

node 8 [expr \$l_traverso1+\$l_traverso2] \$l_montante

node 9 0.0 [expr -\$l_s4]

node 10 \$l_traverso1 [expr -\$l_s4]

node 11 [expr \$l_traverso1+\$l_traverso2] [expr -\$l_s4]

node 12 [expr \$l_traverso1*2+\$l_traverso2] [expr -\$l_s4]

node 13 -1.0 0.0

node 14 [expr \$l_traverso1+0.5*\$l_traverso2] [expr 0.5*\$l_montante-0.5*\$l_s3]

node 15 [expr \$l_traverso1+0.5*\$l_traverso2] [expr 0.5*\$l_montante+0.5*\$l_s3]

#dichiarazione dei risultati da stampare su file txt:

#spostamenti

recorder Node -file Data/disp_n1.txt -time -node 1 -dof 1 2 disp;

recorder Node -file Data/disp_n2.txt -time -node 2 -dof 1 2 disp;

recorder Node -file Data/disp_n3.txt -time -node 3 -dof 1 2 disp;

recorder Node -file Data/disp_n4.txt -time -node 4 -dof 1 2 disp;

recorder Node -file Data/disp_n5.txt -time -node 5 -dof 1 2 disp;

recorder Node -file Data/disp_n6.txt -time -node 6 -dof 1 2 disp;

recorder Node -file Data/disp_n7.txt -time -node 7 -dof 1 2 disp;

recorder Node -file Data/disp_n8.txt -time -node 8 -dof 1 2 disp;

recorder Node -file Data/disp_n14.txt -time -node 14 -dof 1 2 disp;

recorder Node -file Data/disp_n15.txt -time -node 15 -dof 1 2 disp;

#reazioni

```
recorder Node -file Data/react_n9.txt -time -node 9 -dof 1 2 reaction;  
recorder Node -file Data/react_n10.txt -time -node 10 -dof 1 2 reaction;  
recorder Node -file Data/react_n11.txt -time -node 11 -dof 1 2 reaction;  
recorder Node -file Data/react_n12.txt -time -node 12 -dof 1 2 reaction;  
recorder Node -file Data/react_n13.txt -time -node 13 -dof 1 2 reaction;
```

#forze elementi

```
recorder Element -file Data/Ftruss_1.txt -time -ele 1 globalForce;  
recorder Element -file Data/Ftruss_2.txt -time -ele 2 globalForce;  
recorder Element -file Data/Ftruss_3.txt -time -ele 3 globalForce;  
recorder Element -file Data/Ftruss_4.txt -time -ele 4 globalForce;  
recorder Element -file Data/Ftruss_5.txt -time -ele 5 globalForce;  
recorder Element -file Data/Ftruss_6.txt -time -ele 6 globalForce;  
recorder Element -file Data/Ftruss_7.txt -time -ele 7 globalForce;  
recorder Element -file Data/Ftruss_8.txt -time -ele 8 globalForce;  
recorder Element -file Data/Ftruss_9.txt -time -ele 9 globalForce;  
recorder Element -file Data/Ftruss_10.txt -time -ele 10 globalForce;  
recorder Element -file Data/Ftruss_601.txt -time -ele 601 globalForce;  
recorder Element -file Data/Ftruss_602.txt -time -ele 602 globalForce;  
recorder Element -file Data/Ftruss_603.txt -time -ele 603 globalForce;  
recorder Element -file Data/Ftruss_604.txt -time -ele 604 globalForce;  
recorder Element -file Data/Ftruss_301.txt -time -ele 301 globalForce;  
recorder Element -file Data/Ftruss_401.txt -time -ele 401 globalForce;  
recorder Element -file Data/Ftruss_402.txt -time -ele 402 globalForce;  
recorder Element -file Data/Ftruss_403.txt -time -ele 403 globalForce;  
recorder Element -file Data/Ftruss_404.txt -time -ele 404 globalForce;  
recorder Element -file Data/Ftruss_101.txt -time -ele 101 globalForce;
```

#Identificativo del materiale

#Legno

```
set matID_legno 0  
set E 1e9  
uniaxialMaterial Elastic $matID_legno $E
```

#Molla elastica in parallelo con holdown

```
set matID_R 9
set E 0.1e7
uniaxialMaterial ENT $matID_R $E
```

#Molla taglio alla base

```
set matID_s1 1
pinch_s1 $matID_s1
```

#Molla giunto verticale tra pareti

```
set matID_s3 3
pinch_s3 $matID_s3 $l_s3
```

#Molla holdown

```
set matID_s4 4
pinch_s4 $matID_s4 $l_s4
```

#Molla controvento

```
set matID_s6 6
pinch_s6 $matID_s6 $l_montante $l_traverso1
```

#Creazione dell'elemento truss: element truss trussID node1 node2 A matID

```
element truss 1 1 2 1.0 $matID_legno
element truss 2 2 3 1.0 $matID_legno
element truss 3 3 4 1.0 $matID_legno
element truss 4 4 1 1.0 $matID_legno
element truss 5 5 6 1.0 $matID_legno
element truss 6 6 7 1.0 $matID_legno
element truss 7 7 8 1.0 $matID_legno
element truss 8 8 5 1.0 $matID_legno
element truss 9 2 5 1.0 $matID_legno
element truss 10 3 8 1.0 $matID_legno
element truss 11 2 15 1.0 $matID_legno
element truss 12 15 3 1.0 $matID_legno
element truss 13 5 14 1.0 $matID_legno
element truss 14 14 8 1.0 $matID_legno
```

```

element truss 101 1 13 1.0 $matID_s1
element truss 301 14 15 1.0 $matID_s3
element truss 401 1 9 1.0 $matID_s4
element truss 402 2 10 1.0 $matID_s4
element truss 403 5 11 1.0 $matID_s4
element truss 404 6 12 1.0 $matID_s4
element truss 601 1 3 1.0 $matID_s6
element truss 602 2 4 1.0 $matID_s6
element truss 603 5 7 1.0 $matID_s6
element truss 604 6 8 1.0 $matID_s6
element truss 901 1 9 1.0 $matID_R
element truss 902 2 10 1.0 $matID_R
element truss 903 5 11 1.0 $matID_R
element truss 904 6 12 1.0 $matID_R

```

#Imposizione dei vincoli: fix nodeID xResrnt? yRestrnt?

```
fix 9 1 1
```

```
fix 10 1 1
```

```
fix 11 1 1
```

```
fix 12 1 1
```

```
fix 13 1 1
```

#Istruzioni di grafica per la visualizzazione

```
recorder display "Model" 10 10 500 500 -wipe
```

```
prp 3000 3000 0;
```

```
vup 0 0 1;
```

```
vpn 0 1 -1;
```

```
viewWindow -2000 2000 -2000 2000;
```

```
display 1 1 5
```

#definizione di nodo di applicazione, valore e direzione della forza nonchè il modo: monotona o per cicli di carico e scarico (peakpoints)

#Indice del nodo su cui è applicata la forza

```
set node_force 7
```

#Valore della forza applicata al nodo

```
set value_FX 1
```



```

#Grado di libertà del nodo a cui applico la forza (X=1, Y=2)
set dof_F 1

#Chiamata alla funzione per la creazione della curva monotona
push_DisCtrl $node_force $value_FX $dof_F

#Chiamata alla funzione per creare i cicli di carico e scarico dati gli spostamenti massimi
#push_PeakPts $node_force $value_FX $dof_F

puts "Parete test"

```

A.9 - PINCH_S1

```

proc pinch_s1 {matID} {

#creazione del vettore di tensioni positive e negative
#stress1 stress2 stress3 stress4
set pEnvelopeStress [list 28.12e3 46.00e3 74.42e3 130.23e3]
set nEnvelopeStress [list -28.12e3 -46.00e3 -74.42e3 -130.23e3]

#creazione del vettore di deformazioni positive e negative
#strain1 strain2 strain3 strain4
set pEnvelopeStrain [list 0.05 0.50 1.21 2.61]
set nEnvelopeStrain [list -0.05 -0.50 -1.21 -2.61]

#Rapporto della deformazione massima a cui inizia il ricarico
#Pos_emv. Neg_emv.
set rDisp [list 0.58 0.58]

#Rapporto della forza (corrispondente alla massima deformazione) a cui inizia il ricarico
#Pos_emv. Neg_emv.
set rForce [list 0.32 0.32]

#Rapporto della forza della curva monotona che si sviluppa allo scarico
#Pos_emv. Neg_emv.
set uForce [list -0.215 -0.215]

```

```

#Coefficienti di danno sulla rigidezza allo scarico
#gammaK1 gammaK2 gammaK3 gammaK4 gammaKLimit
set gammaK [list -1.5 1 -0.08 0.25 5]

#Coefficienti di danno sulla rigidezza di ricarica
#gammaD1 gammaD2 gammaD3 gammaD4 gammaDLimit
set gammaD [list 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0]

#Coefficienti di danno sulla resistenza
#gammaF1 gammaF2 gammaF3 gammaF4 gammaFLimit
set gammaF [list 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0]

#Danno massimo
set gammaE 100

#Tipologia di danno (option: "energy", "cycle")
set dam "cycle"

```

```

#creazione del comportamento del materiale

```

```

uniaxialMaterial Pinching4 $matID [lindex $pEnvelopeStress 0] [lindex $pEnvelopeStrain 0]
[lindex $pEnvelopeStress 1] [lindex $pEnvelopeStrain 1] [lindex $pEnvelopeStress 2] [lindex
$pEnvelopeStrain 2] [lindex $pEnvelopeStress 3] [lindex $pEnvelopeStrain 3] [lindex
$nEnvelopeStress 0] [lindex $nEnvelopeStrain 0] [lindex $nEnvelopeStress 1] [lindex
$nEnvelopeStrain 1] [lindex $nEnvelopeStress 2] [lindex $nEnvelopeStrain 2] [lindex
$nEnvelopeStress 3] [lindex $nEnvelopeStrain 3] [lindex $rDisp 0] [lindex $rForce 0] [lindex
$uForce 0] [lindex $rDisp 1] [lindex $rForce 1] [lindex $uForce 1] [lindex $gammaK 0] [lindex
$gammaK 1] [lindex $gammaK 2] [lindex $gammaK 3] [lindex $gammaK 4] [lindex $gammaD 0]
[lindex $gammaD 1] [lindex $gammaD 2] [lindex $gammaD 3] [lindex $gammaD 4] [lindex
$gammaF 0] [lindex $gammaF 1] [lindex $gammaF 2] [lindex $gammaF 3] [lindex $gammaF 4]
$gammaE $dam

```

```

puts "Pinch_s1"
}

```

A.10 - PINCH_S3

```

proc pinch_s3 {matID l_s3} {

```

```

#creazione del vettore di tensioni positive e negative

```

```

#stress1 stress2 stress3 stress4

```

```

set pEnvelopeStress [list 33.87e3 74.20e3 83.33e3 291.67e3]

```

```

set nEnvelopeStress [list -33.87e3 -74.20e3 -83.33e3 -291.67e3]

```

```

#creazione del vettore di deformazioni positive e negative
#strain1 strain2 strain3 strain4
set pEnvelopeStrain [list [expr 0.43/$l_s3] [expr 4.00/$l_s3] [expr 4.81/$l_s3] [expr 23.24/$l_s3]]
set nEnvelopeStrain [list [expr -0.43/$l_s3] [expr -4.00/$l_s3] [expr -4.81/$l_s3] [expr -
23.24/$l_s3]]

#Rapporto della deformazione massima a cui inizia il ricarico
#Pos_env. Neg_env.
set rDisp [list 0.75 0.75]

#Rapporto della forza (corrispondente alla massima deformazione) a cui inizia il ricarico
#Pos_env. Neg_env.
set rForce [list 0.35 0.35]

#Rapporto della forza della curva monotona che si sviluppa allo scarico
#Pos_env. Neg_env.
set uForce [list -0.12 -0.12]

#Coefficienti di danno sulla rigidezza allo scarico
#gammaK1 gammaK2 gammaK3 gammaK4 gammaKLimit
set gammaK [list 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0]

#Coefficienti di danno sulla rigidezza di ricarico
#gammaD1 gammaD2 gammaD3 gammaD4 gammaDLimit
set gammaD [list 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0]

#Coefficienti di danno sulla resistenza
#gammaF1 gammaF2 gammaF3 gammaF4 gammaFLimit
set gammaF [list 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0]

#Danno massimo
set gammaE 100

#Tipologia di danno (option: "energy", "cycle")
set dam "cycle"

#creazione del comportamento del materiale
uniaxialMaterial Pinching4 $matID [lindex $pEnvelopeStress 0] [lindex $pEnvelopeStrain 0]
[lindex $pEnvelopeStress 1] [lindex $pEnvelopeStrain 1] [lindex $pEnvelopeStress 2] [lindex
$pEnvelopeStrain 2] [lindex $pEnvelopeStress 3] [lindex $pEnvelopeStrain 3] [lindex
$nEnvelopeStress 0] [lindex $nEnvelopeStrain 0] [lindex $nEnvelopeStress 1] [lindex
$nEnvelopeStrain 1] [lindex $nEnvelopeStress 2] [lindex $nEnvelopeStrain 2] [lindex
$nEnvelopeStress 3] [lindex $nEnvelopeStrain 3] [lindex $rDisp 0] [lindex $rForce 0] [lindex
$uForce 0] [lindex $rDisp 1] [lindex $rForce 1] [lindex $uForce 1] [lindex $gammaK 0] [lindex

```

```

$gammaK 1] [index $gammaK 2] [index $gammaK 3] [index $gammaK 4] [index $gammaD 0]
[index $gammaD 1] [index $gammaD 2] [index $gammaD 3] [index $gammaD 4] [index
$gammaF 0] [index $gammaF 1] [index $gammaF 2] [index $gammaF 3] [index $gammaF 4]
$gammaE $dam

```

```

puts "Pinch_s3"
}

```

A.11 - PINCH_S4

```

proc pinch_s4 {matID l_s4} {

#creazione del vettore di tensioni positive e negative
#stress1 stress2 stress3 stress4
set pEnvelopeStress [list 31.19e3 55.00e3 80.00e3 1200.00e3]
set nEnvelopeStress [list -31.19e3 -55.00e3 -80.00e3 -1200.00e3]

#creazione del vettore di deformazioni positive e negative
#strain1 strain2 strain3 strain4
set pEnvelopeStrain [list [expr 1.35/$l_s4] [expr 4.00/$l_s4] [expr 6.78/$l_s4] [expr 131.22/$l_s4]]
set nEnvelopeStrain [list [expr -1.35/$l_s4] [expr -4.00/$l_s4] [expr -6.78/$l_s4] [expr -
131.22/$l_s4]]

#Rapporto della deformazione massima a cui inizia il ricarico
#Pos_env. Neg_env.
set rDisp [list 0.5 0.5]

#Rapporto della forza (corrispondente alla massima deformazione) a cui inizia il ricarico
#Pos_env. Neg_env.
set rForce [list 0.25 0.25]

#Rapporto della forza della curva monotona che si sviluppa allo scarico
#Pos_env. Neg_env.
set uForce [list -0.05 -0.05]

#Coefficienti di danno sulla rigidezza allo scarico
#gammaK1 gammaK2 gammaK3 gammaK4 gammaKLimit
set gammaK [list 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0]

```

```

#Coefficienti di danno sulla rigidezza di ricarica
#gammaD1 gammaD2 gammaD3 gammaD4 gammaDLimit
set gammaD [list 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0]

#Coefficienti di danno sulla resistenza
#gammaF1 gammaF2 gammaF3 gammaF4 gammaFLimit
set gammaF [list 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0]

#Danno massimo
set gammaE 100

#Tipologia di danno (option: "energy", "cycle")
set dam "cycle"

#creazione del comportamento del materiale
uniaxialMaterial Pinching4 $matID [lindex $pEnvelopeStress 0] [lindex $pEnvelopeStrain 0]
[lindex $pEnvelopeStress 1] [lindex $pEnvelopeStrain 1] [lindex $pEnvelopeStress 2] [lindex
$pEnvelopeStrain 2] [lindex $pEnvelopeStress 3] [lindex $pEnvelopeStrain 3] [lindex
$nEnvelopeStress 0] [lindex $nEnvelopeStrain 0] [lindex $nEnvelopeStress 1] [lindex
$nEnvelopeStrain 1] [lindex $nEnvelopeStress 2] [lindex $nEnvelopeStrain 2] [lindex
$nEnvelopeStress 3] [lindex $nEnvelopeStrain 3] [lindex $rDisp 0] [lindex $rForce 0] [lindex
$uForce 0] [lindex $rDisp 1] [lindex $rForce 1] [lindex $uForce 1] [lindex $gammaK 0] [lindex
$gammaK 1] [lindex $gammaK 2] [lindex $gammaK 3] [lindex $gammaK 4] [lindex $gammaD 0]
[lindex $gammaD 1] [lindex $gammaD 2] [lindex $gammaD 3] [lindex $gammaD 4] [lindex
$gammaF 0] [lindex $gammaF 1] [lindex $gammaF 2] [lindex $gammaF 3] [lindex $gammaF 4]
$gammaE $dam

puts "pinch_s4"
}

```

A.12 - PINCH_S6

```

proc pinch_s6 {matID l_montante l_traverso} {

#variabili configurate per adeguare il ciclo del sensore di controvento alla situazione di spostamento e forza in
entrambe le direzioni

set l_s6 21.8e3
set n_s6 0.8

#creazione del vettore di tensioni positive e negative
#stress1 stress2 stress3 stress4

#adattamento parete incrudente usato per la costruzione dell'analisi per cicli di carico-scarico

```

```

set pEnvelopeStress [list [expr 36.40e3*$n_s6] [expr 62.8e3*$n_s6] [expr 98e3*$n_s6] [expr
170e3*$n_s6]]

set nEnvelopeStress [list [expr -36.40e3*$n_s6] [expr -62.8e3*$n_s6] [expr -98e3*$n_s6] [expr -
170e3*$n_s6]]

#adattamento parete softening usato per la costruzione della curva monotona

#set pEnvelopeStress [list [expr 36.40e3*$n_s6] [expr 75.0e3*$n_s6] [expr 210e3*$n_s6] [expr
160e3*$n_s6]]

#set nEnvelopeStress [list [expr -36.40e3*$n_s6] [expr -75.0e3*$n_s6] [expr -210e3*$n_s6] [expr -
160e3*$n_s6]]

#creazione del vettore di deformazioni positive e negative

#strain1 strain2 strain3 strain4

#adattamento parete incrudente usato per la costruzione dell'analisi per cicli di carico-scarico

set pEnvelopeStrain [list [expr 4.94/$l_s6] [expr 12.0/$l_s6] [expr 33.68/$l_s6] [expr 90.95/$l_s6]]

set nEnvelopeStrain [list [expr -4.94/$l_s6] [expr -12.0/$l_s6] [expr -33.68/$l_s6] [expr -
90.95/$l_s6]]

#adattamento parete softening usato per la costruzione della curva monotona

#set pEnvelopeStrain [list [expr 4.94/$l_s6] [expr 18.0/$l_s6] [expr 130.0/$l_s6] [expr
200.0/$l_s6]]

#set nEnvelopeStrain [list [expr -4.94/$l_s6] [expr -18.0/$l_s6] [expr -130.0/$l_s6] [expr -
200.0/$l_s6]]

#Rapporto della deformazione massima a cui inizia il ricarico

#Pos_env. Neg_env.

set rDisp [list 0.2 0.2]

#Rapporto della forza (corrispondente alla massima deformazione) a cui inizia il ricarico

#Pos_env. Neg_env.

set rForce [list 0.3 0.3]

#Rapporto della forza della curva monotona che si sviluppa allo scarico

#Pos_env. Neg_env.

set uForce [list -0.1 -0.1]

#Coefficienti di danno sulla rigidezza allo scarico

#gammaK1 gammaK2 gammaK3 gammaK4 gammaKLimit

set gammaK [list 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0]

#Coefficienti di danno sulla rigidezza di ricarico

#gammaD1 gammaD2 gammaD3 gammaD4 gammaDLimit

set gammaD [list 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0]

```

```

#Coefficienti di danno sulla resistenza
#gammaF1 gammaF2 gammaF3 gammaF4 gammaFLimit
set gammaF [list 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0]
set gammaE 0
#Tipologia di danno (option: "energy", "cycle")
set dam "cycle"

#creazione del comportamento del materiale
uniaxialMaterial Pinching4 $matID [lindex $pEnvelopeStress 0] [lindex $pEnvelopeStrain 0]
[lindex $pEnvelopeStress 1] [lindex $pEnvelopeStrain 1] [lindex $pEnvelopeStress 2] [lindex
$pEnvelopeStrain 2] [lindex $pEnvelopeStress 3] [lindex $pEnvelopeStrain 3] [lindex
$nEnvelopeStress 0] [lindex $nEnvelopeStrain 0] [lindex $nEnvelopeStress 1] [lindex
$nEnvelopeStrain 1] [lindex $nEnvelopeStress 2] [lindex $nEnvelopeStrain 2] [lindex
$nEnvelopeStress 3] [lindex $nEnvelopeStrain 3] [lindex $rDisp 0] [lindex $rForce 0] [lindex
$uForce 0] [lindex $rDisp 1] [lindex $rForce 1] [lindex $uForce 1] [lindex $gammaK 0] [lindex
$gammaK 1] [lindex $gammaK 2] [lindex $gammaK 3] [lindex $gammaK 4] [lindex $gammaD 0]
[lindex $gammaD 1] [lindex $gammaD 2] [lindex $gammaD 3] [lindex $gammaD 4] [lindex
$gammaF 0] [lindex $gammaF 1] [lindex $gammaF 2] [lindex $gammaF 3] [lindex $gammaF 4]
$gammaE $dam

puts "Pinch_s6"
}

```

A.13 - PUSH_DISPCTRL

La seguente funzione serve, dato il nodo e la direzione, a spingere la struttura in controllo di spostamento. Con tale funzione si crea la curva monotona della parete.

```

proc push_DispcCtrl {node_force value_FX dof_F} {

#Azzeramento della variabile temporale
loadConst -time 0.0;

#Applicazione del carico di tipo lineare
pattern Plain 1 Linear {
load $node_force $value_FX 0
}
}

```

```

#Dichiarazione dei parametri per l'analisi
constraints Plain
numberer Plain
system BandGeneral
test NormDispIncr 1.0e-5 1000
algorithm Newton

#Analisi in controllo di spostamento: definizione del nodo di applicazione, direzione dello spostamento e passo di
integrazione
integrator DisplacementControl $node_force $dof_F 0.1;
analysis Static

#Definizione del numero di passi di integrazione da compiere
analyze 3000

puts " Push_DispCtrl_1"

#Dichiarazione di eventuale spinta di scarico-ricarico
#integrator DisplacementControl $node_force $dof_F -0.1
#analysis Static;
#analyze 500
#puts "Push_DispCtrl_2"
}

```

A.14 - PUSH_PEAKPTS

La seguente funzione serve per riprodurre la prova ciclica. Dati in ingresso gli spostamenti massimi ad ogni ciclo essa spingerà la struttura fino a tale valore creando anche il ciclo di ricarica per lo stesso spostamento ma di valore negativo se si utilizza la funzione `procRCycDAns`. In alternativa si può riprodurre la prova utilizzando `procRCycDAnsNonSymm` così da poter simulare in modo corretto le ultime due serie di carico il cui spostamento è solo in tiro e non in spinta.


```

proc push_PeakPts {node_force value_FX dof_F} {

#chiamata alle funzioni esterne
source procRCycDAns.tcl

#Applicazione del carico di tipo lineare
pattern Plain 1 Linear {
load $node_force $value_FX 0
}

#Dichiarazione dei parametri per l'analisi
system ProfileSPD
constraints Plain
test NormDispIncr 1.0e-6 500
algorithm Newton
numberer RCM

#Definizione degli spostamenti massimi ad ogni ciclo di carico, cicli simmetrici
set peakpts [list 6.0 12.0 18.0 18.0 18.0 24.0 24.0 24.0 48.0 48.0 48.0 72.0 72.0 72.0 96.0 96.0 96.0];

#Definizione degli spostamenti massimi ad ogni ciclo di carico, cicli asimmetrici
#set peakpts [list 6.17 -6.17 12.51 -13.57 19.01 -18.20 19.47 -18.04 18.09 -18.15 24.03 -24.04 24.00
-23.96 24.00 -24.05 48.10 -47.98 48.08 -48.00 48.33 -47.82 73.03 0.0 74.03 0.0 73.14 0.0 102.22 0.0
102.21 0.0 102.80 0.0]

#Definizione del numero di incrementi per arrivare allo spostamento massimo
set increments 60

#Analisi in controllo di spostamento
procRCycDAns $increments $node_force $dof_F $peakpts
#procRCycDAnsNonSymm $increments $node_force $dof_F $peakpts
puts "push_peakpts"
}

```

A.15 - MODELLO EDIFICIO 3 PIANI

Di seguito si riporta il codice di calcolo per la modellazione dell'edificio 3 piani. Esso sfrutta i legami non lineari già visti per la parete test e quindi le funzioni pinch_s1, pinch_s3, pinch_s4, pinch_s6 mentre verrà creato un nuovo legame (pinch_s11) per simulare il taglio interpiano. Si riportano nel programma principale le istruzioni per eseguire l'analisi dinamica non lineare e in formato di commento le istruzioni per eseguire l'analisi non lineare statica (pushover). Quest'ultima si basa sulla funzione push_DispCtrl che verrà nuovamente riportata poiché diversa dalla precedente vista l'introduzione di due ulteriori piani.

```
wipe
#-----
#creazione del modello: dichiarazione della dimensione del problema e del numero di gradi di libertà
model BasicBuilder -ndm 2 -ndf 2
#-----
#chiamata alle funzioni esterne
source pinch_s1.tcl
source pinch_s3.tcl
source pinch_s4.tcl
source pinch_s6.tcl
source pinch_s11.tcl
#-----
#definizione variabili lunghezza molle ed elementi
set l_s1 100.0
set l_s3 40.0
set l_s4 160.0
set l_traverso1 920.0
set l_traverso2 160.0
set l_montante 3200.0
#-----
#definizione variabili massa di piano per l'edificio test n. 1 (M=100%)
set g 9806
set M_L0 9.6
set M_L1 9.6
set M_L2 6.0
```

```

set mL0 [expr $M_L0/10]
set mL1 [expr $M_L1/12]
set mL2 [expr $M_L2/12]

#-----
#definizione variabili massa di piano per l'edificio test n. 2 (M=75%)
#set g 9806
#set M_L0 7.2
#set M_L1 7.2
#set M_L2 4.5
#set mL0 [expr $M_L0/10]
#set mL1 [expr $M_L1/12]
#set mL2 [expr $M_L2/12]
#-----
#definizione dei nodi del modello suddivisi per livello
#*****
#NODI AFFERENTI AL LIVELLO 0
node 79 [expr -$l_s1] 0.0
node 116 [expr $l_traverso1*6+$l_traverso2*5+$l_s1] 0.0

node 80 0.0 [expr -$l_s4]
node 81 $l_traverso1 [expr -$l_s4]
node 82 [expr $l_traverso1+$l_traverso2] [expr -$l_s4]
node 83 [expr $l_traverso1*2+$l_traverso2] [expr -$l_s4]
node 84 [expr $l_traverso1*2+$l_traverso2*2] [expr -$l_s4]
#node 85 [expr $l_traverso1*3+$l_traverso2*2] [expr -$l_s4]
#node 86 [expr $l_traverso1*3+$l_traverso2*3] [expr -$l_s4]
node 87 [expr $l_traverso1*4+$l_traverso2*3] [expr -$l_s4]
node 88 [expr $l_traverso1*4+$l_traverso2*4] [expr -$l_s4]
node 89 [expr $l_traverso1*5+$l_traverso2*4] [expr -$l_s4]
node 90 [expr $l_traverso1*5+$l_traverso2*5] [expr -$l_s4]
node 91 [expr $l_traverso1*6+$l_traverso2*5] [expr -$l_s4]

node 1 0.0 0.0
node 2 $l_traverso1 0.0
node 3 [expr $l_traverso1+$l_traverso2] 0.0
node 4 [expr $l_traverso1*2+$l_traverso2] 0.0

```

node 5 [expr $\$l_traverso1*2+\$l_traverso2*2$] 0.0
#node 6 [expr $\$l_traverso1*3+\$l_traverso2*2$] 0.0
#node 7 [expr $\$l_traverso1*3+\$l_traverso2*3$] 0.0
node 8 [expr $\$l_traverso1*4+\$l_traverso2*3$] 0.0
node 9 [expr $\$l_traverso1*4+\$l_traverso2*4$] 0.0
node 10 [expr $\$l_traverso1*5+\$l_traverso2*4$] 0.0
node 11 [expr $\$l_traverso1*5+\$l_traverso2*5$] 0.0
node 12 [expr $\$l_traverso1*6+\$l_traverso2*5$] 0.0

node 13 [expr $\$l_traverso1+0.5*\$l_traverso2$] [expr $0.5*\$l_montante-0.5*\l_s3]
node 14 [expr $\$l_traverso1+0.5*\$l_traverso2$] [expr $0.5*\$l_montante+0.5*\l_s3]
node 15 [expr $\$l_traverso1*2+1.5*\$l_traverso2$] [expr $0.5*\$l_montante-0.5*\l_s3]
node 16 [expr $\$l_traverso1*2+1.5*\$l_traverso2$] [expr $0.5*\$l_montante+0.5*\l_s3]
#node 17 [expr $\$l_traverso1*3+2.5*\$l_traverso2$] [expr $0.5*\$l_montante-0.5*\l_s3]
#node 18 [expr $\$l_traverso1*3+2.5*\$l_traverso2$] [expr $0.5*\$l_montante+0.5*\l_s3]
node 19 [expr $\$l_traverso1*4+3.5*\$l_traverso2$] [expr $0.5*\$l_montante-0.5*\l_s3]
node 20 [expr $\$l_traverso1*4+3.5*\$l_traverso2$] [expr $0.5*\$l_montante+0.5*\l_s3]
node 21 [expr $\$l_traverso1*5+4.5*\$l_traverso2$] [expr $0.5*\$l_montante-0.5*\l_s3]
node 22 [expr $\$l_traverso1*5+4.5*\$l_traverso2$] [expr $0.5*\$l_montante+0.5*\l_s3]

node 23 0.0 $\$l_montante$
node 24 $\$l_traverso1$ $\$l_montante$
node 25 [expr $\$l_traverso1+\$l_traverso2$] $\$l_montante$
node 26 [expr $\$l_traverso1*2+\$l_traverso2$] $\$l_montante$
node 27 [expr $\$l_traverso1*2+\$l_traverso2*2$] $\$l_montante$
#node 28 [expr $\$l_traverso1*3+\$l_traverso2*2$] $\$l_montante$
#node 29 [expr $\$l_traverso1*3+\$l_traverso2*3$] $\$l_montante$
node 30 [expr $\$l_traverso1*4+\$l_traverso2*3$] $\$l_montante$
node 31 [expr $\$l_traverso1*4+\$l_traverso2*4$] $\$l_montante$
node 32 [expr $\$l_traverso1*5+\$l_traverso2*4$] $\$l_montante$
node 33 [expr $\$l_traverso1*5+\$l_traverso2*5$] $\$l_montante$
node 34 [expr $\$l_traverso1*6+\$l_traverso2*5$] $\$l_montante$

node 900 [expr $\$l_traverso1*3+\$l_traverso2*2.5$] $\$l_montante$
node 901 [expr $\$l_traverso1*3+\$l_traverso2*2.5$] [expr $\$l_montante-400.0$]

```

#*****
#NODI AFFERENTI AL LIVELLO 1
node 92 0.0 [expr $l_montante+$l_s4]
node 93 $l_traverso1 [expr $l_montante+$l_s4]
node 94 [expr $l_traverso1+$l_traverso2] [expr $l_montante+$l_s4]
node 95 [expr $l_traverso1*2+$l_traverso2] [expr $l_montante+$l_s4]
node 96 [expr $l_traverso1*2+$l_traverso2*2] [expr $l_montante+$l_s4]
node 97 [expr $l_traverso1*3+$l_traverso2*2] [expr $l_montante+$l_s4]
node 98 [expr $l_traverso1*3+$l_traverso2*3] [expr $l_montante+$l_s4]
node 99 [expr $l_traverso1*4+$l_traverso2*3] [expr $l_montante+$l_s4]
node 100 [expr $l_traverso1*4+$l_traverso2*4] [expr $l_montante+$l_s4]
node 101 [expr $l_traverso1*5+$l_traverso2*4] [expr $l_montante+$l_s4]
node 102 [expr $l_traverso1*5+$l_traverso2*5] [expr $l_montante+$l_s4]
node 103 [expr $l_traverso1*6+$l_traverso2*5] [expr $l_montante+$l_s4]

node 35 [expr $l_traverso1+0.5*$l_traverso2] [expr 1.5*$l_montante-0.5*$l_s3+$l_s4]
node 36 [expr $l_traverso1+0.5*$l_traverso2] [expr 1.5*$l_montante+0.5*$l_s3+$l_s4]
node 37 [expr $l_traverso1*2+1.5*$l_traverso2] [expr 1.5*$l_montante-0.5*$l_s3+$l_s4]
node 38 [expr $l_traverso1*2+1.5*$l_traverso2] [expr 1.5*$l_montante+0.5*$l_s3+$l_s4]
node 39 [expr $l_traverso1*3+2.5*$l_traverso2] [expr 1.5*$l_montante-0.5*$l_s3+$l_s4]
node 40 [expr $l_traverso1*3+2.5*$l_traverso2] [expr 1.5*$l_montante+0.5*$l_s3+$l_s4]
node 41 [expr $l_traverso1*4+3.5*$l_traverso2] [expr 1.5*$l_montante-0.5*$l_s3+$l_s4]
node 42 [expr $l_traverso1*4+3.5*$l_traverso2] [expr 1.5*$l_montante+0.5*$l_s3+$l_s4]
node 43 [expr $l_traverso1*5+4.5*$l_traverso2] [expr 1.5*$l_montante-0.5*$l_s3+$l_s4]
node 44 [expr $l_traverso1*5+4.5*$l_traverso2] [expr 1.5*$l_montante+0.5*$l_s3+$l_s4]

node 45 0.0 [expr 2*$l_montante+$l_s4]
node 46 $l_traverso1 [expr 2*$l_montante+$l_s4]
node 47 [expr $l_traverso1+$l_traverso2] [expr 2*$l_montante+$l_s4]
node 48 [expr $l_traverso1*2+$l_traverso2] [expr 2*$l_montante+$l_s4]
node 49 [expr $l_traverso1*2+$l_traverso2*2] [expr 2*$l_montante+$l_s4]
node 50 [expr $l_traverso1*3+$l_traverso2*2] [expr 2*$l_montante+$l_s4]
node 51 [expr $l_traverso1*3+$l_traverso2*3] [expr 2*$l_montante+$l_s4]
node 52 [expr $l_traverso1*4+$l_traverso2*3] [expr 2*$l_montante+$l_s4]
node 53 [expr $l_traverso1*4+$l_traverso2*4] [expr 2*$l_montante+$l_s4]
node 54 [expr $l_traverso1*5+$l_traverso2*4] [expr 2*$l_montante+$l_s4]

