

Committente: Comune di Villorba

LAVORI DI MIGLIORAMENTO SISMICO  
DELL'EDIFICIO DENOMINATO  
EX SCUOLA "L. PASTRO" SITO A CARITA' DI VILLORBA

*Progetto di fattibilità tecnica ed economica*

***RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE***

Treviso, 11 luglio 2016

il Progettista  
ing. Andrea Cantarini



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA E INQUADRAMENTO NORMATIVO .....</b>	<b>4</b>
1.1	PREMESSA .....	4
1.2	DESCRIZIONE DEL FABBRICATO .....	4
1.3	OBIETTIVI DELL'INTERVENTO .....	13
1.4	INTERVENTI PREVISTI .....	13
	SI PREVEDONO I SEGUENTI INTERVENTI: .....	13
1.5	INQUADRAMENTO NORMATIVO .....	14
1.6	SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE .....	14
1.6.1	Premessa: analisi sismica dei meccanismi locali e dei meccanismi globali .....	14
1.6.2	Metodo semiprobabilistico agli stati limite .....	15
1.7	CRITERI DI CLASSIFICAZIONE DELL'OPERA .....	16
1.8	CRITERI E METODI DI ANALISI, MODELLAZIONE E VERIFICA DEL FABBRICATO .....	18
	L'ANALISI È STATA SVOLTA CON IL SEGUENTE APPROCCIO; PARTENDO DAI RISULTATI DELL'ANALISI DI VULNERABILITÀ SISMICA SVOLTA NEI MESI SCORSI E DAI TIPI DI INTERVENTO SCELTI PER MIGLIORARE LA RESISTENZA SISMICA DEL FABBRICATO, SI È SCELTO DI: .....	19
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>21</b>
<b>3</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO DI FONDAZIONE E STIMA DELLA PORTATA DEI PALI DI FONDAZIONE.....</b>	<b>22</b>
3.1.1	Caratterizzazione del terreno .....	22
3.1.2	Classificazione sismica del terreno .....	22
3.1.3	Classificazione topografica del terreno .....	22
3.1.4	Stima della portata dei pali di fondazione .....	22
<b>4</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>24</b>
4.1	PREMESSA .....	24
4.2	MATERIALI ESISTENTI .....	24
4.2.1	Muratura portante esistente in mattoni pieni e malta di calce (strutture in elevazione).....	24
4.2.2	Muratura portante esistente in calcestruzzo non armato (strutture piano seminterrato) .....	24
4.3	MATERIALI PER ELEMENTI DI NUOVA REALIZZAZIONE .....	24
4.3.1	Acciaio da carpenteria .....	24
4.3.2	Viti, bulloni e barre filettate.....	25
4.3.3	Calcestruzzo per elementi di fondazione (pali, travi e muretti controterra) .....	25
4.3.4	Calcestruzzo per elementi in elevazione (setti, travi fuori terra) esposti alle azioni ambientali.....	25
4.3.5	Acciaio per armatura lenta .....	26
<b>5</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>27</b>
5.1	VITA NOMINALE CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO .....	27
5.2	SOVRACCARICHI PERMANENTI .....	27
5.2.1	Peso specifico materiali da costruzione.....	27
5.2.2	Solai – Peso proprio + sovraccarichi permanenti portati .....	27
5.2.3	Nicchie finestrate e scale – Peso proprio .....	28
5.2.4	Spinta statica terreno .....	28
5.3	SOVRACCARICHI ACCIDENTALI .....	29
5.3.1	Sovraccarico dovuto alla neve .....	29
5.3.2	Sovraccarico dovuto alle azioni del vento.....	29
5.3.3	Sovraccarichi accidentali .....	30

<b>5.4</b>	<b>AZIONE SISMICA</b> .....	<b>30</b>
<b>5.5</b>	<b>MODELLAZIONE DELLE AZIONI CON IL CODICE F.E.M.</b> .....	<b>38</b>
5.5.1	Legenda tabella dati azioni .....	38
5.5.2	Inserimento dei carichi nel modello di calcolo .....	40
<b>6</b>	<b>COMBINAZIONE DELLE AZIONI DI CALCOLO</b> .....	<b>42</b>
<b>6.1</b>	<b>COMBINAZIONE DELLE AZIONI CON IL METODO DEGLI STATI LIMITE</b> .....	<b>42</b>
<b>6.2</b>	<b>COMBINAZIONI DELLE AZIONI IN PRESENZA DI FORZE SISMICHE</b> .....	<b>44</b>
<b>6.3</b>	<b>STATI LIMITE CONSIDERATI</b> .....	<b>44</b>
<b>6.4</b>	<b>SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO CON IL CODICE F.E.M.</b> .....	<b>45</b>
6.4.1	Legenda tabella casi di carico.....	45
<b>6.5</b>	<b>COMBINAZIONI DEI CARICHI CONSIDERATE DAL CODICE F.E.M.</b> .....	<b>47</b>
6.5.1	Legenda tabella combinazioni di carico.....	47
<b>7</b>	<b>MODELLAZIONE E CALCOLO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI CON CODICE F.E.M.</b> .....	<b>49</b>
<b>7.1</b>	<b>CODICE DI LICENZA E DICHIARAZIONE DI AFFIDABILITÀ DEL SOFTWARE DI CALCOLO AUTOMATICO</b> .....	<b>49</b>
<b>7.2</b>	<b>DESCRIZIONE DEL CALCOLO CON CODICE DI CALCOLO AD ELEMENTI FINITI</b> .....	<b>51</b>
7.2.1	Descrizione del metodo di calcolo .....	51
7.2.2	Sistema di riferimento globale.....	51
7.2.3	Modellazione della struttura e dei vincoli .....	51
7.2.4	Origine e caratteristiche del codice di calcolo.....	53
<b>7.3</b>	<b>MODELLAZIONE DEI MATERIALI</b> .....	<b>54</b>
7.3.1	Legenda tabella dati materiali .....	54
<b>7.4</b>	<b>MODELLAZIONE DELLE SEZIONI</b> .....	<b>56</b>
7.4.1	Legenda tabella dati sezioni .....	56
<b>7.5</b>	<b>MODELLAZIONE STRUTTURA: NODI</b> .....	<b>63</b>
7.5.1	Legenda tabella dati nodi.....	63
<b>7.6</b>	<b>MODELLAZIONE STRUTTURA: ELEMENTI TRAVE</b> .....	<b>64</b>
7.6.1	Legenda tabella dati travi.....	64
<b>7.7</b>	<b>MODELLAZIONE STRUTTURA: ELEMENTI SHELL</b> .....	<b>64</b>
7.7.1	Legenda tabella dati shell .....	64
<b>7.8</b>	<b>MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA: ELEMENTI SOLAIO</b> .....	<b>66</b>
7.8.1	Legenda tabella dati solai .....	66
<b>8</b>	<b>RISULTATI DELLE ANALISI</b> .....	<b>70</b>
<b>8.1</b>	<b>RISULTATI ANALISI SISMICHE</b> .....	<b>70</b>
8.1.1	Legenda tabella analisi sismiche .....	70
<b>8.2</b>	<b>RISULTATI ELEMENTI TIPO SHELL</b> .....	<b>76</b>
8.2.1	Legenda risultati elementi tipo shell.....	76
8.2.2	Sintesi dei risultati delle analisi .....	77
<b>9</b>	<b>VERIFICHE DEGLI ELEMENTI</b> .....	<b>87</b>
9.1.1	Sintesi delle verifiche sugli elementi strutturali: setti in c.a. ....	87
9.1.2	Sintesi delle verifiche sugli elementi strutturali: elementi in acciaio .....	89
9.1.3	Verifica dei pali di fondazione .....	91
9.1.4	Verifica degli ancoraggi tra la struttura nuova e la struttura esistente.....	91
<b>10</b>	<b>QUANTIFICAZIONE DEI RAPPORTI CAPACITÀ/DOMANDA NEGLI STATI LIMITE CONSIDERATI</b>	<b>96</b>

## 1 PREMESSA E INQUADRAMENTO NORMATIVO

### 1.1 Premessa

La presente relazione è parte del progetto di **miglioramento sismico** redatto per l'edificio denominato Ex Scuole "L. Pastro", sito a Carità di Villorba (TV), secondo la O.C.D.P.C. 293 del 26.07.2015 e lo strumento attuativo rappresentato dalla D.G.R. 428 del 07.04.2016.

Il fabbricato è attualmente adibito a sede per alcuni uffici del Comune di Villorba, nonché per alcune associazioni socio-culturali e ricreative ed è quindi considerato in classe d'uso III; dopo l'intervento è invece previsto un cambiamento della destinazione d'uso, con la trasformazione in sede della polizia municipale, e quindi il passaggio alla classe d'uso IV.

L'intervento si è reso necessario in seguito all'analisi della vulnerabilità sismica effettuata nei mesi scorsi, che ha evidenziato **un comportamento gravemente insufficiente per quanto concerne la resistenza alle azioni sismiche. Il Parametro indicatore di rischio relativo allo stato limite di danno severo (DS – SLV) ai sensi dell'O.P.C.M. 3362, in termini di rapporto tra le accelerazioni è**

$$\alpha_u = PGADS/PGA10\% = 0,05,$$

**mentre il parametro indicatore di rischio relativo allo stato limite di danno lieve (DL – SLD) ai sensi dell'O.P.C.M. 3362, in termini di rapporto tra le accelerazioni è**

$$\alpha_d = PGADS/PGA10\% = 0,408$$

L'intervento di miglioramento si pone l'obiettivo di raggiungere il valore minimo del rapporto tra capacità e domanda, traducibile nel rapporto tra PGA di verifica della struttura e  $PGA_{10\%}$ , pari al 60%.

Le analisi strutturali si sono avvalse dei risultati della precedente verifica tecnica dei livelli di sicurezza sismica svolta ai sensi della O.P.C.M 3274/2003 e s.m.i. e, per la caratterizzazione dei materiali, dei risultati della campagna di rilievo e delle indagini realizzata dallo Studio di Ingegneria La Torre, dell'Ing. Leonardo La Torre in occasione della stessa verifica; è stato altresì possibile verificare la corrispondenza dei dati ricavati dai rilievi con i disegni esecutivi originali della struttura ed appunti dei libretti delle misure, recuperati dagli originali. Tutti i documenti reperiti sono stati in grado di fornire informazioni principalmente architettoniche e geometriche (piante e prospetti) dell'edificio, oltre a qualche dettaglio costruttivo.

### 1.2 Descrizione del fabbricato

Il fabbricato presenta forma pressochè rettangolare allungata in direzione Est-Ovest, con le estremità leggermente allargate verso Sud; sul lato a Nord, ad Est, si trova un ingrossamento del corpo principale presente a tutti i piani, ove trovano sempre sede i servizi igienici. Si riportano di seguito le piante dei vari piani rilevati e controllati, per una migliore comprensione (immagini da 2.1 a 2.4).

Le dimensioni massime in pianta sono di circa 36,00 x 10,70 metri, con gli allargamenti alle estremità pari a 40 cm per una lunghezza di 3,70 metri; il corpo a Nord ha dimensioni pari a 4,40 x 8,90 metri circa, ed è a forma rettangolare. L'altezza di gronda è circa pari a 10 metri; il piano terra è rialzato rispetto al livello del terreno e del piazzale antistante (assunto come quota "0", o piano campagna) di circa 1 metro, e la quota del pavimento del piano seminterrato è di circa 1,50 metri inferiore al piano campagna.

Le piante sono regolari in altezza, e le strutture portanti verticali hanno tutte continuità dalla fondazione fino al piano del sottotetto. Unica irregolarità è rappresentata da due piccole edicole, situate ad Est e ad Ovest, e rappresentanti gli ingressi per il piano terreno ed interrato (ad Est) e per il piano primo (ad Ovest).

Le strutture portanti verticali dei piani in elevazione sono costituite da muratura portante a due teste (26 cm) con buona tessitura costituita da laterizio e da malta di calce e sabbia con scarsa capacità legante, assai povera e disgregabile per cui risultano praticamente nulle le resistenze a trazione da essa offerte. Le strutture verticali del piano seminterrato invece sono costituite da calcestruzzo (non armato e di scarse caratteristiche meccaniche, come rilevato dalle indagini effettuate), con spessori variabili tra 30 e 35 centimetri.

Le fondazioni sono realizzate con allargamenti in cls dei setti murari seminterrati aventi spessore di 40 cm e larghezza variabile, da 50 a 70 cm in base alla tipologia dei setti sovrastanti ed ai loro carichi.

I solai del piano terra e del primo piano sono costituiti da travetti in c.a. ed elementi di alleggerimento in laterizio forato (tipo UNIC, come da libretto misure originale); quello di copertura è costituito da capriate lignee, orditure secondarie sempre in legno, tavelle in cotto e coppi.

Inferiormente alla quota d'imposta delle strutture lignee di copertura è presente il controsoffitto del piano primo, realizzato con canucciato, malta ed intonaco inferiore, sorretto da travetti in cemento armato con sezione rettangolare posizionati ad interasse di circa 1,5 metri e travature minute in legno appese ai precedenti.

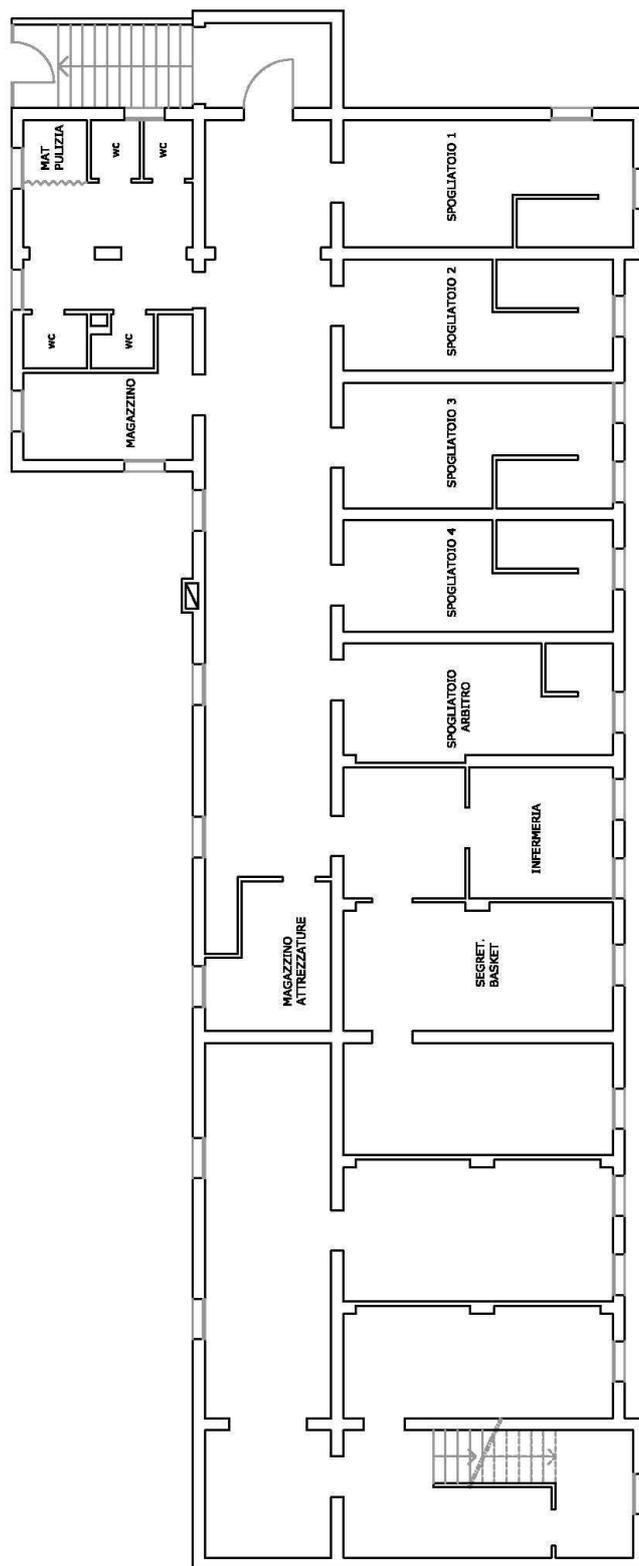


Immagine 1.1 Pianta piano seminterrato

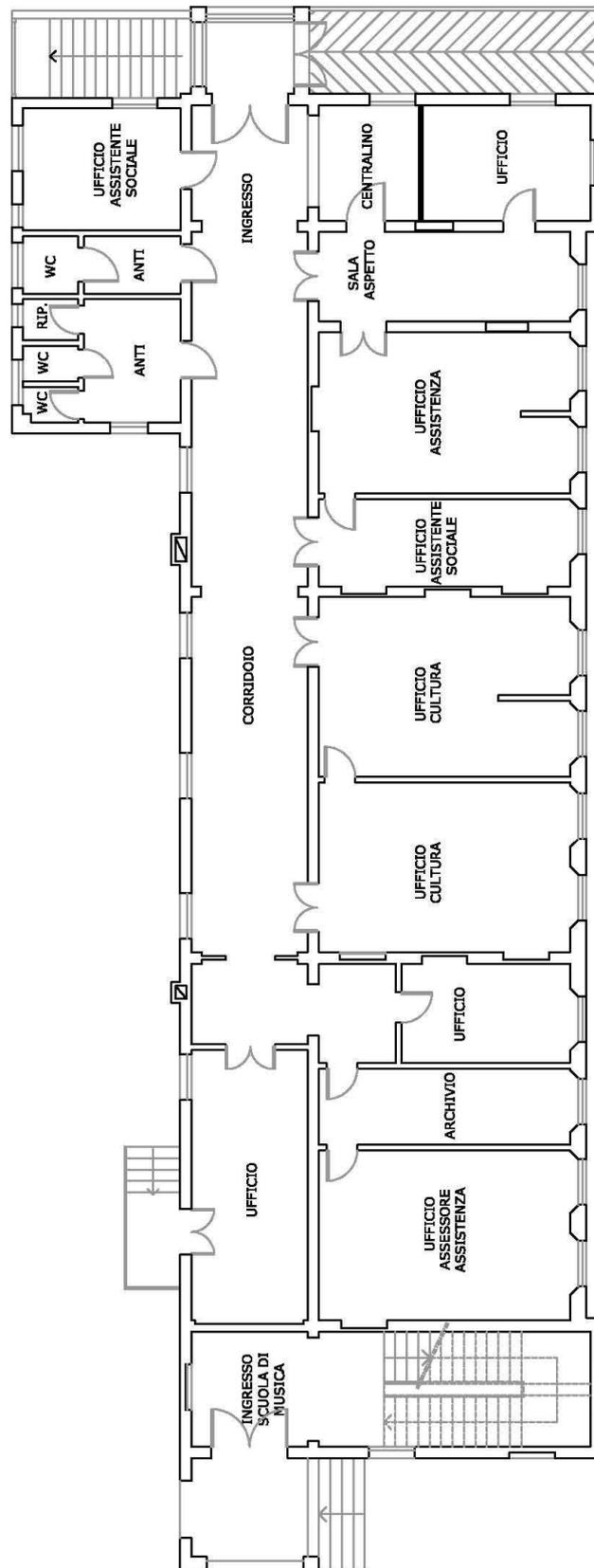


Immagine 1.2 Pianta piano terra

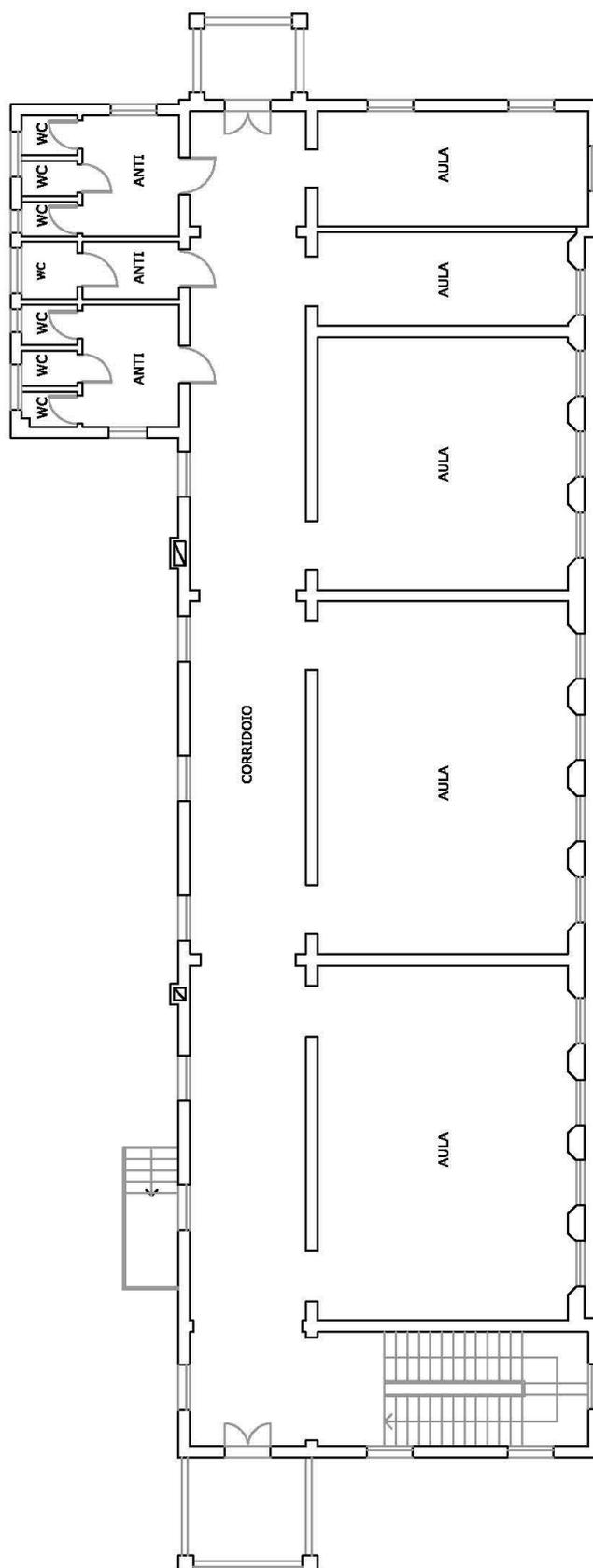
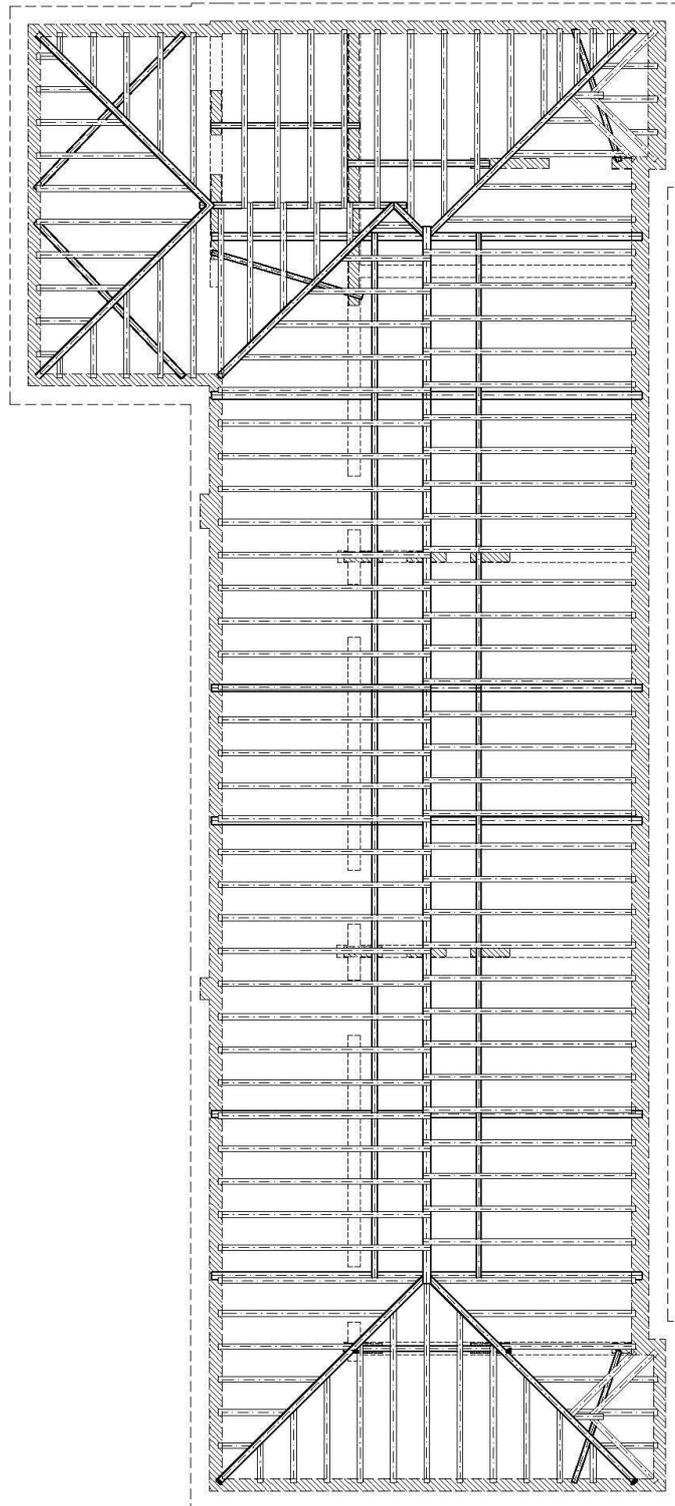