```

```

node 55 [expr $_traverso1*5+$_traverso2*5] [expr 2*$_montante+$_s4]
node 56 [expr $_traverso1*6+$_traverso2*5] [expr 2*$_montante+$_s4]
#*****
#NODI AFFERENTI AL LIVELLO 2
node 104 0.0 [expr 2*$_montante+2*$_s4]
node 105 $_traverso1 [expr 2*$_montante+2*$_s4]
node 106 [expr $_traverso1+$_traverso2] [expr 2*$_montante+2*$_s4]
node 107 [expr $_traverso1*2+$_traverso2] [expr 2*$_montante+2*$_s4]
node 108 [expr $_traverso1*2+$_traverso2*2] [expr 2*$_montante+2*$_s4]
node 109 [expr $_traverso1*3+$_traverso2*2] [expr 2*$_montante+2*$_s4]
node 110 [expr $_traverso1*3+$_traverso2*3] [expr 2*$_montante+2*$_s4]
node 111 [expr $_traverso1*4+$_traverso2*3] [expr 2*$_montante+2*$_s4]
node 112 [expr $_traverso1*4+$_traverso2*4] [expr 2*$_montante+2*$_s4]
node 113 [expr $_traverso1*5+$_traverso2*4] [expr 2*$_montante+2*$_s4]
node 114 [expr $_traverso1*5+$_traverso2*5] [expr 2*$_montante+2*$_s4]
node 115 [expr $_traverso1*6+$_traverso2*5] [expr 2*$_montante+2*$_s4]

node 57 [expr $_traverso1+0.5*$_traverso2] [expr 2.5*$_montante-0.5*$_s3+2*$_s4]
node 58 [expr $_traverso1+0.5*$_traverso2] [expr 2.5*$_montante+0.5*$_s3+2*$_s4]
node 59 [expr $_traverso1*2+1.5*$_traverso2] [expr 2.5*$_montante-0.5*$_s3+2*$_s4]
node 60 [expr $_traverso1*2+1.5*$_traverso2] [expr 2.5*$_montante+0.5*$_s3+2*$_s4]
node 61 [expr $_traverso1*3+2.5*$_traverso2] [expr 2.5*$_montante-0.5*$_s3+2*$_s4]
node 62 [expr $_traverso1*3+2.5*$_traverso2] [expr 2.5*$_montante+0.5*$_s3+2*$_s4]
node 63 [expr $_traverso1*4+3.5*$_traverso2] [expr 2.5*$_montante-0.5*$_s3+2*$_s4]
node 64 [expr $_traverso1*4+3.5*$_traverso2] [expr 2.5*$_montante+0.5*$_s3+2*$_s4]
node 65 [expr $_traverso1*5+4.5*$_traverso2] [expr 2.5*$_montante-0.5*$_s3+2*$_s4]
node 66 [expr $_traverso1*5+4.5*$_traverso2] [expr 2.5*$_montante+0.5*$_s3+2*$_s4]

node 67 0.0 [expr 3*$_montante+2*$_s4]
node 68 $_traverso1 [expr 3*$_montante+2*$_s4]
node 69 [expr $_traverso1+$_traverso2] [expr 3*$_montante+2*$_s4]
node 70 [expr $_traverso1*2+$_traverso2] [expr 3*$_montante+2*$_s4]
node 71 [expr $_traverso1*2+$_traverso2*2] [expr 3*$_montante+2*$_s4]
node 72 [expr $_traverso1*3+$_traverso2*2] [expr 3*$_montante+2*$_s4]
node 73 [expr $_traverso1*3+$_traverso2*3] [expr 3*$_montante+2*$_s4]
node 74 [expr $_traverso1*4+$_traverso2*3] [expr 3*$_montante+2*$_s4]

```

```

node 75 [expr $l_traverso1*4+$l_traverso2*4] [expr 3*$l_montante+2*$l_s4]
node 76 [expr $l_traverso1*5+$l_traverso2*4] [expr 3*$l_montante+2*$l_s4]
node 77 [expr $l_traverso1*5+$l_traverso2*5] [expr 3*$l_montante+2*$l_s4]
node 78 [expr $l_traverso1*6+$l_traverso2*5] [expr 3*$l_montante+2*$l_s4]

```

#-----

#definizione dei materiali

telai in legno

set matID_legno 0

set E 1e9

uniaxialMaterial Elastic \$matID_legno \$E

#molla a taglio di base

set matID_s1 1

pinch_s1 \$matID_s1 \$l_s1

#molla a taglio interpiano

set matID_s11 11

pinch_s11 \$matID_s11

#giunto verticale

set matID_s3 3

pinch_s3 \$matID_s3 \$l_s3

#holdown NL

set matID_s4 4

pinch_s4 \$matID_s4 \$l_s4

molla solo compressione in parallelo con holdown

set matID_R 9

set E 0.2e7

uniaxialMaterial ENT \$matID_R \$E

#diagonali parete

set matID_s6 6

pinch_s6 \$matID_s6 \$l_montante \$l_traverso1

```

#-----
#definizione degli elementi
#*****
#ELEMENTI LIVELLO 0
#telaio pareti
element truss 1 1 2 1.0 $matID_legno
element truss 2 2 3 1.0 $matID_legno
element truss 3 3 4 1.0 $matID_legno
element truss 4 4 5 1.0 $matID_legno
#element truss 5 5 6 1.0 $matID_legno
#element truss 6 6 7 1.0 $matID_legno
#element truss 7 7 8 1.0 $matID_legno
element truss 8 8 9 1.0 $matID_legno
element truss 9 9 10 1.0 $matID_legno
element truss 10 10 11 1.0 $matID_legno
element truss 11 11 12 1.0 $matID_legno
element truss 12 1 23 1.0 $matID_legno
element truss 13 2 24 1.0 $matID_legno
element truss 14 3 25 1.0 $matID_legno
element truss 15 4 26 1.0 $matID_legno
element truss 16 5 27 1.0 $matID_legno
#element truss 17 6 28 1.0 $matID_legno
#element truss 18 7 29 1.0 $matID_legno
element truss 19 8 30 1.0 $matID_legno
element truss 20 9 31 1.0 $matID_legno
element truss 21 10 32 1.0 $matID_legno
element truss 22 11 33 1.0 $matID_legno
element truss 23 12 34 1.0 $matID_legno
element truss 24 23 24 1.0 $matID_legno
element truss 25 24 25 1.0 $matID_legno
element truss 26 25 26 1.0 $matID_legno
element truss 27 26 27 1.0 $matID_legno
element truss 28 27 900 1.0 $matID_legno
#element truss 29 28 29 1.0 $matID_legno
element truss 30 900 30 1.0 $matID_legno
element truss 31 30 31 1.0 $matID_legno

```


element truss 32 31 32 1.0 \$matID_legno
element truss 33 32 33 1.0 \$matID_legno
element truss 34 33 34 1.0 \$matID_legno

#diagonali per giunto verticale

element truss 801 2 14 1.0 \$matID_legno
element truss 802 13 25 1.0 \$matID_legno
element truss 803 3 13 1.0 \$matID_legno
element truss 804 14 24 1.0 \$matID_legno
element truss 805 4 16 1.0 \$matID_legno
element truss 806 15 27 1.0 \$matID_legno
element truss 807 5 15 1.0 \$matID_legno
element truss 808 16 26 1.0 \$matID_legno
#element truss 809 6 18 1.0 \$matID_legno
#element truss 810 17 29 1.0 \$matID_legno
#element truss 811 7 17 1.0 \$matID_legno
#element truss 812 18 28 1.0 \$matID_legno
element truss 813 8 20 1.0 \$matID_legno
element truss 814 19 31 1.0 \$matID_legno
element truss 815 9 19 1.0 \$matID_legno
element truss 816 20 30 1.0 \$matID_legno
element truss 817 10 22 1.0 \$matID_legno
element truss 818 21 33 1.0 \$matID_legno
element truss 819 11 21 1.0 \$matID_legno
element truss 820 22 32 1.0 \$matID_legno

#trave per apertura

element truss 103 27 901 1.0 \$matID_legno
element truss 104 30 901 1.0 \$matID_legno
element truss 105 900 901 1.0 \$matID_legno

#fissaggio alla base

element truss 110 1 79 1.0 \$matID_s1
element truss 111 12 116 1.0 \$matID_s1

#giunti verticali tra moduli parete

element truss 301 13 14 1.0 \$matID_s3
element truss 302 15 16 1.0 \$matID_s3
#element truss 303 17 18 1.0 \$matID_s3
element truss 304 19 20 1.0 \$matID_s3
element truss 305 21 22 1.0 \$matID_s3

#holdown NL

element truss 401 1 80 1.0 \$matID_s4
element truss 402 2 81 1.0 \$matID_s4
element truss 403 3 82 1.0 \$matID_s4
element truss 404 4 83 1.0 \$matID_s4
element truss 405 5 84 1.0 \$matID_s4
#element truss 406 6 85 1.0 \$matID_s4
#element truss 407 7 86 1.0 \$matID_s4
element truss 408 8 87 1.0 \$matID_s4
element truss 409 9 88 1.0 \$matID_s4
element truss 410 10 89 1.0 \$matID_s4
element truss 411 11 90 1.0 \$matID_s4
element truss 412 12 91 1.0 \$matID_s4

#holdown solo compressione

element truss 901 1 80 1.0 \$matID_R
element truss 902 2 81 1.0 \$matID_R
element truss 903 3 82 1.0 \$matID_R
element truss 904 4 83 1.0 \$matID_R
element truss 905 5 84 1.0 \$matID_R
#element truss 906 6 85 1.0 \$matID_R
#element truss 907 7 86 1.0 \$matID_R
element truss 908 8 87 1.0 \$matID_R
element truss 909 9 88 1.0 \$matID_R
element truss 910 10 89 1.0 \$matID_R
element truss 911 11 90 1.0 \$matID_R
element truss 912 12 91 1.0 \$matID_R

#diagonali NL pareti

element truss 601 1 24 1.0 \$matID_s6

element truss 602 2 23 1.0 \$matID_s6

element truss 603 3 26 1.0 \$matID_s6

element truss 604 4 25 1.0 \$matID_s6

#element truss 605 5 28 1.0 \$matID_s6

#element truss 606 6 27 1.0 \$matID_s6

#element truss 607 7 30 1.0 \$matID_s6

#element truss 608 8 29 1.0 \$matID_s6

element truss 609 9 32 1.0 \$matID_s6

element truss 610 10 31 1.0 \$matID_s6

element truss 611 11 34 1.0 \$matID_s6

element truss 612 12 33 1.0 \$matID_s6

#ELEMENTI LIVELLO 1

#telaio pareti

element truss 35 92 45 1.0 \$matID_legno

element truss 36 93 46 1.0 \$matID_legno

element truss 37 94 47 1.0 \$matID_legno

element truss 38 95 48 1.0 \$matID_legno

element truss 39 96 49 1.0 \$matID_legno

element truss 40 97 50 1.0 \$matID_legno

element truss 41 98 51 1.0 \$matID_legno

element truss 42 99 52 1.0 \$matID_legno

element truss 43 100 53 1.0 \$matID_legno

element truss 44 101 54 1.0 \$matID_legno

element truss 45 102 55 1.0 \$matID_legno

element truss 46 103 56 1.0 \$matID_legno

element truss 47 45 46 1.0 \$matID_legno

element truss 48 46 47 1.0 \$matID_legno

element truss 49 47 48 1.0 \$matID_legno

element truss 50 48 49 1.0 \$matID_legno

element truss 51 49 50 1.0 \$matID_legno

element truss 52 50 51 1.0 \$matID_legno

element truss 53 51 52 1.0 \$matID_legno

element truss 54 52 53 1.0 \$matID_legno

element truss 55 53 54 1.0 \$matID_legno
element truss 56 54 55 1.0 \$matID_legno
element truss 57 55 56 1.0 \$matID_legno

element truss 81 92 93 1.0 \$matID_legno
element truss 82 93 94 1.0 \$matID_legno
element truss 83 94 95 1.0 \$matID_legno
element truss 84 95 96 1.0 \$matID_legno
element truss 85 96 97 1.0 \$matID_legno
element truss 86 97 98 1.0 \$matID_legno
element truss 87 98 99 1.0 \$matID_legno
element truss 88 99 100 1.0 \$matID_legno
element truss 89 100 101 1.0 \$matID_legno
element truss 90 101 102 1.0 \$matID_legno
element truss 91 102 103 1.0 \$matID_legno

#diagonali per giunto verticale

element truss 821 93 36 1.0 \$matID_legno
element truss 822 35 47 1.0 \$matID_legno
element truss 823 94 35 1.0 \$matID_legno
element truss 824 36 46 1.0 \$matID_legno
element truss 825 95 38 1.0 \$matID_legno
element truss 826 37 49 1.0 \$matID_legno
element truss 827 96 37 1.0 \$matID_legno
element truss 828 38 48 1.0 \$matID_legno
element truss 829 97 40 1.0 \$matID_legno
element truss 830 39 51 1.0 \$matID_legno
element truss 831 98 39 1.0 \$matID_legno
element truss 832 40 50 1.0 \$matID_legno
element truss 833 99 42 1.0 \$matID_legno
element truss 834 41 53 1.0 \$matID_legno
element truss 835 100 41 1.0 \$matID_legno
element truss 836 42 52 1.0 \$matID_legno
element truss 837 101 44 1.0 \$matID_legno
element truss 838 43 55 1.0 \$matID_legno
element truss 839 102 43 1.0 \$matID_legno

element truss 840 44 54 1.0 \$matID_legno

#fissaggio interpiano

element truss 106 23 103 1.0 \$matID_s11

#giunti verticali tra moduli parete

element truss 306 35 36 1.0 \$matID_s3

element truss 307 37 38 1.0 \$matID_s3

element truss 308 39 40 1.0 \$matID_s3

element truss 309 41 42 1.0 \$matID_s3

element truss 310 43 44 1.0 \$matID_s3

#boldown NL

element truss 413 23 92 1.0 \$matID_s4

element truss 414 24 93 1.0 \$matID_s4

element truss 415 25 94 1.0 \$matID_s4

element truss 416 26 95 1.0 \$matID_s4

element truss 417 27 96 1.0 \$matID_s4

element truss 418 900 97 1.0 \$matID_s4

element truss 419 900 98 1.0 \$matID_s4

element truss 420 30 99 1.0 \$matID_s4

element truss 421 31 100 1.0 \$matID_s4

element truss 422 32 101 1.0 \$matID_s4

element truss 423 33 102 1.0 \$matID_s4

element truss 424 34 103 1.0 \$matID_s4

#boldown solo compressione

element truss 913 23 92 1.0 \$matID_s4

element truss 914 24 93 1.0 \$matID_s4

element truss 915 25 94 1.0 \$matID_s4

element truss 916 26 95 1.0 \$matID_s4

element truss 917 27 96 1.0 \$matID_s4

element truss 918 900 97 1.0 \$matID_s4

element truss 919 900 98 1.0 \$matID_s4

element truss 920 30 99 1.0 \$matID_s4

element truss 921 31 100 1.0 \$matID_s4

element truss 922 32 101 1.0 \$matID_s4
element truss 923 33 102 1.0 \$matID_s4
element truss 924 34 103 1.0 \$matID_s4

#diagonali NL pareti

element truss 613 92 46 1.0 \$matID_s6
element truss 614 93 45 1.0 \$matID_s6
#element truss 615 94 48 1.0 \$matID_s6
#element truss 616 95 47 1.0 \$matID_s6
element truss 617 96 50 1.0 \$matID_s6
element truss 618 97 49 1.0 \$matID_s6
element truss 619 98 52 1.0 \$matID_s6
element truss 620 99 51 1.0 \$matID_s6
#element truss 621 100 54 1.0 \$matID_s6
#element truss 622 101 53 1.0 \$matID_s6
element truss 623 102 56 1.0 \$matID_s6
element truss 624 103 55 1.0 \$matID_s6

#####

#ELEMENTI LIVELLO 2

#telaio pareti

element truss 58 45 67 1.0 \$matID_legno
element truss 59 46 68 1.0 \$matID_legno
element truss 60 47 69 1.0 \$matID_legno
element truss 61 48 70 1.0 \$matID_legno
element truss 62 49 71 1.0 \$matID_legno
element truss 63 50 72 1.0 \$matID_legno
element truss 64 51 73 1.0 \$matID_legno
element truss 65 52 74 1.0 \$matID_legno
element truss 66 53 75 1.0 \$matID_legno
element truss 67 54 76 1.0 \$matID_legno
element truss 68 55 77 1.0 \$matID_legno
element truss 69 56 78 1.0 \$matID_legno
element truss 70 67 68 1.0 \$matID_legno
element truss 71 68 69 1.0 \$matID_legno
element truss 72 69 70 1.0 \$matID_legno
element truss 73 70 71 1.0 \$matID_legno

element truss 74 71 72 1.0 \$matID_legno
element truss 75 72 73 1.0 \$matID_legno
element truss 76 73 74 1.0 \$matID_legno
element truss 77 74 75 1.0 \$matID_legno
element truss 78 75 76 1.0 \$matID_legno
element truss 79 76 77 1.0 \$matID_legno
element truss 80 77 78 1.0 \$matID_legno

element truss 92 104 105 1.0 \$matID_legno
element truss 93 105 106 1.0 \$matID_legno
element truss 94 106 107 1.0 \$matID_legno
element truss 95 107 108 1.0 \$matID_legno
element truss 96 108 109 1.0 \$matID_legno
element truss 97 109 110 1.0 \$matID_legno
element truss 98 110 111 1.0 \$matID_legno
element truss 99 111 112 1.0 \$matID_legno
element truss 100 112 113 1.0 \$matID_legno
element truss 101 113 114 1.0 \$matID_legno
element truss 102 114 115 1.0 \$matID_legno

#diagonali per giunto verticale

element truss 841 105 58 1.0 \$matID_legno
element truss 842 57 69 1.0 \$matID_legno
element truss 843 106 57 1.0 \$matID_legno
element truss 844 58 68 1.0 \$matID_legno
element truss 845 107 60 1.0 \$matID_legno
element truss 846 59 71 1.0 \$matID_legno
element truss 847 108 59 1.0 \$matID_legno
element truss 848 60 70 1.0 \$matID_legno
element truss 849 109 62 1.0 \$matID_legno
element truss 850 61 73 1.0 \$matID_legno
element truss 851 110 61 1.0 \$matID_legno
element truss 852 62 72 1.0 \$matID_legno
element truss 853 111 64 1.0 \$matID_legno
element truss 854 63 75 1.0 \$matID_legno
element truss 855 112 63 1.0 \$matID_legno

element truss 856 64 74 1.0 \$matID_legno
element truss 857 113 66 1.0 \$matID_legno
element truss 858 65 77 1.0 \$matID_legno
element truss 859 114 65 1.0 \$matID_legno
element truss 860 66 76 1.0 \$matID_legno

#fissaggio interpiano

element truss 107 45 115 1.0 \$matID_s11

#giunti verticali tra moduli parete

element truss 311 57 58 1.0 \$matID_s3
element truss 312 59 60 1.0 \$matID_s3
element truss 313 61 62 1.0 \$matID_s3
element truss 314 63 64 1.0 \$matID_s3
element truss 315 65 66 1.0 \$matID_s3

#holdown NL

element truss 425 45 104 1.0 \$matID_s4
element truss 426 46 105 1.0 \$matID_s4
element truss 427 47 106 1.0 \$matID_s4
element truss 428 48 107 1.0 \$matID_s4
element truss 429 49 108 1.0 \$matID_s4
element truss 430 50 109 1.0 \$matID_s4
element truss 431 51 110 1.0 \$matID_s4
element truss 432 52 111 1.0 \$matID_s4
element truss 433 53 112 1.0 \$matID_s4
element truss 434 54 113 1.0 \$matID_s4
element truss 435 55 114 1.0 \$matID_s4
element truss 436 56 115 1.0 \$matID_s4

#holdown solo compressione

element truss 925 45 104 1.0 \$matID_s4
element truss 926 46 105 1.0 \$matID_s4
element truss 927 47 106 1.0 \$matID_s4
element truss 928 48 107 1.0 \$matID_s4
element truss 929 49 108 1.0 \$matID_s4

element truss 930 50 109 1.0 \$matID_s4
element truss 931 51 110 1.0 \$matID_s4
element truss 932 52 111 1.0 \$matID_s4
element truss 933 53 112 1.0 \$matID_s4
element truss 934 54 113 1.0 \$matID_s4
element truss 935 55 114 1.0 \$matID_s4
element truss 936 56 115 1.0 \$matID_s4

#diagonali NL pareti

element truss 625 104 68 1.0 \$matID_s6
element truss 626 105 67 1.0 \$matID_s6
#element truss 627 106 70 1.0 \$matID_s6
#element truss 628 107 69 1.0 \$matID_s6
element truss 629 108 72 1.0 \$matID_s6
element truss 630 109 71 1.0 \$matID_s6
element truss 631 110 74 1.0 \$matID_s6
element truss 632 111 73 1.0 \$matID_s6
#element truss 633 112 76 1.0 \$matID_s6
#element truss 634 113 75 1.0 \$matID_s6
element truss 635 114 78 1.0 \$matID_s6
element truss 636 115 77 1.0 \$matID_s6

#-----

#definizione dei nodi vincolati

fix 79 1 1
fix 80 1 1
fix 81 1 1
fix 82 1 1
fix 83 1 1
fix 84 1 1
fix 85 1 1
fix 86 1 1
fix 87 1 1
fix 88 1 1
fix 89 1 1
fix 90 1 1
fix 91 1 1

fix 116 1 1

#-----

#applicazione delle masse

mass 23 \$mL0 \$mL0;

mass 24 \$mL0 \$mL0;

mass 25 \$mL0 \$mL0;

mass 26 \$mL0 \$mL0;

mass 27 \$mL0 \$mL0;

mass 30 \$mL0 \$mL0;

mass 31 \$mL0 \$mL0;

mass 32 \$mL0 \$mL0;

mass 33 \$mL0 \$mL0;

mass 34 \$mL0 \$mL0;

mass 45 \$mL1 \$mL1;

mass 46 \$mL1 \$mL1;

mass 47 \$mL1 \$mL1;

mass 48 \$mL1 \$mL1;

mass 49 \$mL1 \$mL1;

mass 50 \$mL1 \$mL1;

mass 51 \$mL1 \$mL1;

mass 52 \$mL1 \$mL1;

mass 53 \$mL1 \$mL1;

mass 54 \$mL1 \$mL1;

mass 55 \$mL1 \$mL1;

mass 56 \$mL1 \$mL1;

mass 67 \$mL2 \$mL2;

mass 68 \$mL2 \$mL2;

mass 69 \$mL2 \$mL2;

mass 71 \$mL2 \$mL2;

mass 72 \$mL2 \$mL2;

mass 73 \$mL2 \$mL2;

mass 74 \$mL2 \$mL2;

mass 75 \$mL2 \$mL2;

mass 76 \$mL2 \$mL2;

```

mass 77 $mL2 $mL2;
mass 78 $mL2 $mL2;
#-----
#output dei dati
#-----SPOSTAMENTI-----
#spostamenti nodi di livello
recorder Node -file th/completi/a.txt -node 78 -dof 1 disp;      #file di supporto a visual basic
recorder Node -file th/completi/disp_n23.txt -time -node 23 -dof 1 2 disp;
#recorder Node -file th/completi/disp_n34.txt -node 34 -dof 1 2 disp;
recorder Node -file th/completi/disp_n45.txt -node 45 -dof 1 2 disp;
#recorder Node -file th/completi/disp_n56.txt -node 56 -dof 1 2 disp;
recorder Node -file th/completi/disp_n67.txt -node 67 -dof 1 2 disp;
#recorder Node -file th/completi/disp_n78.txt -node 78 -dof 1 2 disp;

#drift nodi interpiano
recorder Drift -file th/completi/drift_1-23.txt -iNode 1 -jNode 23 -dof 1 -perpDirn 2
#recorder Drift -file th/completi/drift_12-34.txt -iNode 12 -jNode 34 -dof 1 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_23-45.txt -iNode 23 -jNode 45 -dof 1 -perpDirn 2
#recorder Drift -file th/completi/drift_34-56.txt -iNode 34 -jNode 56 -dof 1 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_45-67.txt -iNode 45 -jNode 67 -dof 1 -perpDirn 2
#recorder Drift -file th/completi/drift_56-78.txt -iNode 56 -jNode 78 -dof 1 -perpDirn 2

#drift nodi di piano
recorder Drift -file th/completi/drift_23-103.txt -iNode 23 -jNode 103 -dof 1 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_45-115.txt -iNode 45 -jNode 115 -dof 1 -perpDirn 2

#spostamenti nodi alla base - holdown livello 0
recorder Node -file th/completi/disp_n1.txt -time -node 1 -dof 1 2 disp;
recorder Node -file th/completi/disp_n2.txt -node 2 -dof 1 2 disp;
recorder Node -file th/completi/disp_n3.txt -node 3 -dof 1 2 disp;
recorder Node -file th/completi/disp_n4.txt -node 4 -dof 1 2 disp;
recorder Node -file th/completi/disp_n5.txt -node 5 -dof 1 2 disp;
recorder Node -file th/completi/disp_n8.txt -node 8 -dof 1 2 disp;
recorder Node -file th/completi/disp_n9.txt -node 9 -dof 1 2 disp;
recorder Node -file th/completi/disp_n10.txt -node 10 -dof 1 2 disp;
recorder Node -file th/completi/disp_n11.txt -node 11 -dof 1 2 disp;

```

recorder Node -file th/completi/disp_n12.txt -node 12 -dof 1 2 disp;

#drift holdown livello 1

recorder Drift -file th/completi/drift_23-92.txt -time -iNode 23 -jNode 92 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_24-93.txt -iNode 24 -jNode 93 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_25-94.txt -iNode 25 -jNode 94 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_26-95.txt -iNode 26 -jNode 95 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_27-96.txt -iNode 27 -jNode 96 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_900-97.txt -iNode 900 -jNode 97 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_900-98.txt -iNode 900 -jNode 97 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_30-99.txt -iNode 30 -jNode 99 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_31-100.txt -iNode 31 -jNode 100 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_32-101.txt -iNode 32 -jNode 101 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_33-102.txt -iNode 33 -jNode 102 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_34-103.txt -iNode 34 -jNode 103 -dof 2 -perpDirn 2

#drift holdown livello 2

recorder Drift -file th/completi/drift_45-104.txt -time -iNode 45 -jNode 104 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_46-105.txt -iNode 46 -jNode 105 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_47-106.txt -iNode 47 -jNode 106 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_48-107.txt -iNode 48 -jNode 107 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_49-108.txt -iNode 49 -jNode 108 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_50-109.txt -iNode 50 -jNode 109 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_51-110.txt -iNode 51 -jNode 110 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_52-111.txt -iNode 52 -jNode 111 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_53-112.txt -iNode 53 -jNode 112 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_54-113.txt -iNode 54 -jNode 113 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_55-114.txt -iNode 55 -jNode 114 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_56-115.txt -iNode 56 -jNode 115 -dof 2 -perpDirn 2

#drift giunti verticali tra moduli parete

recorder Drift -file th/completi/drift_13-14.txt -time -iNode 13 -jNode 14 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_15-16.txt -iNode 15 -jNode 16 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_19-20.txt -iNode 19 -jNode 20 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_21-22.txt -iNode 21 -jNode 22 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_35-36.txt -iNode 35 -jNode 36 -dof 2 -perpDirn 2

recorder Drift -file th/completi/drift_37-38.txt -iNode 37 -jNode 38 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_39-40.txt -iNode 39 -jNode 40 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_41-42.txt -iNode 41 -jNode 42 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_43-44.txt -iNode 43 -jNode 44 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_57-58.txt -iNode 57 -jNode 58 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_59-60.txt -iNode 59 -jNode 60 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_61-62.txt -iNode 61 -jNode 62 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_63-64.txt -iNode 63 -jNode 64 -dof 2 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_65-66.txt -iNode 65 -jNode 66 -dof 2 -perpDirn 2

#drift diagonali livello 0

recorder Drift -file th/completi/drift_1-24.txt -time -iNode 1 -jNode 24 -dof 1 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_2-23.txt -iNode 2 -jNode 23 -dof 1 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_3-26.txt -iNode 3 -jNode 26 -dof 1 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_4-25.txt -iNode 4 -jNode 25 -dof 1 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_9-32.txt -iNode 9 -jNode 32 -dof 1 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_10-31.txt -iNode 10 -jNode 31 -dof 1 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_11-34.txt -iNode 11 -jNode 34 -dof 1 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_12-33.txt -iNode 12 -jNode 33 -dof 1 -perpDirn 2

#drift diagonali livello 1

recorder Drift -file th/completi/drift_92-46.txt -time -iNode 92 -jNode 46 -dof 1 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_93-45.txt -iNode 93 -jNode 45 -dof 1 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_96-50.txt -iNode 96 -jNode 50 -dof 1 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_97-49.txt -iNode 97 -jNode 49 -dof 1 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_98-52.txt -iNode 98 -jNode 52 -dof 1 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_99-51.txt -iNode 99 -jNode 51 -dof 1 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_102-56.txt -iNode 102 -jNode 56 -dof 1 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_103-55.txt -iNode 103 -jNode 55 -dof 1 -perpDirn 2

#drift diagonali livello 2

recorder Drift -file th/completi/drift_104-68.txt -time -iNode 104 -jNode 68 -dof 1 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_105-67.txt -iNode 105 -jNode 67 -dof 1 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_108-72.txt -iNode 108 -jNode 72 -dof 1 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_109-71.txt -iNode 109 -jNode 71 -dof 1 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_110-74.txt -iNode 110 -jNode 74 -dof 1 -perpDirn 2

```
recorder Drift -file th/completi/drift_111-73.txt -iNode 111 -jNode 73 -dof 1 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_114-78.txt -iNode 114 -jNode 78 -dof 1 -perpDirn 2
recorder Drift -file th/completi/drift_115-77.txt -iNode 115 -jNode 77 -dof 1 -perpDirn 2
```

```
#-----FORZE-----
```

```
#reazioni nodi alla base orizzontali
```

```
recorder Node -file th/completi/react_n79.txt -time -node 79 -dof 1 reaction;
recorder Node -file th/completi/react_n116.txt -node 116 -dof 1 reaction;
```

```
#forze elementi a taglio interpiano
```

```
recorder Element -file th/completi/Ftruss_106.txt -ele 106 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_107.txt -ele 107 globalForce;
```

```
#reazioni nodi alla base verticali - holdown livello 0
```

```
recorder Node -file th/completi/react_n80.txt -time -node 80 -dof 2 reaction;
recorder Node -file th/completi/react_n81.txt -node 81 -dof 2 reaction;
recorder Node -file th/completi/react_n82.txt -node 82 -dof 2 reaction;
recorder Node -file th/completi/react_n83.txt -node 83 -dof 2 reaction;
recorder Node -file th/completi/react_n84.txt -node 84 -dof 2 reaction;
recorder Node -file th/completi/react_n87.txt -node 87 -dof 2 reaction;
recorder Node -file th/completi/react_n88.txt -node 88 -dof 2 reaction;
recorder Node -file th/completi/react_n89.txt -node 89 -dof 2 reaction;
recorder Node -file th/completi/react_n90.txt -node 90 -dof 2 reaction;
recorder Node -file th/completi/react_n91.txt -node 91 -dof 2 reaction;
```

```
#forze holdown livello 1
```

```
recorder Element -file th/completi/Ftruss_413.txt -time -ele 413 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_414.txt -ele 414 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_415.txt -ele 415 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_416.txt -ele 416 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_417.txt -ele 417 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_418.txt -ele 418 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_419.txt -ele 419 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_420.txt -ele 420 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_421.txt -ele 421 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_422.txt -ele 422 globalForce;
```

recorder Element -file th/completi/Ftruss_423.txt -ele 423 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_424.txt -ele 424 globalForce;

#forze holdown livello 2

recorder Element -file th/completi/Ftruss_425.txt -time -ele 425 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_426.txt -ele 426 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_427.txt -ele 427 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_428.txt -ele 428 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_429.txt -ele 429 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_430.txt -ele 430 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_431.txt -ele 431 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_432.txt -ele 432 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_433.txt -ele 433 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_434.txt -ele 434 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_435.txt -ele 435 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_436.txt -ele 436 globalForce;

#forze giunti verticali tra moduli parete

recorder Element -file th/completi/Ftruss_301.txt -time -ele 301 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_302.txt -ele 302 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_304.txt -ele 304 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_305.txt -ele 305 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_306.txt -ele 306 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_307.txt -ele 307 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_308.txt -ele 308 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_309.txt -ele 309 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_310.txt -ele 310 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_311.txt -ele 311 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_312.txt -ele 312 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_313.txt -ele 313 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_314.txt -ele 314 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_315.txt -ele 315 globalForce;

#forze diagonali livello 0

recorder Element -file th/completi/Ftruss_601.txt -time -ele 601 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_602.txt -ele 602 globalForce;

```
recorder Element -file th/completi/Ftruss_603.txt -ele 603 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_604.txt -ele 604 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_609.txt -ele 609 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_610.txt -ele 610 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_611.txt -ele 611 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_612.txt -ele 612 globalForce;
```

#forze diagonali livello 1

```
recorder Element -file th/completi/Ftruss_613.txt -time -ele 613 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_614.txt -ele 614 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_617.txt -ele 617 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_618.txt -ele 618 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_619.txt -ele 619 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_620.txt -ele 620 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_623.txt -ele 623 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_624.txt -ele 624 globalForce;
```

#forze diagonali livello 2

```
recorder Element -file th/completi/Ftruss_625.txt -time -ele 625 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_626.txt -ele 626 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_629.txt -ele 629 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_630.txt -ele 630 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_631.txt -ele 631 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_632.txt -ele 632 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_635.txt -ele 635 globalForce;
recorder Element -file th/completi/Ftruss_636.txt -ele 636 globalForce;
```

#-----VELOCITA'-----

```
recorder Node -file th/completi/vel_n23.txt -time -node 23 -dof 1 vel;
#recorder Node -file th/completi/vel_n34.txt -time -node 34 -dof 1 vel;
recorder Node -file th/completi/vel_n45.txt -node 45 -dof 1 vel;
#recorder Node -file th/completi/vel_n56.txt -node 56 -dof 1 vel;
recorder Node -file th/completi/vel_n67.txt -node 67 -dof 1 vel;
#recorder Node -file th/completi/vel_n78.txt -node 78 -dof 1 vel;
```



```

#-----
#Istruzioni di grafica per la visualizzazione
recorder display "Model" 10 10 1000 1000 -wipe
prp 8000 8000 0;
vup 0 0 1;
vpn 0 -1 1;
viewWindow -8000 8000 -8000 8000;
display 1 2 10;
#-----
# Applicazione carichi verticali
pattern Plain 1 Linear {
load 23 0 [expr $mL0*$g];
load 24 0 [expr $mL0*$g];
load 25 0 [expr $mL0*$g];
load 26 0 [expr $mL0*$g];
load 27 0 [expr $mL0*$g];
load 30 0 [expr $mL0*$g];
load 31 0 [expr $mL0*$g];
load 32 0 [expr $mL0*$g];
load 33 0 [expr $mL0*$g];
load 34 0 [expr $mL0*$g];

load 45 0 [expr $mL1*$g];
load 46 0 [expr $mL1*$g];
load 47 0 [expr $mL1*$g];
load 48 0 [expr $mL1*$g];
load 49 0 [expr $mL1*$g];
load 50 0 [expr $mL1*$g];
load 51 0 [expr $mL1*$g];
load 52 0 [expr $mL1*$g];
load 53 0 [expr $mL1*$g];
load 54 0 [expr $mL1*$g];
load 55 0 [expr $mL1*$g];
load 56 0 [expr $mL1*$g];

load 67 0 [expr $mL2*$g];