Immagine 1.3 Pianta piano primo



**Immagine 1.4 Pianta copertura**

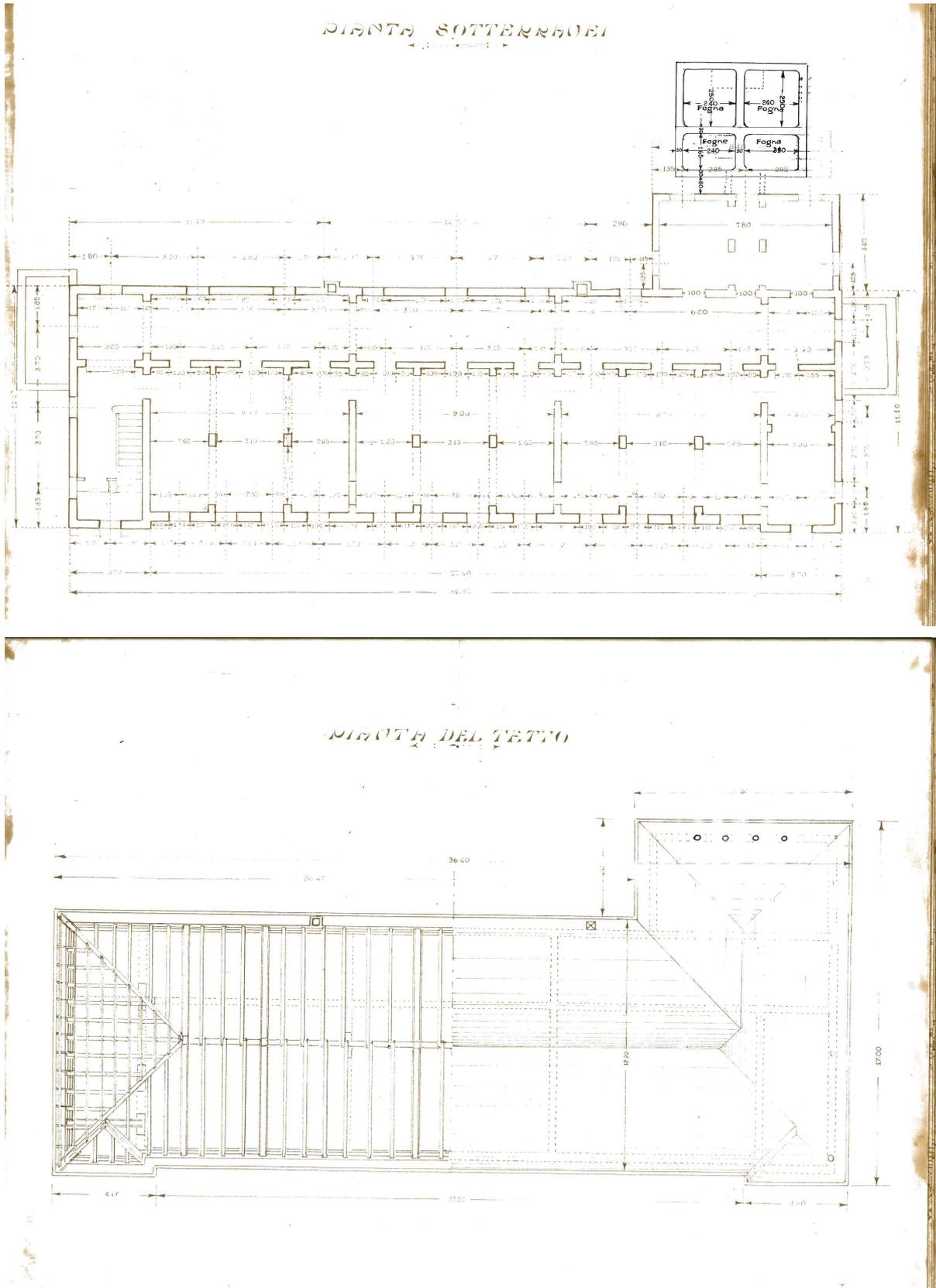


Immagine 1.5 Piante dei sotterranei e del tetto originarie



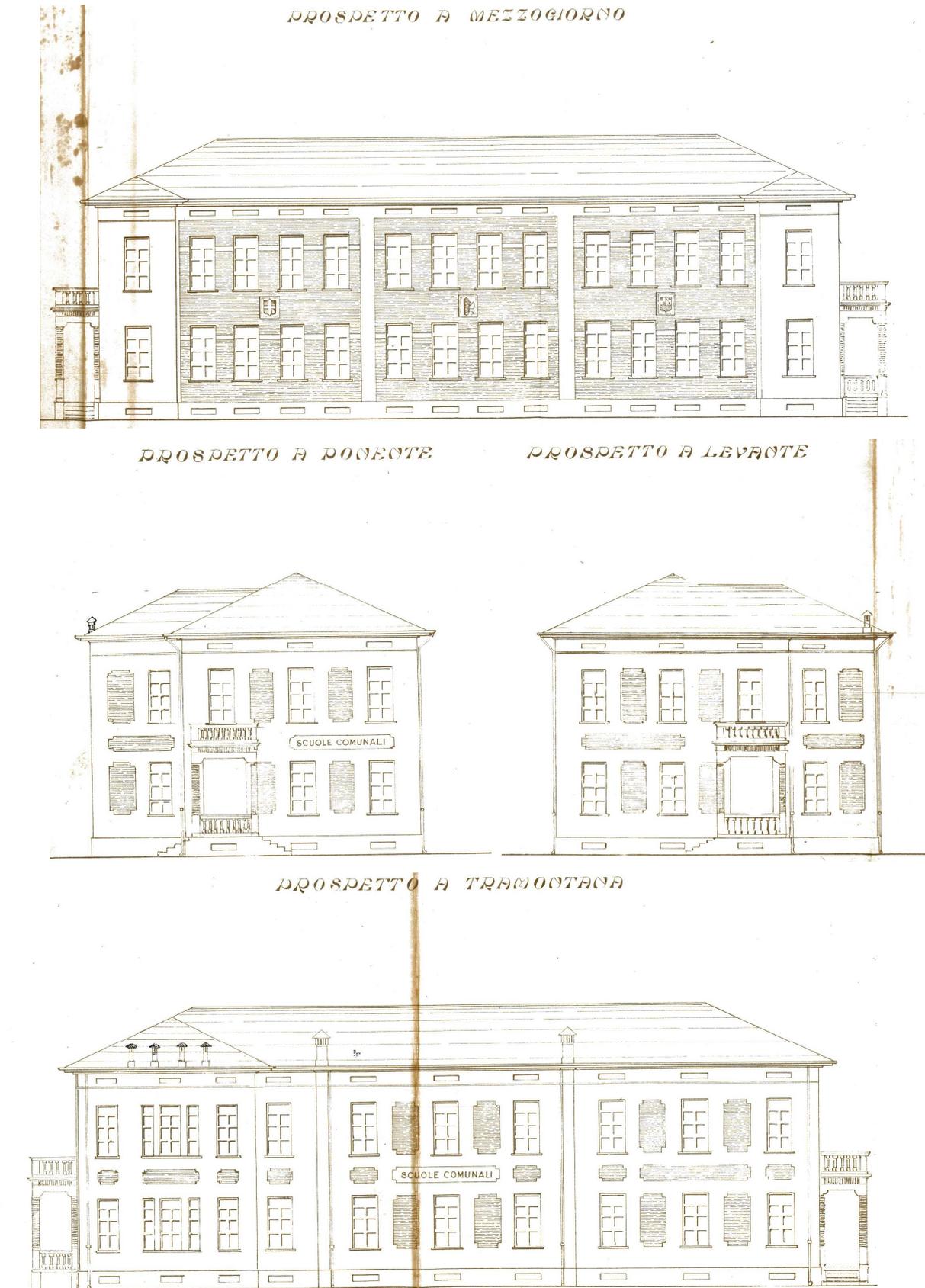


Immagine 1.8 Prospetti originari

### 1.3 Obiettivi dell'intervento

Il progetto prevede di intervenire sul fabbricato principalmente dall'esterno, mediante la realizzazione di strutture sismoresistenti in calcestruzzo e acciaio, senza intaccare l'esistente; le uniche opere che incideranno sulla struttura esistente saranno quelle necessarie a garantire la connessione tra l'edificio e le strutture nuove, che verranno realizzate anche con lo scopo di garantire l'adesione tra i due sistemi ed il conseguente controllo degli spostamenti; preliminarmente alle nuove strutture, verranno poste in opera le strutture necessarie a garantire la rigidità del solaio sottotetto. **Il progetto di miglioramento sismico del fabbricato in esame si prefigge di raggiungere un valore di sicurezza pari ad almeno il 60% di quella prevista allo SLV dalle NTC 2008, come esplicitamente richiesto dall'Allegato C alla D.G.R. 428 del 07.04.2016 e dall'O.C.D.P.C. 293 del 26.07.2015.**

### 1.4 Interventi previsti

Si prevedono i seguenti interventi:

- Posa in opera di elementi atti ad irrigidire il solaio sottotetto e a trasferire la massa della copertura a livello dello stesso, suddivisi in:
  - Cordolatura interna posata a livello del piano d'appoggio delle capriate e dei falsi puntoni della copertura, realizzata con un profilo in acciaio tipo UPN 240, connesso alla struttura esistente mediante l'utilizzo di inghisaggi chimici a base di resine bicomponenti;
  - Posa di profili in acciaio tipo HEA 240 tra i travetti esistenti e di controventi tondi in acciaio a livello del solaio sottotetto e loro ancoraggio alla muratura esistente mediante l'utilizzo di inghisaggi chimici a base di resine bicomponenti;
  - Posa di elementi di connessione realizzati mediante profili tondi  $\Phi 20$ , in entrambe le direzioni, tra la cordonatura prevista alla base della copertura e gli elementi di irrigidimento del solaio sottotetto, per il trasferimento delle masse della copertura.
- Realizzazione di setti in c.a. C32/40 di spessore 25 cm, lungo il perimetro del fabbricato esistente, in corrispondenza di alcuni dei maschi murari, distribuiti in modo da alterare il meno possibile o da avvicinare la posizione del centro di taglio della struttura esistente al baricentro; i nuovi setti saranno uniti da travi in c.a., poste a livello dei solai, che circondaeranno la struttura esistente, eccetto in corrispondenza del solaio del P1, in prossimità dei locali adibiti ad ingresso. Le travi avranno spessore 25 cm ed altezza rispettivamente 25 cm per il piano terra, 100 cm per il P1 e 50 cm per il piano sottotetto; le travi saranno connesse alla struttura esistente mediante inghisaggi chimici a base di resine bicomponenti, uniformemente distribuiti lungo il perimetro e realizzati previo lievo locale dell'intonaco esistente, per garantire l'ottimale trasferimento delle forze sismiche. I setti che compongono l'incamiciatura del fabbricato saranno fondati su travi realizzate su 69 micropali in c.a. C25/30, di lunghezza 7,70 m; i pali avranno diametro reso minimo  $\Phi 25$  cm e armati con tubi in acciaio  $\Phi 114.3 \times 8$  mm.

- Realizzazione di due castelli in acciaio in corrispondenza del prospetto Nord del fabbricato, per garantire la resistenza alle azioni parallele all'asse Nord – Sud. Ciascuna delle strutture sarà composta da due telai ortogonali alla muratura esistente, irrigiditi da diagonali, collocati in asse a delle aperture esistenti, in modo da consentire l'eventuale inserimento di un impianto ascensore e di scale di sicurezza; saranno collegate ai cordoli di piano e saranno realizzate con profili in acciaio tipo HEA 160 per le travi e le colonne, con profili tondi  $\Phi 57,0 \times 5,0$  mm per i controventi.
- Realizzazione di catene di connessione tra il lato Sud del fabbricato ed il castello metallico, composte da elementi tondi in acciaio  $\Phi 36$  mm, ancorate nella struttura in c.a. di nuova realizzazione sul lato Sud e connesse alla struttura metallica.

## 1.5 Inquadramento normativo

Le analisi strutturali sono state realizzate ai sensi della D.G.R. 428 del 07.04.2016, con riferimento all'Allegato C, e di conseguenza ai sensi della O.C.D.P.C. 293 del 26.10.2015 e la O.C.D.P.C. 52 del 20.02.2013, secondo le N.T.C. 2008 (D.M. 14.01.2008) e la circolare esplicativa 617 02.02.2009.

Le analisi effettuate seguono i principi che regolano la progettazione delle opere strutturali, enunciati nelle Norme Tecniche per le Costruzioni", D.M. del 14.01.2008 [Suppl. Ord. n. 30 della G.U. n. 222 del 29.02.2008], che si basano sulla definizione dei concetti di **Stato limite, Vita nominale, Classe d'uso, Periodo di riferimento** delle azioni.

Si riportano di seguito alcune considerazioni comprendenti stralci del capitolo 2 della suddetta norma e della Circolare attuativa C.S.LL.PP. n° 617 02.02.2009, in cui si chiariscono i principi adottati ed il significato dei parametri considerati.

## 1.6 Sicurezza e prestazioni attese

### 1.6.1 Premessa: analisi sismica dei meccanismi locali e dei meccanismi globali

Il D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 e la relativa Circolare 2 febbraio 2009 n. 617, al Punto C8.7.1.1 riguardante gli edifici esistenti, indicano che la valutazione della sicurezza sismica degli edifici in muratura va eseguita, oltre che con riferimento al comportamento sismico globale, anche con riferimento all'analisi dei meccanismi locali di collasso. *“Quando la costruzione non manifesta un chiaro comportamento d'insieme, ma piuttosto tende a reagire al sisma come un insieme di sottosistemi (meccanismi locali), la verifica su un modello globale non ha rispondenza rispetto al suo effettivo comportamento sismico... In tali casi la verifica globale può essere effettuata attraverso un insieme esaustivo di verifiche locali.”* La sicurezza della costruzione deve essere quindi valutata nei confronti di entrambi i tipi di meccanismo.

Le verifiche di vulnerabilità sismica realizzate nei mesi scorsi hanno posto l'attenzione anche sulle carenze del fabbricato nei riguardi dei meccanismi locali, in particolare sui meccanismi di ribaltamento, data l'assenza di cordoli armati a livello dei solai e della mancanza di un impalcato con rigidità adeguata a livello del sottotetto. Gli interventi previsti dal progetto di miglioramento, risolvendo anche questi aspetti, pongono le basi per un comportamento di tipo globale del fabbricato.

### 1.6.2 Metodo semiprobabilistico agli stati limite

Le Norme Tecniche per le Costruzioni prescrivono che [...le opere e le componenti strutturali devono essere progettate, eseguite, collaudate e soggette a manutenzione in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione, in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto dalle presenti norme...].

Per il raggiungimento delle prestazioni previste in fase progettuale la norma impone l'utilizzo del metodo semiprobabilistico agli stati limite.

[...Nel metodo semiprobabilistico agli stati limite, la sicurezza strutturale deve essere verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni. Per la sicurezza strutturale, la resistenza dei materiali e le azioni sono rappresentate dai valori caratteristici,  $R_{ki}$  e  $F_{kj}$  definiti, rispettivamente, come il frattile inferiore delle resistenze e il frattile (superiore o inferiore) delle azioni che minimizzano la sicurezza. In genere, i frattili sono assunti pari al 5%...], che equivale a dire che, ammesso un certo grado di incertezza, per ogni azione considerata, esiste una probabilità del 5% che il suo valore venga superato nel corso della vita del fabbricato, mentre per ogni resistenza di progetto esiste la medesima probabilità che essa risulti minore di quella considerata. A tal proposito si precisa che, in ogni caso, le combinazioni delle azioni agenti utilizzate per il calcolo della struttura tengono conto di opportuni coefficienti atti ad aumentare il grado di sicurezza.

La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale. **Stato limite è la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata.**

In particolare, secondo quanto stabilito nei capitoli specifici, le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

- **sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU)**: capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera...], ad esempio un sisma di grande intensità;
- **sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE)**: capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio, ad esempio un terremoto di medie proporzioni.
- **robustezza nei confronti di azioni eccezionali**: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescati quali incendio, esplosioni, urti.

[...Il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile e si definisce collasso.

Il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile...].

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza è espressa dalla seguente equazione:

$$R_d \geq E_d$$

dove:

$R_d$  è la resistenza di progetto;

$E_d$  è il valore di progetto dell'effetto delle azioni.

All'interno dell'equazione sopra enunciata sono presenti i coefficienti parziali di sicurezza,  $\gamma_{mi}$  e  $\gamma_{fj}$ , associati rispettivamente al materiale  $i$ -esimo e all'azione  $j$ -esima che tengono in conto della variabilità delle rispettive grandezze e i coefficienti di combinazione  $\psi_{0i}$  che forniscono i valori di combinazione dei carichi variabili secondari; il significato di questi simboli sarà illustrato in seguito.

La verifica nei confronti degli stati limite di esercizio è espressa da equazioni analoghe alla precedente, dove sono assenti i coefficienti parziali sulle azioni e sui materiali e dove si trovano valori differenti e minori dei coefficienti di combinazione dei carichi, denominati  $\psi_{1i}$  e  $\psi_{2i}$ , il cui significato verrà espresso in seguito. Il controllo si effettua infatti sulle effettive condizioni di carico della struttura (di esercizio, appunto) e in particolare sulle tensioni agenti sugli elementi, sulla loro deformazione, sugli stati fessurativi.

Inoltre particolare attenzione è dedicata dalla norma alla durabilità dell'opera in seno alle condizioni ambientali che la investono.

## 1.7 Criteri di classificazione dell'opera

Al fine di procedere correttamente con il calcolo e la verifica delle strutture del fabbricato l'utilizzo del metodo sopra illustrato impone, quindi, l'adozione di misure che permettono di valutare la resistenza dei materiali e l'entità delle azioni. Queste ultime, laddove dipendano dall'ambiente, si possono quantificare su base probabilistica in relazione alla vita attesa del fabbricato, alla sua importanza strategica, al suo utilizzo. I parametri che inquadrano l'edificio in seno all'esposizione alle azioni ambientali sono definiti dalla norma con l'obiettivo di consentirne la prevista utilizzazione, in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto. Per edifici di nuova realizzazione sono scelti dal progettista di concerto con la committenza; nel caso di edifici esistenti e rilevanti, sono imposti dalla normativa di riferimento, cioè dal D.P.C.M. del 21 ottobre 2003 e utilizzati, con l'obiettivo di tradurli in risultati, all'interno dell'impianto normativo previsto dalle norme tecniche per le costruzioni, DM 14.01.2008.

Si definiscono quindi:

- [...La **vita nominale** di un'opera strutturale **V<sub>N</sub>** è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I...]

**Tabella 2.4.I** – Vita nominale  $V_N$  per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

[...La Vita nominale (VN) di una costruzione, così come definita al § 2.4.1 delle NTC, è la durata alla quale deve farsi espresso riferimento in sede progettuale, con riferimento alla durabilità delle costruzioni, nel dimensionare le strutture ed i particolari costruttivi, nella scelta dei materiali e delle eventuali applicazioni e delle misure protettive per garantire il mantenimento della resistenza e della funzionalità...]. La definizione della Vita nominale interviene, ad esempio, nella scelta della classe di esposizione del calcestruzzo e nella definizione del copriferro minimo da utilizzare nelle strutture in c.a.. [...Nelle previsioni progettuali dunque, se le condizioni ambientali e d'uso sono rimaste nei limiti previsti, non prima della fine di detto periodo saranno necessari interventi di manutenzione straordinaria per ripristinare le capacità di durata della costruzione.