```

```

load 68 0 [expr $mL2*$g];
load 69 0 [expr $mL2*$g];
load 70 0 [expr $mL2*$g];
load 71 0 [expr $mL2*$g];
load 72 0 [expr $mL2*$g];
load 73 0 [expr $mL2*$g];
load 74 0 [expr $mL2*$g];
load 75 0 [expr $mL2*$g];
load 76 0 [expr $mL2*$g];
load 77 0 [expr $mL2*$g];
load 78 0 [expr $mL2*$g];
}
#-----
# ANALISI
#Dichiarazione dei parametri per l'analisi
set Tol 1.0e-5
set Niter 1000
constraints Transformation
numberer RCM
system BandGeneral
test NormDispIncr $Tol $Niter 0
test EnergyIncr $Tol $Niter 0 ;
algorithm NewtonLineSearch 0.5
set NstepGravity 5
set DGravity [expr 1./$NstepGravity]
integrator LoadControl $DGravity
analysis Static
analyze $NstepGravity
#-----
#TIME HISTORY
#Azzeramento della variabile temporale
loadConst -time 0.0

#Dichiarazione tolleranza e numero di iterazioni massime per arrivare a convergenza
set Tol 5e-2
set Niter 100000

```

```

#Dichiarazione dei parametri per l'analisi
wipeAnalysis
constraints Plain
numberer Plain
system BandGeneral
test NormDispIncr $Tol $Niter 0 ;
algorithm Newton;
integrator Newmark 0.5 0.25

#Definizione dei parametri di damping
set xDamp 0.02
set lambda1 [eigen 1]
set omega1 [expr pow($lambda1,0.5)];
set offset 4; # due hZ più del 1o modo
set omega2 [expr ($omega1/6.28+$offset)*6.28]
puts "1a frequenza =[expr $omega1/6.28]"
puts "2a frequenza =[expr $omega2/6.28]"
set alphaM [expr ($omega1*$omega2*2*$xDamp)/($omega1+$omega2)];
set betaKcurr 0.0
set betaKcomm [expr (2*$xDamp)/($omega1+$omega2)]
puts "alphaM = $alphaM"
puts "betaKcomm = $betaKcomm"
set betaKinit 0
rayleigh $alphaM $betaKcurr $betaKinit $betaKcomm; # RAYLEIGH damping
#-----
#Definizione dei parametri dell'accelerogramma da utilizzare, passo d'integrazione e durata dell'analisi
analysis Transient
set AccelX "Series -dt 0.01 -filePath accelerogrammi/Serie2/acc_0.25_2-1.th -factor 800.0";
pattern UniformExcitation 4000 1 -accel $AccelX;
set DtAnalysis 0.0001
set TmaxAnalysis 25
set Nsteps [expr int($TmaxAnalysis/$DtAnalysis)];
analyze $Nsteps $DtAnalysis

puts "Analisi dinamica non lineare completata"

```

```

#-----
#PUSH-OVER
#Azzzeramento della variabile temporale
loadConst -time 0.0

#definizione di nodo di applicazione, valore e direzione della forza
#indice del nodo su cui è applicata la forza
set node_force0 34
set node_force1 56
set node_force2 78
#valore della forza applicata al nodo
#Andamento costante
set value_FX0 [expr $M_L0*100.0]
set value_FX1 [expr $M_L1*100.0]
set value_FX2 [expr $M_L2*100.0]
#Andamento lineare
#set value_FX0 1.0
#set value_FX1 2.0
#set value_FX2 3.0
#grado di libertà del nodo a cui si applica la forza (X=1, Y=2)
set dof_F 1

#spostamento massimo del nodo
set d_max 360

#passo di incremento dello spostamento
set passo 0.1

#Chiamata alla funzione che svolge l'analisi in controllo di spostamento
push_DispCtrl $node_force0 $node_force1 $node_force2 $value_FX0 $value_FX1 $value_FX2
$dof_F $d_max $passo

puts "Analisi statica non lineare completata"

```

A.16 - PINCH_S11

```
proc pinch_s11 {matID} {  
  
  #creazione del vettore di tensioni positive e negative  
  #stress1 stress2 stress3 stress4  
  
  set pEnvelopeStress [list [expr 28.12e3*3.0] [expr 46.00e3*3.0] [expr 74.42e3*3.0] [expr 130.23e3*3.0]]  
  
  set nEnvelopeStress [list [expr -28.12e3*3.0] [expr -46.00e3*3.0] [expr -74.42e3*3.0] [expr -130.23e3*3.0]]  
  
  #creazione del vettore di deformazioni positive e negative  
  #strain1 strain2 strain3 strain4  
  
  set pEnvelopeStrain [list [expr 0.05/6500.0] [expr 0.50/6500.0] [expr 1.21/6500.0] [expr 2.61/6500.0]]  
  
  set nEnvelopeStrain [list [expr -0.05/6500.0] [expr -0.50/6500.0] [expr -1.21/6500.0] [expr -2.61/6500.0]]  
  
  #rapporto della deformazione massima a cui inizia il ricarico  
  #Pos_env. Neg_env.  
  set rDisp [list 0.58 0.58]  
  
  #Rapporto della forza (corrispondente alla massima deformazione) a cui inizia il ricarico  
  #Pos_env. Neg_env.  
  set rForce [list 0.32 0.32]  
  
  #Rapporto della forza della curva monotona che si sviluppa allo scarico  
  #Pos_env. Neg_env.  
  set uForce [list -0.215 -0.215]  
  
  #Coefficienti di danno sulla rigidezza allo scarico  
  #gammaK1 gammaK2 gammaK3 gammaK4 gammaKLimit  
  set gammaK [list -1.5 1 -0.08 0.25 5]  
  
  #Coefficienti di danno sulla rigidezza di ricarico  
  #gammaD1 gammaD2 gammaD3 gammaD4 gammaDLimit  
  set gammaD [list 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0]  
  
  #Coefficienti di danno sulla resistenza  
  #gammaF1 gammaF2 gammaF3 gammaF4 gammaFLimit  
  set gammaF [list 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0]
```

```

#Danno massimo

set gammaE 100

#Tipologia di danno (option: "energy", "cycle")
set dam "cycle"

#creazione del comportamento del materiale

uniaxialMaterial Pinching4 $matID [lindex $pEnvelopeStress 0] [lindex $pEnvelopeStrain 0]
[lindex $pEnvelopeStress 1] [lindex $pEnvelopeStrain 1] [lindex $pEnvelopeStress 2] [lindex
$pEnvelopeStrain 2] [lindex $pEnvelopeStress 3] [lindex $pEnvelopeStrain 3] [lindex
$nEnvelopeStress 0] [lindex $nEnvelopeStrain 0] [lindex $nEnvelopeStress 1] [lindex
$nEnvelopeStrain 1] [lindex $nEnvelopeStress 2] [lindex $nEnvelopeStrain 2] [lindex
$nEnvelopeStress 3] [lindex $nEnvelopeStrain 3] [lindex $rDisp 0] [lindex $rForce 0] [lindex
$uForce 0] [lindex $rDisp 1] [lindex $rForce 1] [lindex $uForce 1] [lindex $gammaK 0] [lindex
$gammaK 1] [lindex $gammaK 2] [lindex $gammaK 3] [lindex $gammaK 4] [lindex $gammaD 0]
[lindex $gammaD 1] [lindex $gammaD 2] [lindex $gammaD 3] [lindex $gammaD 4] [lindex
$gammaF 0] [lindex $gammaF 1] [lindex $gammaF 2] [lindex $gammaF 3] [lindex $gammaF 4]
$gammaE $dam

puts "pinch_s11"
}

```

A.17 - PUSH_DISPCTRL

```

proc push_Dispctrl {node_force0 node_force1 node_force2 value_FX0 value_FX1 value_FX2
dof_F d_max passo} {

```

```

#Azzeramento della variabile temporale

```

```

loadConst -time 0.0

```

```

#Applicazione del carico di tipo lineare

```

```

pattern Plain 2 Linear {
load $node_force0 $value_FX0 0
load $node_force1 $value_FX1 0
load $node_force2 $value_FX2 0
}

```

```

#Dichiarazione dei parametri per l'analisi

```

```

constraints Plain

```

```

numberer Plain

```

```
system BandGeneral
test NormDispIncr 1.0e-6 1000
algorithm Newton
```

#Analisi in controllo di spostamento: definizione del nodo di applicazione, direzione dello spostamento e passo di integrazione

```
integrator DisplacementControl $node_force0 $dof_F $passo
integrator DisplacementControl $node_force1 $dof_F $passo
integrator DisplacementControl $node_force2 $dof_F $passo
analysis Static;
```

#Definizione del numero di passi di integrazione da compiere

```
set appo [expr int($d_max/$passo)]
analyze $appo
```

```
puts " Push_DispCtrl"
}
```

APPENDICE B – VISUAL BASIC

B.1 - IL PROGRAMMA COMPRIMI TXT

Il programma “comprimi txt” è un programma che legge tutti i file txt della cartella specificata e crea un file txt in una diversa cartella. Il file creato ha la caratteristica di avere una frazione dei dati originali. Tale frazione viene specificata in ingresso. Le rimanenti textbox servono al fine di togliere i primi dati dei file txt di input in quanto “sporchi” e di stabilire una variabile che ha lo scopo di decidere quanti file al massimo di input ci sono. Il codice Visual Basic è sotto riportato:

```
Private Sub Comprimitxt_Click()
    Dim matr(300000, 200) As String
    Dim i, j, n_righe As Double
    Dim Nome_file, numero As String
    Dim n_file, step_dati, step_file, err_righe As Integer

    step_dati = Text1.Text
    err_righe = Text2.Text
    step_file = Text3.Text

    Nome_file = Dir(App.Path & "\completi\", vbNormal)

    n_file = 1
    Do While Nome_file <> ""
        If n_file <> 1 Then
            Open App.Path & "\completi\" & Nome_file For Input As #n_file
            Open App.Path & "\ridotti\" & Nome_file For Output As #n_file + step_file
            End If
            Nome_file = Dir()
            n_file = n_file + 1
        Loop

        For j = 1 To err_righe
            For i = 2 To n_file - 1
```

```

        Line Input #i, numero
    Next
Next

n_righe = 1

Open App.Path & "\\completi\a.txt" & Nome_file For Input As #1
Do Until EOF(1)
    Input #1, numero
    n_righe = n_righe + 1
Loop
Close #1

n_righe = n_righe - 6

For j = 1 To n_righe
    For i = 2 To n_file - 1
        Line Input #i, numero
        If j Mod step_dati = 0 Then
            Print #i + step_file, numero
        End If
    Next
Next

Next

For i = 2 To n_file - 1
    Close #i
    Close #i + step_file
Next

MsgBox "OK"

End Sub

```

B.2 - MACRO IN VISUAL BASIC PER L'EXCEL

Le macro in visual basic sono state utilizzate nel lavoro di trattamento dei dati sperimentali. Benchè esse non siano citate hanno comunque svolto un ruolo fondamentale di ottimizzazione del lavoro mediante foglio excel. In particolare esse sono state create per fornire una dinamicità al foglio di calcolo, così da poterlo utilizzare nel modo più semplice possibile per eventuali ulteriori prove o trattamento di dati.

FUNZIONE TROVA CELLA

La funzione *trovacella()* serve a ricavare la posizione nel foglio excel dei dati cercati. Essa è utilizzata per conoscere il numero di riga nel foglio di calcolo del valore di inizio e fine del ciclo di carico o scarico.

```
Private Function trovacella(vett, limite)
Dim i As Integer
i = limite
Do
If (vett(i) = "A" And vett(i + 1) = "B") Or (vett(i) = "B" And vett(i + 1) = "A") Then
trovacella = i
i = 12001
End If
i = i + 1
Loop While i < 12000
End Function
```

FUNZIONE MAX_DISP

La funzione *max_disp()* serve a ricavare lo spostamento massimo di ogni ciclo di carico o scarico.

```
Private Function max_disp(matrice, limite_inf, limite_sup, col_forza, col_spost)
Dim i As Integer
max_disp = matrice(limite_inf - 1, col_spost)
For i = limite_inf - 1 To limite_sup - 1
If Abs(matrice(i, col_spost)) > Abs(max_disp) Then
max_disp = matrice(i, col_spost)
End If
```

Next

End Function

FUNZIONE MAX_FORCE

La funzione max_force() serve a ricavare lo spostamento massimo di ogni ciclo di carico o scarico.

```
Private Function max_force(matrice, limite_inf, limite_sup, col_forza, col_spost)
```

```
Dim i As Integer
```

```
Dim appo As Double
```

```
appo = matrice(limite_inf - 1, col_spost)
```

```
For i = limite_inf - 1 To limite_sup - 1
```

```
    If Abs(matrice(i, col_spost)) > Abs(appo) Then
```

```
        appo = matrice(i, col_spost)
```

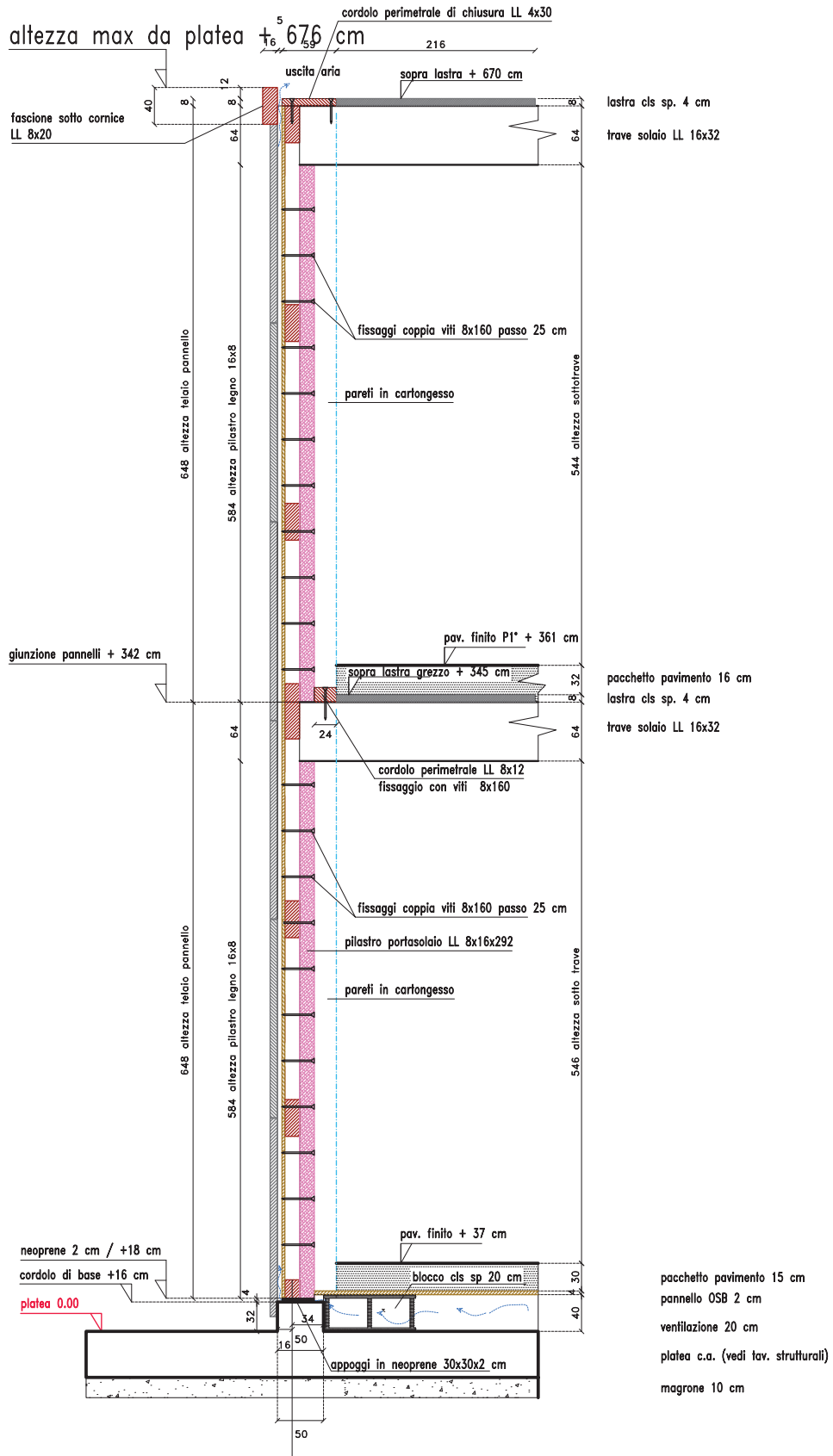
```
        max_force = matrice(i, col_forza)
```

```
    End If
```

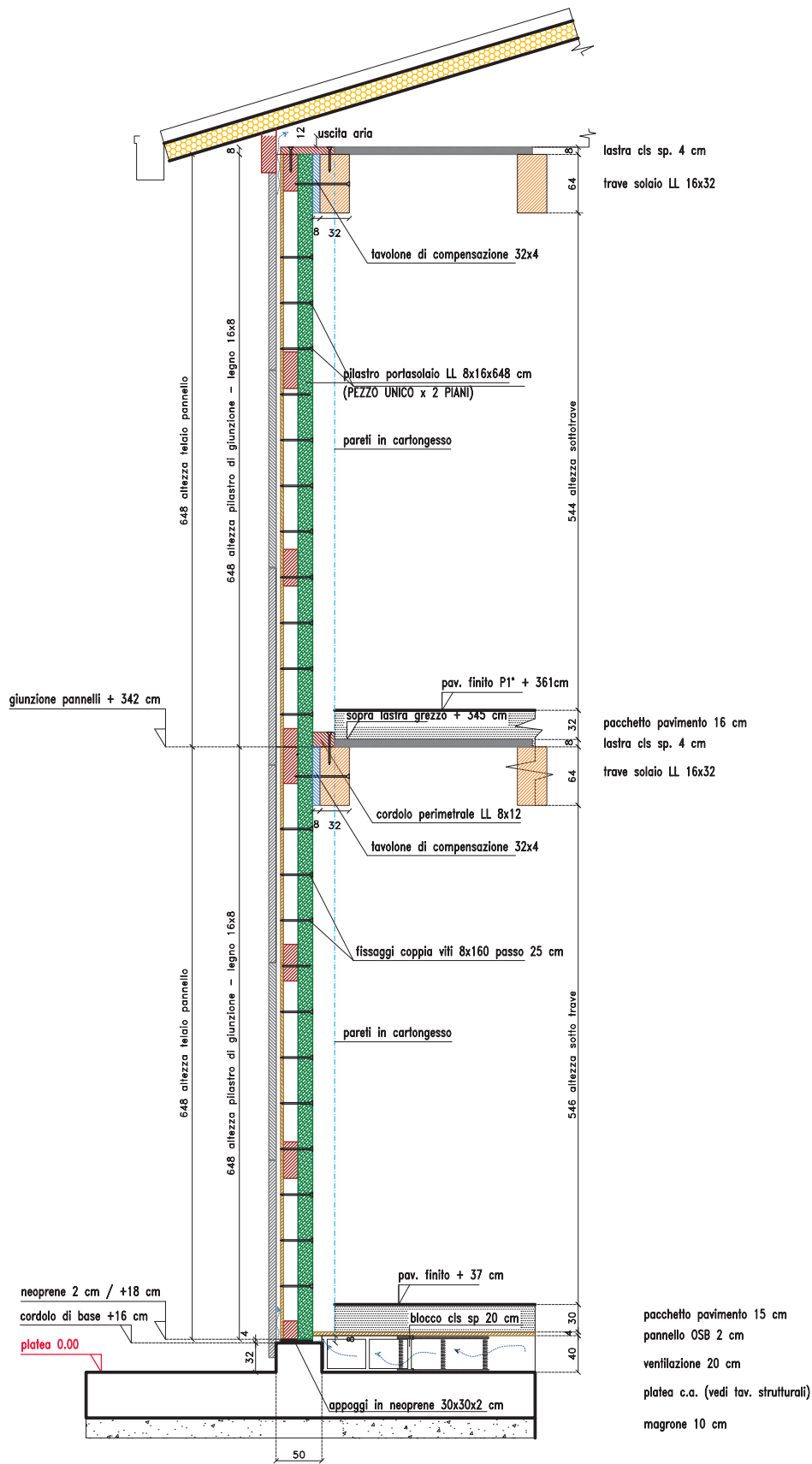
```
Next
```

```
End Function
```

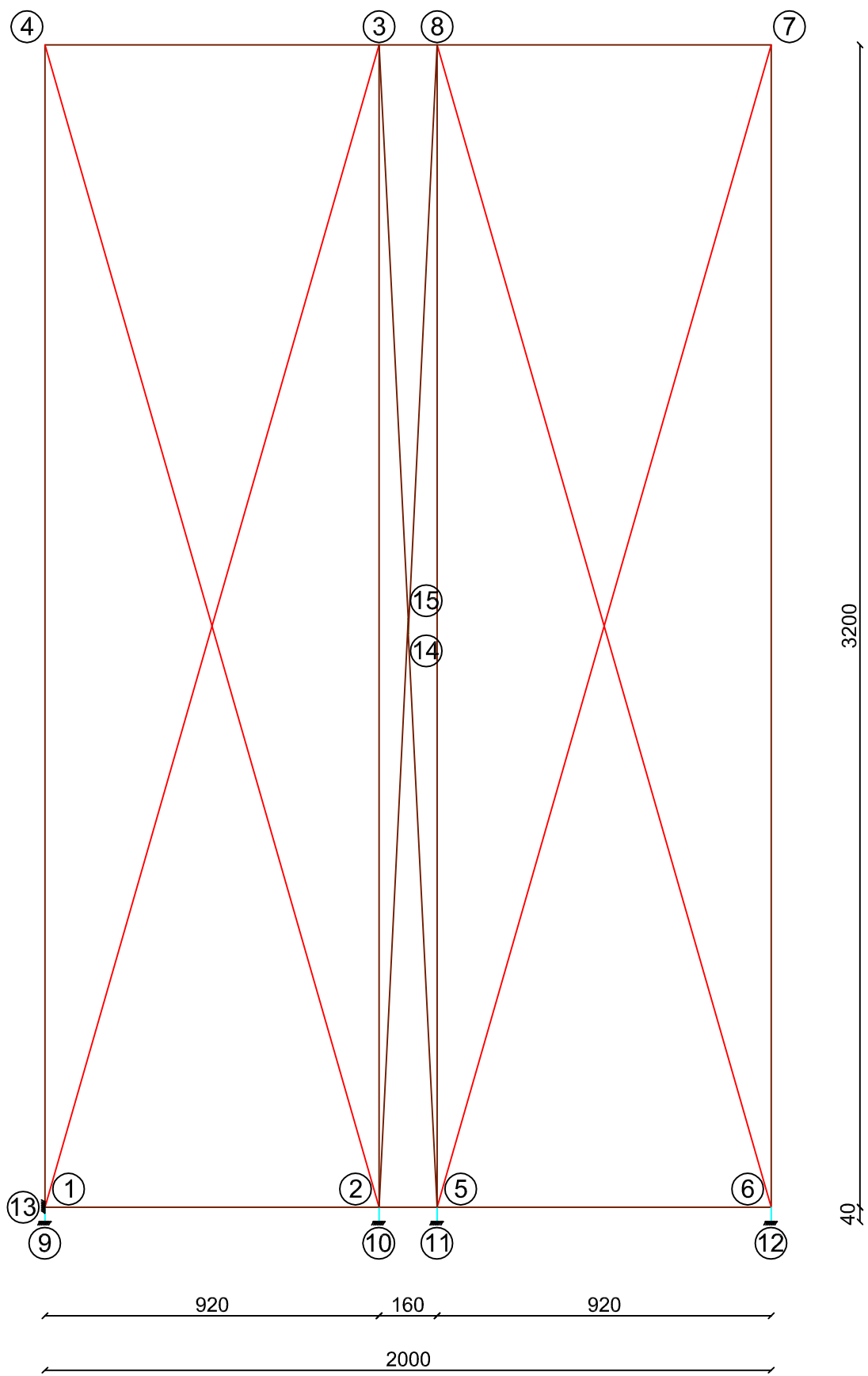
APPENDICE C – ELABORATI GRAFICI



1 - SEZIONE PARETE VERTICALE
PORTANTE CON APPOGGIO SOLAIO

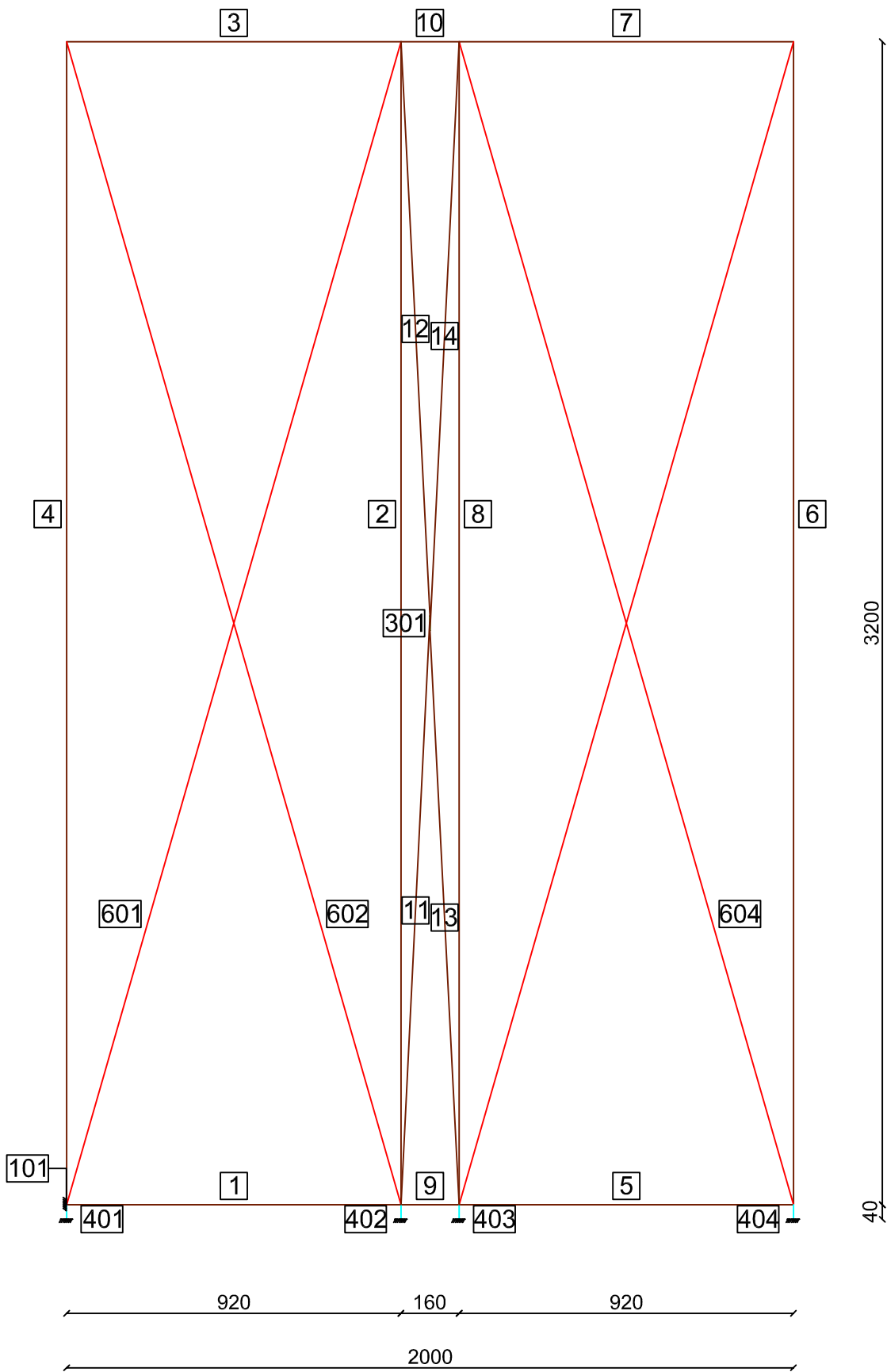


2 - SEZIONE PARETE VERTICALE



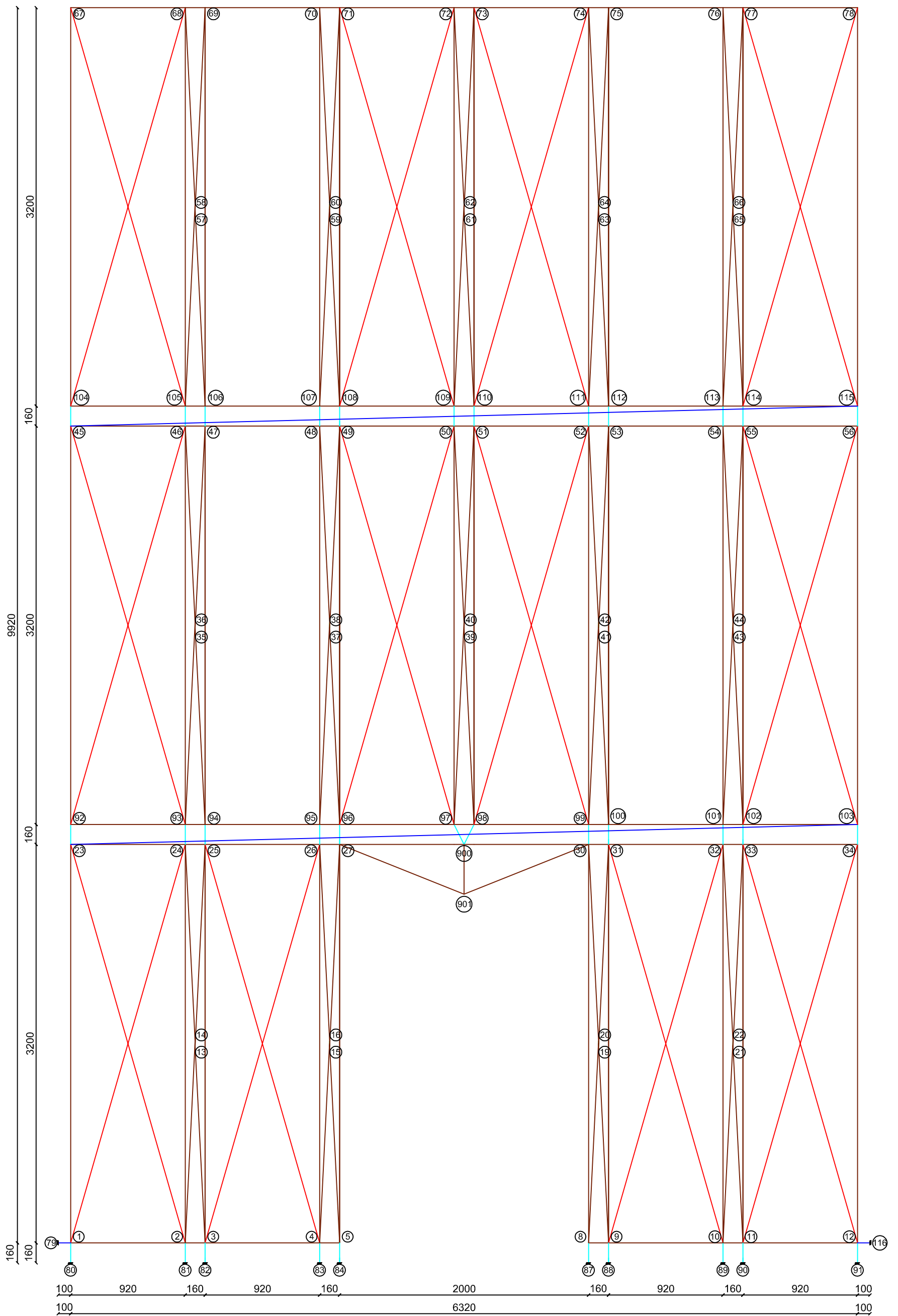
NUMERAZIONE NODI CHE
 COSTITUISCONO LA PARETE DOPPIA
 CON MOLLE NON-LINEARI

- LEGNO
- ELEMENTI A TAGLIO
- GIUNTI PARETE
- HOLDOWN
- CONTROVENTI



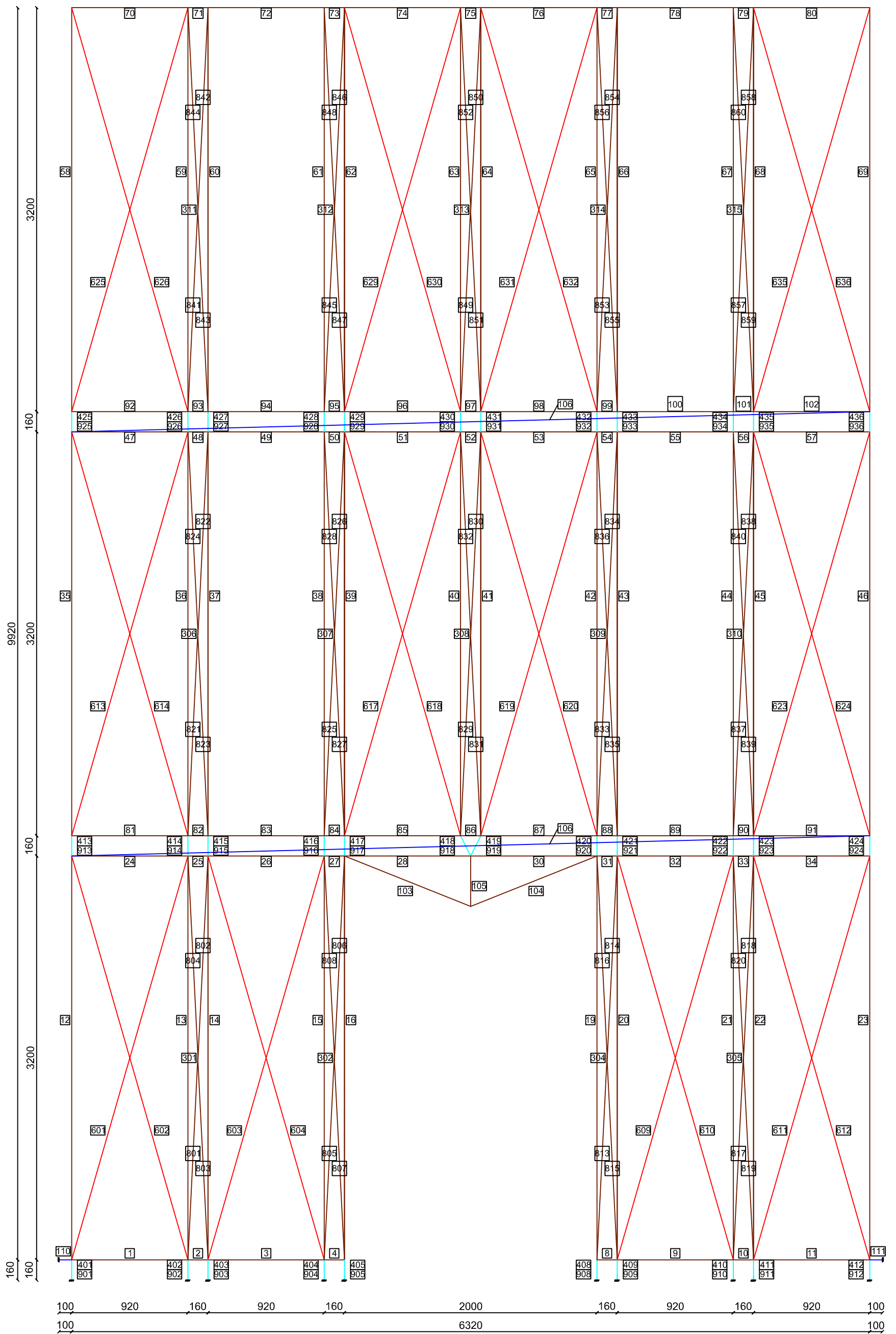
NUMERAZIONE ELEMENTI CHE
 COSTITUISCONO LA PARETE
 DOPPIA CON MOLLE NON-LINEARI

- LEGNO
- ELEMENTI A TAGLIO
- GIUNTI PARETE
- HOLDOWN
- CONTROVENTI



NUMERAZIONE NODI CHE COSTITUISCONO LA PARETE DELL'EDIFICIO A TRE PIANI

- LEGNO
- ELEMENTI A TAGLIO
- GIUNTI PARETE
- HOLDDOWN
- CONTROVENTI



NUMERAZIONE ELEMENTI CHE COSTITUISCONO LA PARETE DELL'EDIFICIO A TRE PIANI

- LEGNO
- ELEMENTI A TAGLIO
- GIUNTI PARETE
- HOLDOWN
- CONTROVENTI

APPENDICE D – RAPPORTO DI PROVA
RELATIVO AI RISULTATI DELLA PROVA CICLICA
COMPLETA SU DUE MODULI PARETE AFFIANCATI

INDICE

1. PREMESSA	pag. 2
2. DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE	pag. 3
2.1 Data shuttle Express e sensori potenziometrici	pag. 3
2.2 Sistema di applicazione della forza	pag. 3
3. PROVA 2659/TV	pag. 6
3.1 Descrizione elemento oggetto di verifica	pag. 6
3.2 Modalità di applicazione del carico	pag. 8
3.3 Disposizione dei sensori	pag. 10
3.4 Risultati	pag. 12

PROVA CICLICA SPERIMENTALE ELEMENTO MODULARE IN LEGNO e CLS PRESSO LO STABILIMENTO "POLICASE S.R.L." VIA IV NOVEMBRE – ZERO BRANCO (TV)

Prova n°2659/TV: Eseguita in data 13 maggio 2011

Committente : **Polifar S.r.l.**

Relatore : **ing. Thomas Pavan**



Visita generale prova

Rif: TV/70-11

Orsago (TV), 27 giugno 2011

1. PREMESSA

La Società *EMME Service S.p.A.*, specializzata nell'esecuzione di prove sperimentali su strutture in sito, è stata incaricata dalla **POLIFAR S.r.l.** di eseguire una prova di verifica su un elemento modulare in legno e lastre in cls presso lo stabilimento **POLICASE S.r.l.** in **via IV Novembre n°57 a Zero Branco**.