L'effettiva durata della costruzione non è valutabile in sede progettuale, venendo a dipendere da eventi futuri fuori dal controllo del progettista. Di fatto, la grande maggioranza delle costruzioni ha avuto ed ha, anche attraverso successivi interventi di ripristino manutentivo, una durata effettiva molto maggiore della vita nominale quantificata nelle NTC...];

- La **classe d'uso** di un edificio influisce sulle sole azioni sismiche di progetto ed è definita in base alla destinazione del fabbricato, come illustrato nell'elenco che segue:

*Classe I:* Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

*Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

*Classe III:* Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

*Classe IV:* Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Il valore del coefficiente d'uso **CU** è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

Se  $V_R \leq 35$  anni si pone comunque  $V_R = 35$  anni.

- **Periodo di riferimento dell'azione sismica:** il D. M. 14.01.2008 prevede che [...le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento **VR** che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale **VN** per il coefficiente d'uso **CU** :  $V_R = V_N \times C_U$  (2.4.1)...]. Il concetto di periodo di riferimento è legato al periodo di ritorno dell'evento considerato.

In particolare, per ogni periodo di riferimento si definisce la **Probabilità di superamento (PVR)** dell'evento sismico, che corrisponde, nello Stato limite ultimo di collasso della struttura, al 5% e, negli Stati limite di esercizio, può arrivare fino all'81%. Questo significa che il calcolo deve garantire che la struttura, pur danneggiandosi gravemente, sia resistente al crollo nel caso di eventi catastrofici e, nello stesso momento, garantire il contenimento dei danni economici nel caso di eventi più leggeri ma più frequenti.

La vita nominale scelta per il caso in esame, è riportata nella tabella sottostante, dove è stata evidenziata la scelta operata.

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>	$< 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

L'apparato strutturale del presente progetto è stato collocato nella classe d'uso IV, che considera costruzioni con funzioni pubbliche e strategiche importanti (D.M. del 14.01.2008 § 2.4.2.)

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione sono state valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava dalla seguente formula:

$$V_R = V_N \times C_U$$

Il valore del coefficiente  $C_U$  è definito dalla classe d'uso.

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

Ne risulta pertanto un periodo di riferimento per le azioni sismiche pari a 100 anni (vedasi tabella seguente)

Periodo di riferimento			
Classe d'uso	Vita $V_n$ [anni]	Coeff. Uso	Periodo $V_r$ [anni]
IV	50	2	100

### 1.8 Criteri e metodi di analisi, modellazione e verifica del fabbricato

Le analisi di calcolo sono state eseguite con i correnti metodi della Scienza e Tecnica delle Costruzioni, mentre le verifiche sono state effettuate con il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

Le verifiche di tutte le strutture e le relazioni che seguiranno fanno riferimento alle "Norme Tecniche per le Costruzioni" D.M. del 14.01.2008 con il relativo capitolo 7 per la progettazione in zona sismica, nonché il capitolo 8 che tratta gli edifici esistenti e sono effettuate con il **metodo semiprobabilistico agli stati limite**.

L'analisi e la verifica della struttura sono state svolte con il codice F.E.M. **Pro\_Sap 2S.I.**, discretizzando la struttura con un modello che ne rappresenti per quanto più possibile i reali schemi statici nelle tre dimensioni. Il programma, partendo dalla modellazione di strutture iperstatiche e dalla definizione dei carichi agenti, esegue analisi statiche e/o modali e riporta le verifiche col metodo agli stati limite per i singoli elementi componenti la struttura stessa.

L'analisi è stata svolta con il seguente approccio; partendo dai risultati dell'analisi di vulnerabilità sismica svolta nei mesi scorsi e dai tipi di intervento scelti per migliorare la resistenza sismica del fabbricato, si è scelto di:

- Realizzare due modelli di calcolo:
  - Il primo contenente i soli elementi esistenti; il modello è necessario per studiare il comportamento della struttura, in particolare dal punto di vista della deformazione e della posizione del centro di taglio;
  - Il secondo contenente tutti gli elementi strutturali, vincolati in modo che le forze orizzontali vengano assorbite solamente dagli elementi resistenti di nuova realizzazione;
- Modellare la struttura esistente tralasciando la geometria della copertura, riportandone comunque le masse a livello dell'impalcato del sottotetto, in modo da ottenere un modello semplice e governabile; l'impalcato del sottotetto è stato modellato come infinitamente rigido, alla luce degli interventi previsti, già descritti nei paragrafi precedenti;
- Modellare i maschi murari esistenti come mensole con elementi beam, opportunamente vincolati, cioè:
  - in grado di resistere alle sollecitazioni assiali e alle forze orizzontali agenti nel proprio piano nel modello dell'edificio esistente;
  - in grado di resistere alle sole sollecitazioni assiali nel caso del modello che considera la struttura esistente e i nuovi elementi;

nel nuovo modello, questo approccio consente di assegnare tutte le forze orizzontali agli elementi nuovi, lasciando alla struttura esistente il compito di resistere alle sole forze verticali; la verifica della struttura esistente avviene verificandone la compatibilità agli spostamenti;

- Modellare i solai con membrane infinitamente rigide; modellare i nuovi setti in c.a. con elementi mesh, sospesi alla base su molle di rigidità  $k=200000$  daN/cm che simulano l'effetto dei pali; modellare l'unione delle nuove travi ai setti con nodi di incastro; modellare le nuove strutture in acciaio con nodi rigidi; modellare la connessione tra nuove e vecchie strutture con membrane infinitamente rigide; modellare tutti gli elementi strutturali con materiali con rigidità assiale e tagliante dimezzata, in modo da simulare un comportamento in condizioni fessurate;
- Realizzare analisi modali con spettro di risposta su entrambi i modelli; verificare la posizione del centro di taglio del secondo modello rispetto al primo ed eseguire verifiche di resistenza sui nuovi elementi; in secondo luogo, sul secondo modello, valutare gli spostamenti della struttura ed in particolare il drift di piano, per assicurarsi che i maschi murari esistenti siano compatibili con gli spostamenti. Valutare le forze agenti sui pali, sia verticalmente che orizzontalmente.

**In fase di progettazione strutturale definitiva ed esecutiva, le ipotesi assunte in questa fase, andranno opportunamente verificate con indagini e modellazioni aggiuntive; in particolare, si dovrà prestare la massima attenzione a:**

- **Indagare ulteriormente lo stato e la geometria delle fondazioni esistenti, per valutare la possibilità di ancorare le nuove strutture;**
- **Caratterizzare correttamente il terreno e l'interazione di questo con la struttura, per valutare correttamente i modi di vibrare;**
- **Caratterizzare opportunamente il valore di resistenza degli ancoraggi tra la struttura nuova e l'esistente;**
- **Eseguire un'analisi statica non lineare per valutare correttamente la compatibilità della struttura alla domanda di spostamento.**

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il progetto strutturale è stato condotto in ragione delle seguenti norme, regolamenti, linee guida, testi:

1. D.Min. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 14 Gennaio 2008 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
2. Circolare C.S.LL.PP. 2 Gennaio 2009 n. 617 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme tecniche per le costruzioni".
3. D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>".
4. D.M. LL.PP. 11 Marzo 1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
5. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 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" e successive modificazioni e integrazioni.
6. Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 21 ottobre 2003 "Disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2,3 e 4, dell'O.P.C.M 3274/2003 20 marzo 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".
7. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3362 dell'8 luglio 2003 "Modalità di attivazione del Fondo per interventi straordinari della Presidenza del Consiglio dei Ministri, istituito ai sensi dell'art. 32-bis del decreto-legge 30 settembre 2003, n. 269, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 novembre 2003, n. 326". (GU n. 165 del 16-7-2004).
8. Giunta Regionale Toscana "Istruzioni tecniche per la redazione degli elaborati progettuali degli interventi di prevenzione e riduzione del rischio sismico degli edifici pubblici strategici e rilevanti".
9. Giunta Regionale Abruzzo - Protezione Civile Regione Abruzzo - Università degli studi dell'Aquila "Linee guida per la valutazione della resistenza sismica degli edifici strategici e rilevanti".
10. O.C.D.P.C. 52 del 20.02.2013 (G.U. 50 del 28.02.2013) "Attuazione dell'art. 11 del D.L. 28.04.2009 n° 39, convertito, con modificazioni, dalla Legge 24.06.09 n°77".
11. O.C.D.P.C. 293 del 26 ottobre 2015 (G.U. n. 257 del 04 novembre 2015) "Attuazione dell'art. 11 del decreto legge 28 aprile 2009 n. 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24.06.2009, n. 77.
12. D.G.R. del 07.04.2016 "Attuazione dell'articolo 11 del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24.06.09, n.77. O.C.D.P.C. 293 del 26 ottobre 2015 (G.U. n. 257 del 04 novembre 2015). (L. 77/09, art. 11). Annualità statale 2014."

### 3 CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO DI FONDAZIONE E STIMA DELLA PORTATA DEI PALI DI FONDAZIONE

#### 3.1.1 Caratterizzazione del terreno

I dati relativi alla stratigrafia del terreno di fondazione sono dedotti dalla relazione redatta nel 2008 dal Dott. Geol. G. Negri, per i lavori di adeguamento della Scuola secondaria di I grado “A. Manzoni” di Villorba. Il sottosuolo presenta la seguente composizione:

- Fino alla profondità di circa 3 m: livello grossolano, in alcune parti rimaneggiato;
- Da 3 ad almeno 15 m: terreno compatto formato da un compatto materasso alluvionale con sabbia e ghiaia con ciottoli, con angolo di attrito  $\Phi = 30,50^\circ$  circa, valori di  $N_{SPT}$  omogenei e varianti tra 24 e 26, massa pari a circa  $1800 \text{ kg/m}^3$ .

#### 3.1.2 Classificazione sismica del terreno

I terreni possono essere inseriti all'interno della **classe C**. A questa classe appartengono i “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{S,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT,30} < 30$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fine).

#### 3.1.3 Classificazione topografica del terreno

La categoria topografica di riferimento è la T1, che non richiede un coefficiente di amplificazione del sisma ( $S_T=1.0$ ).

#### 3.1.4 Stima della portata dei pali di fondazione

Si utilizzano micropali di diametro reso minimo 25 cm, armati con un tubo in acciaio  $\Phi 114,3 \times 8$  mm.

La portata verticale dei micropali è stimata, a trazione e compressione, con il metodo di Bustamante Doix per terreni granulari, secondo quanto riportato di seguito:

- Caratteristiche dei pali:
  - Lunghezza totale 770 cm;
  - Diametro inimo reso 25 cm
  - Quota della testa del palo: -155 cm;
  - Quota inizio tratto portante: -225 cm;
  - Lunghezza tratto portante 700 cm;
  - Tipo di iniezione IGU;
  - N° verticali indagate: 1;

- Portata verticale a compressione :  $R_{C,d} = 35200 \text{ daN}$ ;
- Portata verticale a trazione :  $R_{T,d} = 28300 \text{ daN}$ ;
- Portata orizzontale a taglio:  $R_{V,d} = 8000 \text{ daN}$ ;
- Molla verticale adottata nella modellazione, nella sola analisi sismica, per la quale è stata eseguita un'analisi dinamica lineare con spettro di risposta  $q$ :  $K=200000 \text{ daN/cm}$ . Si sottolinea che i vincoli alla traslazione sono stati modellati rigidi in entrambe le direzioni.

## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 4.1 Premessa

La caratterizzazione dei materiali esistenti si è avvalsa dei risultati della campagna di rilievo e delle indagini realizzata dallo Studio di Ingegneria La Torre, dell'Ing. Leonardo La Torre, e in occasione della verifica della vulnerabilità del fabbricato, eseguite nei mesi scorsi. Le indagini hanno consentito di raggiungere un livello di conoscenza **LC2**, e di conseguenza un fattore di confidenza **FC = 1.20**.

### 4.2 Materiali esistenti

#### 4.2.1 Muratura portante esistente in mattoni pieni e malta di calce (strutture in elevazione)

Dati ricavati dai risultati delle indagini e dalla tabella C8A.2.1 della circolare 02.02.2009 n. 617/CS.LL.PP.

Muratura in mattoni pieni e malta di calce

Resistenza media a compressione	..... $f_m$ .....	= 15.6 daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza media a taglio	..... $T_0$ .....	= 1.5 daN/cm <sup>2</sup>
Valore medio del modulo elastico normale	..... $E$ .....	56700 daN/cm <sup>2</sup>
Valore medio del modulo elastico normale ridotto	..... $E_r$ .....	28350 daN/cm <sup>2</sup>
Valore medio del modulo elastico tang.	..... $G$ .....	7500 daN/cm <sup>2</sup>
Valore medio del modulo elastico tang. ridotto	..... $G_r$ .....	3750 daN/cm <sup>2</sup>
Peso specifico	..... $W$ .....	2000 daN/m <sup>3</sup>
Fattore di confidenza	..... $FC$ .....	1.2

#### 4.2.2 Muratura portante esistente in calcestruzzo non armato (strutture piano seminterrato)

Dati ricavati dai risultati delle indagini e dalle NTC 2008 (assimilata a muratura non reagente a trazione)

Resistenza media a compressione	..... $f_m$ .....	= 100 daN/cm <sup>2</sup>
Resistenza media a taglio	..... $T_0$ .....	= 3.3 daN/cm <sup>2</sup>
Valore medio del modulo elastico normale	..... $E$ .....	200.000 daN/cm <sup>2</sup>
Valore medio del modulo elastico tang.	..... $G$ .....	83.000 daN/cm <sup>2</sup>
Peso specifico	..... $W$ .....	2400 daN/m <sup>3</sup>
Fattore di confidenza	..... $FC$ .....	1.2

### 4.3 Materiali per elementi di nuova realizzazione

#### 4.3.1 Acciaio da carpenteria

Classe	S275 - Fe 430
Tensione di rottura	$f_t$ ..... $\geq 4300$ daN/cm <sup>2</sup> ..... 430 MPa
Tensione di snervamento	$f_y$ ..... $\geq 2750$ daN/cm <sup>2</sup> ..... 275 MPa

Resistenza di calcolo	$f_d$ ..... 2620 daN/cm <sup>2</sup> .....262 MPa
Modulo elastico	E .....2060000 daN/cm <sup>2</sup> ...206000 MPa
Classe di durabilità	H
Classe di corrosività (UNI12944)	C3

#### 4.3.2 Viti, bulloni e barre filettate

Classe	8.8
Tensione di rottura a trazione:	$f_t$ .....≥ 800 N/mm <sup>2</sup>
Tensione di snervamento:	$f_y$ .....≥ 640 N/mm <sup>2</sup>
Dadi	8

#### 4.3.3 Calcestruzzo per elementi di fondazione (pali, travi e muretti controterra)

Classificazione secondo norma UNI-EN 206-1:

Classe di resistenza del calcestruzzo	C 25/30
Dimensione massima dell'inerte	32 mm
Resistenza cubica caratteristica a 28 gg	$R_{ck} \geq 30$ MPa
Resistenza cilindrica caratteristica a 28 gg	$f_{ck} \geq 25$ Mpa
Classe di esposizione (UNI 11104)	XC2
Resistenza di calcolo allo S.L.U.	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c = 14.16$ MPa
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk} = 0.7 (0.30 f_{ck}^{2/3}) = 1.79$ MPa
Resistenza di calcolo a trazione semplice	$f_{ctd} = f_{ctk}/\gamma_c = 1.02$ MPa
Modulo elastico $E_c = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	$E_c = 31476$ Mpa
Modulo elastico di calcolo (fessurato) $E_{cc} = 0.6 \times E_c$	$E_c = 15738$ MPa
Modulo di Poisson:	$\nu = 0.12$
Modulo di Poisson di calcolo (fessurato):	$\nu = 0$
Classe di consistenza del calcestruzzo:	FLUIDA S4 in cantiere
Copriferro:	minimo 5 cm

Nei calcoli si sono adottati moduli di elasticità (Young) ridotti al 50% e moduli di Poisson nulli (strutture fessurate) per tutti gli elementi e tutte le combinazioni.