Le modalità di esecuzione della prova sono state preventivamente concordate con l'ing. Luca Pozza.

La prova è stata eseguita il giorno 13 maggio 2011.

All'esecuzione della prova hanno assistito:

Ing. Luca Pozza	Tecnico per Polifar S.r.l.
Ing. Roberto Scotta	Tecnico per Polifar S.r.l.
Sig. Gian Francesco Biancon	Proprietario Polifar S.r.l.

e per la *EMME Service S.p.A.*

Ing. Thomas Pavan
Dott. Dario Altinier

2. DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE

2.1 Data shuttle express e sensori potenziometrici

Le rilevazioni delle deformazioni del pannello sono state eseguite mediante n°07 sensori potenziometrici centesimali collegati ad un'unità di acquisizione denominata Data Shuttle Express che, interfacciata ad un PC, permette di visualizzare e registrare i cedimenti in tempo reale.

In questa occasione le registrazioni sono state effettuate con una frequenza di campionamento pari a 1 Hz.

Il sistema di acquisizione è costituito da:

- Unità di conversione analogico-digitale *Data Shuttle Express SN 187*;
- personal computer con software d'elaborazione dati *DasyLab*.
- sensori potenziometrici Midori da 5KΩ LP-50 e LP-100.

I sensori impiegati hanno le seguenti caratteristiche:

<i>escursione</i>	50-100 -200 mm
<i>sensibilità</i>	± 0,001 mm
<i>linearità</i>	99,6%

La catena di misura sensore-cavo-unità, comporta un errore massimo pari a ±1%.



Data shuttle Express



Sensore potenziometrico

2.2 Sistemi di applicazione della forza

Per l'applicazione della forza sono stati utilizzati i seguenti sistemi:

Sollecitazioni orizzontali: n°02 martinetti oleodinamici a tiro/spinta tipo B1 collegati in parallelo e posizionati all'estremità superiore della parete.

Tipo	B1
<i>sezione a tiro</i>	70,49 cm ²
<i>sezione a spinta</i>	78,54 cm ²
<i>diametro stelo</i>	32,0 mm
<i>corsa</i>	700 mm



L'entità della forza applicata è stata controllata mediante una cella di carico installata sullo stelo di un martinetto collegato in parallelo al circuito oleodinamico dei due pistoni tipo B1. In questo modo il martinetto posto all'interno di un telaio metallico chiuso era azionato dalla medesima pressione agente sui martinetti collocati sulla struttura di prova e di conseguenza forniva le stesse sollecitazioni sul telaio.



Telaio chiuso + martinetto



Cella di carico

La cella di carico utilizzata è uno strumento esteso metrico che, collegato all'unità di acquisizione Data Shuttle Express (*pgf. 2.1*), consente di visualizzare e registrare in tempo reale i valori della forza applicata.

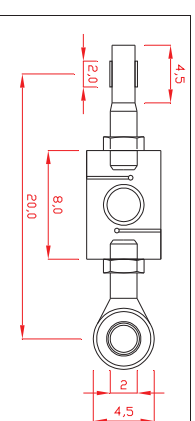
<i>escursione</i>	± 250 kN
<i>sensibilità</i>	10 daN
<i>precisione</i>	± 0,1 kN

Sollecitazioni verticali: n°03 martinetti oleodinamici a tiro/spinta tipo A1 collegati in parallelo ed agganciati alla struttura mediante un sistema di funi e carrucole.

Tipo	A1
<i>sezione a tiro</i>	15,83 cm ²
<i>sezione a spinta</i>	19,63 cm ²
<i>diametro stelo</i>	22,0 mm
<i>corsa</i>	600 mm



L'entità della forza applicata è stata controllata mediante una cella di carico installata direttamente sullo stelo di uno dei tre martinetti.



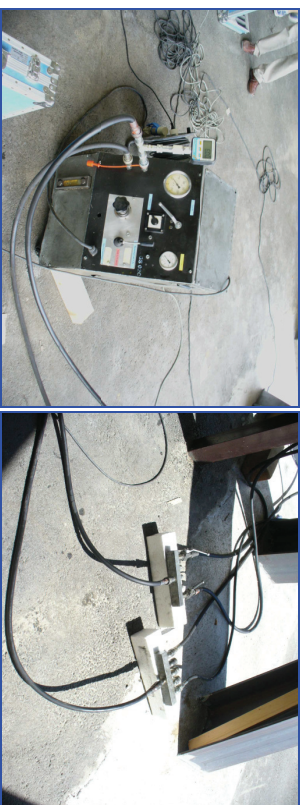
E: uno strumento estensimetrico che permette di visualizzare in tempo reale il carico applicato, sia a trazione che a compressione, su un display alfanumerico.



Principali caratteristiche	
Modello	AEP-TCE1000
Portata massima	1000 daN
Precisione	$\pm 0,1 \text{ daN}$
Linearità	$\leq \pm 0,03 \%$

Cella di carico da 1000 daN

I martinetti sono stati controllati mediante una centralina oleodinamica che ha permesso l'applicazione delle forze in modo graduale sia durante le fasi di carico che di scarico.



Centralina oleodinamica

Collegamento martinetti in parallelo

Tutti gli strumenti vengono periodicamente verificati dal Laboratorio Tarature della 4 EMME Service S.r.l. come previsto dalla procedura 7.6 "Gestione degli Strumenti" del Manuale di Qualità.

3. PROVA 2659/TV

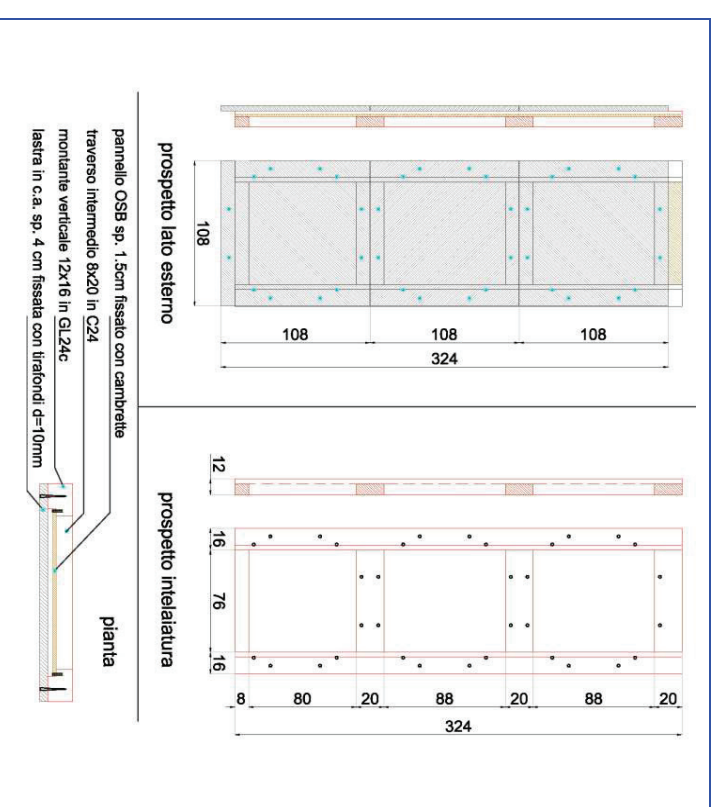
La prova è stata condotta nel rispetto del protocollo di prova ciclica completa riportato nella Normativa EN 1251-2 del 2005.

3.1 Descrizione elemento oggetto di verifica

La prova è stata eseguita allo scopo di verificare la resistenza di una parete realizzata da due elementi modulari delle dimensioni pari a 108cm di base x 324cm di altezza.

Ciascun elemento è formato da un telaio in legno costituito da n°02 montanti verticali di dimensioni 16x12cm in legno lamellare e n°03 traversi in legno massiccio dello spessore di 8cm. Ai telai sono poi applicati:

- n°03 pannelli di OSB dello spessore di 15mm e dimensioni 108x84cm chiodati lungo il perimetro;
- n°03 lastre quadrate in c.a. (armatura con rete 60x60mm/Ø4mm) dello spessore di 4cm e lato 108cm avviate ai montanti ed ai traversi con viti di diametro 10mm;

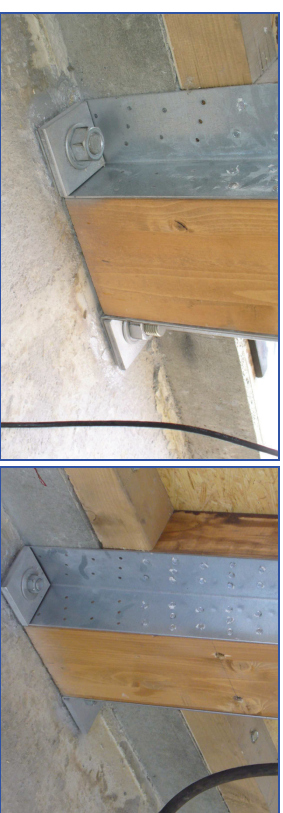
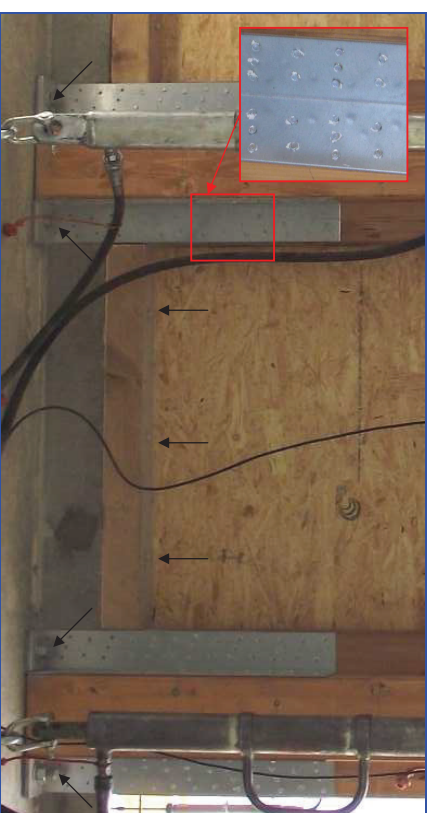


Elemento di prova

Per riprodurre fedelmente in fase di prova le condizioni di attacco a terra della parete, la fondazione ed il cordolo di base in cls armato su cui viene fissata la parete sono stati realizzati in opera con le stesse modalità e caratteristiche previste per la costruzione.

La parete testata aveva dimensioni di 216cm di base per 324cm di altezza. Si componeva quindi di n. 2 moduli parete di larghezza 108cm affiancati.
La parete è stata messa in opera al di sopra del cordolo di fondazione e fissata alla fondazione stessa mediante le seguenti connessioni:

- montanti di estemità collegati a terra con una coppia di angolari metallici fissati alla parete con n°48 chiodi e con tirafondo chimico d=24mm alla fondazione. In corrispondenza dei montanti intermedi, coppia di angolari metallici fissati alla parete e tirafondo chimico d=16mm inserito nella fondazione;
- traverso inferiore della parete e lastra di calcestruzzo inferiore fissati al cordolo mediante viti autofilattanti per cis con diametro di 10mm.
- moduli parete uniti mediante elemento coprigiunto in legno massiccio di sezione 8x16cm fissato con viti da legno lungo ogni montante verticale.



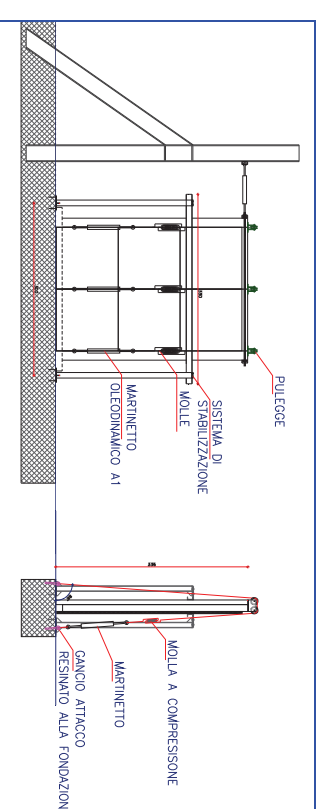
Elementi di connessione a terra e tra i moduli

3.2 Modalità di applicazione del carico

Per l'esecuzione delle prove è stato predisposto un apposito telaio metallico di contrasto ed una coppia di patini installati lateralmente alla parete per consentire i soli spostamenti orizzontali evitando fenomeni di torsione.

Prima dell'applicazione ciclica dei carichi orizzontali, sono state riprodotte le condizioni di carico di una parete di un edificio residenziale posta al piano terra e soggetta al peso del solaio e delle pareti sovrastanti.

A tale scopo è stato predisposto un sistema di funi e carrucole in prossimità dei montanti della parete che, attraverso 3 martinetti ancorati alla pavimentazione e stabilizzati con n°03 molle installate in serie, consentisse di applicare un **carico verticale di 14,7 kN** per ciascun montante.

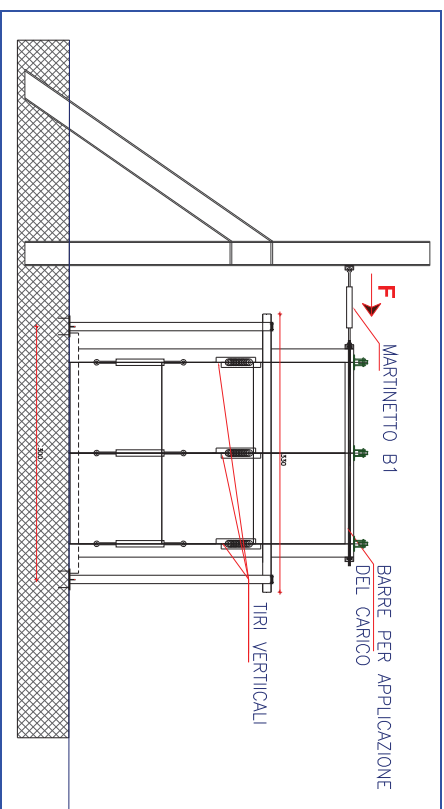


Sistema di applicazione carico verticale

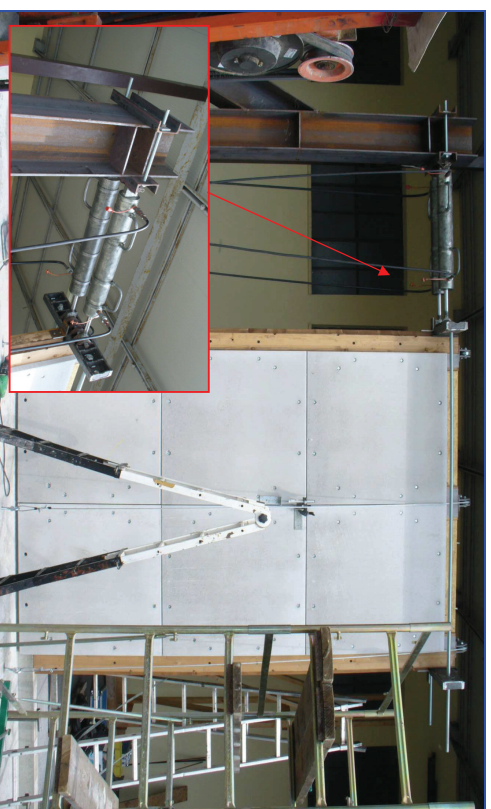


Applicazione dei tiri verticali

Una volta applicato il carico verticale, sono iniziati i cicli di carico/scarico con i due martinetti tipo B1 posizionati in sommità alla parete. La progettazione dei cicli è stata calcolata a fronte di uno spostamento di snervamento sperimentale di 24mm. La velocità di carico adottata è pari a 0,2 mm/s. Durante l'esecuzione della prova i cicli di ampiezza pari a 3 e 4 volte lo spostamento di snervamento, sono stati eseguiti solamente in tiro poiché in spinta, già per 1 ciclo di ampiezza 2 volte lo spostamento di snervamento, si erano manifestati effetti torcenti che causavano un'instabilizzazione laterale della parete.



Sistema di applicazione dei carichi orizzontali



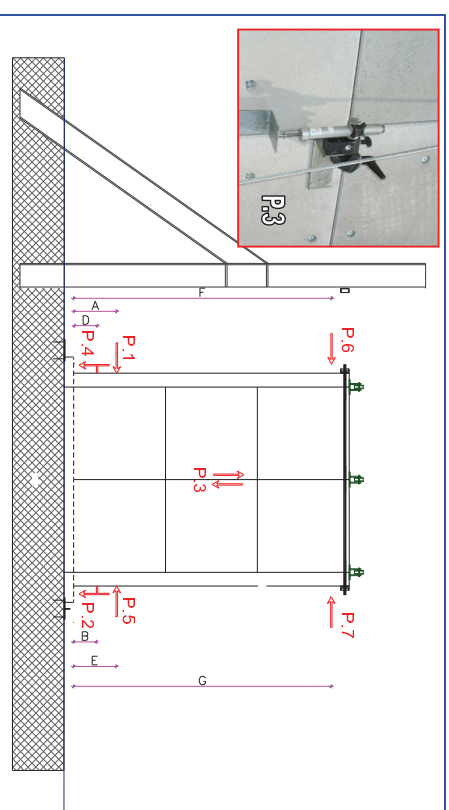
Vista generale della prova



Vista generale della prova

3.3 Disposizione dei sensori

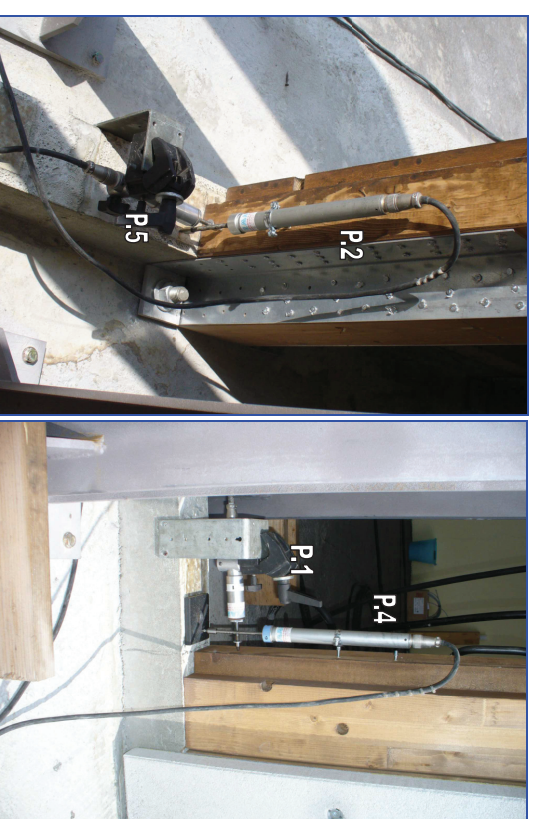
Per la misura degli spostamenti sono stati installati n°07 sensori potenziometrici nelle posizioni a seguito indicate.



Schema disposizione sensori

Sono a seguito riportare le distanze e le basi di misura dei sensori riportati nello schema precedente.

Posizione punti di misura		Sensore		Quota (cm)	
Sensore	Quota (cm)	Sensore	Quota (cm)		
Se.1	A	Se.5	E	3	
Se.2	B	Se.6	F	290	
Se.3	C	Se.7	G	290	
Se.4	D	-	-	-	-



Visita sensori

3.4 Risultati

Forza (kN)	SENSORI (mm)							
	P.1	P.2	P.3	P.4	P.5	P.6	P.7	
-			Azzeramento sensori					
0,00	0,00	0,00	0,00	-0,08	0,08	-0,05	0,05	
5,51	0,00	0,00	-0,02	-0,05	0,05	-0,51	0,51	
7,45	0,00	0,00	-0,03	0,00	0,00	-0,76	0,76	
9,25	0,00	0,00	-0,04	0,04	-0,04	-1,07	1,07	
10,87	0,00	0,00	-0,04	0,06	-0,06	-1,27	1,27	
12,67	0,00	0,00	-0,05	0,09	-0,09	-1,40	1,40	
13,64	0,00	0,00	-0,06	0,14	-0,14	-1,58	1,58	
14,29	0,00	0,00	-0,06	0,18	-0,18	-1,73	1,73	
16,24	0,00	0,00	-0,11	0,25	-0,25	-2,42	2,42	
17,53	0,00	0,00	-0,14	0,27	-0,27	-2,73	2,73	
18,97	-0,01	0,01	-0,19	0,31	-0,31	-3,11	3,11	
19,48	-0,01	0,01	-0,22	0,32	-0,32	-3,36	3,36	
19,80	-0,02	0,02	-0,28	0,38	-0,38	-3,57	3,57	
20,77	-0,02	0,02	-0,29	0,41	-0,41	-3,77	3,77	
21,60	-0,04	0,04	-0,34	0,45	-0,45	-4,23	4,23	
21,92	-0,04	0,04	-0,34	0,47	-0,47	-4,26	4,26	
24,01	-0,05	0,05	-0,40	0,52	-0,52	-4,66	4,66	
24,01	-0,05	0,05	-0,40	0,52	-0,52	-4,79	4,79	
24,01	-0,05	0,05	-0,40	0,52	-0,52	-4,79	4,79	
24,66	-0,05	0,05	-0,44	0,57	-0,57	-5,00	5,00	
27,11	-0,08	0,08	-0,54	0,61	-0,61	-5,76	5,76	
26,93	-0,08	0,08	-0,55	0,69	-0,69	-5,86	5,86	
27,11	-0,09	0,09	-0,58	0,69	-0,69	-5,99	5,99	
26,60	-0,09	0,09	-0,60	0,69	-0,69	-6,17	6,17	
12,35	-0,09	0,09	-0,60	0,57	-0,57	-5,40	5,40	
7,96	-0,09	0,09	-0,57	0,47	-0,47	-4,46	4,46	
5,83	-0,09	0,09	-0,54	0,37	-0,37	-3,82	3,82	
4,86	-0,09	0,09	-0,51	0,32	-0,32	-3,36	3,36	
3,74	-0,08	0,08	-0,49	0,27	-0,27	-3,16	3,16	
1,80	-0,07	0,07	-0,40	0,19	-0,19	-2,52	2,52	
1,15	-0,06	0,06	-0,36	0,16	-0,16	-2,04	2,04	
0,50	-0,06	0,06	-0,34	0,13	-0,13	-1,78	1,78	
-0,54	-0,04	0,04	-0,28	0,05	-0,05	-1,20	1,20	
-0,90	-0,04	0,04	-0,26	0,03	-0,03	-0,95	0,95	
-2,62	-0,03	0,03	-0,16	-0,04	0,04	-0,48	0,48	
-5,86	0,00	0,00	0,05	-0,10	0,10	0,66	-0,66	
-10,46	0,06	-0,06	0,38	-0,16	0,16	1,99	-1,99	
-13,34	0,09	-0,09	0,57	-0,20	0,20	2,96	-2,96	
-16,64	0,13	-0,13	0,71	-0,23	0,23	3,70	-3,70	
-19,02	0,16	-0,16	0,94	-0,26	0,26	4,84	-4,84	
-22,82	0,21	-0,21	1,12	-0,30	0,30	5,96	-5,96	
-20,38	0,22	-0,22	1,16	-0,30	0,30	6,17	-6,17	
-12,44	0,22	-0,22	1,16	-0,29	0,29	6,01	-6,01	
-8,74	0,22	-0,22	1,16	-0,28	0,28	5,50	-5,50	
-6,76	0,22	-0,22	1,13	-0,27	0,27	5,33	-5,33	
-4,60	0,20	-0,20	1,10	-0,26	0,26	4,84	-4,84	
-3,52	0,18	-0,18	1,07	-0,25	0,25	4,71	-4,71	
-2,44	0,16	-0,16	1,02	-0,24	0,24	4,28	-4,28	
-1,62	0,15	-0,15	0,93	-0,24	0,24	4,10	-4,10	
-1,26	0,14	-0,14	0,92	-0,24	0,24	4,00	-4,00	

4,72	0,06	-0,06	0,44	-0,17	0,17	1,22	-1,22
7,45	0,03	-0,03	0,33	-0,08	0,08	0,51	-0,51
8,42	0,02	-0,02	0,28	-0,03	0,03	0,10	-0,10
9,40	0,02	-0,02	0,23	0,03	-0,03	-0,28	0,28
10,87	0,01	-0,01	0,17	0,08	-0,08	-0,76	0,76
12,17	0,01	-0,01	0,08	0,13	-0,13	-1,20	1,20
13,46	0,00	0,00	0,01	0,17	-0,17	-1,68	1,68
15,08	-0,01	0,01	-0,07	0,23	-0,23	-2,24	2,24
16,24	-0,02	0,02	-0,14	0,31	-0,31	-2,70	2,70
17,86	-0,03	0,03	-0,21	0,36	-0,36	-3,21	3,21
19,80	-0,04	0,04	-0,29	0,46	-0,46	-3,70	3,70
21,38	-0,05	0,05	-0,35	0,47	-0,47	-4,13	4,13
22,57	-0,07	0,07	-0,40	0,52	-0,52	-4,66	4,66
24,34	-0,08	0,08	-0,48	0,57	-0,57	-5,20	5,20
26,14	-0,09	0,09	-0,54	0,64	-0,64	-5,68	5,68
27,90	-0,11	0,11	-0,58	0,68	-0,68	-6,09	6,09
29,20	-0,12	0,12	-0,63	0,76	-0,76	-6,68	6,68
30,53	-0,14	0,14	-0,71	0,82	-0,82	-7,19	7,19
31,97	-0,15	0,15	-0,80	0,89	-0,89	-7,72	7,72
33,44	-0,17	0,17	-0,88	0,98	-0,98	-8,31	8,31
35,21	-0,23	0,23	-1,14	1,19	-1,19	-9,94	9,94
36,68	-0,25	0,25	-1,22	1,29	-1,29	-10,70	10,70
37,33	-0,26	0,26	-1,27	1,34	-1,34	-10,98	10,98
39,42	-0,29	0,29	-1,41	1,43	-1,43	-11,93	11,93
39,60	-0,30	0,30	-1,43	1,53	-1,53	-12,18	12,18
39,60	-0,31	0,31	-1,45	1,53	-1,53	-12,33	12,33
38,63	-0,31	0,31	-1,48	1,53	-1,53	-12,51	12,51
16,56	-0,27	0,27	-1,45	1,34	-1,34	-10,98	10,98
10,04	-0,23	0,23	-1,39	1,07	-1,07	-9,12	9,12
6,16	-0,19	0,19	-1,30	0,83	-0,83	-7,95	7,95
5,04	-0,18	0,18	-1,21	0,71	-0,71	-6,98	6,98
3,24	-0,17	0,17	-1,08	0,57	-0,57	-6,09	6,09
2,12	-0,16	0,16	-1,05	0,52	-0,52	-5,86	5,86
0,65	-0,15	0,15	-0,96	0,45	-0,45	-5,25	5,25
-0,82	-0,13	0,13	-0,70	0,31	-0,31	-3,80	3,80
-2,98	-0,11	0,11	-0,54	0,18	-0,18	-2,40	2,40
-5,68	-0,09	0,09	-0,28	0,05	-0,05	-1,07	1,07
-8,30	-0,07	0,07	-0,01	-0,05	0,05	-0,05	0,05
-12,54	-0,03	0,03	0,37	-0,14	0,14	1,73	-1,73
-15,78	0,00	0,00	0,59	-0,19	0,19	2,96	-2,96
-19,12	0,05	-0,05	0,86	-0,23	0,23	4,23	-4,23
-21,90	0,09	-0,09	1,02	-0,26	0,26	5,10	-5,10
-24,70	0,12	-0,12	1,12	-0,28	0,28	5,91	-5,91
-27,86	0,16	-0,16	1,25	-0,31	0,31	6,73	-6,73
-32,90	0,22	-0,22	1,50	-0,35	0,35	8,61	-8,61
-35,94	0,26	-0,26	1,64	-0,37	0,37	10,14	-10,14
-37,14	0,30	-0,30	1,85	-0,38	0,38	10,98	-10,98
-38,34	0,35	-0,35	2,05	-0,39	0,39	11,72	-11,72
-39,20	0,37	-0,37	2,20	-0,40	0,40	12,18	-12,18
-38,98	0,38	-0,38	2,21	-0,40	0,40	13,57	-13,57
-17,14	0,38	-0,38	2,20	-0,36	0,36	11,99	-11,99
-11,08	0,37	-0,37	2,11	-0,33	0,33	11,02	-11,02
-7,84	0,34	-0,34	2,00	-0,31	0,31	10,05	-10,05
-5,14	0,28	-0,28	1,76	-0,29	0,29	9,02	-9,02
-2,80	0,22	-0,22	1,49	-0,27	0,27	7,85	-7,85

-2,26	0,20	-0,20	1,36	-0,26	0,26	7,37	-7,37
-0,64	0,17	-0,17	1,05	-0,25	0,25	5,86	-5,86
4,68	0,11	-0,11	0,48	-0,14	0,14	1,78	-1,78
6,16	0,09	-0,09	0,37	-0,06	0,06	0,94	-0,94
7,13	0,08	-0,08	0,29	0,01	-0,01	0,54	-0,54
8,10	0,07	-0,07	0,23	0,08	-0,08	0,05	-0,05
9,07	0,05	-0,05	0,16	0,14	-0,14	-0,18	0,18
10,22	0,03	-0,03	0,07	0,18	-0,18	-0,76	0,76
13,97	-0,04	0,04	-0,20	0,32	-0,32	-2,32	2,32
14,76	-0,07	0,07	-0,30	0,38	-0,38	-2,83	2,83
17,53	-0,11	0,11	-0,47	0,52	-0,52	-4,05	4,05
19,48	-0,15	0,15	-0,61	0,64	-0,64	-5,20	5,20
22,25	-0,19	0,19	-0,78	0,79	-0,79	-6,29	6,29
24,01	-0,21	0,21	-0,86	0,89	-0,89	-6,83	6,83
25,16	-0,23	0,23	-0,93	0,97	-0,97	-7,31	7,31
27,11	-0,24	0,24	-0,99	1,04	-1,04	-7,95	7,95
28,22	-0,25	0,25	-1,05	1,07	-1,07	-8,51	8,51
30,17	-0,26	0,26	-1,12	1,19	-1,19	-8,95	8,95
31,64	-0,27	0,27	-1,18	1,22	-1,22	-9,63	9,63
32,94	-0,28	0,28	-1,23	1,33	-1,33	-10,09	10,09
35,86	-0,31	0,31	-1,37	1,44	-1,44	-11,19	11,19
37,48	-0,32	0,32	-1,42	1,55	-1,55	-11,77	11,77
38,63	-0,33	0,33	-1,49	1,67	-1,67	-12,39	12,39
44,14	-0,39	0,39	-1,89	2,10	-2,10	-15,65	15,65
44,78	-0,40	0,40	-1,97	2,22	-2,22	-16,26	16,26
45,94	-0,42	0,42	-2,04	2,32	-2,32	-16,82	16,82
47,05	-0,43	0,43	-2,13	2,40	-2,40	-17,51	17,51
47,38	-0,45	0,45	-2,19	2,45	-2,45	-18,04	18,04
47,88	-0,47	0,47	-2,24	2,54	-2,54	-18,45	18,45
48,02	-0,49	0,49	-2,34	2,55	-2,55	-19,01	19,01
20,95	-0,47	0,47	-2,31	2,34	-2,34	-17,38	17,38
11,20	-0,38	0,38	-2,18	1,91	-1,91	-14,58	14,58
7,31	-0,34	0,34	-2,03	1,61	-1,61	-12,95	12,95
5,04	-0,33	0,33	-1,87	1,40	-1,40	-11,77	11,77
4,39	-0,31	0,31	-1,76	1,26	-1,26	-10,88	10,88
3,24	-0,30	0,30	-1,68	1,17	-1,17	-10,17	10,17
3,10	-0,29	0,29	-1,61	1,12	-1,12	-9,76	9,76
1,94	-0,28	0,28	-1,52	1,07	-1,07	-9,15	9,15
0,50	-0,27	0,27	-1,37	0,87	-0,87	-8,16	8,16
-0,72	-0,26	0,26	-1,17	0,69	-0,69	-6,98	6,98
-3,88	-0,24	0,24	-0,85	0,46	-0,46	-4,89	4,89
-5,14	-0,23	0,23	-0,63	0,37	-0,37	-3,72	3,72
-6,22	-0,23	0,23	-0,49	0,27	-0,27	-2,40	2,40
-7,58	-0,22	0,22	-0,29	0,15	-0,15	-1,40	1,40
-9,10	-0,21	0,21	-0,12	0,05	-0,05	-0,76	0,76
-9,38	-0,20	0,20	-0,04	0,01	-0,01	-0,36	0,36
-12,44	-0,15	0,15	0,29	-0,18	0,18	1,45	-1,45
-14,88	-0,11	0,11	0,55	-0,22	0,22	2,88	-2,88
-17,58	-0,03	0,03	0,81	-0,25	0,25	4,38	-4,38
-20,38	0,05	-0,05	1,08	-0,28	0,28	5,96	-5,96
-24,08	0,12	-0,12	1,28	-0,31	0,31	7,37	-7,37
-26,60	0,15	-0,15	1,41	-0,33	0,33	8,38	-8,38
-28,94	0,18	-0,18	1,56	-0,35	0,35	9,28	-9,28
-32,90	0,22	-0,22	1,75	-0,38	0,38	10,86	-10,86
-38,50	0,27	-0,27	2,01	-0,42	0,42	12,87	-12,87

-41,66	0,29	-0,29	2,11	-0,46	0,46	13,81	-13,81
-45,36	0,33	-0,33	2,28	-0,51	0,51	15,34	-15,34
-50,22	0,38	-0,38	2,51	-0,60	0,60	18,15	-18,15
-45,90	0,41	-0,41	2,60	-0,60	0,60	18,20	-18,20
-22,44	0,41	-0,41	2,59	-0,56	0,56	17,30	-17,30
-13,34	0,40	-0,40	2,52	-0,51	0,51	15,52	-15,52
-9,46	0,38	-0,38	2,38	-0,48	0,48	14,12	-14,12
-3,60	0,28	-0,28	1,83	-0,41	0,41	10,63	-10,63
-2,70	0,27	-0,27	1,64	-0,39	0,39	9,63	-9,63
-0,54	0,22	-0,22	1,08	-0,34	0,34	6,90	-6,90
5,04	0,10	-0,10	0,46	-0,03	0,03	2,09	-2,09
6,01	0,08	-0,08	0,40	0,03	0,03	1,61	-1,61
7,13	0,04	-0,04	0,26	0,17	0,17	0,61	-0,61
8,42	0,02	-0,02	0,19	0,25	0,25	0,10	-0,10
8,75	0,00	0,00	0,09	0,27	0,27	-0,46	0,46
9,58	-0,02	0,02	0,02	0,32	-0,32	-0,99	0,99
10,22	-0,04	0,04	-0,08	0,37	-0,37	-1,58	1,58
12,35	-0,10	0,10	-0,26	0,50	-0,50	-2,75	2,75
13,14	-0,13	0,13	-0,35	0,57	-0,57	-3,42	3,42
14,29	-0,16	0,16	-0,45	0,69	-0,69	-4,03	4,03
16,38	-0,20	0,20	-0,62	0,83	-0,83	-5,20	5,20
17,68	-0,23	0,23	-0,74	0,92	-0,92	-5,76	5,76
19,48	-0,26	0,26	-0,91	1,08	-1,08	-6,93	6,93
21,92	-0,30	0,30	-1,06	1,22	-1,22	-8,26	8,26
24,01	-0,33	0,33	-1,22	1,34	-1,34	-9,35	9,35
26,78	-0,35	0,35	-1,37	1,50	-1,50	-11,11	11,11
29,20	-0,37	0,37	-1,52	1,68	-1,68	-12,13	12,13
33,44	-0,40	0,40	-1,72	1,91	-1,91	-13,66	13,66
38,95	-0,43	0,43	-1,98	2,20	-2,20	-15,78	15,78
42,84	-0,47	0,47	-2,17	2,42	-2,42	-17,48	17,48
45,29	-0,49	0,49	-2,22	2,50	-2,50	-18,04	18,04
46,58	-0,50	0,50	-2,27	2,57	-2,57	-18,66	18,66
47,70	-0,52	0,52	-2,37	2,64	-2,64	-19,37	19,37
47,38	-0,52	0,52	-2,39	2,68	-2,68	-19,47	19,47
21,60	-0,50	0,50	-2,37	2,46	-2,46	-17,84	17,84
11,52	-0,42	0,42	-2,23	1,95	-1,95	-14,93	14,93
7,13	-0,37	0,37	-2,10	1,68	-1,68	-13,05	13,05
5,51	-0,35	0,35	-1,95	1,44	-1,44	-11,93	11,93
4,54	-0,34	0,34	-1,83	1,34	-1,34	-11,11	11,11
3,24	-0,33	0,33	-1,74	1,22	-1,22	-10,45	10,45
-0,18	-0,30	0,30	-1,37	0,87	-0,87	-8,10	8,10
-2,70	-0,27	0,27	-0,89	0,51	-0,51	-5,15	5,15
-6,14	-0,24	0,24	-0,41	0,23	-0,23	-2,60	2,60
-6,86	-0,23	0,23	-0,30	0,18	-0,18	-1,99	1,99
-7,30	-0,23	0,23	-0,28	0,13	-0,13	-1,78	1,78
-8,74	-0,20	0,20	-0,10	0,05	-0,05	-0,46	0,46
-9,28	-0,19	0,19	-0,04	0,00	0,00	-0,05	0,05
-10,36	-0,17	0,17	0,11	-0,05	0,05	0,84	-0,84
-11,82	-0,14	0,14	0,27	-0,15	0,15	1,68	-1,68
-13,34	-0,11	0,11	0,45	-0,23	0,23	2,65	-2,65
-14,70	-0,07	0,07	0,62	-0,28	0,28	3,72	-3,72
-17,32	0,00	0,00	0,88	-0,31	0,31	5,35	-5,35
-21,10	0,11	-0,11	1,19	-0,35	0,35	7,47	-7,47
-23,08	0,19	-0,19	1,46	-0,37	0,37	9,63	-9,63
-27,14	0,26	-0,26	1,76	-0,41	0,41	11,75	-11,75

-32,00	0,31	-0,31	2,04	-0,47	0,47	13,71	-13,71
-36,34	0,34	-0,34	2,26	-0,51	0,51	15,70	-15,70
-39,30	0,37	-0,37	2,59	-0,55	0,55	17,13	-17,13
-41,30	0,38	-0,38	2,45	-0,57	0,57	17,58	-17,58
-42,20	0,39	-0,39	2,50	-0,60	0,60	18,04	-18,04
-27,50	0,39	-0,39	2,51	-0,56	0,56	17,23	-17,23
-16,86	0,38	-0,38	2,46	-0,53	0,53	15,85	-15,85
-11,64	0,37	-0,37	2,39	-0,50	0,50	14,42	-14,42
-9,10	0,35	-0,35	2,28	-0,47	0,47	13,48	-13,48
-4,96	0,29	-0,29	1,98	-0,41	0,41	11,47	-11,47
-3,60	0,27	-0,27	1,74	-0,38	0,38	10,25	-10,25
-1,72	0,25	-0,25	1,46	-0,32	0,32	8,79	-8,79
-0,54	0,22	-0,22	1,18	-0,27	0,27	7,37	-7,37
6,98	0,04	-0,04	0,27	0,15	-0,15	0,84	-0,84
8,10	0,00	0,00	0,12	0,25	-0,25	-0,31	0,31
8,28	-0,03	0,03	0,03	0,32	-0,32	-0,97	0,97
9,40	-0,04	0,04	-0,05	0,38	-0,38	-1,48	1,48
10,22	-0,08	0,08	-0,15	0,47	-0,47	-2,04	2,04
11,05	-0,11	0,11	-0,22	0,52	-0,52	-2,60	2,60
12,35	-0,13	0,13	-0,34	0,59	-0,59	-3,24	3,24
12,67	-0,16	0,16	-0,41	0,64	-0,64	-3,87	3,87
13,64	-0,18	0,18	-0,53	0,71	-0,71	-4,46	4,46
14,94	-0,20	0,20	-0,61	0,82	-0,82	-5,05	5,05
16,06	-0,23	0,23	-0,71	0,92	-0,92	-5,68	5,68
19,48	-0,28	0,28	-0,99	1,12	-1,12	-7,67	7,67
20,27	-0,30	0,30	-1,06	1,22	-1,22	-8,26	8,26
21,28	-0,32	0,32	-1,15	1,29	-1,29	-8,72	8,72
22,25	-0,33	0,33	-1,22	1,39	-1,39	-9,28	9,28
24,01	-0,34	0,34	-1,30	1,44	-1,44	-10,04	10,04
24,98	-0,36	0,36	-1,37	1,50	-1,50	-10,98	10,98
25,49	-0,37	0,37	-1,42	1,55	-1,55	-11,39	11,39
26,63	-0,38	0,38	-1,46	1,61	-1,61	-11,72	11,72
26,46	-0,39	0,39	-1,56	1,68	-1,68	-12,21	12,21
30,53	-0,41	0,41	-1,71	1,86	-1,86	-13,30	13,30
32,29	-0,42	0,42	-1,80	1,95	-1,95	-14,02	14,02
35,53	-0,44	0,44	-1,96	2,14	-2,14	-15,34	15,34
37,33	-0,45	0,45	-2,01	2,20	-2,20	-15,88	15,88
39,60	-0,46	0,46	-2,07	2,28	-2,28	-16,57	16,57
41,40	-0,48	0,48	-2,18	2,42	-2,42	-17,28	17,28
42,37	-0,49	0,49	-2,21	2,45	-2,45	-17,69	17,69
42,84	-0,50	0,50	-2,24	2,50	-2,50	-17,89	17,89
42,52	-0,50	0,50	-2,25	2,51	-2,51	-18,09	18,09
22,07	-0,47	0,47	-2,25	2,37	-2,37	-16,97	16,97
12,35	-0,39	0,39	-2,17	1,91	-1,91	-14,45	14,45
7,78	-0,36	0,36	-2,03	1,64	-1,64	-12,74	12,74
5,69	-0,34	0,34	-1,91	1,44	-1,44	-11,77	11,77
5,18	-0,33	0,33	-1,79	1,33	-1,33	-10,98	10,98
3,89	-0,32	0,32	-1,72	1,22	-1,22	-10,45	10,45
2,59	-0,31	0,31	-1,66	1,13	-1,13	-9,94	9,94
1,15	-0,28	0,28	-1,50	0,99	-0,99	-8,87	8,87
-0,10	-0,27	0,27	-1,36	0,79	-0,79	-7,90	7,90
-0,64	-0,27	0,27	-1,17	0,71	-0,71	-6,70	6,70
-0,90	-0,26	0,26	-1,11	0,61	-0,61	-6,32	6,32
-2,08	-0,25	0,25	-0,95	0,52	-0,52	-5,30	5,30
-5,14	-0,23	0,23	-0,54	0,31	-0,31	-2,42	2,42

-6,40	-0,21	0,21	-0,33	0,19	-0,19	-1,48	1,48
-7,04	-0,19	0,19	-0,23	0,13	-0,13	-0,97	0,97
-7,76	-0,18	0,18	-0,15	0,08	-0,08	-0,51	0,51
-8,02	-0,17	0,17	-0,08	0,05	-0,05	-0,10	0,10
-9,10	-0,15	0,15	0,06	-0,05	0,05	0,71	-0,71
-11,00	-0,13	0,13	0,22	-0,13	0,13	1,53	-1,53
-13,98	-0,06	0,06	0,57	-0,25	0,25	3,70	-3,70
-16,86	0,03	-0,03	0,90	-0,31	0,31	5,73	-5,73
-20,64	0,14	-0,14	1,24	-0,35	0,35	7,82	-7,82
-24,52	0,22	-0,22	1,49	-0,39	0,39	9,89	-9,89
-31,82	0,33	-0,33	2,06	-0,47	0,47	13,97	-13,97
-39,94	0,37	-0,37	2,36	-0,55	0,55	16,77	-16,77
-44,00	0,39	-0,39	2,48	-0,62	0,62	18,15	-18,15
-34,54	0,39	-0,39	2,51	-0,61	0,61	17,80	-17,80
-18,22	0,39	-0,39	2,47	-0,55	0,55	16,16	-16,16
-11,26	0,38	-0,38	2,38	-0,49	0,49	14,53	-14,53
-8,30	0,35	-0,35	2,25	-0,45	0,45	13,25	-13,25
-2,80	0,28	-0,28	1,71	-0,32	0,32	9,99	-9,99
-0,28	0,22	-0,22	1,03	-0,21	0,21	6,47	-6,47
3,74	0,09	-0,09	0,43	0,00	0,00	2,06	-2,06
4,39	0,08	-0,08	0,37	0,06	-0,06	1,63	-1,63
5,69	0,04	-0,04	0,24	0,14	-0,14	0,66	-0,66
7,13	0,02	-0,02	0,18	0,23	-0,23	0,05	-0,05
8,10	-0,02	0,02	0,02	0,32	-0,32	-1,02	1,02
8,75	-0,05	0,05	-0,08	0,41	-0,41	-1,63	1,63
9,38	-0,07	0,07	-0,16	0,47	-0,47	-2,14	2,14
10,87	-0,11	0,11	-0,25	0,52	-0,52	-2,73	2,73
11,45	-0,13	0,13	-0,32	0,55	-0,55	-3,21	3,21
11,95	-0,15	0,15	-0,37	0,68	-0,68	-3,67	3,67
12,74	-0,17	0,17	-0,41	0,73	-0,73	-4,18	4,18
14,04	-0,18	0,18	-0,50	0,84	-0,84	-4,66	4,66
15,01	-0,21	0,21	-0,57	0,91	-0,91	-5,20	5,20
15,98	-0,23	0,23	-0,65	0,99	-0,99	-5,81	5,81
16,99	-0,25	0,25	-0,72	1,05	-1,05	-6,37	6,37
18,29	-0,27	0,27	-0,86	1,15	-1,15	-7,44	7,44
19,73	-0,29	0,29	-0,94	1,19	-1,19	-8,05	8,05
20,38	-0,31	0,31	-1,00	1,26	-1,26	-8,56	8,56
21,35	-0,33	0,33	-1,07	1,31	-1,31	-9,12	9,12
22,50	-0,34	0,34	-1,15	1,36	-1,36	-9,63	9,63
22,97	-0,36	0,36	-1,21	1,45	-1,45	-9,94	9,94
23,80	-0,37	0,37	-1,24	1,47	-1,47	-10,34	10,34
24,44	-0,38	0,38	-1,33	1,55	-1,55	-10,88	10,88
27,68	-0,43	0,43	-1,50	1,68	-1,68	-12,20	12,20
28,33	-0,44	0,44	-1,56	1,75	-1,75	-12,66	12,66
30,13	-0,45	0,45	-1,61	1,80	-1,80	-12,99	12,99
31,90	-0,47	0,47	-1,71	1,87	-1,87	-13,71	13,71
34,49	-0,49	0,49	-1,81	1,99	-1,99	-14,45	14,45
38,41	-0,51	0,51	-2,01	2,19	-2,19	-16,69	16,69
39,20	-0,52	0,52	-2,08	2,24	-2,24	-16,87	16,87
39,85	-0,53	0,53	-2,05	2,26	-2,26	-17,38	17,38
41,15	-0,54	0,54	-2,15	2,36	-2,36	-17,89	17,89
44,39	-0,56	0,56	-2,28	2,47	-2,47	-19,03	19,03
46,51	-0,58	0,58	-2,39	2,59	-2,59	-19,72	19,72
49,43	-0,59	0,59	-2,54	2,72	-2,72	-20,89	20,89
50,40	-0,60	0,60	-2,63	2,77	-2,77	-21,63	21,63

52,34	-0,63	0,63	-2,79	2,94	-2,94	-22,88	22,88
54,61	-0,65	0,65	-2,87	3,05	-3,05	-23,62	23,62
54,94	-0,66	0,66	-2,93	3,08	-3,08	-24,00	24,00
54,79	-0,67	0,67	-2,95	3,10	-3,10	-24,03	24,03
52,85	-0,67	0,67	-2,98	3,12	-3,12	-24,00	24,00
45,36	-0,65	0,65	-2,96	3,05	-3,05	-23,01	23,01
43,27	-0,63	0,63	-2,94	2,99	-2,99	-22,68	22,68
41,98	-0,62	0,62	-2,93	2,98	-2,98	-22,63	22,63
36,47	-0,59	0,59	-2,87	2,89	-2,89	-21,81	21,81
33,37	-0,57	0,57	-2,84	2,82	-2,82	-21,43	21,43
29,63	-0,55	0,55	-2,81	2,77	-2,77	-20,87	20,87
27,04	-0,54	0,54	-2,79	2,68	-2,68	-20,54	20,54
19,73	-0,51	0,51	-2,69	2,47	-2,47	-19,06	19,06
14,22	-0,49	0,49	-2,58	2,29	-2,29	-17,71	17,71
12,92	-0,48	0,48	-2,53	2,24	-2,24	-17,28	17,28
7,24	-0,44	0,44	-2,42	2,02	-2,02	-16,26	16,26
4,32	-0,41	0,41	-2,22	1,82	-1,82	-14,93	14,93
3,67	-0,40	0,40	-2,13	1,73	-1,73	-14,45	14,45
3,02	-0,38	0,38	-2,01	1,63	-1,63	-13,71	13,71
3,17	-0,38	0,38	-1,97	1,55	-1,55	-13,40	13,40
2,38	-0,36	0,36	-1,87	1,47	-1,47	-12,84	12,84
0,43	-0,34	0,34	-1,72	1,35	-1,35	-11,77	11,77
-0,58	-0,32	0,32	-1,64	1,26	-1,26	-11,31	11,31
-1,12	-0,31	0,31	-1,46	1,05	-1,05	-10,14	10,14
-1,48	-0,30	0,30	-1,26	0,96	-0,96	-8,94	8,94
-1,48	-0,30	0,30	-1,22	0,89	-0,89	-8,66	8,66
-2,02	-0,30	0,30	-1,18	0,84	-0,84	-8,33	8,33
-3,28	-0,29	0,29	-1,07	0,80	-0,80	-7,72	7,72
-4,18	-0,29	0,29	-0,93	0,66	-0,66	-6,37	6,37
-5,62	-0,28	0,28	-0,77	0,57	-0,57	-5,55	5,55
-5,80	-0,27	0,27	-0,67	0,44	-0,44	-4,89	4,89
-6,26	-0,26	0,26	-0,50	0,39	-0,39	-3,92	3,92
-7,24	-0,24	0,24	-0,34	0,33	-0,33	-2,82	2,82
-7,52	-0,23	0,23	-0,28	0,27	-0,27	-2,49	2,49
-8,42	-0,22	0,22	-0,18	0,24	-0,24	-1,88	1,88
-9,42	-0,20	0,20	-0,10	0,20	-0,20	-1,32	1,32
-9,78	-0,18	0,18	0,00	0,10	-0,10	-0,71	0,71
-10,15	-0,17	0,17	0,10	0,05	-0,05	-0,05	0,05
-11,08	-0,16	0,16	0,17	0,01	-0,01	1,60	-1,60
-12,23	-0,14	0,14	0,27	-0,07	0,07	2,53	-2,53
-13,42	-0,11	0,11	0,41	-0,21	0,21	3,44	-3,44
-15,11	-0,06	0,06	0,62	-0,26	0,26	4,87	-4,87
-17,75	0,01	-0,01	0,92	-0,34	0,34	6,93	-6,93
-21,24	0,06	-0,06	1,13	-0,38	0,38	8,46	-8,46
-25,03	0,13	-0,13	1,45	-0,42	0,42	10,48	-10,48
-29,35	0,25	-0,25	1,87	-0,47	0,47	13,72	-13,72
-32,50	0,30	-0,30	2,10	-0,51	0,51	15,37	-15,37
-36,10	0,34	-0,34	2,30	-0,55	0,55	16,88	-16,88
-41,75	0,38	-0,38	2,53	-0,61	0,61	18,97	-18,97
-49,78	0,43	-0,43	2,92	-0,73	0,73	22,35	-22,35
-54,55	0,46	-0,46	3,06	-0,84	0,84	24,04	-24,04
-47,38	0,48	-0,48	3,07	-0,84	0,84	24,00	-24,00
-31,96	0,48	-0,48	3,07	-0,82	0,82	23,80	-23,80
-16,72	0,48	-0,48	2,99	-0,72	0,72	21,70	-21,70
-11,58	0,47	-0,47	2,90	-0,63	0,63	20,20	-20,20

-5,08	0,44	-0,44	2,48	-0,45	0,45	16,70	-16,70
-1,48	0,38	-0,38	1,56	-0,30	0,30	11,10	-11,10
-1,12	0,36	-0,36	1,50	-0,29	0,29	10,60	-10,60
3,02	0,18	-0,18	0,68	-0,13	0,13	5,38	-5,38
3,35	0,16	-0,16	0,57	-0,03	0,03	4,71	-4,71
4,64	0,13	-0,13	0,47	0,06	-0,06	3,93	-3,93
5,29	0,08	-0,08	0,35	0,19	-0,19	3,13	-3,13
5,62	0,06	-0,06	0,28	0,24	-0,24	2,66	-2,66
6,59	0,04	-0,04	0,24	0,33	-0,33	2,31	-2,31
6,77	0,01	-0,01	0,17	0,36	-0,36	2,15	-2,15
6,59	0,00	0,00	0,11	0,39	-0,39	0,76	-0,76
7,24	-0,03	0,03	0,04	0,49	-0,49	-1,19	1,19
8,06	-0,06	0,06	-0,02	0,55	-0,55	-1,78	1,78
8,06	-0,09	0,09	-0,10	0,63	-0,63	-2,34	2,34
8,86	-0,12	0,12	-0,20	0,71	-0,71	-2,93	2,93
10,01	-0,15	0,15	-0,29	0,81	-0,81	-3,44	3,44
10,33	-0,17	0,17	-0,36	0,86	-0,86	-4,02	4,02
12,10	-0,21	0,21	-0,53	1,01	-1,01	-5,35	5,35
12,74	-0,24	0,24	-0,60	1,05	-1,05	-5,91	5,91
13,90	-0,26	0,26	-0,71	1,15	-1,15	-6,52	6,52
15,84	-0,29	0,29	-0,87	1,26	-1,26	-7,62	7,62
17,64	-0,33	0,33	-1,02	1,36	-1,36	-8,76	8,76
19,08	-0,34	0,34	-1,14	1,42	-1,42	-9,35	9,35
21,20	-0,38	0,38	-1,30	1,55	-1,55	-10,50	10,50
21,85	-0,40	0,40	-1,37	1,61	-1,61	-10,98	10,98
24,26	-0,43	0,43	-1,54	1,80	-1,80	-12,18	12,18
26,71	-0,45	0,45	-1,69	1,96	-1,96	-13,35	13,35
28,01	-0,47	0,47	-1,76	1,99	-1,99	-13,96	13,96
29,48	-0,49	0,49	-1,83	2,07	-2,07	-15,19	15,19
31,43	-0,50	0,50	-1,98	2,19	-2,19	-16,10	16,10
32,72	-0,51	0,51	-2,07	2,31	-2,31	-16,87	16,87
33,52	-0,52	0,52	-2,13	2,34	-2,34	-17,10	17,10
34,81	-0,53	0,53	-2,21	2,42	-2,42	-17,79	17,79
38,41	-0,56	0,56	-2,35	2,54	-2,54	-18,93	18,93
39,20	-0,57	0,57	-2,40	2,62	-2,62	-19,47	19,47
40,50	-0,58	0,58	-2,47	2,67	-2,67	-19,75	19,75
43,27	-0,60	0,60	-2,58	2,77	-2,77	-20,77	20,77
45,86	-0,62	0,62	-2,69	2,87	-2,87	-21,81	21,81
47,81	-0,64	0,64	-2,77	2,94	-2,94	-22,27	22,27
50,90	-0,66	0,66	-2,90	3,03	-3,03	-23,60	23,60
52,20	-0,67	0,67	-2,94	3,08	-3,08	-23,90	23,90
51,55	-0,68	0,68	-2,96	3,13	-3,13	-24,00	24,00
48,46	-0,68	0,68	-2,97	3,10	-3,10	-23,62	23,62
43,09	-0,65	0,65	-2,95	3,01	-3,01	-22,73	22,73
36,29	-0,62	0,62	-2,90	2,91	-2,91	-22,07	22,07
32,08	-0,60	0,60	-2,86	2,84	-2,84	-21,51	21,51
28,84	-0,58	0,58	-2,83	2,77	-2,77	-21,05	21,05
24,44	-0,56	0,56	-2,80	2,68	-2,68	-20,49	20,49
19,40	-0,53	0,53	-2,74	2,56	-2,56	-19,93	19,93
15,66	-0,51	0,51	-2,67	2,43	-2,43	-18,73	18,73
13,90	-0,50	0,50	-2,63	2,38	-2,38	-18,29	18,29
9,36	-0,49	0,49	-2,52	2,21	-2,21	-17,17	17,17
6,59	-0,46	0,46	-2,41	2,07	-2,07	-16,46	16,46
5,62	-0,44	0,44	-2,33	1,96	-1,96	-15,77	15,77

4,64	-0,43	0,43	-2,18	1,78	-1,78	-14,83	14,83
4,32	-0,42	0,42	-2,13	1,73	-1,73	-14,42	14,42
2,84	-0,40	0,40	-2,01	1,61	-1,61	-13,76	13,76
1,73	-0,39	0,39	-1,95	1,55	-1,55	-13,22	13,22
1,22	-0,38	0,38	-1,90	1,49	-1,49	-12,99	12,99
0,43	-0,37	0,37	-1,79	1,42	-1,42	-12,41	12,41
-0,04	-0,36	0,36	-1,77	1,36	-1,36	-12,20	12,20
-0,40	-0,35	0,35	-1,66	1,31	-1,31	-11,62	11,62
-0,84	-0,34	0,34	-1,61	1,20	-1,20	-11,18	11,18
-1,38	-0,33	0,33	-1,50	1,17	-1,17	-10,55	10,55
-1,20	-0,33	0,33	-1,48	1,14	-1,14	-10,39	10,39
-1,38	-0,32	0,32	-1,41	1,10	-1,10	-10,09	10,09
-1,48	-0,32	0,32	-1,35	1,04	-1,04	-9,58	9,58
-1,66	-0,31	0,31	-1,23	0,99	-0,99	-8,87	8,87
-2,10	-0,30	0,30	-1,20	0,91	-0,91	-8,66	8,66
-3,10	-0,28	0,28	-1,13	0,86	-0,86	-8,15	8,15
-3,46	-0,28	0,28	-1,05	0,78	-0,78	-7,72	7,72
-4,18	-0,28	0,28	-1,01	0,73	-0,73	-7,39	7,39
-4,82	-0,27	0,27	-0,88	0,63	-0,63	-6,19	6,19
-4,90	-0,27	0,27	-0,77	0,55	-0,55	-5,55	5,55
-6,34	-0,27	0,27	-0,56	0,43	-0,43	-4,33	4,33
-6,88	-0,26	0,26	-0,45	0,35	-0,35	-3,72	3,72
-7,24	-0,25	0,25	-0,34	0,33	-0,33	-3,16	3,16
-7,70	-0,23	0,23	-0,24	0,24	-0,24	-2,24	2,24
-8,88	-0,20	0,20	-0,10	0,15	-0,15	-1,37	1,37
-9,78	-0,18	0,18	0,00	0,10	-0,10	-0,71	0,71
-10,68	-0,17	0,17	0,09	0,07	-0,07	-0,05	0,05
-11,58	-0,14	0,14	0,21	0,01	0,01	2,19	-2,19
-12,56	-0,12	0,12	0,33	0,11	0,11	3,18	-3,18
-12,92	-0,09	0,09	0,48	0,20	0,20	4,04	-4,04
-13,84	-0,05	0,05	0,65	0,26	0,26	4,99	-4,99
-16,44	0,02	-0,02	1,01	0,38	0,38	7,73	-7,73
-20,42	0,14	-0,14	1,47	0,48	0,48	10,92	-10,92
-25,10	0,25	-0,25	1,84	0,54	0,54	13,80	-13,80
-32,68	0,37	-0,37	2,42	0,63	0,63	18,42	-18,42
-42,42	0,44	-0,44	2,90	0,77	0,77	22,72	-22,72
-45,20	0,50	-0,50	3,00	0,83	0,83	23,96	-23,96
-34,38	0,50	-0,50	3,00	0,82	0,82	23,96	-23,96
-24,84	0,50	-0,50	2,97	0,78	0,78	23,10	-23,10
-18,24	0,50	-0,50	2,91	0,73	0,73	22,01	-22,01
-11,30	0,49	-0,49	2,75	0,62	0,62	20,14	-20,14
-7,34	0,47	-0,47	2,57	0,52	0,52	18,12	-18,12
-5,08	0,46	-0,46	2,42	0,44	0,44	15,88	-15,88
-2,48	0,43	-0,43	1,97	0,33	0,33	13,39	-13,39
-1,30	0,39	-0,39	1,60	0,26	0,26	11,22	-11,22
3,35	0,16	-0,16	0,53	-0,02	0,02	4,06	-4,06
3,82	0,13	-0,13	0,44	0,10	0,10	3,29	-3,29
4,14	0,11	-0,11	0,39	0,17	0,17	2,80	-2,80
4,46	0,08	-0,08	0,31	0,22	0,22	2,27	-2,27
5,44	0,04	-0,04	0,21	0,33	0,33	1,46	-1,46
5,94	0,01	-0,01	0,14	0,37	0,37	-0,30	0,30
6,91	-0,01	0,01	0,06	0,44	-0,44	-0,79	0,79
7,56	-0,04	0,04	0,00	0,52	-0,52	-1,40	1,40
8,71	-0,10	0,10	-0,14	0,63	-0,63	-2,42	2,42
9,68	-0,13	0,13	-0,22	0,76	-0,76	-3,05	3,05

10,15	-0,15	0,15	-0,33	0,84	-0,84	-3,64	3,64
10,66	-0,17	0,17	-0,40	0,89	-0,89	-4,43	4,43
11,30	-0,20	0,20	-0,49	0,99	-0,99	-5,04	5,04
12,28	-0,25	0,25	-0,66	1,05	-1,05	-6,09	6,09
14,87	-0,28	0,28	-0,85	1,20	-1,20	-7,31	7,31
15,84	-0,30	0,30	-0,94	1,29	-1,29	-7,95	7,95
16,81	-0,32	0,32	-1,00	1,31	-1,31	-8,46	8,46
18,43	-0,36	0,36	-1,19	1,45	-1,45	-9,63	9,63
20,56	-0,39	0,39	-1,36	1,63	-1,63	-10,75	10,75
21,67	-0,41	0,41	-1,44	1,66	-1,66	-11,31	11,31
23,94	-0,44	0,44	-1,60	1,83	-1,83	-12,48	12,48
25,42	-0,46	0,46	-1,76	1,97	-1,97	-13,76	13,76
26,71	-0,48	0,48	-1,83	2,05	-2,05	-14,98	14,98
29,81	-0,50	0,50	-1,98	2,21	-2,21	-15,87	15,87
31,57	-0,52	0,52	-2,13	2,36	-2,36	-17,07	17,07
33,19	-0,53	0,53	-2,20	2,42	-2,42	-17,58	17,58
35,96	-0,55	0,55	-2,33	2,54	-2,54	-18,70	18,70
37,58	-0,56	0,56	-2,39	2,59	-2,59	-19,14	19,14
40,50	-0,58	0,58	-2,51	2,68	-2,68	-20,03	20,03
43,09	-0,60	0,60	-2,63	2,82	-2,82	-21,05	21,05
46,19	-0,63	0,63	-2,75	2,89	-2,89	-22,12	22,12
49,93	-0,66	0,66	-2,87	3,03	-3,03	-23,24	23,24
51,55	-0,67	0,67	-2,94	3,08	-3,08	-23,80	23,80
52,20	-0,68	0,68	-2,96	3,10	-3,10	-23,90	23,90
51,55	-0,68	0,68	-2,97	3,15	-3,15	-24,00	24,00
47,48	-0,68	0,68	-2,97	3,15	-3,15	-23,83	23,83
36,61	-0,65	0,65	-2,97	3,03	-3,03	-22,73	22,73
28,66	-0,60	0,60	-2,87	2,84	-2,84	-21,45	21,45
24,91	-0,56	0,56	-2,82	2,75	-2,75	-20,64	20,64
22,18	-0,55	0,55	-2,79	2,62	-2,62	-19,98	19,98
20,56	-0,53	0,53	-2,77	2,56	-2,56	-19,67	19,67
15,84	-0,51	0,51	-2,65	2,42	-2,42	-18,32	18,32
11,12	-0,48	0,48	-2,50	2,19	-2,19	-16,82	16,82
7,09	-0,45	0,45	-2,38	1,97	-1,97	-15,95	15,95
4,44	-0,43	0,43	-2,24	1,80	-1,80	-14,98	14,98
4,14	-0,41	0,41	-2,09	1,68	-1,68	-14,01	14,01
3,49	-0,40	0,40	-2,03	1,63	-1,63	-13,81	13,81
2,38	-0,39	0,39	-1,97	1,55	-1,55	-13,20	13,20
1,08	-0,38	0,38	-1,82	1,46	-1,46	-12,54	12,54
-0,22	-0,36	0,36	-1,72	1,31	-1,31	-11,77	11,77
-0,58	-0,34	0,34	-1,59	1,20	-1,20	-10,98	10,98
-0,58	-0,33	0,33	-1,46	1,09	-1,09	-10,09	10,09
-1,38	-0,31	0,31	-1,31	0,96	-0,96	-9,12	9,12
-2,10	-0,30	0,30	-1,19	0,85	-0,85	-8,46	8,46
-4,36	-0,28	0,28	-1,00	0,71	-0,71	-7,13	7,13
-5,98	-0,27	0,27	-0,88	0,48	-0,48	-4,89	4,89
-6,34	-0,26	0,26	-0,54	0,43	-0,43	-4,05	4,05
-6,70	-0,25	0,25	-0,47	0,39	-0,39	-3,56	3,56
-6,70	-0,24	0,24	-0,38	0,33	-0,33	-3,16	3,16
-7,70	-0,21	0,21	-0,19	0,24	-0,24	-1,93	1,93
-8,24	-0,20	0,20	-0,17	0,20	-0,20	-1,53	1,53
-8,34	-0,19	0,19	-0,12	0,17	-0,17	-1,19	1,19
-8,96	-0,17	0,17	-0,01	0,10	-0,10	-0,66	0,66
-9,96	-0,16	0,16	0,07	0,05	-0,05	1,04	-1,04