#### 4.3.4 Calcestruzzo per elementi in elevazione (setti, travi fuori terra) esposti alle azioni ambientali

Classificazione secondo norma UNI-EN 206-1:

Classe di resistenza del calcestruzzo	C 32/40
Dimensione massima dell'inerte	32 mm (inerti non gelivi F2 o MS25 UNI 8520-2)

Resistenza cubica caratteristica a 28 gg	$R_{ck} \geq 40$ MPa
Resistenza cilindrica caratteristica a 28 gg	$f_{ck} \geq 32$ Mpa
Classe di esposizione (UNI 11104)	XC4+XF1
Resistenza di calcolo allo S.L.U.	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c = 18.13$ MPa
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk} = 0.7 (0.30 f_{ck}^{2/3}) = 2.11$ MPa
Resistenza di calcolo a trazione semplice	$f_{ctd} = f_{ctk}/\gamma_c = 1.41$ MPa
Modulo elastico $E_c = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	$E_c = 33600$ Mpa
Modulo elastico di calcolo (fessurato) $E_{cc} = 0.5 \times E_c$	$E_c = 16800$ MPa
Modulo di Poisson:	$\nu = 0.12$
Modulo di Poisson di calcolo (fessurato):	$\nu = 0$
Classe di consistenza del calcestruzzo:	FLUIDA S4 in cantiere
Acciaio:	B450C (ad aderenza migliorata)
Copriferro:	minimo 4 cm

Nei calcoli si sono adottati moduli di elasticità (Young) ridotti al 50% e moduli di Poisson nulli (strutture fessurate) per tutti gli elementi e tutte le combinazioni.

#### 4.3.5 Acciaio per armatura lenta

qualità	..... B450C
tensione caratteristica a rottura	..... $f_{tk}$ ..... $\geq 540$ MPa
tensione caratteristica di snervamento	..... $f_{yk}$ ..... $\geq 450$ MPa
tensione resistente di calcolo $f_{yd} = f_{yk}/1.15$	..... $f_{yd}$ ..... $\geq 390$ MPa
rapporto tensione di snervamento di calcolo e nominale $(f_y / f_{ynom})$	$\leq 1.25$
rapporto tensione di rottura e snervamento.....	$1.15 \leq (f_t / f_y) \leq 1.35$
modulo elastico	..... $E$ ..... 206000 Mpa

## 5 ANALISI DEI CARICHI

### 5.1 Vita nominale classe d'uso e periodo di riferimento

La vita nominale delle opere di progetto, intesa come numero di anni nel quale le strutture devono poter essere usate allo scopo alle quali sono destinate, è riportata nella tabella sottostante ed è stata evidenziata la scelta fatta in questo progetto.

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

Se  $V_N < 35$  anni si pone comunque  $V_N = 35$  anni.

La costruzione, essendo presente nell'elenco delle opere rilevanti in caso di collasso, è stata collocata in classe IV, che considera costruzioni con funzioni pubbliche e strategiche importanti (D.M. del 14.01.2008 § 2.4.2.).

### 5.2 Sovraccarichi permanenti

#### 5.2.1 Peso specifico materiali da costruzione

Legno	= 4,20 kN/m <sup>3</sup>
Murature in cls piano interrato	= 24,0 kN/m <sup>3</sup>
Murature in mattoni pieni (fuori terra)	= 18,0 kN/m <sup>3</sup>
Calcestruzzo armato	= 25,0 kN/m <sup>3</sup>

#### 5.2.2 Solai – Peso proprio + sovraccarichi permanenti portati

- SOLAIO TIPO LUCE MINORE ( $\leq 3,60$  METRI) - PIANO TERRA E 1° PIANO**  
Peso proprio + sovraccarico permanente = 2,80 kN/ m<sup>2</sup>  
**CONSIDERATO  $G_{k1}$**  = 2,80 kN/m<sup>2</sup>
- SOLAIO TIPO LUCE MINORE ( $\leq 3,60$  METRI) CON BAGNI - PIANO TERRA E 1° PIANO**  
Peso proprio + sovraccarico permanente = 4,30 kN/ m<sup>2</sup>  
**CONSIDERATO  $G_{k1}$**  = 4,30 kN/m<sup>2</sup>

**3. SOLAIO TIPO LUCE MAGGIORE (≥ 6,00 METRI) - 1° PIANO**

<u>Peso proprio + sovraccarico permanente</u>	= 5,10 kN/ m <sup>2</sup>
<b>CONSIDERATO Gk<sub>1</sub></b>	<b>= 5,10 kN/m<sup>2</sup></b>

**4. CONTROSOFFITTO 1° PIANO E COPERTURA (COMPRESI ELEMENTI DI IRRIGIDIMENTO)**

Peso proprio travetti legno + cannucciato (stimato)	= 0,50 kN/ m <sup>2</sup>
Peso proprio copertura + sovraccarico permanente (stimato)	= 1,95 kN/m <sup>2</sup>
Peso proprio intervento piano rigido (stimato)	= 0,50 kN/ m <sup>2</sup>
<u>Peso muro perimetrale sottotetto (stimato)</u>	= 0,80 kN/ m <sup>2</sup>
<b>CONSIDERATO Gk<sub>1</sub></b>	<b>= 3,75 kN/m<sup>2</sup></b>

5.2.3 Nicchie finestre e scale – Peso proprio

Dove non considerati nel modello globale della struttura come elementi influenti ai fini del calcolo per la resistenza, i carichi dei paramenti in muratura (nicchie) inferiore da 13 cm di spessore e finestratura superiore sono stati inseriti con le seguenti caratteristiche:

**1. NICCHIE E FINISTRATURE A TUTT'ALTEZZA (h=4.20 m circa)**

Parete sp. 13cm inf. + intonaco	= 2,76 kN/m
<u>Finestrature</u>	= 0,40 kN/m
<b>TOTALE</b>	<b>= 3,16kN/m</b>
<b>CONSIDERATO Gk<sub>1</sub></b>	<b>= 3,16 kN/m</b>

**2. CARICHI TRAVI ZONA SCALE**

<u>Rampe scale</u>	= 20,50 kN/m
<b>CONSIDERATO Gk<sub>1</sub></b>	<b>= 20,50 kN/m</b>

5.2.4 Spinta statica terreno

Avendo le murature interrato altezza netta pari a circa 1,4 metri, si considera solamente la componente statica della spinta del terreno contro di esse, essendo trascurabile l'incremento a tale spinta dovuta a condizioni sismiche.

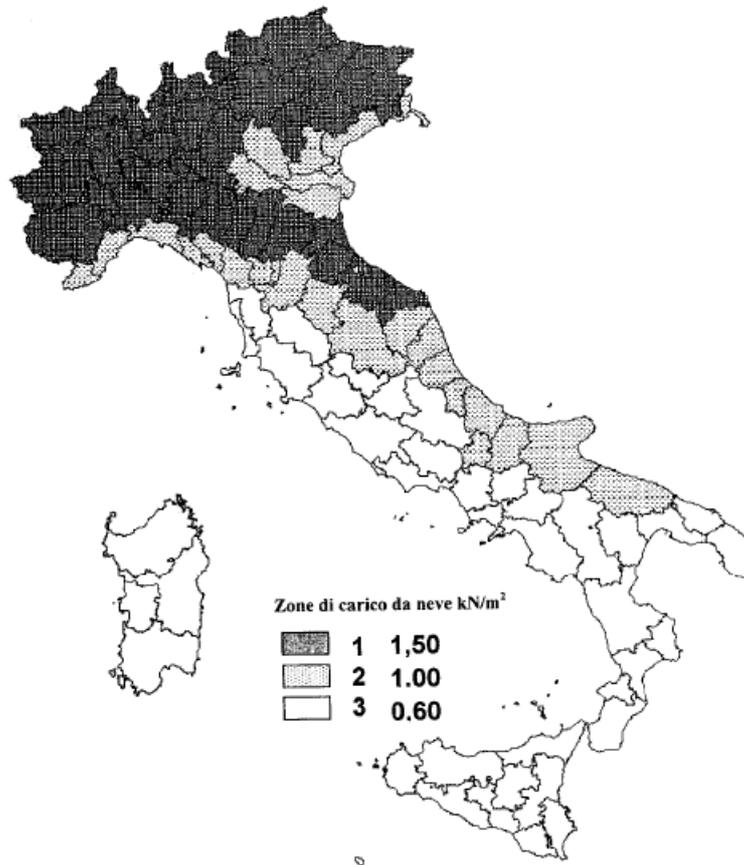
Viste le condizioni al contorno delle pareti murarie, si considera un coefficiente di spinta a riposo K<sub>0</sub> del terreno pari a 0,5, un peso specifico del terreno γ<sub>t</sub> = 20,00 kN/m<sup>3</sup>. Si ottiene perciò la seguente spinta.

**SPINTA TERRENO CONTRO MURATURE INTERRATE (valore max della spinta triangolare)**

<u>Spinta terreno statica</u>	= 14,00 kN/m <sup>2</sup>
<b>CONSIDERATO Gk<sub>1</sub></b>	<b>= 14,00 kN/m<sup>2</sup></b>

### 5.3 Sovraccarichi accidentali

#### 5.3.1 Sovraccarico dovuto alla neve



*Zone di carico da neve*

Coordinate GPS:

Latitudine: 45.71400 N

Longitudine: 12.27700 E

Altitudine s.l.m.: 0,0 m

Zona Neve = I mediterranea

Valore caratteristico del carico al suolo ( $q_{sk} C_E$ ) = 150 daN/m<sup>2</sup>

Copertura a falde:

Angolo di inclinazione delle falde = 22,0°

$\mu_1(\alpha) = 0,80 \quad \Rightarrow \quad Q_s = 120 \text{ daN/m}^2$  (carico neve in copertura considerato)

#### 5.3.2 Sovraccarico dovuto alle azioni del vento

Per le verifiche considerate dalla presente, non si considerano le azioni del vento, in quanto non presenti

contemporaneamente all'azione sismica per normativa.

### 5.3.3 Sovraccarichi accidentali

Ambienti suscettibili di affollamento - **cat C1** (su tutti solai):

$$q_k = 3.00 \quad \text{kN/m}^2$$

Ambienti suscettibili di affollamento - **cat C2** (su travature zona scale):

$$q_k = 4.00 \quad \text{kN/m}^2$$

## 5.4 Azione sismica

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, sono definite a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Per punti non coincidenti con il reticolo di riferimento e periodi di ritorno non contemplati direttamente si opera come indicato nell' allegato alle NTC (rispettivamente media pesata e interpolazione).

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione massima attesa  $a_g$  in condizione di campo libero su sito riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , nel periodo di riferimento prefissato  $V_R$ , che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso. Fissato il periodo di riferimento  $V_r$  e la probabilità di superamento  $P_{ver}$  associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno  $T_r$  e i relativi parametri di pericolosità sismica:

$a_g$ : accelerazione orizzontale massima del terreno;

$F_o$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T^*c$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Individuati su reticolo di riferimento i parametri di pericolosità sismica si valutano i parametri spettrali:

$S$  è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente  $S = S_s * S_t$  (3.2.5)

$F_o$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale

$F_v$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima verticale, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno  $a_g$  su sito di riferimento rigido orizzontale

$T_b$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante.

$T_c$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante.

$T_d$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.

L'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X e Y ed una verticale contrassegnata da Z, considerate indipendenti. Le componenti sono state individuate mediante la rappresentazione dell'accelerazione massima attesa in superficie e relativo spettro di risposta.

I calcoli sono stati impostati a partire dai dati seguenti:

Parametri della struttura					
Classe d'uso	Vita Vn [anni]	Coeff. Uso	Periodo Vr [anni]	Tipo di suolo	Categoria topografica
IV	50.0	2	100	C	T1

Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza
			Km
Loc.	12.277	45.714	
11638	12.275	45.679	3.882
11639	12.347	45.679	6.664
11417	12.346	45.729	5.592
11416	12.274	45.729	1.679

SL	Pver	Tr	ag	Fo	T*c
		Anni	g		sec
SLO	96.0	31.0	0.042	2.510	0.240
SLD	93.0	38.0	0.047	2.500	0.250
SLV	35.0	232.0	0.112	2.440	0.320
SLC	24.0	364.0	0.135	2.460	0.330

SL	ag	S	Fo	Fv	Tb	Tc	Td
	g				sec	sec	sec
SLO	0.042	1.500	2.510	0.696	0.135	0.404	1.769
SLD	0.047	1.500	2.500	0.733	0.138	0.415	1.789
SLV	0.112	1.500	2.440	1.102	0.163	0.489	2.048
SLC	0.135	1.500	2.460	1.222	0.167	0.500	2.142

#### ANALISI SULLA STRUTTURA ESISTENTE

Tipo di analisi	<b>MODALE CON FATTORE DI STRUTTURA</b>
Fattore di struttura	<b><math>q_x=3.00</math>, <math>q_y=3.00</math></b>
Periodo fondamentale direzione x	<b>0.47 s</b>
Periodo fondamentale direzione y	<b>0.44 s</b>
Eccentricità agg.	<b>5%</b>
Fattore $\eta$	<b>1 (strutture in c.a., legno, muratura)</b>
Fattore $\lambda$	<b>1</b>
Stati limite di calcolo	<b>SLV - SLD</b>

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
8	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	
			verifica esistenti: fattore FC 1.200
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.137 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.471 sec.

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			fattore di struttura q: 3.000
			fattore per spost. mu d: 3.078
			classe di duttilità CD: B
			numero di modi considerati: 20
			combinaz. modale: CQC

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
9	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	
			verifica esistenti: fattore FC 1.200
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.137 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.458 sec.
			fattore di struttura q: 3.000
			fattore per spost. mu d: 3.136
			classe di duttilità CD: B
			numero di modi considerati: 20
			combinaz. modale: CQC

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
10	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)	
			verifica esistenti: fattore FC 1.200
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.137 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.479 sec.
			fattore di struttura q: 3.000
			fattore per spost. mu d: 3.040
			classe di duttilità CD: B
			numero di modi considerati: 20
			combinaz. modale: CQC

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
11	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	
			verifica esistenti: fattore FC 1.200
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.137 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.421 sec.
			fattore di struttura q: 3.000
			fattore per spost. mu d: 3.322
			classe di duttilità CD: B
			numero di modi considerati: 20
			combinaz. modale: CQC

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
12	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	
			verifica esistenti: fattore FC 1.200
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.177 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.471 sec.
			numero di modi considerati: 20
			combinaz. modale: CQC

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
13	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			verifica esistenti: fattore FC 1.200
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.177 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.458 sec.
			numero di modi considerati: 20
			combinaz. modale: CQC

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
14	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)	
			verifica esistenti: fattore FC 1.200
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.177 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.479 sec.
			numero di modi considerati: 20
			combinaz. modale: CQC

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
15	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	
			verifica esistenti: fattore FC 1.200
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.177 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.421 sec.
			numero di modi considerati: 20
			combinaz. modale: CQC

#### ANALISI SULLA STRUTTURA DOPO L'INTERVENTO

Tipo di analisi	<b>MODALE CON FATTORE DI STRUTTURA</b>
Fattore di struttura	<b><math>q_x=3.00</math>, <math>q_y=3.00</math></b>
Periodo fondamentale direzione x	<b>0.45 s</b>
Periodo fondamentale direzione y	<b>0.40 s</b>
Eccentricità agg.	<b>5%</b>
Fattore $\eta$	<b>1 (strutture in c.a., legno, muratura)</b>
Fattore $\lambda$	<b>1</b>
Stati limite di calcolo	<b>SLV – SLD</b>

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
8	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.137 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.450 sec.
			fattore di struttura q: 3.000
			fattore per spost. $\mu$ d: 3.172
			classe di duttilità CD: B
			numero di modi considerati: 15

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			combinaz. modale: CQC

Modo	Frequenza	Periodo	Acc.spettrale	M efficace X %	M efficace Y %	M efficace Z %	Energia	Energia x v		
	Hz	sec	g	daN	daN	daN				
1	2.221	0.450	0.137	1.110e+06	72.9	238.78	1.57e-02	0.0	0.0	0.0
2	2.522	0.396	0.137	241.74	1.59e-02	1.081e+06	71.0	0.0	0.0	0.0
3	3.413	0.293	0.137	19.74	1.30e-03	2.564e+04	1.7	0.0	0.0	0.0
4	5.384	0.186	0.137	4514.69	0.3	6.06	3.98e-04	0.0	0.0	0.0
5	5.844	0.171	0.137	0.05	3.46e-06	1413.24	9.28e-02	0.0	0.0	0.0
6	6.875	0.145	0.140	0.27	1.80e-05	2142.12	0.1	0.0	0.0	0.0
7	7.954	0.126	0.144	2813.62	0.2	0.07	4.82e-06	0.0	0.0	0.0
8	8.201	0.122	0.144	0.33	2.15e-05	0.35	2.32e-05	0.0	0.0	0.0
9	8.475	0.118	0.145	1.11	7.30e-05	787.40	5.17e-02	0.0	0.0	0.0
10	8.594	0.116	0.145	1.26	8.25e-05	886.78	5.83e-02	0.0	0.0	0.0
11	9.652	0.104	0.148	349.72	2.30e-02	5502.31	0.4	0.0	0.0	0.0
12	9.779	0.102	0.148	157.68	1.04e-02	1613.29	0.1	0.0	0.0	0.0
13	10.056	0.099	0.149	2.246e+05	14.8	1.294e+04	0.9	0.0	0.0	0.0
14	11.009	0.091	0.150	1.750e+04	1.1	2.163e+05	14.2	0.0	0.0	0.0
15	11.198	0.089	0.151	438.90	2.88e-02	8.56	5.63e-04	0.0	0.0	0.0
Risulta				1.361e+06		1.349e+06	0.0			
Inpercentuale				89.41		88.60	0.0			

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
9	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.137 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.453 sec.
			fattore di struttura q: 3.000
			fattore per spost. mu d: 3.158
			classe di duttilità CD: B
			numero di modi considerati: 15
			combinaz. modale: CQC

Modo	Frequenza	Periodo	Acc.Spettral	M efficace X %	M efficace Y %	M efficace Z %	Energia	Energia x v		
	Hz	sec	g	daN	daN	daN				
1	2.207	0.453	0.137	1.099e+06	72.2	1013.71	6.66e-02	0.0	0.0	0.0
2	2.523	0.396	0.137	2146.65	0.1	1.081e+06	71.0	0.0	0.0	0.0
3	3.426	0.292	0.137	9671.50	0.6	2.488e+04	1.6	0.0	0.0	0.0
4	5.441	0.184	0.137	4492.71	0.3	8.74	5.74e-04	0.0	0.0	0.0
5	5.844	0.171	0.137	0.54	3.55e-05	1413.57	9.29e-02	0.0	0.0	0.0
6	6.875	0.145	0.140	0.68	4.43e-05	2143.42	0.1	0.0	0.0	0.0
7	7.187	0.139	0.141	6.26	4.11e-04	0.58	3.81e-05	0.0	0.0	0.0
8	8.475	0.118	0.145	9.45	6.21e-04	798.13	5.24e-02	0.0	0.0	0.0
9	8.594	0.116	0.145	2.11	1.39e-04	891.09	5.85e-02	0.0	0.0	0.0
10	9.123	0.110	0.147	8938.06	0.6	260.69	1.71e-02	0.0	0.0	0.0
11	9.617	0.104	0.148	6244.62	0.4	119.42	7.84e-03	0.0	0.0	0.0
12	9.651	0.104	0.148	623.78	4.10e-02	6011.56	0.4	0.0	0.0	0.0
13	9.779	0.102	0.148	165.18	1.09e-02	1695.39	0.1	0.0	0.0	0.0
14	9.983	0.100	0.149	1.953e+05	12.8	2.009e+04	1.3	0.0	0.0	0.0
15	11.083	0.090	0.151	2.727e+04	1.8	2.087e+05	13.7	0.0	0.0	0.0
Risulta				1.354e+06		1.349e+06	0.0			
Inpercentuale				88.92		88.64	0.0			

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
10	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.137 g
			angolo di ingresso:90.00

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.408 sec.
			fattore di struttura q: 3.000
			fattore per spost. mu d: 3.395
			classe di duttilità CD: B
			numero di modi considerati: 15
			combinaz. modale: CQC

Modo	Frequenza	Periodo	Acc.spettrale	M efficace X %	M efficace Y %	M efficace Z %	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN	daN	daN		
1	2.217	0.451	0.137	1.104e+06	72.6	2474.42	0.2	0.0
2	2.449	0.408	0.137	4082.55	0.3	1.024e+06	67.3	0.0
3	3.571	0.280	0.137	2087.37	0.1	8.097e+04	5.3	0.0
4	5.445	0.184	0.137	4597.48	0.3	21.90	1.44e-03	0.0
5	6.237	0.160	0.137	0.28	1.81e-05	1129.84	7.42e-02	0.0
6	6.944	0.144	0.140	0.45	2.96e-05	2209.73	0.1	0.0
7	7.663	0.131	0.143	0.85	5.57e-05	1.08	7.12e-05	0.0
8	8.494	0.118	0.145	0.20	1.30e-05	411.26	2.70e-02	0.0
9	8.669	0.115	0.146	2873.02	0.2	3.26e-03	0.0	0.0
10	9.220	0.108	0.147	28.75	1.89e-03	1869.82	0.1	0.0
11	9.371	0.107	0.147	31.01	2.04e-03	2802.78	0.2	0.0
12	9.969	0.100	0.149	1.456e+05	9.6	9438.13	0.6	0.0
13	10.005	0.100	0.149	2.853e+04	1.9	188.85	1.24e-02	0.0
14	10.297	0.097	0.149	5.116e+04	3.4	3937.61	0.3	0.0
15	11.222	0.089	0.151	1.212e+04	0.8	2.258e+05	14.8	0.0
Risulta				1.356e+06		1.355e+06		0.0
Inpercentuale				89.05		89.01		0.0

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
11	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.137 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.393 sec.
			fattore di struttura q: 3.000
			fattore per spost. mu d: 3.486
			classe di duttilità CD: B
			numero di modi considerati: 15
			combinaz. modale: CQC

Modo	Frequenza	Periodo	Acc.Spettral	M efficace X %	M efficace Y %	M efficace Z %	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN	daN	daN		
1	2.217	0.451	0.137	1.107e+06	72.7	531.23	3.49e-02	0.0
2	2.542	0.393	0.137	631.16	4.15e-02	1.106e+06	72.6	0.0
3	3.398	0.294	0.137	2730.75	0.2	794.27	5.22e-02	0.0
4	5.445	0.184	0.137	4606.63	0.3	1.26	8.27e-05	0.0
5	5.515	0.181	0.137	0.02	1.59e-06	1641.02	0.1	0.0
6	6.807	0.147	0.140	0.48	3.14e-05	2173.09	0.1	0.0
7	7.662	0.131	0.143	0.93	6.13e-05	0.20	1.34e-05	0.0
8	7.892	0.127	0.143	2.22	1.46e-04	1180.83	7.76e-02	0.0
9	8.664	0.115	0.146	1.00	6.58e-05	262.97	1.73e-02	0.0
10	8.670	0.115	0.146	2882.80	0.2	0.01	0.0	0.0
11	9.384	0.107	0.147	244.49	1.61e-02	4590.84	0.3	0.0
12	9.902	0.101	0.148	1.628e+05	10.7	3.372e+04	2.2	0.0
13	10.216	0.098	0.149	95.76	6.29e-03	7571.28	0.5	0.0
14	10.272	0.097	0.149	2.054e+04	1.3	1.104e+04	0.7	0.0
15	10.724	0.093	0.150	5.454e+04	3.6	1.668e+05	11.0	0.0
Risulta				1.356e+06		1.336e+06		0.0
Inpercentuale				89.10		87.76		0.0

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
12	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.177 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.450 sec.
			numero di modi considerati: 15
			combinaz. modale: CQC

Modo	Frequenza	Periodo	Acc.Spettral	M efficace X %	M efficace Y %	M efficace Z %	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN	daN	daN		
1	2.221	0.450	0.163	1.110e+06	72.9	238.78	1.57e-02	0.0
2	2.522	0.396	0.177	241.74	1.59e-02	1.081e+06	71.0	0.0
3	3.413	0.293	0.177	19.74	1.30e-03	2.564e+04	1.7	0.0
4	5.384	0.186	0.177	4514.69	0.3	6.06	3.98e-04	0.0
5	5.844	0.171	0.177	0.05	3.46e-06	1413.24	9.28e-02	0.0
6	6.875	0.145	0.177	0.27	1.80e-05	2142.12	0.1	0.0
7	7.954	0.126	0.168	2813.62	0.2	0.07	4.82e-06	0.0
8	8.201	0.122	0.165	0.33	2.15e-05	0.35	2.32e-05	0.0
9	8.475	0.118	0.162	1.11	7.30e-05	787.40	5.17e-02	0.0
10	8.594	0.116	0.160	1.26	8.25e-05	886.78	5.83e-02	0.0
11	9.652	0.104	0.151	349.72	2.30e-02	5502.31	0.4	0.0
12	9.779	0.102	0.149	157.68	1.04e-02	1613.29	0.1	0.0
13	10.056	0.099	0.147	2.246e+05	14.8	1.294e+04	0.9	0.0
14	11.009	0.091	0.141	1.750e+04	1.1	2.163e+05	14.2	0.0
15	11.198	0.089	0.140	438.90	2.88e-02	8.56	5.63e-04	0.0
Risulta				1.361e+06		1.349e+06	0.0	
Inpercentuale				89.41		88.60	0.0	

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
13	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.177 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.453 sec.
			numero di modi considerati: 15
			combinaz. modale: CQC

Modo	Frequenza	Periodo	Acc.spettrale	M efficace X %	M efficace Y %	M efficace Z %	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN	daN	daN		
1	2.207	0.453	0.162	1.099e+06	72.2	1013.71	6.66e-02	0.0
2	2.523	0.396	0.177	2146.65	0.1	1.081e+06	71.0	0.0
3	3.426	0.292	0.177	9671.50	0.6	2.488e+04	1.6	0.0
4	5.441	0.184	0.177	4492.71	0.3	8.74	5.74e-04	0.0
5	5.844	0.171	0.177	0.54	3.55e-05	1413.57	9.29e-02	0.0
6	6.875	0.145	0.177	0.68	4.43e-05	2143.42	0.1	0.0
7	7.187	0.139	0.177	6.26	4.11e-04	0.58	3.81e-05	0.0
8	8.475	0.118	0.162	9.45	6.21e-04	798.13	5.24e-02	0.0
9	8.594	0.116	0.160	2.11	1.39e-04	891.09	5.85e-02	0.0
10	9.123	0.110	0.155	8938.06	0.6	260.69	1.71e-02	0.0
11	9.617	0.104	0.151	6244.62	0.4	119.42	7.84e-03	0.0
12	9.651	0.104	0.151	623.78	4.10e-02	6011.56	0.4	0.0
13	9.779	0.102	0.149	165.18	1.09e-02	1695.39	0.1	0.0
14	9.983	0.100	0.148	1.953e+05	12.8	2.009e+04	1.3	0.0
15	11.083	0.090	0.140	2.727e+04	1.8	2.087e+05	13.7	0.0
Risulta				1.354e+06		1.349e+06	0.0	
Inpercentuale				88.92		88.64	0.0	

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
14	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.177 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.408 sec.
			numero di modi considerati: 15
			combinaz. modale: CQC

Modo	Frequenza	Periodo	Acc.spettrale	M efficace X %	M efficace Y %	M efficace Z %	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN	daN	daN		
1	2.217	0.451	0.163	1.104e+06	72.6	2474.42	0.2	0.0
2	2.449	0.408	0.177	4082.55	0.3	1.024e+06	67.3	0.0
3	3.571	0.280	0.177	2087.37	0.1	8.097e+04	5.3	0.0
4	5.445	0.184	0.177	4597.48	0.3	21.90	1.44e-03	0.0
5	6.237	0.160	0.177	0.28	1.81e-05	1129.84	7.42e-02	0.0
6	6.944	0.144	0.177	0.45	2.96e-05	2209.73	0.1	0.0
7	7.663	0.131	0.171	0.85	5.57e-05	1.08	7.12e-05	0.0
8	8.494	0.118	0.161	0.20	1.30e-05	411.26	2.70e-02	0.0
9	8.669	0.115	0.160	2873.02	0.2	3.26e-03	0.0	0.0
10	9.220	0.108	0.154	28.75	1.89e-03	1869.82	0.1	0.0
11	9.371	0.107	0.153	31.01	2.04e-03	2802.78	0.2	0.0
12	9.969	0.100	0.148	1.456e+05	9.6	9438.13	0.6	0.0
13	10.005	0.100	0.148	2.853e+04	1.9	188.85	1.24e-02	0.0
14	10.297	0.097	0.146	5.116e+04	3.4	3937.61	0.3	0.0
15	11.222	0.089	0.139	1.212e+04	0.8	2.258e+05	14.8	0.0
Risulta				1.356e+06		1.355e+06	0.0	
Inpercentuale				89.05		89.01	0.0	