-9,96	-0,15	0,15	0,14	0,01	-0,01	1,44	-1,44
-11,04	-0,13	0,13	0,25	-0,08	0,08	2,34	-2,34
-11,76	-0,12	0,12	0,31	-0,16	0,16	2,79	-2,79
-12,38	-0,08	0,08	0,46	-0,18	0,18	3,70	-3,70
-13,28	-0,05	0,05	0,60	-0,26	0,26	4,66	-4,66
-14,02	-0,04	0,04	0,69	-0,30	0,30	5,15	-5,15
-15,10	0,00	0,00	0,80	-0,35	0,35	6,21	-6,21
-16,00	0,02	-0,02	0,98	-0,38	0,38	7,34	-7,34
-18,52	0,10	-0,10	1,30	-0,45	0,45	9,58	-9,58
-21,22	0,18	-0,18	1,57	-0,50	0,50	11,77	-11,77
-25,56	0,28	-0,28	1,94	-0,55	0,55	14,52	-14,52
-29,96	0,37	-0,37	2,34	-0,60	0,60	17,72	-17,72
-33,40	0,41	-0,41	2,63	-0,65	0,65	19,98	-19,98
-36,38	0,43	-0,43	2,80	-0,69	0,69	21,53	-21,53
-37,28	0,44	-0,44	2,89	-0,70	0,70	22,00	-22,00
-40,78	0,46	-0,46	3,01	-0,75	0,75	23,30	-23,30
-42,60	0,48	-0,48	3,04	-0,81	0,81	24,05	-24,05
-34,56	0,48	-0,48	3,03	-0,81	0,81	23,99	-23,99
-25,28	0,48	-0,48	3,02	-0,77	0,77	22,74	-22,74
-15,18	0,48	-0,48	2,91	-0,68	0,68	20,50	-20,50
-11,58	0,47	-0,47	2,80	-0,60	0,60	19,18	-19,18
-7,70	0,45	-0,45	2,59	-0,50	0,50	16,65	-16,65
-4,82	0,44	-0,44	2,26	-0,40	0,40	14,70	-14,70
-3,28	0,43	-0,43	2,06	-0,35	0,35	13,58	-13,58
-1,74	0,40	-0,40	1,72	-0,30	0,30	11,92	-11,92
-1,38	0,36	-0,36	1,47	-0,28	0,28	10,28	-10,28
1,73	0,21	-0,21	0,73	-0,16	0,16	5,19	-5,19
2,20	0,20	-0,20	0,68	-0,12	0,12	4,88	-4,88
2,52	0,19	-0,19	0,67	-0,08	0,08	4,71	-4,71
3,17	0,17	-0,17	0,62	-0,03	0,03	4,32	-4,32
7,56	-0,04	0,04	0,00	0,50	-0,50	-1,40	1,40
8,14	-0,05	0,05	-0,04	0,55	-0,55	-1,77	1,77
8,64	-0,06	0,06	-0,11	0,65	-0,65	-2,29	2,29
9,32	-0,08	0,08	-0,18	0,69	-0,69	-2,82	2,82
9,94	-0,10	0,10	-0,25	0,77	-0,77	-3,48	3,48
11,02	-0,16	0,16	-0,37	0,91	-0,91	-4,49	4,49
12,24	-0,22	0,22	-0,51	1,08	-1,08	-5,67	5,67
12,92	-0,26	0,26	-0,62	1,17	-1,17	-6,53	6,53
13,97	-0,31	0,31	-0,73	1,32	-1,32	-7,38	7,38
15,08	-0,35	0,35	-0,84	1,45	-1,45	-8,39	8,39
15,59	-0,37	0,37	-0,93	1,50	-1,50	-8,84	8,84
16,92	-0,39	0,39	-1,08	1,58	-1,58	-9,84	9,84
18,00	-0,44	0,44	-1,22	1,68	-1,68	-10,81	10,81
19,44	-0,48	0,48	-1,36	1,80	-1,80	-11,78	11,78
21,02	-0,50	0,50	-1,52	1,91	-1,91	-12,77	12,77
22,61	-0,54	0,54	-1,64	2,03	-2,03	-13,83	13,83
24,23	-0,57	0,57	-1,81	2,15	-2,15	-14,86	14,86
26,06	-0,59	0,59	-1,94	2,30	-2,30	-15,89	15,89
28,19	-0,62	0,62	-2,07	2,40	-2,40	-17,00	17,00
30,24	-0,64	0,64	-2,22	2,54	-2,54	-18,03	18,03
32,69	-0,67	0,67	-2,38	2,70	-2,70	-19,10	19,10
34,70	-0,69	0,69	-2,50	2,82	-2,82	-20,28	20,28
37,30	-0,71	0,71	-2,61	2,93	-2,93	-21,23	21,23
39,71	-0,73	0,73	-2,73	3,04	-3,04	-22,28	22,28
43,38	-0,76	0,76	-2,90	3,21	-3,21	-23,94	23,94

45,79	-0,78	0,78	-3,04	3,32	-3,32	-25,05	25,05
47,48	-0,80	0,80	-3,13	3,40	-3,40	-25,95	25,95
51,05	-0,84	0,84	-3,25	3,53	-3,53	-27,01	27,01
52,78	-0,85	0,85	-3,29	3,57	-3,57	-27,56	27,56
55,19	-0,87	0,87	-3,40	3,66	-3,66	-28,40	28,40
56,66	-0,88	0,88	-3,44	3,74	-3,74	-28,81	28,81
58,46	-0,89	0,89	-3,52	3,80	-3,80	-29,56	29,56
59,65	-0,91	0,91	-3,60	3,90	-3,90	-30,06	30,06
60,66	-0,94	0,94	-3,67	4,01	-4,01	-30,71	30,71
62,71	-0,97	0,97	-3,78	4,14	-4,14	-31,63	31,63
64,37	-1,01	1,01	-3,98	4,36	-4,36	-33,24	33,24
66,60	-1,06	1,06	-4,08	4,54	-4,54	-34,34	34,34
68,29	-1,08	1,08	-4,20	4,63	-4,63	-34,98	34,98
69,30	-1,11	1,11	-4,27	4,74	-4,74	-35,57	35,57
69,95	-1,14	1,14	-4,35	4,81	-4,81	-36,08	36,08
71,10	-1,17	1,17	-4,44	4,98	-4,98	-37,00	37,00
72,14	-1,20	1,20	-4,56	5,15	-5,15	-37,85	37,85
72,65	-1,20	1,20	-4,63	5,24	-5,24	-38,27	38,27
72,83	-1,22	1,22	-4,71	5,31	-5,31	-38,81	38,81
72,97	-1,25	1,25	-4,83	5,40	-5,40	-39,66	39,66
73,30	-1,26	1,26	-4,89	5,50	-5,50	-40,23	40,23
74,12	-1,27	1,27	-4,96	5,57	-5,57	-40,60	40,60
74,48	-1,28	1,28	-5,02	5,63	-5,63	-41,05	41,05
76,39	-1,30	1,30	-5,15	5,77	-5,77	-41,97	41,97
77,29	-1,31	1,31	-5,19	5,81	-5,81	-42,38	42,38
77,69	-1,34	1,34	-5,27	5,93	-5,93	-42,89	42,89
78,08	-1,37	1,37	-5,39	6,05	-6,05	-43,84	43,84
79,31	-1,40	1,40	-5,48	6,15	-6,15	-44,54	44,54
79,99	-1,42	1,42	-5,55	6,24	-6,24	-45,12	45,12
80,42	-1,45	1,45	-5,62	6,35	-6,35	-45,77	45,77
81,11	-1,47	1,47	-5,68	6,43	-6,43	-46,33	46,33
81,79	-1,49	1,49	-5,73	6,52	-6,52	-46,83	46,83
81,97	-1,50	1,50	-5,77	6,56	-6,56	-47,01	47,01
82,12	-1,51	1,51	-5,83	6,63	-6,63	-47,36	47,36
82,26	-1,53	1,53	-5,89	6,69	-6,69	-48,03	48,03
81,83	-1,54	1,54	-5,91	6,74	-6,74	-48,10	48,10
77,51	-1,54	1,54	-5,91	6,67	-6,67	-47,32	47,32
70,34	-1,51	1,51	-5,86	6,51	-6,51	-46,30	46,30
67,46	-1,50	1,50	-5,85	6,46	-6,46	-45,95	45,95
62,96	-1,48	1,48	-5,82	6,38	-6,38	-45,33	45,33
60,84	-1,47	1,47	-5,81	6,35	-6,35	-45,03	45,03
51,16	-1,44	1,44	-5,71	6,18	-6,18	-43,77	43,77
45,04	-1,42	1,42	-5,66	6,04	-6,04	-42,73	42,73
40,03	-1,41	1,41	-5,61	5,95	-5,95	-41,91	41,91
34,63	-1,39	1,39	-5,54	5,80	-5,80	-40,95	40,95
30,28	-1,37	1,37	-5,47	5,68	-5,68	-40,00	40,00
27,90	-1,35	1,35	-5,40	5,59	-5,59	-39,46	39,46
23,29	-1,31	1,31	-5,26	5,43	-5,43	-38,22	38,22
21,42	-1,30	1,30	-5,15	5,32	-5,32	-37,30	37,30
19,58	-1,28	1,28	-5,01	5,15	-5,15	-36,30	36,30
19,22	-1,27	1,27	-4,97	5,07	-5,07	-36,05	36,05
18,54	-1,25	1,25	-4,89	4,99	-4,99	-35,54	35,54
17,42	-1,21	1,21	-4,74	4,81	-4,81	-34,62	34,62
15,26	-1,16	1,16	-4,47	4,48	-4,48	-32,97	32,97
14,40	-1,12	1,12	-4,30	4,30	-4,30	-31,82	31,82

13,46	-1,09	1,09	-4,09	4,06	-4,06	-30,71	30,71
12,71	-1,07	1,07	-3,99	3,92	-3,92	-29,93	29,93
11,92	-1,04	1,04	-3,84	3,74	-3,74	-29,00	29,00
11,48	-1,01	1,01	-3,73	3,58	-3,58	-28,35	28,35
10,94	-1,00	1,00	-3,63	3,50	-3,50	-27,75	27,75
10,62	-0,98	0,98	-3,58	3,48	-3,48	-27,42	27,42
10,15	-0,97	0,97	-3,52	3,38	-3,38	-27,11	27,11
9,76	-0,97	0,97	-3,45	3,33	-3,33	-26,75	26,75
9,43	-0,96	0,96	-3,40	3,26	-3,26	-26,44	26,44
9,36	-0,95	0,95	-3,35	3,21	-3,21	-26,13	26,13
8,57	-0,92	0,92	-3,21	3,12	-3,12	-25,34	25,34
7,63	-0,90	0,90	-3,07	2,99	-2,99	-24,56	24,56
7,42	-0,89	0,89	-2,97	2,92	-2,92	-24,00	24,00
7,27	-0,88	0,88	-2,88	2,82	-2,82	-23,36	23,36
6,01	-0,86	0,86	-2,72	2,74	-2,74	-22,43	22,43
5,42	-0,82	0,82	-2,48	2,52	-2,52	-21,23	21,23
4,72	-0,76	0,76	-2,23	2,32	-2,32	-19,81	19,81
3,89	-0,73	0,73	-2,07	2,16	-2,16	-18,78	18,78
2,56	-0,71	0,71	-1,90	1,99	-1,99	-17,53	17,53
1,87	-0,69	0,69	-1,72	1,82	-1,82	-16,19	16,19
0,97	-0,65	0,65	-1,51	1,66	-1,66	-14,95	14,95
-0,36	-0,60	0,60	-1,31	1,49	-1,49	-13,42	13,42
-1,40	-0,58	0,58	-1,13	1,33	-1,33	-12,01	12,01
-3,42	-0,50	0,50	-0,79	1,09	-1,09	-9,55	9,55
-5,68	-0,39	0,39	-0,40	0,81	-0,81	-6,64	6,64
-8,50	-0,26	0,26	0,07	0,52	-0,52	-3,10	3,10
-12,60	-0,12	0,12	0,57	0,20	-0,20	-3,56	3,56
-14,30	-0,04	0,04	0,89	0,03	-0,03	6,03	-6,03
-15,98	0,03	-0,03	1,12	-0,08	0,08	7,79	-7,79
-18,76	0,12	-0,12	1,40	-0,25	0,25	10,13	-10,13
-21,88	0,20	-0,20	1,69	-0,39	0,39	12,45	-12,45
-25,48	0,28	-0,28	2,02	-0,53	0,53	15,36	-15,36
-28,50	0,34	-0,34	2,28	-0,58	0,58	17,74	-17,74
-31,16	0,37	-0,37	2,46	-0,61	0,61	19,47	-19,47
-33,68	0,40	-0,40	2,59	-0,66	0,66	20,93	-20,93
-36,74	0,43	-0,43	2,72	-0,71	0,71	22,67	-22,67
-41,50	0,47	-0,47	2,96	-0,79	0,79	25,48	-25,48
-44,08	0,49	-0,49	3,04	-0,81	0,81	26,62	-26,62
-47,74	0,53	-0,53	3,27	-0,86	0,86	29,25	-29,25
-51,90	0,56	-0,56	3,44	-0,92	0,92	31,59	-31,59
-57,92	0,61	-0,61	3,70	-0,97	0,97	34,30	-34,30
-63,30	0,65	-0,65	3,85	-1,02	1,02	37,03	-37,03
-71,80	0,71	-0,71	4,18	-1,10	1,10	41,00	-41,00
-77,00	0,75	-0,75	4,35	-1,15	1,15	44,00	-44,00
-80,80	0,79	-0,79	4,52	-1,18	1,18	47,00	-47,00
-80,54	0,80	-0,80	4,57	-1,21	1,21	47,96	-47,96
-77,11	0,82	-0,82	4,57	-1,21	1,21	47,98	-47,98
-72,22	0,82	-0,82	4,57	-1,20	1,20	47,89	-47,89
-57,73	0,81	-0,81	4,55	-1,13	1,13	44,92	-44,92
-44,70	0,80	-0,80	4,55	-1,13	1,13	44,92	-44,92
-32,62	0,79	-0,79	4,51	-1,08	1,08	42,34	-42,34
-23,16	0,79	-0,79	4,35	-1,01	1,01	39,67	-39,67
-13,46	0,78	-0,78	3,98	-0,93	0,93	35,04	-35,04
-8,10	0,74	-0,74	3,55	-0,85	0,85	30,11	-30,11
-3,19	0,70	-0,70	2,81	-0,65	0,65	20,61	-20,61

-1,14	0,62	-0,62	2,31	-0,44	0,44	17,01	-17,01
-0,48	0,57	-0,57	1,94	-0,29	0,29	15,03	-15,03
0,11	0,54	-0,54	1,71	-0,22	0,22	13,39	-13,39
0,54	0,52	-0,52	1,67	-0,19	0,19	13,39	-13,39
0,54	0,48	-0,48	1,45	-0,12	0,12	12,00	-12,00
0,54	0,46	-0,46	1,37	-0,09	0,09	11,63	-11,63
0,50	0,40	-0,40	1,13	-0,01	0,01	9,75	-9,75
1,48	0,35	-0,35	0,96	0,07	-0,07	8,59	-8,59
2,59	0,30	-0,30	0,81	0,15	-0,15	7,63	-7,63
3,67	0,27	-0,27	0,70	0,23	-0,23	6,92	-6,92
4,39	0,24	-0,24	0,56	0,33	-0,33	5,97	-5,97
4,90	0,21	-0,21	0,45	0,42	-0,42	5,20	-5,20
5,51	0,17	-0,17	0,31	0,53	-0,53	4,22	-4,22
5,90	0,15	-0,15	0,25	0,60	-0,60	3,68	-3,68
6,41	0,12	-0,12	0,17	0,69	-0,69	3,05	-3,05
6,66	0,12	-0,12	0,14	0,72	-0,72	2,70	-2,70
6,88	0,10	-0,10	0,08	0,76	-0,76	0,32	0,32
7,67	0,04	-0,04	-0,03	0,90	-0,90	-1,44	1,44
8,71	-0,04	0,04	-0,25	1,14	-1,14	-3,20	3,20
10,19	-0,10	0,10	-0,49	1,38	-1,38	-5,16	5,16
11,56	-0,17	0,17	-0,72	1,66	-1,66	-7,22	7,22
13,10	-0,26	0,26	-1,02	1,96	-1,96	-9,41	9,41
15,01	-0,35	0,35	-1,35	2,29	-2,29	-11,69	11,69
17,17	-0,41	0,41	-1,69	2,67	-2,67	-14,02	14,02
19,37	-0,49	0,49	-1,99	2,95	-2,95	-16,30	16,30
21,85	-0,59	0,59	-2,30	3,26	-3,26	-18,70	18,70
24,80	-0,70	0,70	-2,69	3,55	-3,55	-21,07	21,07
27,94	-0,78	0,78	-3,00	3,88	-3,88	-23,50	23,50
31,90	-0,87	0,87	-3,29	4,19	-4,19	-25,86	25,86
35,89	-0,95	0,95	-3,61	4,47	-4,47	-28,24	28,24
40,14	-1,02	1,02	-3,92	4,77	-4,77	-30,85	30,85
43,56	-1,05	1,05	-4,02	4,88	-4,88	-31,80	31,80
46,87	-1,11	1,11	-4,23	5,10	-5,10	-33,48	33,48
49,66	-1,12	1,12	-4,26	5,15	-5,15	-33,73	33,73
45,65	-1,15	1,15	-4,36	5,26	-5,26	-34,53	34,53
46,87	-1,17	1,17	-4,43	5,32	-5,32	-35,07	35,07
49,75	-1,20	1,20	-4,57	5,43	-5,43	-36,22	36,22
51,41	-1,22	1,22	-4,67	5,53	-5,53	-36,96	36,96
52,74	-1,23	1,23	-4,78	5,63	-5,63	-37,85	37,85
54,54	-1,26	1,26	-4,88	5,69	-5,69	-38,67	38,67
55,58	-1,27	1,27	-4,97	5,78	-5,78	-39,34	39,34
58,68	-1,29	1,29	-5,09	5,88	-5,88	-40,17	40,17
61,31	-1,31	1,31	-5,24	6,02	-6,02	-41,45	41,45
64,66	-1,35	1,35	-5,35	6,11	-6,11	-42,30	42,30
66,38	-1,38	1,38	-5,46	6,21	-6,21	-43,22	43,22
68,51	-1,41	1,41	-5,57	6,32	-6,32	-44,12	44,12
71,14	-1,44	1,44	-5,66	6,41	-6,41	-44,93	44,93
72,50	-1,46	1,46	-5,73	6,47	-6,47	-45,54	45,54
73,55	-1,47	1,47	-5,77	6,50	-6,50	-45,71	45,71
75,24	-1,50	1,50	-5,85	6,59	-6,59	-46,39	46,39
77,11	-1,52	1,52	-5,96	6,68	-6,68	-47,25	47,25
77,69	-1,54	1,54	-5,98	6,76	-6,76	-47,68	47,68
77,88	-1,56	1,56	-6,03	6,81	-6,81	-48,08	48,08
76,52	-1,56	1,56	-6,03	6,82	-6,82	-47,79	47,79
64,58	-1,51	1,51	-5,97	6,52	-6,52	-45,82	45,82

57,53	-1,48	1,48	-5,92	6,40	-6,40	-44,89	44,89
53,39	-1,47	1,47	-5,87	6,33	-6,33	-44,35	44,35
47,48	-1,44	1,44	-5,82	6,21	-6,21	-43,48	43,48
43,85	-1,43	1,43	-5,77	6,15	-6,15	-42,90	42,90
40,36	-1,42	1,42	-5,71	6,05	-6,05	-42,33	42,33
37,48	-1,41	1,41	-5,67	6,00	-6,00	-41,70	41,70
28,84	-1,39	1,39	-5,56	5,79	-5,79	-40,32	40,32
23,04	-1,32	1,32	-5,32	5,50	-5,50	-38,18	38,18
17,86	-1,26	1,26	-4,87	5,06	-5,06	-35,29	35,29
16,09	-1,17	1,17	-4,48	4,55	-4,55	-32,90	32,90
13,93	-1,11	1,11	-4,19	4,21	-4,21	-31,09	31,09
12,78	-1,07	1,07	-4,01	4,00	-4,00	-30,02	30,02
11,77	-1,05	1,05	-3,89	3,82	-3,82	-29,24	29,24
11,48	-1,03	1,03	-3,79	3,69	-3,69	-28,50	28,50
10,84	-1,02	1,02	-3,70	3,58	-3,58	-27,98	27,98
10,69	-1,00	1,00	-3,61	3,50	-3,50	-27,35	27,35
10,12	-0,99	0,99	-3,52	3,41	-3,41	-26,95	26,95
9,43	-0,97	0,97	-3,44	3,34	-3,34	-26,44	26,44
9,32	-0,96	0,96	-3,31	3,24	-3,24	-25,78	25,78
8,75	-0,93	0,93	-3,19	3,15	-3,15	-25,02	25,02
7,99	-0,90	0,90	-2,92	2,95	-2,95	-23,61	23,61
7,24	-0,88	0,88	-2,85	2,87	-2,87	-23,13	23,13
5,72	-0,85	0,85	-2,62	2,74	-2,74	-21,89	21,89
5,08	-0,82	0,82	-2,45	2,62	-2,62	-21,01	21,01
4,54	-0,79	0,79	-2,38	2,48	-2,48	-20,42	20,42
3,92	-0,76	0,76	-2,22	2,33	-2,33	-19,45	19,45
2,41	-0,71	0,71	-1,95	2,09	-2,09	-17,58	17,58
1,84	-0,69	0,69	-1,74	1,91	-1,91	-16,30	16,30
1,58	-0,67	0,67	-1,62	1,81	-1,81	-15,54	15,54
0,72	-0,65	0,65	-1,49	1,69	-1,69	-14,67	14,67
-0,56	-0,60	0,60	-1,31	1,53	-1,53	-13,30	13,30
-1,42	-0,58	0,58	-1,09	1,36	-1,36	-11,79	11,79
-2,28	-0,53	0,53	-0,91	1,20	-1,20	-10,34	10,34
-3,32	-0,48	0,48	-0,71	1,09	-1,09	-8,83	8,83
-4,84	-0,41	0,41	-0,49	0,91	-0,91	-6,98	6,98
-6,20	-0,34	0,34	-0,19	0,75	-0,75	-4,95	4,95
-8,20	-0,26	0,26	0,11	0,58	-0,58	-2,83	2,83
-9,98	-0,17	0,17	0,41	0,39	-0,39	-0,66	0,66
-12,44	-0,07	0,07	0,71	0,19	-0,19	5,47	-5,47
-14,18	0,02	-0,02	1,05	0,02	-0,02	8,01	-8,01
-16,54	0,11	-0,11	1,37	-0,14	0,14	10,48	-10,48
-18,78	0,18	-0,18	1,69	-0,29	0,29	12,95	-12,95
-21,60	0,27	-0,27	2,01	-0,47	0,47	15,40	-15,40
-24,96	0,35	-0,35	2,31	-0,54	0,54	17,84	-17,84
-28,58	0,42	-0,42	2,61	-0,62	0,62	20,33	-20,33
-32,56	0,47	-0,47	2,87	-0,70	0,70	22,72	-22,72
-36,48	0,51	-0,51	3,11	-0,78	0,78	25,02	-25,02
-40,66	0,56	-0,56	3,32	-0,83	0,83	27,36	-27,36
-44,66	0,58	-0,58	3,47	-0,88	0,88	29,67	-29,67
-49,02	0,61	-0,61	3,62	-0,92	0,92	31,82	-31,82
-53,46	0,63	-0,63	3,75	-0,96	0,96	33,97	-33,97
-55,82	0,65	-0,65	3,81	-0,98	0,98	35,50	-35,50
-58,26	0,67	-0,67	3,86	-1,01	1,01	36,51	-36,51
-63,56	0,69	-0,69	3,98	-1,04	1,04	38,39	-38,39
-66,76	0,73	-0,73	4,09	-1,09	1,09	40,49	-40,49

-69,28	0,75	-0,75	4,15	-1,11	1,11	41,92	-41,92
-71,94	0,77	-0,77	4,29	-1,14	1,14	43,59	-43,59
-73,28	0,79	-0,79	4,35	-1,16	1,16	45,41	-45,41
-76,14	0,85	-0,85	4,62	-1,21	1,21	48,00	-48,00
-68,88	0,86	-0,86	4,64	-1,20	1,20	47,82	-47,82
-58,68	0,85	-0,85	4,64	-1,20	1,20	47,17	-47,17
-47,62	0,85	-0,85	4,62	-1,16	1,16	45,14	-45,14
-40,16	0,84	-0,84	4,61	-1,12	1,12	43,94	-43,94
-32,96	0,84	-0,84	4,60	-1,10	1,10	42,28	-42,28
-24,30	0,83	-0,83	4,56	-1,05	1,05	40,06	-40,06
-13,20	0,81	-0,81	4,32	-0,96	0,96	34,20	-34,20
-8,92	0,79	-0,79	3,98	-0,89	0,89	30,71	-30,71
-6,04	0,77	-0,77	3,63	-0,81	0,81	27,45	-27,45
-3,16	0,75	-0,75	3,01	-0,64	0,64	23,08	-23,08
-1,02	0,71	-0,71	2,20	-0,44	0,44	18,26	-18,26
-0,42	0,68	-0,68	2,02	-0,35	0,35	17,29	-17,29
-0,04	0,64	-0,64	1,76	-0,26	0,26	15,69	-15,69
0,76	0,59	-0,59	1,56	-0,19	0,19	14,68	-14,68
0,90	0,54	-0,54	1,36	-0,11	0,11	13,15	-13,15
1,40	0,47	-0,47	1,14	-0,05	0,05	11,49	-11,49
1,55	0,46	-0,46	1,09	-0,02	0,02	11,21	-11,21
1,98	0,39	-0,39	0,89	0,06	0,06	9,93	-9,93
2,41	0,37	-0,37	0,87	0,10	0,10	9,62	-9,62
4,39	0,31	-0,31	0,63	0,25	0,25	8,00	-8,00
4,68	0,26	-0,26	0,48	0,34	0,34	7,02	-7,02
5,34	0,22	-0,22	0,31	0,48	0,48	5,69	-5,69
6,05	0,19	-0,19	0,22	0,61	0,61	4,81	-4,81
6,66	0,16	-0,16	0,09	0,68	0,68	4,14	-4,14
7,16	0,13	-0,13	0,05	0,76	0,76	3,46	-3,46
7,38	0,11	-0,11	0,00	0,81	0,81	3,03	-3,03
7,45	0,09	-0,09	-0,04	0,87	0,87	3,35	0,35
7,70	0,06	-0,06	-0,11	0,92	0,92	3,77	0,77
8,32	0,03	-0,03	-0,20	1,04	1,04	4,66	1,66
9,50	-0,05	0,05	-0,43	1,29	1,29	6,65	3,65
10,98	-0,13	0,13	-0,66	1,56	1,56	9,74	5,74
12,35	-0,20	0,20	-0,92	1,88	1,88	13,98	7,98
13,97	-0,29	0,29	-1,25	2,19	2,19	19,41	10,41
15,70	-0,36	0,36	-1,57	2,54	2,54	25,84	12,70
17,78	-0,44	0,44	-1,93	2,89	2,89	33,91	15,11
19,84	-0,53	0,53	-2,27	3,19	3,19	43,51	17,51
21,74	-0,61	0,61	-2,57	3,43	3,43	54,64	19,64
22,82	-0,68	0,68	-2,75	3,61	3,61	67,32	21,02
23,18	-0,71	0,71	-2,83	3,71	3,71	81,56	21,56
23,69	-0,72	0,72	-2,88	3,76	3,76	97,20	22,00
24,37	-0,76	0,76	-2,95	3,82	3,82	114,70	22,70
24,84	-0,77	0,77	-2,99	3,88	3,88	133,64	23,04
25,63	-0,78	0,78	-3,06	3,96	3,96	153,64	23,64
26,93	-0,80	0,80	-3,16	4,05	4,05	175,21	24,21
27,34	-0,83	0,83	-3,21	4,12	4,12	198,75	24,75
28,30	-0,86	0,86	-3,30	4,18	4,18	244,73	25,47
28,62	-0,87	0,87	-3,35	4,23	4,23	295,76	25,76
29,20	-0,88	0,88	-3,40	4,30	4,30	352,90	26,29
29,84	-0,90	0,90	-3,50	4,36	4,36	416,93	26,93
30,85	-0,91	0,91	-3,56	4,41	4,41	487,31	27,31
31,79	-0,94	0,94	-3,65	4,49	4,49	564,10	28,10

32,51	-0,96	0,96	-3,69	4,56	-4,56	-28,54	28,54
34,09	-0,98	0,98	-3,83	4,63	-4,63	-29,43	29,43
35,17	-0,99	0,99	-3,88	4,69	-4,69	-29,76	29,76
36,54	-1,01	1,01	-3,97	4,78	-4,78	-30,61	30,61
37,69	-1,04	1,04	-4,05	4,84	-4,84	-31,22	31,22
39,13	-1,06	1,06	-4,14	4,97	-4,97	-32,06	32,06
40,10	-1,08	1,08	-4,22	5,06	-5,06	-32,69	32,69
40,90	-1,10	1,10	-4,31	5,17	-5,17	-33,47	33,47
42,52	-1,12	1,12	-4,43	5,28	-5,28	-34,44	34,44
46,33	-1,17	1,17	-4,64	5,44	-5,44	-35,94	35,94
50,44	-1,22	1,22	-4,84	5,66	-5,66	-37,62	37,62
51,80	-1,25	1,25	-4,92	5,74	-5,74	-38,35	38,35
53,64	-1,27	1,27	-5,05	5,82	-5,82	-39,34	39,34
55,40	-1,29	1,29	-5,15	5,94	-5,94	-40,15	40,15
56,56	-1,30	1,30	-5,22	5,99	-5,99	-40,65	40,65
60,19	-1,35	1,35	-5,35	6,11	-6,11	-41,82	41,82
61,88	-1,37	1,37	-5,44	6,18	-6,18	-42,50	42,50
63,29	-1,40	1,40	-5,54	6,25	-6,25	-43,27	43,27
64,69	-1,42	1,42	-5,64	6,35	-6,35	-44,08	44,08
68,18	-1,47	1,47	-5,77	6,48	-6,48	-45,19	45,19
70,06	-1,49	1,49	-5,85	6,57	-6,57	-45,83	45,83
72,32	-1,51	1,51	-5,94	6,66	-6,66	-46,53	46,53
74,16	-1,52	1,52	-6,01	6,73	-6,73	-47,29	47,29
75,96	-1,55	1,55	-6,08	6,84	-6,84	-48,01	48,01
76,39	-1,56	1,56	-6,10	6,87	-6,87	-48,33	48,33
74,16	-1,56	1,56	-6,10	6,88	-6,88	-48,10	48,10
70,92	-1,56	1,56	-6,10	6,81	-6,81	-47,59	47,59
64,58	-1,52	1,52	-6,06	6,65	-6,65	-46,48	46,48
55,73	-1,49	1,49	-5,97	6,45	-6,45	-45,16	45,16
47,77	-1,46	1,46	-5,90	6,31	-6,31	-44,13	44,13
40,86	-1,44	1,44	-5,82	6,17	-6,17	-42,94	42,94
37,91	-1,43	1,43	-5,75	6,07	-6,07	-42,29	42,29
34,06	-1,42	1,42	-5,69	5,99	-5,99	-41,53	41,53
29,99	-1,40	1,40	-5,63	5,86	-5,86	-40,63	40,63
27,25	-1,38	1,38	-5,52	5,73	-5,73	-39,71	39,71
24,08	-1,35	1,35	-5,40	5,61	-5,61	-38,77	38,77
23,26	-1,32	1,32	-5,28	5,56	-5,56	-38,30	38,30
21,31	-1,30	1,30	-5,13	5,36	-5,36	-36,91	36,91
19,87	-1,27	1,27	-4,97	5,18	-5,18	-35,93	35,93
18,25	-1,22	1,22	-4,75	4,92	-4,92	-34,62	34,62
16,34	-1,18	1,18	-4,47	4,60	-4,60	-33,02	33,02
14,40	-1,13	1,13	-4,21	4,29	-4,29	-31,32	31,32
13,36	-1,09	1,09	-4,02	4,06	-4,06	-30,21	30,21
12,89	-1,07	1,07	-3,92	3,93	-3,93	-29,49	29,49
12,78	-1,07	1,07	-3,86	3,80	-3,80	-29,05	29,05
12,20	-1,04	1,04	-3,75	3,66	-3,66	-28,32	28,32
11,70	-1,02	1,02	-3,63	3,56	-3,56	-27,66	27,66
10,98	-0,99	0,99	-3,51	3,42	-3,42	-26,86	26,86
9,97	-0,97	0,97	-3,37	3,33	-3,33	-26,06	26,06
9,58	-0,96	0,96	-3,25	3,24	-3,24	-25,46	25,46
8,89	-0,93	0,93	-3,11	3,14	-3,14	-24,68	24,68
8,10	-0,91	0,91	-3,00	3,02	-3,02	-23,90	23,90
7,96	-0,89	0,89	-2,88	2,93	-2,93	-23,21	23,21
5,87	-0,85	0,85	-2,57	2,75	-2,75	-21,50	21,50
5,47	-0,81	0,81	-2,46	2,66	-2,66	-20,90	20,90

5,40	-0,79	0,79	-2,39	2,56	-2,56	-20,44	20,44
5,18	-0,77	0,77	-2,30	2,47	-2,47	-19,97	19,97
4,75	-0,76	0,76	-2,22	2,38	-2,38	-19,48	19,48
3,56	-0,72	0,72	-2,07	2,22	-2,22	-18,40	18,40
2,95	-0,71	0,71	-1,95	2,12	-2,12	-17,55	17,55
2,56	-0,71	0,71	-1,91	2,08	-2,08	-17,12	17,12
2,12	-0,69	0,69	-1,81	1,96	-1,96	-16,44	16,44
2,02	-0,68	0,68	-1,72	1,88	-1,88	-15,77	15,77
1,30	-0,65	0,65	-1,58	1,78	-1,78	-14,95	14,95
0,22	-0,61	0,61	-1,41	1,58	-1,58	-13,48	13,48
-0,70	-0,58	0,58	-1,19	1,43	-1,43	-11,93	11,93
-1,48	-0,53	0,53	-1,00	1,27	-1,27	-10,50	10,50
-2,32	-0,49	0,49	-0,87	1,16	-1,16	-9,27	9,27
-4,00	-0,43	0,43	-0,61	1,02	-1,02	-7,29	7,29
-5,16	-0,37	0,37	-0,34	0,82	-0,82	-5,37	5,37
-6,86	-0,31	0,31	-0,10	0,70	-0,70	-3,67	3,67
-7,72	-0,24	0,24	0,15	0,54	-0,54	-1,88	1,88
-9,88	-0,15	0,15	0,50	0,34	-0,34	-0,12	0,12
-12,20	-0,05	0,05	0,82	0,15	-0,15	6,19	-6,19
-14,28	0,03	-0,03	1,14	-0,04	0,04	8,60	-8,60
-16,42	0,13	-0,13	1,46	-0,17	0,17	11,07	-11,07
-18,90	0,20	-0,20	1,77	-0,33	0,33	13,57	-13,57
-21,62	0,28	-0,28	2,09	-0,48	0,48	16,07	-16,07
-25,00	0,36	-0,36	2,38	-0,58	0,58	18,43	-18,43
-28,4	0,43	-0,43	2,67	-0,63	0,63	20,88	-20,88
-32,42	0,48	-0,48	2,94	-0,73	0,73	23,29	-23,29
-36,74	0,52	-0,52	3,16	-0,79	0,79	25,61	-25,61
-40,78	0,56	-0,56	3,34	-0,84	0,84	27,96	-27,96
-45,08	0,59	-0,59	3,52	-0,89	0,89	30,18	-30,18
-49,22	0,62	-0,62	3,64	-0,93	0,93	32,38	-32,38
-53,74	0,64	-0,64	3,79	-0,97	0,97	34,48	-34,48
-57,26	0,67	-0,67	3,86	-1,01	1,01	36,51	-36,51
-59,78	0,68	-0,68	3,92	-1,03	1,03	37,40	-37,40
-64,48	0,71	-0,71	4,03	-1,07	1,07	39,45	-39,45
-67,36	0,74	-0,74	4,13	-1,10	1,10	41,3	-41,3
-70,12	0,76	-0,76	4,23	-1,12	1,12	42,99	-42,99
-74,32	0,82	-0,82	4,62	-1,20	1,20	47,82	-47,82
-67,78	0,84	-0,84	4,65	-1,20	1,20	47,58	-47,58
-60,22	0,84	-0,84	4,64	-1,19	1,19	46,81	-46,81
-51,42	0,83	-0,83	4,63	-1,16	1,16	45,14	-45,14
-39,94	0,83	-0,83	4,62	-1,10	1,10	43,13	-43,13
-33,58	0,82	-0,82	4,60	-1,09	1,09	41,57	-41,57
-18,08	0,81	-0,81	4,45	-1,01	1,01	36,63	-36,63
-9,52	0,78	-0,78	3,98	-0,89	0,89	30,71	-30,71
-6,00	0,76	-0,76	3,54	-0,79	0,79	26,66	-26,66
-2,96	0,73	-0,73	2,78	-0,59	0,59	21,53	-21,53
-1,62	0,71	-0,71	2,20	-0,45	0,45	18,26	-18,26
-1,02	0,68	-0,68	2,02	-0,35	0,35	17,29	-17,29
-0,74	0,67	-0,67	1,91	-0,30	0,30	16,64	-16,64
-0,64	0,62	-0,62	1,70	-0,25	0,25	15,56	-15,56
-0,34	0,61	-0,61	1,66	-0,20	0,20	15,00	-15,00
-0,12	0,56	-0,56	1,47	-0,16	0,16	14,04	-14,04
-0,10	0,54	-0,54	1,36	-0,11	0,11	13,23	-13,23
-0,02	0,48	-0,48	1,19	-0,05	0,05	11,93	-11,93
0,72	0,44	-0,44	1,07	0,01	-0,01	10,93	-10,93

1,33	0,37	-0,37	0,87	0,10	-0,10	9,62	-9,62
3,06	0,33	-0,33	0,70	0,19	-0,19	8,39	-8,39
3,31	0,31	-0,31	0,65	0,25	-0,25	8,00	-8,00
3,49	0,27	-0,27	0,51	0,32	-0,32	7,24	-7,24
4,10	0,24	-0,24	0,38	0,43	-0,43	6,33	-6,33
4,46	0,22	-0,22	0,31	0,48	-0,48	5,69	-5,69
4,97	0,19	-0,19	0,22	0,61	-0,61	4,81	-4,81
5,80	0,14	-0,14	0,07	0,72	-0,72	3,82	-3,82
6,08	0,13	-0,13	0,05	0,76	-0,76	3,46	-3,46
6,30	0,11	-0,11	0,00	0,81	-0,81	3,03	-3,03
6,48	0,08	-0,08	-0,05	0,90	-0,90	-1,00	1,00
9,36	-0,08	0,08	-0,50	1,60	-1,60	-5,00	5,00
11,30	-0,28	0,28	-1,02	1,99	-1,99	-8,79	8,79
14,90	-0,48	0,48	-1,57	2,71	-2,71	-13,21	13,21
17,06	-0,53	0,53	-1,88	3,09	-3,09	-15,42	15,42
19,19	-0,59	0,59	-2,29	3,52	-3,52	-18,00	18,00
21,92	-0,69	0,69	-2,77	3,90	-3,90	-20,71	20,71
24,62	-0,79	0,79	-3,19	4,25	-4,25	-23,48	23,48
27,61	-0,89	0,89	-3,59	4,64	-4,64	-25,92	25,92
29,12	-0,94	0,94	-3,79	4,82	-4,82	-27,31	27,31
30,17	-0,96	0,96	-3,87	4,91	-4,91	-27,99	27,99
31,97	-0,99	0,99	-4,02	5,02	-5,02	-29,05	29,05
33,88	-1,03	1,03	-4,17	5,17	-5,17	-30,16	30,16
35,35	-1,06	1,06	-4,27	5,25	-5,25	-31,07	31,07
37,33	-1,09	1,09	-4,41	5,36	-5,36	-32,02	32,02
38,95	-1,13	1,13	-4,55	5,50	-5,50	-33,11	33,11
39,85	-1,15	1,15	-4,62	5,58	-5,58	-33,60	33,60
40,82	-1,16	1,16	-4,66	5,64	-5,64	-33,93	33,93
42,66	-1,18	1,18	-4,76	5,74	-5,74	-34,62	34,62
44,57	-1,20	1,20	-4,89	5,88	-5,88	-35,63	35,63
45,40	-1,21	1,21	-4,95	5,94	-5,94	-36,20	36,20
46,66	-1,23	1,23	-5,04	6,00	-6,00	-36,85	36,85
48,64	-1,26	1,26	-5,16	6,11	-6,11	-37,57	37,57
49,93	-1,27	1,27	-5,23	6,20	-6,20	-38,16	38,16
51,55	-1,29	1,29	-5,32	6,28	-6,28	-38,93	38,93
53,21	-1,30	1,30	-5,44	6,36	-6,36	-39,66	39,66
55,01	-1,32	1,32	-5,50	6,45	-6,45	-40,20	40,20
56,12	-1,33	1,33	-5,58	6,50	-6,50	-40,79	40,79
56,88	-1,35	1,35	-5,65	6,57	-6,57	-41,39	41,39
58,07	-1,36	1,36	-5,72	6,63	-6,63	-41,88	41,88
59,76	-1,38	1,38	-5,80	6,70	-6,70	-42,49	42,49
62,24	-1,41	1,41	-5,95	6,80	-6,80	-43,50	43,50
62,82	-1,42	1,42	-5,96	6,84	-6,84	-43,81	43,81
66,60	-1,47	1,47	-6,12	6,98	-6,98	-45,06	45,06
68,76	-1,50	1,50	-6,24	7,10	-7,10	-45,96	45,96
69,16	-1,51	1,51	-6,28	7,14	-7,14	-46,30	46,30
70,60	-1,52	1,52	-6,34	7,21	-7,21	-46,75	46,75
72,86	-1,55	1,55	-6,41	7,28	-7,28	-47,37	47,37
73,98	-1,57	1,57	-6,47	7,34	-7,34	-47,92	47,92
76,86	-1,59	1,59	-6,53	7,45	-7,45	-48,60	48,60
79,92	-1,61	1,61	-6,61	7,63	-7,63	-49,72	49,72
83,27	-1,65	1,65	-6,70	7,80	-7,80	-50,98	50,98
84,56	-1,68	1,68	-6,75	7,90	-7,90	-51,64	51,64
85,68	-1,69	1,69	-6,82	8,00	-8,00	-52,25	52,25
86,98	-1,70	1,70	-6,87	8,09	-8,09	-52,77	52,77

87,84	-1,71	1,71	-6,88	8,15	-8,15	-53,01	53,01
88,49	-1,73	1,73	-6,92	8,24	-8,24	-53,55	53,55
90,07	-1,76	1,76	-6,99	8,31	-8,31	-54,27	54,27
91,62	-1,78	1,78	-7,07	8,44	-8,44	-54,95	54,95
92,56	-1,80	1,80	-7,12	8,56	-8,56	-55,61	55,61
92,92	-1,82	1,82	-7,18	8,62	-8,62	-56,06	56,06
93,71	-1,83	1,83	-7,23	8,70	-8,70	-56,57	56,57
94,32	-1,84	1,84	-7,28	8,76	-8,76	-56,93	56,93
95,83	-1,86	1,86	-7,37	8,93	-8,93	-57,82	57,82
97,99	-1,89	1,89	-7,49	9,10	-9,10	-58,77	58,77
99,72	-1,92	1,92	-7,60	9,29	-9,29	-59,81	59,81
101,45	-1,95	1,95	-7,74	9,49	-9,49	-60,99	60,99
102,74	-1,98	1,98	-7,89	9,66	-9,66	-61,98	61,98
103,97	-2,01	2,01	-8,03	9,90	-9,90	-63,24	63,24
105,23	-2,03	2,03	-8,17	10,09	-10,09	-64,37	64,37
105,73	-2,04	2,04	-8,28	10,22	-10,22	-65,34	65,34
105,95	-2,05	2,05	-8,33	10,31	-10,31	-65,84	65,84
106,02	-2,06	2,06	-8,41	10,41	-10,41	-66,45	66,45
106,85	-2,07	2,07	-8,50	10,54	-10,54	-67,18	67,18
107,57	-2,08	2,08	-8,60	10,68	-10,68	-68,09	68,09
108,14	-2,09	2,09	-8,68	10,82	-10,82	-68,85	68,85
108,72	-2,10	2,10	-8,74	10,93	-10,93	-69,55	69,55
108,94	-2,10	2,10	-8,81	11,04	-11,04	-70,15	70,15
109,44	-2,11	2,11	-8,95	11,23	-11,23	-71,65	71,65
110,12	-2,11	2,11	-9,15	11,44	-11,44	-72,96	72,96
107,96	-2,11	2,11	-9,22	11,47	-11,47	-73,03	73,03
106,02	-2,11	2,11	-9,23	11,44	-11,44	-72,69	72,69
101,23	-2,10	2,10	-9,24	11,28	-11,28	-71,51	71,51
97,34	-2,09	2,09	-9,24	11,20	-11,20	-70,83	70,83
93,38	-2,08	2,08	-9,22	11,14	-11,14	-70,28	70,28
87,39	-2,06	2,06	-9,21	11,03	-11,03	-69,48	69,48
82,51	-2,05	2,05	-9,21	10,93	-10,93	-68,79	68,79
76,79	-2,04	2,04	-9,18	10,86	-10,86	-67,99	67,99
73,19	-2,02	2,02	-9,16	10,77	-10,77	-67,49	67,49
70,78	-2,01	2,01	-9,14	10,71	-10,71	-67,16	67,16
67,00	-2,00	2,00	-9,11	10,65	-10,65	-66,51	66,51
63,40	-1,99	1,99	-9,06	10,54	-10,54	-65,87	65,87
58,90	-1,98	1,98	-8,99	10,44	-10,44	-65,01	65,01
55,04	-1,97	1,97	-8,95	10,33	-10,33	-64,35	64,35
51,59	-1,96	1,96	-8,91	10,27	-10,27	-63,86	63,86
44,93	-1,92	1,92	-8,81	10,09	-10,09	-62,38	62,38
40,14	-1,90	1,90	-8,66	9,88	-9,88	-61,01	61,01
37,80	-1,89	1,89	-8,56	9,76	-9,76	-60,19	60,19
34,52	-1,88	1,88	-8,47	9,64	-9,64	-59,41	59,41
31,03	-1,85	1,85	-8,31	9,45	-9,45	-58,21	58,21
28,19	-1,83	1,83	-7,97	9,27	-9,27	-57,00	57,00
24,55	-1,73	1,73	-7,39	8,59	-8,59	-53,18	53,18
23,04	-1,70	1,70	-7,19	8,39	-8,39	-52,05	52,05
21,92	-1,68	1,68	-6,94	8,11	-8,11	-50,44	50,44
20,20	-1,66	1,66	-6,77	7,89	-7,89	-49,50	49,50
19,58	-1,64	1,64	-6,55	7,65	-7,65	-48,22	48,22
18,97	-1,63	1,63	-6,51	7,52	-7,52	-47,84	47,84
18,54	-1,61	1,61	-6,33	7,36	-7,36	-47,00	47,00
18,07	-1,59	1,59	-6,09	7,02	-7,02	-45,51	45,51

17,82	-1,58	1,58	-5,97	6,88	-6,88	-44,82	44,82
17,46	-1,58	1,58	-5,81	6,74	-6,74	-43,95	43,95
17,14	-1,56	1,56	-5,65	6,60	-6,60	-43,04	43,04
15,19	-1,49	1,49	-5,09	5,86	-5,86	-39,94	39,94
14,62	-1,47	1,47	-4,95	5,75	-5,75	-39,27	39,27
13,07	-1,42	1,42	-4,62	5,37	-5,37	-37,72	37,72
9,83	-1,33	1,33	-3,96	4,82	-4,82	-34,31	34,31
9,07	-1,31	1,31	-3,82	4,70	-4,70	-33,59	33,59
7,96	-1,29	1,29	-3,61	4,55	-4,55	-32,47	32,47
6,95	-1,25	1,25	-3,44	4,29	-4,29	-31,34	31,34
6,30	-1,21	1,21	-3,28	4,17	-4,17	-30,44	30,44
5,65	-1,20	1,20	-3,14	3,93	-3,93	-29,52	29,52
4,43	-1,17	1,17	-2,95	3,77	-3,77	-28,33	28,33
3,82	-1,11	1,11	-2,73	3,63	-3,63	-26,92	26,92
2,88	-1,03	1,03	-2,51	3,42	-3,42	-25,29	25,29
1,69	-0,94	0,94	-2,28	3,20	-3,20	-23,53	23,53
0,32	-0,87	0,87	-2,08	2,97	-2,97	-21,81	21,81
-0,38	-0,79	0,79	-1,88	2,66	-2,66	-19,97	19,97
-1,04	-0,70	0,70	-1,67	2,47	-2,47	-18,18	18,18
-2,14	-0,63	0,63	-1,47	2,24	-2,24	-16,44	16,44
-3,40	-0,56	0,56	-1,20	1,97	-1,97	-14,26	14,26
-3,96	-0,52	0,52	-1,05	1,84	-1,84	-13,17	13,17
-4,38	-0,47	0,47	-0,89	1,78	-1,78	-11,99	11,99
-5,34	-0,39	0,39	-0,59	1,54	-1,54	-9,53	9,53
-6,86	-0,30	0,30	-0,29	1,30	-1,30	-7,24	7,24
-7,88	-0,21	0,21	-0,10	1,10	-1,10	-5,46	5,46
-8,44	-0,16	0,16	-0,02	0,95	-0,95	-4,04	4,04
-9,32	-0,09	0,09	0,12	0,80	-0,80	-2,46	2,46
-9,74	-0,04	0,04	0,18	0,70	-0,70	-1,20	1,20
-9,96	0,00	0,00	0,20	0,55	-0,55	0,00	0,00
6,48	0,00	0,00	0,20	0,55	-0,55	0,00	0,00
7,50	-0,04	0,04	-0,10	1,00	-1,00	-2,30	2,30
9,36	-0,12	0,12	-0,40	1,50	-1,50	-5,00	5,00
11,99	-0,24	0,24	-1,15	2,11	-2,11	-9,60	9,60
13,32	-0,27	0,27	-1,41	2,33	-2,33	-11,37	11,37
14,29	-0,30	0,30	-1,57	2,58	-2,58	-12,97	12,97
15,73	-0,32	0,32	-1,83	2,92	-2,92	-15,04	15,04
17,53	-0,37	0,37	-2,15	3,36	-3,36	-17,59	17,59
19,87	-0,47	0,47	-2,56	3,83	-3,83	-20,46	20,46
21,92	-0,59	0,59	-3,04	4,35	-4,35	-23,74	23,74
24,34	-0,75	0,75	-3,63	4,95	-4,95	-27,25	27,25
27,32	-0,88	0,88	-4,23	5,47	-5,47	-30,79	30,79
30,35	-0,98	0,98	-4,72	5,94	-5,94	-33,82	33,82
33,95	-1,07	1,07	-5,24	6,37	-6,37	-36,86	36,86
36,65	-1,18	1,18	-5,62	6,74	-6,74	-39,38	39,38
37,98	-1,24	1,24	-5,82	6,94	-6,94	-40,73	40,73
39,31	-1,28	1,28	-5,98	7,09	-7,09	-41,76	41,76
42,41	-1,33	1,33	-6,22	7,35	-7,35	-43,40	43,40
46,30	-1,41	1,41	-6,56	7,75	-7,75	-45,68	45,68
50,00	-1,51	1,51	-6,93	8,11	-8,11	-48,06	48,06
52,20	-1,57	1,57	-7,13	8,32	-8,32	-49,59	49,59
53,46	-1,59	1,59	-7,27	8,45	-8,45	-50,52	50,52
53,86	-1,61	1,61	-7,32	8,52	-8,52	-50,97	50,97
56,05	-1,66	1,66	-7,50	8,68	-8,68	-52,26	52,26
57,35	-1,68	1,68	-7,58	8,79	-8,79	-52,87	52,87

58,90	-1,69	1,69	-7,68	8,88	-8,88	-53,48	53,48
60,41	-1,71	1,71	-7,78	9,01	-9,01	-54,31	54,31
60,98	-1,72	1,72	-7,82	9,07	-9,07	-54,73	54,73
62,68	-1,73	1,73	-7,93	9,15	-9,15	-55,26	55,26
66,35	-1,78	1,78	-8,14	9,38	-9,38	-57,11	57,11
67,90	-1,81	1,81	-8,28	9,48	-9,48	-57,96	57,96
69,16	-1,83	1,83	-8,37	9,58	-9,58	-58,68	58,68
70,31	-1,84	1,84	-8,43	9,65	-9,65	-59,29	59,29
72,04	-1,86	1,86	-8,52	9,76	-9,76	-60,07	60,07
73,48	-1,88	1,88	-8,63	9,85	-9,85	-60,78	60,78
75,42	-1,89	1,89	-8,72	9,94	-9,94	-61,65	61,65
79,52	-1,93	1,93	-8,91	10,12	-10,12	-63,12	63,12
81,32	-1,95	1,95	-8,98	10,23	-10,23	-63,80	63,80
82,76	-1,96	1,96	-9,04	10,27	-10,27	-64,22	64,22
84,06	-1,97	1,97	-9,11	10,33	-10,33	-64,72	64,72
86,65	-1,98	1,98	-9,21	10,45	-10,45	-65,57	65,57
88,81	-2,00	2,00	-9,30	10,55	-10,55	-66,57	66,57
89,50	-2,01	2,01	-9,34	10,61	-10,61	-66,74	66,74
91,37	-2,02	2,02	-9,41	10,69	-10,69	-67,38	67,38
92,92	-2,02	2,02	-9,48	10,79	-10,79	-68,03	68,03
96,37	-2,03	2,03	-9,56	10,89	-10,89	-69,00	69,00
100,22	-2,05	2,05	-9,66	11,04	-11,04	-70,20	70,20
104,36	-2,07	2,07	-9,77	11,20	-11,20	-71,43	71,43
105,77	-2,08	2,08	-9,81	11,25	-11,25	-72,10	72,10
106,88	-2,08	2,08	-9,89	11,33	-11,33	-72,61	72,61
107,64	-2,09	2,09	-9,93	11,39	-11,39	-73,15	73,15
109,04	-2,09	2,09	-10,02	11,48	-11,48	-74,03	74,03
106,49	-2,09	2,09	-10,02	11,48	-11,48	-73,78	73,78
101,33	-2,08	2,08	-10,03	11,34	-11,34	-72,93	72,93
98,96	-2,07	2,07	-10,03	11,28	-11,28	-71,98	71,98
95,38	-2,06	2,06	-10,03	11,21	-11,21	-71,43	71,43
93,42	-2,05	2,05	-10,02	11,15	-11,15	-70,59	70,59
89,24	-2,04	2,04	-9,97	11,09	-11,09	-70,54	70,54
83,56	-2,02	2,02	-9,91	11,00	-11,00	-69,79	69,79
80,17	-2,01	2,01	-9,89	10,94	-10,94	-69,44	69,44
73,91	-2,00	2,00	-9,80	10,82	-10,82	-68,40	68,40
70,02	-1,99	1,99	-9,77	10,72	-10,72	-67,79	67,79
68,15	-1,98	1,98	-9,76	10,69	-10,69	-67,59	67,59
63,50	-1,96	1,96	-9,70	10,59	-10,59	-66,70	66,70
58,79	-1,95	1,95	-9,63	10,45	-10,45	-65,80	65,80
54,83	-1,94	1,94	-9,58	10,35	-10,35	-65,04	65,04
50,29	-1,92	1,92	-9,51	10,22	-10,22	-64,12	64,12
47,48	-1,91	1,91	-9,44	10,10	-10,10	-63,35	63,35
40,68	-1,89	1,89	-9,26	9,88	-9,88	-61,77	61,77
34,99	-1,85	1,85	-9,03	9,61	-9,61	-60,02	60,02
32,62	-1,83	1,83	-8,88	9,44	-9,44	-58,90	58,90
31,00	-1,81	1,81	-8,73	9,28	-9,28	-57,96	57,96
29,88	-1,80	1,80	-8,65	9,22	-9,22	-57,49	57,49
26,32	-1,78	1,78	-8,46	9,11	-9,11	-56,82	56,82
26,15	-1,78	1,78	-8,26	8,98	-8,98	-55,98	55,98
25,13	-1,74	1,74	-8,14	8,81	-8,81	-55,11	55,11
23,36	-1,72	1,72	-7,91	8,56	-8,56	-53,83	53,83
22,61	-1,70	1,70	-7,73	8,39	-8,39	-52,83	52,83
21,31	-1,68	1,68	-7,54	8,17	-8,17	-51,75	51,75
20,84	-1,68	1,68	-7,43	8,02	-8,02	-51,06	51,06

20,41	-1,67	1,67	-7,33	7,89	-7,89	-50,45	50,45
19,40	-1,65	1,65	-7,12	7,69	-7,69	-49,36	49,36
18,76	-1,63	1,63	-6,95	7,45	-7,45	-48,46	48,46
18,18	-1,62	1,62	-6,76	7,21	-7,21	-47,39	47,39
17,71	-1,61	1,61	-6,63	7,05	-7,05	-46,60	46,60
17,46	-1,60	1,60	-6,47	6,90	-6,90	-45,74	45,74
17,14	-1,59	1,59	-6,33	6,77	-6,77	-45,08	45,08
16,85	-1,58	1,58	-6,15	6,59	-6,59	-44,09	44,09
15,19	-1,52	1,52	-5,65	5,96	-5,96	-41,53	41,53
14,76	-1,51	1,51	-5,57	5,90	-5,90	-41,12	41,12
14,40	-1,50	1,50	-5,48	5,78	-5,78	-40,50	40,50
13,82	-1,47	1,47	-5,27	5,64	-5,64	-39,60	39,60
12,89	-1,45	1,45	-5,14	5,52	-5,52	-38,90	38,90
10,69	-1,36	1,36	-4,51	4,97	-4,97	-35,83	35,83
9,54	-1,33	1,33	-4,32	4,83	-4,83	-34,79	34,79
8,32	-1,29	1,29	-4,06	4,66	-4,66	-33,49	33,49
7,09	-1,25	1,25	-3,84	4,46	-4,46	-32,06	32,06
6,16	-1,20	1,20	-3,61	4,28	-4,28	-30,80	30,80
5,26	-1,17	1,17	-3,41	4,10	-4,10	-29,41	29,41
4,86	-1,15	1,15	-3,33	3,99	-3,99	-28,85	28,85
4,10	-1,07	1,07	-3,11	3,85	-3,85	-27,41	27,41
3,49	-1,01	1,01	-2,95	3,66	-3,66	-26,08	26,08
2,23	-0,95	0,95	-2,72	3,44	-3,44	-24,29	24,29
1,04	-0,87	0,87	-2,50	3,21	-3,21	-22,46	22,46
0,07	-0,80	0,80	-2,36	3,06	-3,06	-21,11	21,11
-0,46	-0,73	0,73	-2,14	2,78	-2,78	-19,34	19,34
-1,20	-0,66	0,66	-1,95	2,54	-2,54	-17,61	17,61
-2,24	-0,59	0,59	-1,72	2,30	-2,30	-15,53	15,53
-3,26	-0,50	0,50	-1,41	2,05	-2,05	-13,41	13,41
-6,32	-0,33	0,33	-0,82	1,54	-1,54	-8,58	8,58
-6,72	-0,25	0,25	-0,59	1,39	-1,39	-6,94	6,94
-8,26	-0,13	0,13	-0,27	1,13	-1,13	-4,11	4,11
-9,16	-0,09	0,09	-0,10	0,98	-0,98	-3,56	3,56
-10,14	-0,04	0,04	0,05	0,85	-0,85	-2,40	2,40
-10,74	0,03	-0,03	0,15	0,75	-0,75	-1,20	1,20
-6,48	0,04	-0,04	0,12	0,90	-0,90	-1,20	1,20
7,92	0,00	0,00	-0,10	1,25	-1,25	-3,00	3,00
8,86	-0,06	0,06	-0,34	1,46	-1,46	-4,86	4,86
9,22	-0,10	0,10	-0,44	1,56	-1,56	-5,41	5,41
9,61	-0,13	0,13	-0,59	1,64	-1,64	-6,17	6,17
9,76	-0,16	0,16	-0,76	1,75	-1,75	-7,17	7,17
9,94	-0,19	0,19	-0,92	1,88	-1,88	-8,18	8,18
10,69	-0,22	0,22	-1,01	2,02	-2,02	-8,95	8,95
12,06	-0,25	0,25	-1,23	2,18	-2,18	-10,56	10,56
13,50	-0,27	0,27	-1,46	2,41	-2,41	-12,18	12,18
14,11	-0,28	0,28	-1,59	2,57	-2,57	-13,33	13,33
15,12	-0,29	0,29	-1,78	2,86	-2,86	-15,02	15,02
16,42	-0,32	0,32	-2,00	3,21	-3,21	-16,93	16,93
17,71	-0,38	0,38	-2,31	3,54	-3,54	-19,19	19,19
19,37	-0,48	0,48	-2,64	3,95	-3,95	-21,62	21,62
21,31	-0,59	0,59	-3,04	4,47	-4,47	-24,44	24,44
23,08	-0,73	0,73	-3,54	4,95	-4,95	-27,40	27,40
25,52	-0,86	0,86	-4,03	5,38	-5,38	-30,42	30,42
27,40	-0,96	0,96	-4,48	5,84	-5,84	-32,89	32,89

29,63	-1,04	1,04	-4,88	6,22	-6,22	-35,20	35,20
31,97	-1,15	1,15	-5,31	6,58	-6,58	-37,76	37,76
34,74	-1,23	1,23	-5,69	6,93	-6,93	-40,20	40,20
37,37	-1,30	1,30	-6,06	7,24	-7,24	-42,37	42,37
38,95	-1,36	1,36	-6,25	7,47	-7,47	-43,74	43,74
39,78	-1,39	1,39	-6,37	7,61	-7,61	-44,56	44,56
41,22	-1,41	1,41	-6,43	7,74	-7,74	-45,41	45,41
42,44	-1,45	1,45	-6,64	7,85	-7,85	-46,34	46,34
43,63	-1,47	1,47	-6,76	7,95	-7,95	-47,02	47,02
44,79	-1,51	1,51	-6,94	8,13	-8,13	-48,20	48,20
47,23	-1,55	1,55	-7,07	8,26	-8,26	-49,32	49,32
49,39	-1,59	1,59	-7,27	8,43	-8,43	-50,56	50,56
50,65	-1,63	1,63	-7,42	8,59	-8,59	-51,65	51,65
52,16	-1,67	1,67	-7,54	8,69	-8,69	-52,39	52,39
52,85	-1,68	1,68	-7,61	8,79	-8,79	-53,02	53,02
54,07	-1,69	1,69	-7,69	8,88	-8,88	-53,53	53,53
55,73	-1,71	1,71	-7,81	9,02	-9,02	-54,51	54,51
56,81	-1,72	1,72	-7,89	9,08	-9,08	-55,02	55,02
58,79	-1,76	1,76	-8,08	9,23	-9,23	-56,16	56,16
59,69	-1,78	1,78	-8,13	9,29	-9,29	-56,65	56,65
61,13	-1,79	1,79	-8,21	9,39	-9,39	-57,37	57,37
61,81	-1,80	1,80	-8,28	9,43	-9,43	-57,69	57,69
63,79	-1,82	1,82	-8,40	9,56	-9,56	-58,69	58,69
65,38	-1,84	1,84	-8,51	9,66	-9,66	-59,50	59,50
66,46	-1,85	1,85	-8,56	9,72	-9,72	-59,98	59,98
69,16	-1,87	1,87	-8,72	9,85	-9,85	-61,02	61,02
70,20	-1,88	1,88	-8,79	9,93	-9,93	-61,62	61,62
70,85	-1,89	1,89	-8,84	9,98	-9,98	-61,97	61,97
73,15	-1,90	1,90	-8,92	10,06	-10,06	-62,77	62,77
74,34	-1,91	1,91	-8,98	10,12	-10,12	-63,29	63,29
75,35	-1,92	1,92	-9,05	10,20	-10,20	-63,84	63,84
76,66	-1,94	1,94	-9,15	10,27	-10,27	-64,47	64,47
79,67	-1,96	1,96	-9,24	10,41	-10,41	-65,41	65,41
82,30	-1,98	1,98	-9,35	10,50	-10,50	-66,35	66,35
84,42	-1,99	1,99	-9,47	10,62	-10,62	-67,05	67,05
85,82	-2,00	2,00	-9,50	10,68	-10,68	-67,49	67,49
87,30	-2,00	2,00	-9,55	10,76	-10,76	-68,08	68,08
90,04	-2,01	2,01	-9,67	10,86	-10,86	-68,99	68,99
91,87	-2,02	2,02	-9,74	10,96	-10,96	-69,72	69,72
92,81	-2,02	2,02	-9,78	11,01	-11,01	-70,13	70,13
93,96	-2,03	2,03	-9,84	11,04	-11,04	-70,54	70,54
95,80	-2,04	2,04	-9,90	11,11	-11,11	-71,06	71,06
97,85	-2,05	2,05	-9,95	11,19	-11,19	-71,76	71,76
100,87	-2,06	2,06	-10,02	11,28	-11,28	-72,67	72,67
102,46	-2,08	2,08	-10,05	11,36	-11,36	-73,14	73,14
101,41	-2,09	2,09	-10,05	11,36	-11,36	-73,14	73,14
100,51	-2,09	2,09	-10,05	11,36	-11,36	-72,99	72,99
99,65	-2,08	2,08	-10,05	11,34	-11,34	-72,74	72,74
97,52	-2,08	2,08	-10,06	11,28	-11,28	-72,29	72,29
92,12	-2,06	2,06	-10,05	11,12	-11,12	-70,99	70,99
87,12	-2,04	2,04	-10,02	11,02	-11,02	-70,18	70,18
83,74	-2,03	2,03	-9,98	10,95	-10,95	-69,71	69,71
79,96	-2,01	2,01	-9,94	10,88	-10,88	-69,25	69,25
74,77	-2,00	2,00	-9,87	10,81	-10,81	-68,44	68,44
70,78	-1,98	1,98	-9,80	10,71	-10,71	-67,85	67,85

65,45	-1,96	1,96	-9,73	10,60	-10,60	-66,98	66,98
60,66	-1,95	1,95	-9,68	10,48	-10,48	-66,19	66,19
57,49	-1,94	1,94	-9,64	10,41	-10,41	-65,64	65,64
50,40	-1,92	1,92	-9,54	10,22	-10,22	-64,27	64,27
46,51	-1,90	1,90	-9,47	10,06	-10,06	-63,29	63,29
42,59	-1,89	1,89	-9,34	9,93	-9,93	-62,23	62,23
40,54	-1,88	1,88	-9,27	9,85	-9,85	-61,62	61,62
37,58	-1,87	1,87	-9,16	9,73	-9,73	-60,76	60,76
34,92	-1,84	1,84	-9,03	9,58	-9,58	-59,84	59,84
33,01	-1,83	1,83	-8,89	9,46	-9,46	-59,15	59,15
30,82	-1,80	1,80	-8,69	9,27	-9,27	-57,97	57,97
29,30	-1,78	1,78	-8,54	9,13	-9,13	-56,99	56,99
25,27	-1,75	1,75	-8,15	8,83	-8,83	-55,32	55,32
23,58	-1,72	1,72	-7,94	8,58	-8,58	-54,07	54,07
22,54	-1,70	1,70	-7,74	8,36	-8,36	-52,97	52,97
21,31	-1,69	1,69	-7,46	8,05	-8,05	-51,34	51,34
20,84	-1,68	1,68	-7,35	7,91	-7,91	-50,70	50,70
20,16	-1,67	1,67	-7,14	7,69	-7,69	-49,55	49,55
19,58	-1,64	1,64	-6,98	7,46	-7,46	-48,63	48,63
19,15	-1,63	1,63	-6,86	7,33	-7,33	-47,91	47,91
18,47	-1,62	1,62	-6,68	7,12	-7,12	-46,98	46,98
17,96	-1,61	1,61	-6,49	6,90	-6,90	-46,01	46,01
16,31	-1,55	1,55	-5,91	6,14	-6,14	-42,95	42,95
15,19	-1,52	1,52	-5,68	5,95	-5,95	-41,75	41,75
14,33	-1,49	1,49	-5,45	5,75	-5,75	-40,62	40,62
13,97	-1,47	1,47	-5,33	5,65	-5,65	-40,02	40,02
13,21	-1,45	1,45	-5,14	5,51	-5,51	-39,10	39,10
10,84	-1,36	1,36	-4,52	4,97	-4,97	-36,04	36,04
9,43	-1,31	1,31	-4,33	4,83	-4,83	-34,99	34,99
8,42	-1,29	1,29	-4,13	4,68	-4,68	-33,82	33,82
7,27	-1,24	1,24	-3,87	4,49	-4,49	-32,46	32,46
6,48	-1,20	1,20	-3,70	4,33	-4,33	-31,33	31,33
5,58	-1,17	1,17	-3,46	4,11	-4,11	-29,68	29,68
4,86	-1,14	1,14	-3,35	3,97	-3,97	-28,89	28,89
3,89	-1,05	1,05	-3,11	3,75	-3,75	-27,28	27,28
2,92	-0,97	0,97	-2,88	3,54	-3,54	-25,35	25,35
1,66	-0,89	0,89	-2,65	3,31	-3,31	-23,56	23,56
0,11	-0,80	0,80	-2,40	3,04	-3,04	-21,27	21,27
-0,50	-0,71	0,71	-2,14	2,71	-2,71	-19,11	19,11
-1,70	-0,62	0,62	-1,87	2,45	-2,45	-16,88	16,88
-3,06	-0,53	0,53	-1,56	2,13	-2,13	-14,14	14,14
-4,28	-0,41	0,41	-1,16	1,82	-1,82	-11,22	11,22
-5,96	-0,29	0,29	-0,78	1,49	-1,49	-8,20	8,20
-6,96	-0,20	0,20	-0,51	1,33	-1,33	-6,37	6,37
-8,16	-0,13	0,13	-0,29	1,14	-1,14	-4,57	4,57
-9,76	0,20	-0,20	0,00	0,80	-0,80	0,00	0,00
5,76	0,23	-0,23	0,00	0,80	-0,80	0,00	0,00
8,28	0,14	-0,14	-0,40	1,30	-1,30	-3,60	3,60
11,48	-0,01	0,01	-0,95	1,95	-1,95	-8,51	8,51
12,46	-0,08	0,08	-1,20	2,15	-2,15	-10,24	10,24
13,10	-0,15	0,15	-1,37	2,42	-2,42	-11,39	11,39
14,44	-0,30	0,30	-1,80	2,84	-2,84	-15,10	15,10
15,80	-0,38	0,38	-2,01	3,19	-3,19	-16,96	16,96
16,81	-0,45	0,45	-2,20	3,46	-3,46	-18,62	18,62
17,93	-0,51	0,51	-2,45	3,73	-3,73	-20,50	20,50