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
15	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.177 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.393 sec.
			numero di modi considerati: 15
			combinaz. modale: CQC

Modo	Frequenza	Periodo	Acc.Spettral	M efficace X %	M efficace Y %	M efficace Z %	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN	daN	daN		
1	2.217	0.451	0.163	1.107e+06	72.7	531.23	3.49e-02	0.0
2	2.542	0.393	0.177	631.16	4.15e-02	1.106e+06	72.6	0.0
3	3.398	0.294	0.177	2730.75	0.2	794.27	5.22e-02	0.0
4	5.445	0.184	0.177	4606.63	0.3	1.26	8.27e-05	0.0
5	5.515	0.181	0.177	0.02	1.59e-06	1641.02	0.1	0.0
6	6.807	0.147	0.177	0.48	3.14e-05	2173.09	0.1	0.0
7	7.662	0.131	0.171	0.93	6.13e-05	0.20	1.34e-05	0.0
8	7.892	0.127	0.168	2.22	1.46e-04	1180.83	7.76e-02	0.0
9	8.664	0.115	0.160	1.00	6.58e-05	262.97	1.73e-02	0.0
10	8.670	0.115	0.160	2882.80	0.2	0.01	0.0	0.0
11	9.384	0.107	0.153	244.49	1.61e-02	4590.84	0.3	0.0
12	9.902	0.101	0.149	1.628e+05	10.7	3.372e+04	2.2	0.0
13	10.216	0.098	0.146	95.76	6.29e-03	7571.28	0.5	0.0
14	10.272	0.097	0.146	2.054e+04	1.3	1.104e+04	0.7	0.0
15	10.724	0.093	0.143	5.454e+04	3.6	1.668e+05	11.0	0.0
Risulta				1.356e+06		1.336e+06	0.0	
Inpercentuale				89.10		87.76	0.0	

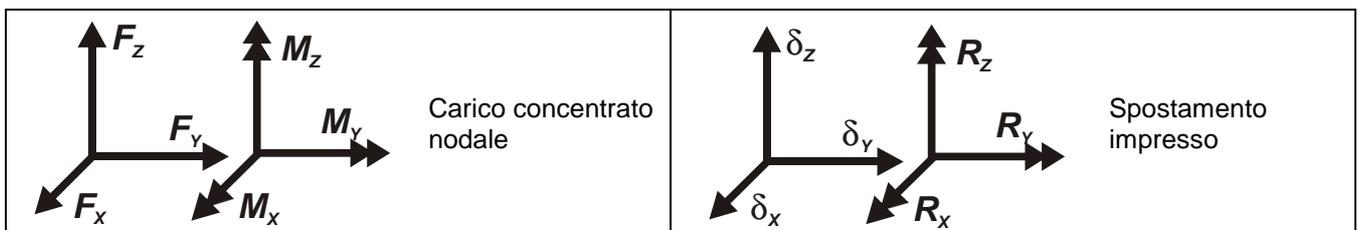
## 5.5 Modellazione delle azioni con il codice F.E.M.

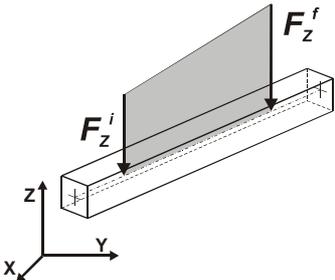
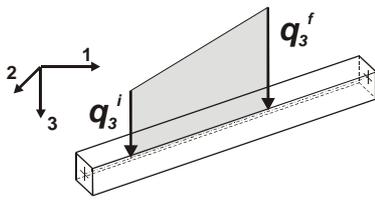
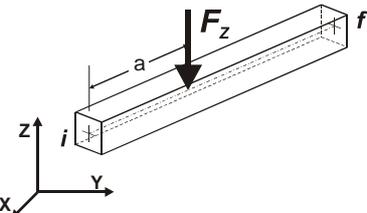
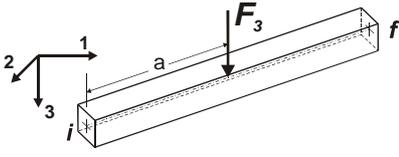
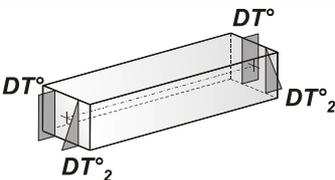
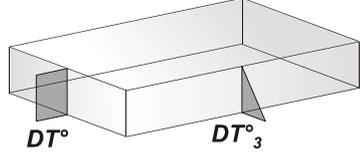
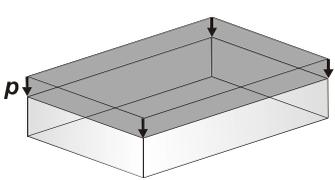
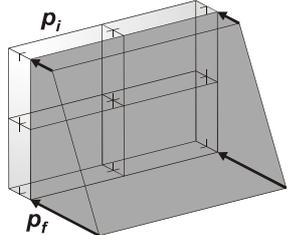
Si riportano di seguito le tabelle riassuntive delle azioni considerate dal programma di calcolo.

### 5.5.1 Legenda tabella dati azioni

Il programma consente l'uso di diverse tipologie di carico (azioni). Le azioni utilizzate nella modellazione sono individuate da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni azione applicata alla struttura viene di riportato il codice, il tipo e la sigla identificativa. Le tabelle successive dettagliano i valori caratteristici di ogni azione in relazione al tipo. Le tabelle riportano infatti i seguenti dati in relazione al tipo:

1	carico concentrato nodale 6 dati (forza $F_x$ , $F_y$ , $F_z$ , momento $M_x$ , $M_y$ , $M_z$ )
2	spostamento nodale impresso 6 dati (spostamento $T_x$ , $T_y$ , $T_z$ , rotazione $R_x$ , $R_y$ , $R_z$ )
3	carico distribuito globale su elemento tipo trave 7 dati ( $f_x$ , $f_y$ , $f_z$ , $m_x$ , $m_y$ , $m_z$ , ascissa di inizio carico) 7 dati ( $f_x$ , $f_y$ , $f_z$ , $m_x$ , $m_y$ , $m_z$ , ascissa di fine carico)
4	carico distribuito locale su elemento tipo trave 7 dati ( $f_1$ , $f_2$ , $f_3$ , $m_1$ , $m_2$ , $m_3$ , ascissa di inizio carico) 7 dati ( $f_1$ , $f_2$ , $f_3$ , $m_1$ , $m_2$ , $m_3$ , ascissa di fine carico)
5	carico concentrato globale su elemento tipo trave 7 dati ( $F_x$ , $F_y$ , $F_z$ , $M_x$ , $M_y$ , $M_z$ , ascissa di carico)
6	carico concentrato locale su elemento tipo trave 7 dati ( $F_1$ , $F_2$ , $F_3$ , $M_1$ , $M_2$ , $M_3$ , ascissa di carico)
7	variazione termica applicata ad elemento tipo trave 7 dati (variazioni termiche: uniforme, media e differenza in altezza e larghezza al nodo iniziale e finale)
8	carico di pressione uniforme su elemento tipo piastra 1 dato (pressione)
9	carico di pressione variabile su elemento tipo piastra 4 dati (pressione, quota, pressione, quota)
10	variazione termica applicata ad elemento tipo piastra 2 dati (variazioni termiche: media e differenza nello spessore)
11	carico variabile generale su elementi tipo trave e piastra 1 dato descrizione della tipologia 4 dati per segmento (posizione, valore, posizione, valore) la tipologia precisa l'ascissa di definizione, la direzione del carico, la modalità di carico e la larghezza d'influenza per gli elementi tipo trave
12	gruppo di carichi con impronta su piastra 9 dati (numero di ripetizioni in direzione X e Y, valore di ciascun carico, posizione centrale del primo, dimensioni dell'impronta, interasse tra i carichi)



 <p>Carico distribuito globale</p>	 <p>Carico distribuito locale</p>
 <p>Carico concentrato globale</p>	 <p>Carico concentrato locale</p>
 <p>Carico termico 2D</p>	 <p>Carico termico 3D</p>
 <p>Carico pressione uniforme</p>	 <p>Carico pressione variabile</p>

**Tipo carico distribuito globale su trave**

Id	Tipo	Pos.	fx	fy	fz	mx	my	mz
		cm	daN/cm	daN/cm	daN/cm	daN	daN	daN
1	DG:Fzi=-20.50 Fzf=-20.50 perm rampe scale	0.0	0.0	0.0	-20.50	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	-20.50	0.0	0.0	0.0
2	DG:Fzi=-5.40 Fzf=-5.40 acc rampe scale	0.0	0.0	0.0	-5.40	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	-5.40	0.0	0.0	0.0
7	DG:Fzi=-3.16 Fzf=-3.16 nicchie finestre	0.0	0.0	0.0	-3.16	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	-3.16	0.0	0.0	0.0
8	570 FINESTRE FACCIATA PT	0.0	0.0	0.0	-5.70	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	-5.70	0.0	0.0	0.0
9	470 FINESTRE INTERNO PT	0.0	0.0	0.0	-4.70	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	-4.70	0.0	0.0	0.0
10	400 FINESTRE RETRO PT	0.0	0.0	0.0	-4.00	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	-4.00	0.0	0.0	0.0
11	800 FINESTRE FACCIATA P1	0.0	0.0	0.0	-8.00	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	-8.00	0.0	0.0	0.0
12	600 FINESTRE INTERNO P1	0.0	0.0	0.0	-6.00	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	-6.00	0.0	0.0	0.0
13	650 FINESTRE RETRO P1	0.0	0.0	0.0	-6.50	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	-6.50	0.0	0.0	0.0

**Tipo carico variabile generale**

Id	Tipo	ascissa	valore	ascissa	valore
----	------	---------	--------	---------	--------

Id	Tipo	ascissa	valore	ascissa	valore
		cm	daN/cm2	cm	daN/cm2
3	QV:var z - Qx - Pres. Spinta terra +X				
	Z - Z Qx Pres. L2=0.0	-142.00	0.14	0.0	0.0
4	QV:var z - Qx - Pres. Spinta terra -X				
	Z - Z Qx Pres. L2=0.0	-142.00	-0.14	0.0	0.0
5	QV:var z - Qy - Pres. Spinta terra +Y				
	Z - Z Qy Pres. L2=0.0	-142.00	0.14	0.0	0.0
6	QV:var z - Qy - Pres. Spinta terra -Y				
	Z - Z Qy Pres. L2=0.0	-142.00	-0.14	0.0	0.0