19,44	-0,59	0,59	-2,75	4,08	4,08	-22,61	22,61
20,95	-0,66	0,66	-3,09	4,49	4,49	-24,82	24,82
22,25	-0,73	0,73	-3,48	4,89	4,89	-27,18	27,18
23,87	-0,81	0,81	-3,84	5,25	5,25	-29,47	29,47
25,78	-0,88	0,88	-4,30	5,66	5,66	-31,92	31,92
27,76	-0,96	0,96	-4,71	6,05	6,05	-34,35	34,35
29,92	-1,04	1,04	-5,14	6,41	6,41	-36,79	36,79
32,36	-1,16	1,16	-5,53	6,76	6,76	-39,20	39,20
35,17	-1,27	1,27	-5,91	7,13	7,13	-41,66	41,66
38,99	-1,41	1,41	-6,44	7,61	7,61	-45,12	45,12
42,62	-1,49	1,49	-6,78	7,96	7,96	-47,38	47,38
46,73	-1,57	1,57	-7,12	8,30	8,30	-49,73	49,73
49,32	-1,63	1,63	-7,39	8,55	8,55	-51,44	51,44
51,05	-1,67	1,67	-7,59	8,76	8,76	-52,91	52,91
53,42	-1,72	1,72	-7,76	8,95	8,95	-54,08	54,08
57,17	-1,78	1,78	-8,04	9,21	9,21	-56,09	56,09
59,87	-1,81	1,81	-8,24	9,40	9,40	-57,54	57,54
62,06	-1,84	1,84	-8,42	9,57	9,57	-58,79	58,79
65,38	-1,88	1,88	-8,63	9,77	9,77	-60,30	60,30
68,84	-1,88	1,88	-8,65	9,80	9,80	-60,65	60,65
67,82	-1,89	1,89	-8,78	9,91	9,91	-61,59	61,59
69,08	-1,90	1,90	-8,85	9,99	9,99	-62,07	62,07
72,94	-1,94	1,94	-9,06	10,18	10,18	-63,65	63,65
75,96	-1,97	1,97	-9,21	10,32	10,32	-64,74	64,74
78,48	-1,99	1,99	-9,30	10,44	10,44	-65,66	65,66
80,17	-2,00	2,00	-9,38	10,51	10,51	-66,39	66,39
82,62	-2,01	2,01	-9,50	10,62	10,62	-67,19	67,19
84,38	-2,02	2,02	-9,56	10,71	10,71	-67,76	67,76
88,13	-2,04	2,04	-9,70	10,86	10,86	-69,04	69,04
89,24	-2,05	2,05	-9,75	10,92	10,92	-69,45	69,45
90,36	-2,06	2,06	-9,79	10,98	10,98	-69,78	69,78
91,84	-2,07	2,07	-9,85	11,02	11,02	-70,42	70,42
95,11	-2,08	2,08	-9,95	11,14	11,14	-71,40	71,40
97,27	-2,09	2,09	-10,01	11,22	11,22	-72,19	72,19
98,75	-2,10	2,10	-10,04	11,27	11,27	-72,60	72,60
101,59	-2,11	2,11	-10,12	11,39	11,39	-73,46	73,46
104,54	-2,13	2,13	-10,15	11,49	11,49	-74,32	74,32
106,85	-2,15	2,15	-10,22	11,58	11,58	-75,14	75,14
108,97	-2,16	2,16	-10,30	11,67	11,67	-75,99	75,99
111,46	-2,18	2,18	-10,37	11,82	11,82	-77,01	77,01
115,20	-2,21	2,21	-10,53	12,10	12,10	-78,64	78,64
117,22	-2,23	2,23	-10,67	12,33	12,33	-80,02	80,02
118,33	-2,24	2,24	-10,79	12,50	12,50	-81,20	81,20
120,60	-2,27	2,27	-11,17	12,90	12,90	-83,70	83,70
123,33	-2,30	2,30	-11,41	13,21	13,21	-85,39	85,39
123,95	-2,33	2,33	-11,73	13,61	13,61	-87,74	87,74
124,81	-2,34	2,34	-12,04	13,93	13,93	-90,03	90,03
126,22	-2,37	2,37	-12,23	14,25	14,25	-91,62	91,62
127,66	-2,39	2,39	-12,38	14,45	14,45	-92,66	92,66
129,17	-2,43	2,43	-12,56	14,74	14,74	-94,28	94,28
129,60	-2,44	2,44	-12,65	14,92	14,92	-95,18	95,18
130,25	-2,47	2,47	-12,76	15,07	15,07	-96,11	96,11
130,90	-2,50	2,50	-12,89	15,27	15,27	-97,39	97,39
131,15	-2,53	2,53	-13,03	15,48	15,48	-98,31	98,31
131,54	-2,56	2,56	-13,12	15,64	15,64	-99,51	99,51

131,80	-2,59	2,59	-13,19	15,75	15,75	-15,75	-100,30	100,30
132,19	-2,61	2,61	-13,24	15,86	15,86	-15,86	-101,00	101,00
133,30	-2,62	2,62	-13,30	15,99	15,99	-15,99	-101,59	101,59
133,48	-2,64	2,64	-13,33	15,99	15,99	-15,99	-102,09	102,09
131,94	-2,64	2,64	-13,35	16,01	16,01	-16,01	-102,22	102,22
125,48	-2,64	2,64	-13,35	15,99	15,99	-15,99	-101,69	101,69
125,50	-2,64	2,64	-13,36	15,95	15,95	-15,95	-101,27	101,27
122,76	-2,64	2,64	-13,36	15,90	15,90	-15,90	-100,78	100,78
119,12	-2,64	2,64	-13,37	15,83	15,83	-15,83	-100,19	100,19
112,18	-2,64	2,64	-13,34	15,70	15,70	-15,70	-99,06	99,06
105,77	-2,64	2,64	-13,35	15,58	15,58	-15,58	-98,21	98,21
100,98	-2,64	2,64	-13,36	15,53	15,53	-15,53	-97,72	97,72
97,88	-2,63	2,63	-13,36	15,48	15,48	-15,48	-97,29	97,29
94,86	-2,63	2,63	-13,36	15,41	15,41	-15,41	-96,81	96,81
90,40	-2,62	2,62	-13,36	15,32	15,32	-15,32	-96,05	96,05
86,80	-2,61	2,61	-13,34	15,23	15,23	-15,23	-95,44	95,44
83,16	-2,60	2,60	-13,33	15,15	15,15	-15,15	-94,72	94,72
78,95	-2,60	2,60	-13,31	15,05	15,05	-15,05	-93,99	93,99
74,12	-2,59	2,59	-13,26	14,93	14,93	-14,93	-93,02	93,02
69,95	-2,57	2,57	-13,21	14,80	14,80	-14,80	-92,21	92,21
65,72	-2,54	2,54	-13,14	14,62	14,62	-14,62	-90,99	90,99
60,16	-2,52	2,52	-13,07	14,49	14,49	-14,49	-90,18	90,18
57,10	-2,51	2,51	-13,01	14,37	14,37	-14,37	-89,42	89,42
52,02	-2,48	2,48	-12,88	14,15	14,15	-14,15	-88,16	88,16
48,46	-2,46	2,46	-12,76	14,02	14,02	-14,02	-87,00	87,00
45,83	-2,44	2,44	-12,66	13,87	13,87	-13,87	-86,07	86,07
44,24	-2,43	2,43	-12,60	13,80	13,80	-13,80	-85,57	85,57
36,79	-2,36	2,36	-12,07	13,18	13,18	-13,18	-81,61	81,61
33,82	-2,35	2,35	-11,97	13,07	13,07	-13,07	-80,87	80,87
33,66	-2,33	2,33	-11,76	12,85	12,85	-12,85	-79,61	79,61
31,86	-2,31	2,31	-11,56	12,60	12,60	-12,60	-78,22	78,22
30,78	-2,30	2,30	-11,35	12,40	12,40	-12,40	-77,02	77,02
29,59	-2,28	2,28	-11,14	12,13	12,13	-12,13	-75,70	75,70
28,44	-2,26	2,26	-10,95	11,90	11,90	-11,90	-74,53	74,53
27,68	-2,23	2,23	-10,80	11,75	11,75	-11,75	-73,61	73,61
26,75	-2,21	2,21	-10,53	11,46	11,46	-11,46	-72,09	72,09
26,46	-2,20	2,20	-10,44	11,35	11,35	-11,35	-71,44	71,44
26,06	-2,15	2,15	-10,15	11,06	11,06	-11,06	-69,73	69,73
25,49	-2,12	2,12	-9,92	10,81	10,81	-10,81	-68,43	68,43
24,88	-2,09	2,09	-9,73	10,61	10,61	-10,61	-67,41	67,41
24,48	-2,08	2,08	-9,47	10,36	10,36	-10,36	-65,98	65,98
24,08	-2,04	2,04	-9,26	10,15	10,15	-10,15	-64,77	64,77
23,58	-2,00	2,00	-8,98	9,90	9,90	-9,90	-63,36	63,36
23,00	-1,97	1,97	-8,86	9,79	9,79	-9,79	-62,68	62,68
22,64	-1,96	1,96	-8,72	9,65	9,65	-9,65	-61,97	61,97
21,42	-1,94	1,94	-8,58	9,50	9,50	-9,50	-61,14	61,14
21,20	-1,91	1,91	-8,40	9,36	9,36	-9,36	-60,17	60,17
21,13	-1,89	1,89	-8,21	9,18	9,18	-9,18	-59,16	59,16
21,06	-1,86	1,86	-7,97	8,96	8,96	-8,96	-57,84	57,84
20,09	-1,83	1,83	-7,77	8,74	8,74	-8,74	-56,73	56,73
19,51	-1,81	1,81	-7,58	8,54	8,54	-8,54	-55,71	55,71
19,22	-1,79	1,79	-7,40	8,40	8,40	-8,40	-54,76	54,76
18,22	-1,74	1,74	-7,07	8,12	8,12	-8,12	-53,19	53,19
16,34	-1,69	1,69	-6,70	7,80	7,80	-7,80	-51,41	51,41
14,65	-1,63	1,63	-6,25	7,41	7,41	-7,41	-49,33	49,33



13,43	-1,58	1,58	-5,93	7,14	-7,14	-47,73	47,73
11,74	-1,53	1,53	-5,42	6,73	-6,73	-45,12	45,12
11,41	-1,49	1,49	-5,16	6,53	-6,53	-43,73	43,73
11,23	-1,48	1,48	-4,95	6,34	-6,34	-42,51	42,51
10,44	-1,44	1,44	-4,65	6,13	-6,13	-40,83	40,83
8,57	-1,36	1,36	-4,22	5,79	-5,79	-38,21	38,21
6,66	-1,23	1,23	-3,84	5,38	-5,38	-35,69	35,69
5,04	-1,08	1,08	-3,44	5,00	-5,00	-32,62	32,62
3,74	-0,95	0,95	-3,09	4,63	-4,63	-29,79	29,79
1,76	-0,80	0,80	-2,72	4,13	-4,13	-26,12	26,12
0,18	-0,66	0,66	-2,36	3,76	-3,76	-22,88	22,88
-0,86	-0,49	0,49	-1,99	3,39	-3,39	-19,75	19,75
-1,96	-0,34	0,34	-1,66	3,04	-3,04	-17,08	17,08
-3,02	-0,21	0,21	-1,34	2,69	-2,69	-14,40	14,40
-4,72	-0,04	0,04	-0,94	2,31	-2,31	-11,16	11,16
-5,30	0,01	-0,01	-0,77	2,14	-2,14	-9,80	9,80
-7,08	0,25	-0,25	-0,20	1,00	-1,00	-1,50	1,50
6,48	0,25	-0,25	-0,15	0,80	-0,80	-1,00	1,00
9,36	0,12	-0,12	-0,70	1,40	-1,40	-5,00	5,00
12,60	-0,05	0,05	-1,23	2,15	-2,15	-10,45	10,45
13,07	-0,18	0,18	-1,38	2,26	-2,26	-11,29	11,29
14,22	-0,28	0,28	-1,80	2,60	-2,60	-14,53	14,53
16,67	-0,35	0,35	-2,20	3,09	-3,09	-17,02	17,02
17,60	-0,41	0,41	-2,37	3,27	-3,27	-18,59	18,59
19,40	-0,55	0,55	-2,87	3,81	-3,81	-22,87	22,87
20,32	-0,62	0,62	-3,17	4,18	-4,18	-25,16	25,16
22,00	-0,68	0,68	-3,44	4,56	-4,56	-27,25	27,25
23,31	-0,77	0,77	-3,72	4,93	-4,93	-29,46	29,46
24,52	-0,85	0,85	-4,11	5,47	-5,47	-32,28	32,28
26,35	-1,00	1,00	-4,94	6,40	-6,40	-37,13	37,13
28,01	-1,08	1,08	-5,42	6,80	-6,80	-39,70	39,70
29,88	-1,16	1,16	-5,92	7,23	-7,23	-42,27	42,27
31,46	-1,23	1,23	-6,44	7,66	-7,66	-44,82	44,82
33,66	-1,30	1,30	-6,86	8,06	-8,06	-47,33	47,33
35,68	-1,38	1,38	-7,29	8,45	-8,45	-49,86	49,86
37,76	-1,46	1,46	-7,76	8,89	-8,89	-52,46	52,46
39,85	-1,50	1,50	-8,16	9,31	-9,31	-55,01	55,01
42,23	-1,58	1,58	-8,57	9,72	-9,72	-57,56	57,56
45,11	-1,66	1,66	-8,98	10,14	-10,14	-60,05	60,05
47,99	-1,71	1,71	-9,36	10,59	-10,59	-62,55	62,55
50,94	-1,79	1,79	-9,73	10,98	-10,98	-65,02	65,02
53,93	-1,85	1,85	-10,12	11,35	-11,35	-67,47	67,47
57,31	-1,90	1,90	-10,48	11,74	-11,74	-69,84	69,84
60,91	-1,96	1,96	-10,82	12,11	-12,11	-72,17	72,17
64,73	-2,01	2,01	-11,16	12,41	-12,41	-74,64	74,64
69,05	-2,07	2,07	-11,46	12,75	-12,75	-76,93	76,93
73,30	-2,11	2,11	-11,78	13,06	-13,06	-79,17	79,17
76,75	-2,15	2,15	-11,98	13,29	-13,29	-80,89	80,89
81,25	-2,20	2,20	-12,25	13,57	-13,57	-83,05	83,05
86,29	-2,25	2,25	-12,51	13,85	-13,85	-85,21	85,21
90,68	-2,29	2,29	-12,73	14,10	-14,10	-87,22	87,22
94,30	-2,31	2,31	-12,88	14,23	-14,23	-88,30	88,30
98,43	-2,32	2,32	-12,95	14,32	-14,32	-88,96	88,96
96,39	-2,34	2,34	-13,09	14,46	-14,46	-90,16	90,16
97,74	-2,35	2,35	-13,15	14,54	-14,54	-90,71	90,71



98,86	-2,37	2,37	-13,21	14,63	-14,63	-91,48	91,48
100,69	-2,39	2,39	-13,29	14,74	-14,74	-92,15	92,15
100,38	-2,41	2,41	-13,33	14,81	-14,81	-92,69	92,69
104,69	-2,43	2,43	-13,40	14,91	-14,91	-93,39	93,39
105,19	-2,43	2,43	-13,42	14,95	-14,95	-93,70	93,70
108,43	-2,45	2,45	-13,53	15,04	-15,04	-95,05	95,05
109,87	-2,46	2,46	-13,58	15,10	-15,10	-95,41	95,41
111,67	-2,47	2,47	-13,65	15,17	-15,17	-95,91	95,91
113,54	-2,48	2,48	-13,71	15,27	-15,27	-96,73	96,73
114,91	-2,50	2,50	-13,75	15,35	-15,35	-97,36	97,36
116,39	-2,51	2,51	-13,81	15,42	-15,42	-98,06	98,06
120,10	-2,53	2,53	-13,90	15,57	-15,57	-99,22	99,22
122,29	-2,54	2,54	-13,97	15,63	-15,63	-99,83	99,83
124,16	-2,56	2,56	-13,99	15,72	-15,72	-100,53	100,53
125,71	-2,58	2,58	-14,04	15,78	-15,78	-101,15	101,15
129,85	-2,60	2,60	-14,12	15,88	-15,88	-102,15	102,15
129,06	-2,61	2,61	-14,12	15,88	-15,88	-102,21	102,21
125,10	-2,61	2,61	-14,13	15,86	-15,86	-101,61	101,61
123,34	-2,61	2,61	-14,13	15,85	-15,85	-101,41	101,41
121,43	-2,61	2,61	-14,13	15,81	-15,81	-101,12	101,12
120,20	-2,61	2,61	-14,13	15,78	-15,78	-100,79	100,79
117,54	-2,61	2,61	-14,13	15,72	-15,72	-100,20	100,20
116,17	-2,61	2,61	-14,13	15,70	-15,70	-100,03	100,03
110,27	-2,61	2,61	-14,09	15,58	-15,58	-99,08	99,08
106,99	-2,60	2,60	-14,09	15,53	-15,53	-98,67	98,67
104,29	-2,60	2,60	-14,09	15,47	-15,47	-98,29	98,29
100,33	-2,60	2,60	-14,08	15,41	-15,41	-97,73	97,73
97,20	-2,60	2,60	-14,06	15,35	-15,35	-97,30	97,30
93,64	-2,59	2,59	-14,04	15,27	-15,27	-96,74	96,74
90,47	-2,58	2,58	-14,03	15,21	-15,21	-96,17	96,17
86,15	-2,55	2,55	-13,98	15,12	-15,12	-95,32	95,32
79,45	-2,54	2,54	-13,93	14,95	-14,95	-94,17	94,17
75,85	-2,53	2,53	-13,89	14,87	-14,87	-93,49	93,49
72,43	-2,52	2,52	-13,85	14,77	-14,77	-92,73	92,73
69,19	-2,51	2,51	-13,82	14,67	-14,67	-92,06	92,06
63,47	-2,49	2,49	-13,73	14,49	-14,49	-90,92	90,92
58,21	-2,47	2,47	-13,65	14,27	-14,27	-89,70	89,70
56,16	-2,46	2,46	-13,59	14,20	-14,20	-89,27	89,27
52,45	-2,44	2,44	-13,48	14,06	-14,06	-88,29	88,29
46,44	-2,41	2,41	-13,32	13,81	-13,81	-86,66	86,66
41,54	-2,37	2,37	-13,08	13,52	-13,52	-84,78	84,78
39,10	-2,35	2,35	-12,93	13,36	-13,36	-83,71	83,71
37,12	-2,33	2,33	-12,73	13,16	-13,16	-82,44	82,44
35,46	-2,32	2,32	-12,50	12,93	-12,93	-80,73	80,73
34,13	-2,30	2,30	-12,30	12,76	-12,76	-79,97	79,97
33,01	-2,29	2,29	-12,12	12,60	-12,60	-78,98	78,98
31,03	-2,26	2,26	-11,80	12,33	-12,33	-77,68	77,68
30,13	-2,24	2,24	-11,56	12,11	-12,11	-76,32	76,32
28,84	-2,22	2,22	-11,32	11,89	-11,89	-75,26	75,26
28,15	-2,20	2,20	-11,13	11,70	-11,70	-74,23	74,23
26,28	-2,16	2,16	-10,79	11,33	-11,33	-72,36	72,36
25,78	-2,12	2,12	-10,46	10,99	-10,99	-70,44	70,44
24,84	-2,09	2,09	-10,22	10,72	-10,72	-69,02	69,02
23,44	-2,07	2,07	-9,94	10,47	-10,47	-67,64	67,64

22,72	-2,02	2,02	-9,65	10,14	-10,14	-66,01	66,01
22,03	-2,00	2,00	-9,48	10,00	-10,00	-65,19	65,19
21,46	-1,97	1,97	-9,27	9,81	-9,81	-64,17	64,17
20,81	-1,94	1,94	-9,07	9,62	-9,62	-63,04	63,04
20,16	-1,91	1,91	-8,80	9,37	-9,37	-61,77	61,77
19,26	-1,88	1,88	-8,53	9,11	-9,11	-60,40	60,40
19,15	-1,85	1,85	-8,27	8,89	-8,89	-59,04	59,04
18,50	-1,82	1,82	-8,06	8,68	-8,68	-57,92	57,92
18,40	-1,80	1,80	-7,90	8,50	-8,50	-57,18	57,18
16,27	-1,70	1,70	-7,16	7,90	-7,90	-53,40	53,40
14,90	-1,66	1,66	-6,85	7,64	-7,64	-52,05	52,05
13,90	-1,61	1,61	-6,51	7,35	-7,35	-50,44	50,44
13,00	-1,58	1,58	-6,14	7,01	-7,01	-48,50	48,50
11,92	-1,55	1,55	-5,66	6,63	-6,63	-46,04	46,04
11,12	-1,53	1,53	-5,33	6,39	-6,39	-44,18	44,18
10,80	-1,52	1,52	-5,05	6,18	-6,18	-42,81	42,81
9,76	-1,47	1,47	-4,79	5,96	-5,96	-41,01	41,01
8,50	-1,39	1,39	-4,42	5,66	-5,66	-38,65	38,65
7,31	-1,27	1,27	-4,09	5,28	-5,28	-36,24	36,24
6,19	-1,17	1,17	-3,84	5,00	-5,00	-34,10	34,10
4,97	-1,04	1,04	-3,55	4,70	-4,70	-31,71	31,71
3,42	-0,96	0,96	-3,29	4,37	-4,37	-29,32	29,32
1,66	-0,85	0,85	-3,03	4,00	-4,00	-26,46	26,46
-0,24	-0,70	0,70	-2,66	3,65	-3,65	-23,47	23,47
-1,28	-0,53	0,53	-2,29	3,30	-3,30	-20,28	20,28
-2,66	-0,35	0,35	-1,90	2,88	-2,88	-16,97	16,97
-3,96	-0,18	0,18	-1,50	2,50	-2,50	-13,69	13,69
-5,84	0,00	0,00	-1,02	2,02	-2,02	-9,82	9,82
-7,46	0,09	-0,09	-0,67	1,71	-1,71	-6,68	6,68
-9,56	0,21	-0,21	-0,10	1,00	-1,00	-2,00	2,00
6,88	0,20	-0,20	-0,10	0,90	-0,90	-1,60	1,60
9,36	0,10	-0,10	-0,60	1,40	-1,40	-5,00	5,00
10,80	0,00	0,00	-1,00	1,80	-1,80	-9,00	9,00
12,60	-0,10	0,10	-1,40	2,30	-2,30	-12,00	12,00
14,33	-0,25	0,25	-1,89	2,71	-2,71	-14,16	14,16
15,80	-0,33	0,33	-2,29	3,11	-3,11	-17,56	17,56
17,35	-0,45	0,45	-2,47	3,36	-3,36	-19,77	19,77
18,54	-0,53	0,53	-2,74	3,67	-3,67	-22,20	22,20
20,20	-0,65	0,65	-3,11	4,05	-4,05	-25,03	25,03
21,46	-0,72	0,72	-3,38	4,46	-4,46	-27,49	27,49
22,64	-0,81	0,81	-3,70	4,87	-4,87	-29,97	29,97
24,55	-0,93	0,93	-4,20	5,57	-5,57	-33,55	33,55
25,49	-1,01	1,01	-4,71	6,19	-6,19	-36,66	36,66
27,00	-1,11	1,11	-5,29	6,75	-6,75	-39,94	39,94
27,97	-1,19	1,19	-5,81	7,20	-7,20	-42,59	42,59
29,70	-1,27	1,27	-6,36	7,65	-7,65	-45,30	45,30
31,18	-1,35	1,35	-6,82	8,06	-8,06	-47,91	47,91
33,16	-1,42	1,42	-7,30	8,45	-8,45	-50,46	50,46
35,24	-1,48	1,48	-7,76	8,90	-8,90	-53,03	53,03
39,38	-1,64	1,64	-8,59	9,73	-9,73	-58,24	58,24
44,33	-1,78	1,78	-9,99	10,15	-10,15	-60,82	60,82
47,20	-1,84	1,84	-9,84	11,06	-11,06	-63,90	63,90
50,44	-1,90	1,90	-10,22	11,38	-11,38	-68,40	68,40

52,42	-1,94	1,94	-10,51	11,67	-11,67	-70,09	70,09
53,32	-1,96	1,96	-10,59	11,76	-11,76	-70,85	70,85
54,25	-1,97	1,97	-10,66	11,85	-11,85	-71,33	71,33
55,55	-1,99	1,99	-10,76	11,96	-11,96	-72,08	72,08
57,10	-2,03	2,03	-10,91	12,14	-12,14	-73,37	73,37
57,85	-2,05	2,05	-11,05	12,24	-12,24	-74,20	74,20
59,11	-2,07	2,07	-11,14	12,31	-12,31	-74,70	74,70
61,24	-2,09	2,09	-11,38	12,52	-12,52	-76,26	76,26
62,10	-2,10	2,10	-11,50	12,63	-12,63	-76,95	76,95
62,71	-2,11	2,11	-11,51	12,71	-12,71	-77,37	77,37
63,47	-2,12	2,12	-11,58	12,76	-12,76	-77,77	77,77
65,77	-2,14	2,14	-11,72	12,91	-12,91	-78,70	78,70
67,50	-2,16	2,16	-11,85	13,01	-13,01	-79,55	79,55
68,51	-2,17	2,17	-11,88	13,09	-13,09	-79,99	79,99
69,08	-2,18	2,18	-11,94	13,13	-13,13	-80,38	80,38
70,96	-2,20	2,20	-12,08	13,25	-13,25	-81,17	81,17
71,71	-2,21	2,21	-12,10	13,30	-13,30	-81,58	81,58
72,07	-2,21	2,21	-12,17	13,34	-13,34	-81,93	81,93
74,41	-2,23	2,23	-12,29	13,47	-13,47	-82,92	82,92
76,36	-2,26	2,26	-12,44	13,61	-13,61	-83,87	83,87
78,77	-2,28	2,28	-12,59	13,75	-13,75	-84,95	84,95
79,78	-2,29	2,29	-12,67	13,85	-13,85	-85,72	85,72
81,68	-2,31	2,31	-12,83	13,99	-13,99	-86,99	86,99
84,13	-2,33	2,33	-12,95	14,11	-14,11	-87,87	87,87
85,21	-2,34	2,34	-13,04	14,22	-14,22	-88,77	88,77
87,48	-2,35	2,35	-13,11	14,32	-14,32	-89,48	89,48
90,07	-2,37	2,37	-13,22	14,47	-14,47	-90,40	90,40
91,58	-2,39	2,39	-13,28	14,52	-14,52	-90,90	90,90
93,60	-2,41	2,41	-13,34	14,60	-14,60	-91,55	91,55
94,90	-2,42	2,42	-13,43	14,68	-14,68	-92,22	92,22
96,95	-2,43	2,43	-13,53	14,81	-14,81	-93,12	93,12
98,78	-2,45	2,45	-13,60	14,90	-14,90	-93,79	93,79
100,98	-2,46	2,46	-13,67	14,98	-14,98	-94,53	94,53
102,31	-2,47	2,47	-13,71	15,03	-15,03	-95,06	95,06
105,12	-2,48	2,48	-13,80	15,12	-15,12	-95,86	95,86
108,50	-2,50	2,50	-13,86	15,26	-15,26	-96,96	96,96
110,81	-2,51	2,51	-13,93	15,36	-15,36	-97,77	97,77
111,64	-2,52	2,52	-13,98	15,40	-15,40	-98,07	98,07
114,12	-2,53	2,53	-14,03	15,50	-15,50	-98,97	98,97
115,63	-2,54	2,54	-14,08	15,57	-15,57	-99,53	99,53
116,32	-2,55	2,55	-14,09	15,61	-15,61	-99,85	99,85
117,43	-2,55	2,55	-14,13	15,63	-15,63	-100,22	100,22
118,58	-2,56	2,56	-14,14	15,65	-15,65	-100,42	100,42
119,74	-2,57	2,57	-14,17	15,72	-15,72	-100,93	100,93
121,21	-2,58	2,58	-14,24	15,78	-15,78	-101,52	101,52
123,17	-2,60	2,60	-14,31	15,91	-15,91	-102,71	102,71
124,85	-2,61	2,61	-14,34	15,96	-15,96	-102,80	102,80
122,29	-2,61	2,61	-14,34	15,92	-15,92	-102,38	102,38
120,64	-2,61	2,61	-14,34	15,87	-15,87	-102,12	102,12
117,94	-2,61	2,61	-14,34	15,80	-15,80	-101,49	101,49
111,67	-2,61	2,61	-14,33	15,65	-15,65	-100,35	100,35
107,93	-2,61	2,61	-14,30	15,61	-15,61	-99,89	99,89
104,33	-2,61	2,61	-14,29	15,56	-15,56	-99,38	99,38
101,23	-2,61	2,61	-14,29	15,50	-15,50	-98,99	98,99
96,08	-2,61	2,61	-14,27	15,40	-15,40	-98,17	98,17

92,63	-2,61	2,61	-14,24	15,35	-15,35	-97,67	97,67
88,81	-2,61	2,61	-14,21	15,26	-15,26	-97,06	97,06
86,62	-2,60	2,60	-14,20	15,22	-15,22	-96,80	96,80
83,41	-2,59	2,59	-14,16	15,14	-15,14	-96,19	96,19
78,30	-2,58	2,58	-14,12	15,01	-15,01	-95,10	95,10
75,17	-2,57	2,57	-14,09	14,92	-14,92	-94,52	94,52
72,65	-2,56	2,56	-14,06	14,88	-14,88	-94,07	94,07
69,08	-2,55	2,55	-14,03	14,80	-14,80	-93,45	93,45
66,85	-2,54	2,54	-13,99	14,73	-14,73	-92,96	92,96
64,48	-2,53	2,53	-13,98	14,66	-14,66	-92,55	92,55
61,52	-2,52	2,52	-13,93	14,58	-14,58	-91,91	91,91
57,42	-2,51	2,51	-13,85	14,40	-14,40	-90,90	90,90
54,22	-2,49	2,49	-13,76	14,25	-14,25	-90,00	90,00
51,37	-2,48	2,48	-13,67	14,12	-14,12	-89,17	89,17
49,32	-2,47	2,47	-13,62	14,03	-14,03	-88,71	88,71
43,60	-2,43	2,43	-13,42	13,81	-13,81	-87,22	87,22
40,61	-2,41	2,41	-13,26	13,62	-13,62	-85,91	85,91
38,48	-2,39	2,39	-13,15	13,47	-13,47	-85,00	85,00
36,68	-2,37	2,37	-13,02	13,33	-13,33	-84,06	84,06
35,68	-2,36	2,36	-12,92	13,21	-13,21	-83,45	83,45
34,02	-2,34	2,34	-12,72	13,00	-13,00	-82,24	82,24
32,47	-2,32	2,32	-12,46	12,74	-12,74	-80,65	80,65
31,68	-2,31	2,31	-12,34	12,62	-12,62	-79,98	79,98
30,31	-2,29	2,29	-12,11	12,35	-12,35	-78,37	78,37
29,23	-2,28	2,28	-11,88	12,15	-12,15	-77,20	77,20
28,04	-2,25	2,25	-11,66	11,89	-11,89	-76,01	76,01
27,36	-2,23	2,23	-11,52	11,74	-11,74	-75,15	75,15
26,22	-2,20	2,20	-11,28	11,46	-11,46	-73,85	73,85
25,78	-2,18	2,18	-11,09	11,27	-11,27	-72,81	72,81
25,31	-2,14	2,14	-10,82	10,98	-10,98	-71,22	71,22
24,73	-2,11	2,11	-10,60	10,75	-10,75	-69,99	69,99
24,01	-2,09	2,09	-10,41	10,55	-10,55	-68,96	68,96
23,58	-2,07	2,07	-10,13	10,28	-10,28	-67,56	67,56
23,04	-2,03	2,03	-9,86	10,00	-10,00	-66,17	66,17
22,00	-1,98	1,98	-9,56	9,71	-9,71	-64,52	64,52
21,17	-1,96	1,96	-9,33	9,52	-9,52	-63,48	63,48
20,74	-1,94	1,94	-9,18	9,36	-9,36	-62,70	62,70
20,48	-1,92	1,92	-9,05	9,25	-9,25	-62,02	62,02
20,23	-1,90	1,90	-8,88	9,08	-9,08	-61,11	61,11
20,16	-1,89	1,89	-8,68	8,90	-8,90	-60,19	60,19
19,37	-1,85	1,85	-8,44	8,65	-8,65	-58,94	58,94
18,76	-1,82	1,82	-8,30	8,50	-8,50	-58,28	58,28
18,61	-1,81	1,81	-8,18	8,38	-8,38	-57,51	57,51
17,78	-1,78	1,78	-7,85	8,20	-8,20	-55,91	55,91
16,27	-1,73	1,73	-7,60	7,94	-7,94	-54,62	54,62
15,26	-1,71	1,71	-7,45	7,77	-7,77	-53,72	53,72
14,40	-1,67	1,67	-7,16	7,52	-7,52	-52,33	52,33
13,64	-1,62	1,62	-6,80	7,21	-7,21	-50,58	50,58
12,82	-1,59	1,59	-6,38	6,86	-6,86	-48,54	48,54
12,24	-1,58	1,58	-6,01	6,59	-6,59	-46,53	46,53
11,88	-1,57	1,57	-5,81	6,44	-6,44	-45,52	45,52
11,59	-1,56	1,56	-5,68	6,35	-6,35	-44,63	44,63
9,90	-1,53	1,53	-5,07	6,09	-6,09	-42,86	42,86
8,53	-1,47	1,47	-4,65	5,74	-5,74	-39,86	39,86
7,24	-1,33	1,33	-4,26	5,37	-5,37	-37,41	37,41

6,05	-1,21	1,21	-4,00	5,03	-5,03	-35,13	35,13
4,72	-1,08	1,08	-3,72	4,74	-4,74	-32,60	32,60
3,35	-0,98	0,98	-3,45	4,41	-4,41	-30,09	30,09
1,55	-0,89	0,89	-3,17	4,04	-4,04	-27,47	27,47
-0,06	-0,79	0,79	-2,89	3,76	-3,76	-25,00	25,00
-1,08	-0,61	0,61	-2,55	3,40	-3,40	-21,79	21,79
-2,14	-0,47	0,47	-2,18	3,13	-3,13	-19,15	19,15
-3,12	-0,33	0,33	-1,83	2,76	-2,76	-16,50	16,50
-4,18	-0,18	0,18	-1,53	2,46	-2,46	-13,86	13,86
-5,34	-0,04	0,04	-1,20	2,17	-2,17	-11,27	11,27
-5,98	0,00	0,00	-1,04	2,00	-2,00	-10,04	10,04
-7,02	0,08	-0,08	-0,81	1,84	-1,84	-8,08	8,08
-7,82	0,14	-0,14	-0,65	1,70	-1,70	-6,92	6,92
-9,48	0,24	-0,24	-0,28	1,29	-1,29	-3,61	3,61
-10,60	0,31	-0,31	0,00	1,16	-1,16	-2,36	2,36

Orsago (TV), 27 giugno 2011

II Relatore

Ing. Thomas Pavun

Il Direttore del Centro di Treviso

Dot. Dario Altinier