### 5.5.2 Inserimento dei carichi nel modello di calcolo

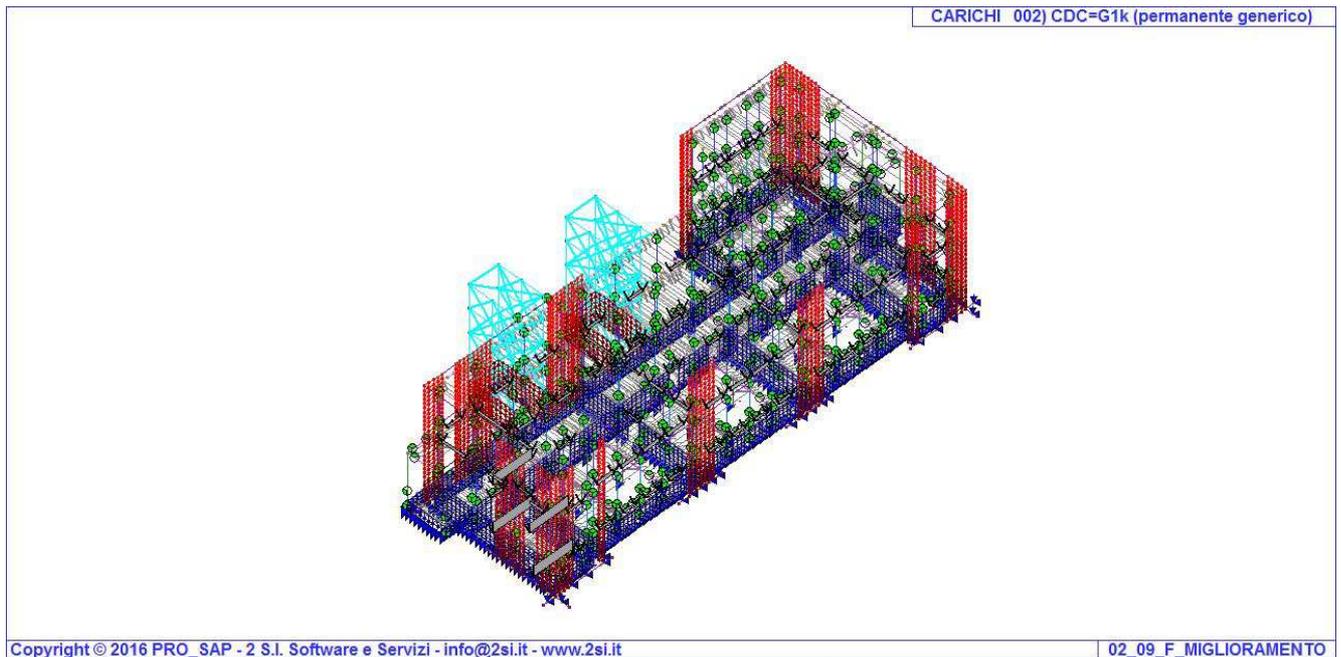


Immagine 5.1 CDC 2 - Sovraccarico permanente generico

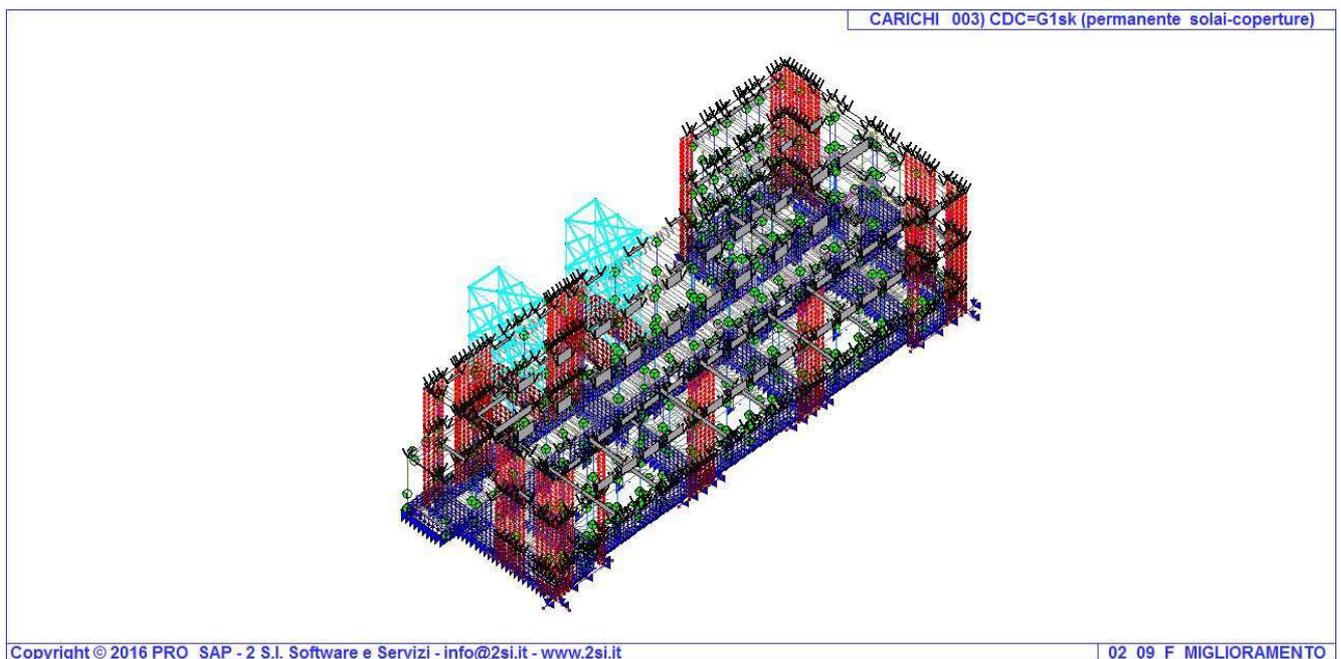


Immagine 5.2 CDC 3 - Sovraccarico permanente solai e copertura

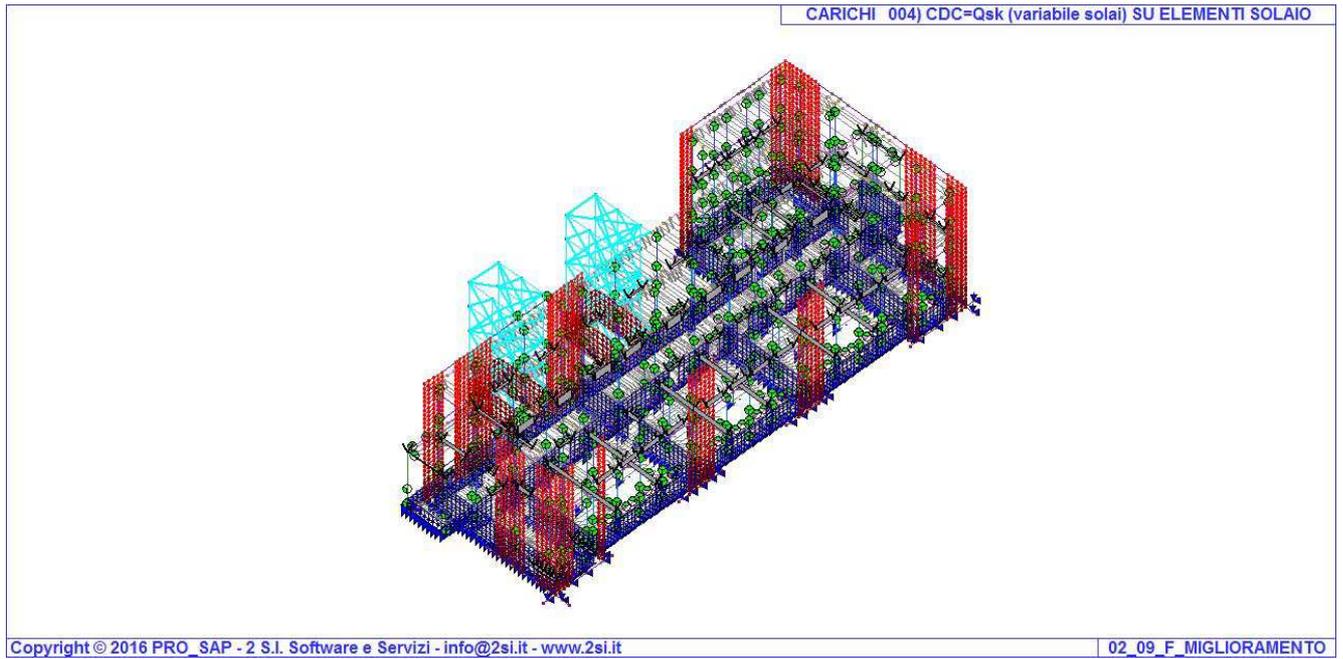


Immagine 5.3 CDC 4 - Sovraccarico accidentale solai

## 6 COMBINAZIONE DELLE AZIONI DI CALCOLO

### 6.1 Combinazione delle azioni con il metodo degli stati limite

Secondo il metodo degli stati limite, le azioni sulla costruzione devono essere cumulate in modo da determinare condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli, come consentito dalle norme vigenti.

Le combinazioni generalmente adottate, sono del tipo:

$$F_d = \gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_p P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^{i=n} [\gamma_{Qi} (\psi_{oi} Q_{ki})]$$

essendo:

- $G_1$  è il peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- $G_2$  è il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- $P$  valore della forza di precompressione;
- $Q_{k1}$  il valore caratteristico dell'azione di base di ogni combinazione;
- $Q_{ki}$  i valori caratteristici delle azioni variabili tra loro indipendenti;
- $\gamma_{G1}$  = è il coefficiente parziale di sicurezza del carico  $G_1$ : 1,3 (1 se il suo contributo aumenta la sicurezza);
- $\gamma_{G2}$  = è il coefficiente parziale di sicurezza del carico  $G_2$ : 1,5 (0 se il suo contributo aumenta la sicurezza);
- $\gamma_p$  = è il coefficiente parziale della precompressione: 1,0;
- $\gamma_q$  = è il coefficiente parziale di sicurezza dell'azione variabile: 1,5 (0 se il suo contributo aumenta la sicurezza);
- $\psi_{oi}$  = coefficiente di combinazione che fornisce il valore raro (o di combinazione) dell'azione variabile  $Q_i$  definito come "il valore di durata breve ma ancora significativa nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili".

Nelle verifiche agli stati limite ultimi si sono distinti:

- lo stato limite di equilibrio come corpo rigido: **EQU**
- lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: **STR**
- lo stato limite di resistenza del terreno: **GEO**

Nelle verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) e geotecnici (GEO) si è considerato l'approccio 2 che impiega un'unica combinazione dei gruppi dei coefficienti parziali definiti per le azioni e le resistenze dei materiali. In tale approccio, per le azioni si impiegano i coefficienti  $\gamma_f$  riportati nella colonna A1 della tabella seguente.

	Coefficiente $\gamma_f$	<b>EQU</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>
--	----------------------------	------------	-----------	-----------

Carichi permanenti	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali (Non compiutamente definiti)	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

Per gli stati limite di esercizio si devono prendere in esame le combinazioni rare, frequenti e quasi permanenti con  $\gamma_g = \gamma_p = \gamma_q = 1$ , e applicando ai valori caratteristici delle azioni variabili adeguati coefficienti  $\psi_0$ ,  $\psi_1$ ,  $\psi_2$ .

In forma convenzionale le combinazioni possono essere espresse nel modo seguente:

combinazioni rare:

$$F_d = G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{0i} Q_{ki})$$

combinazioni frequenti:

$$F_d = G_1 + G_2 + P + \psi_{11} Q_{k1} + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{2i} Q_{ki})$$

combinazioni quasi permanenti:

$$F_d = G_1 + G_2 + P + \sum_{i=1}^{i=n} (\psi_{2i} Q_{ki})$$

- $\psi_{0i}$  coefficiente di combinazione che fornisce il valore raro (o di combinazione) dell'azione variabile  $Q_i$  definito come "il valore di durata breve ma ancora significativa nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili".
- $\psi_{1i}$  coefficiente di combinazione che fornisce il valore frequente dell'azione variabile  $Q_i$  definito come "il valore corrispondente al frattile 95% della distribuzione temporale dell'intensità e cioè che è superato per una limitata frazione del periodo di riferimento";
- $\psi_{2i}$  coefficiente di combinazione che fornisce il valore quasi permanente dell'azione variabile  $Q_i$  definito come "la media della distribuzione temporale dell'intensità";

In mancanza di informazioni adeguate si potranno attribuire ai coefficienti  $\psi_{0i}$ ,  $\psi_{1i}$ ,  $\psi_{2i}$  i valori seguenti (bordati in rosso i valori assunti per questa analisi):

Categoria/Azione variabile	$\psi_{0j}$	$\psi_{1j}$	$\psi_{2j}$
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

### Valori dei coefficienti di combinazione

## 6.2 Combinazioni delle azioni in presenza di forze sismiche

Per le **azioni sismiche** la normativa impone la verifica sia agli stati limite ultimi e di esercizio.

In classe d'uso IV, vita nominale 50 anni e con un livello di sicurezza richiesto pari al 60% di quanto previsto dalla norma per edifici nuovi, gli stati limite ultimi si differenziano in:

**Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)**, PVR=35%;

**Stato Limite di prevenzione Collasso (SLC)**, PVR=24%;

Per gli stati limite di esercizio invece si ha:

**Stato Limite di Danno (SLD)** PVR=93%.

Per i suddetti stati limite le verifiche devono essere effettuate per la seguente combinazione degli effetti della azione sismica con le altre azioni.

$$E + G_1 + G_2 + P + \sum(\psi_{2i} Q_{ki})$$

dove:

$E$  azione sismica per lo stato limite in esame;

$G_1$  è il peso proprio di tutti gli elementi strutturali;

$G_2$  è il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;

$P$  valore dell'azione di precompressione

$\psi_{2i}$  coefficiente di combinazione che fornisce il valore quasi permanente dell'azione variabile  $Q_i$ ;

$Q_{ki}$  valore caratteristico dell'azione variabile  $Q_i$ ;

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + P + \sum(\psi_{2i} Q_{ki})$$

dove:

- $\psi_{2i}$  coefficiente di combinazione che fornisce il valore quasi permanente dell'azione variabile  $Q_i$  definito come "la media della distribuzione temporale dell'intensità".

## 6.3 Stati limite considerati

Sono state effettuate analisi e verifiche agli SLV e agli SLD.

## 6.4 Schematizzazione dei casi di carico con il codice F.E.M.

### 6.4.1 Legenda tabella casi di carico

Il programma consente l'applicazione di diverse tipologie di casi di carico.

Sono previsti i seguenti 11 tipi di casi di carico:

	<i>Sigla</i>	<i>Tipo</i>	<i>Descrizione</i>
1	Ggk	A	caso di carico comprensivo del peso proprio struttura
2	Gk	NA	caso di carico con azioni permanenti
3	Qk	NA	caso di carico con azioni variabili
4	Gsk	A	caso di carico comprensivo dei carichi permanenti sui solai e sulle coperture
5	Qsk	A	caso di carico comprensivo dei carichi variabili sui solai
6	Qnk	A	caso di carico comprensivo dei carichi di neve sulle coperture
7	Qtk	SA	caso di carico comprensivo di una variazione termica agente sulla struttura
8	Qvk	NA	caso di carico comprensivo di azioni da vento sulla struttura
9	Esk	SA	caso di carico sismico con analisi statica equivalente
10	Edk	SA	caso di carico sismico con analisi dinamica
11	Pk	NA	caso di carico comprensivo di azioni derivanti da coazioni, cedimenti e precompressioni

Sono di tipo automatico A (ossia non prevedono introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico:  
1-Ggk; 4-Gsk; 5-Qsk; 6-Qnk.

Sono di tipo semi-automatico SA (ossia prevedono una minima introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico:

7-Qtk, in quanto richiede solo il valore della variazione termica;

9-Esk e 10-Edk, in quanto richiedono il valore dell'angolo di ingresso del sisma e l'individuazione dei casi di carico partecipanti alla definizione delle masse.

Sono di tipo non automatico NA ossia prevedono la diretta applicazione di carichi generici agli elementi strutturali (si veda il precedente punto Modellazione delle Azioni) i restanti casi di carico.

Nella tabella successiva vengono riportati i casi di carico agenti sulla struttura nel modello considerato, con l'indicazione dei dati relativi al caso di carico stesso:

*Numero Tipo e Sigla identificativa, Valore di riferimento del caso di carico (se previsto).*

In successione, per i casi di carico non automatici, viene riportato l'elenco di nodi ed elementi direttamente caricati (D2 o D3) con la sigla identificativa del carico.

Per i casi di carico di tipo sismico (9-Esk e 10-Edk), viene riportata la tabella di definizione delle masse: per ogni caso di carico partecipante alla definizione delle masse viene indicata la relativa aliquota (partecipazione) considerata. Si precisa che per il generico caso di carico 5-Qsk e 6-Qnk la partecipazione è prevista localmente per ogni elemento solaio o copertura presente nel modello e pertanto la loro partecipazione è di norma pari a uno.

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gk	CDC=G1k (permanente generico)	D2 :da 1263 a 1267 Azione : DG:Fzi=-20.50 Fzf=-20.50 perm rampe scale D2 : 1268 Azione : DG:Fzi=-5.40 Fzf=-5.40 acc rampe scale D2 :da 1312 a 1314 Azione : DG:Fzi=-20.50 Fzf=-20.50 perm rampe scale D2 : 1315 Azione : DG:Fzi=-5.40 Fzf=-5.40 acc rampe scale D2 :da 1316 a 1318 Azione : DG:Fzi=-20.50 Fzf=-20.50 perm rampe scale D2 : 1319 Azione : DG:Fzi=-5.40 Fzf=-5.40 acc rampe scale D2 :da 1320 a 1322 Azione : DG:Fzi=-20.50 Fzf=-20.50 perm rampe scale D2 : 1323 Azione : DG:Fzi=-5.40 Fzf=-5.40 acc rampe scale D2 :da 1324 a 1326 Azione : DG:Fzi=-20.50 Fzf=-20.50 perm rampe scale D2 : 1327 Azione : DG:Fzi=-5.40 Fzf=-5.40 acc rampe scale D2 :da 1328 a 1330 Azione : DG:Fzi=-20.50 Fzf=-20.50 perm rampe scale D2 : 1331 Azione : DG:Fzi=-5.40 Fzf=-5.40 acc rampe scale D2 :da 1332 a 1334 Azione : DG:Fzi=-20.50 Fzf=-20.50 perm rampe scale D2 : 1335 Azione : DG:Fzi=-5.40 Fzf=-5.40 acc rampe scale D2 :da 1336 a 1338 Azione : DG:Fzi=-20.50 Fzf=-20.50 perm rampe scale D2 : 1339 Azione : DG:Fzi=-5.40 Fzf=-5.40 acc rampe scale D2 :da 1340 a 1342 Azione : DG:Fzi=-20.50 Fzf=-20.50 perm rampe scale D2 : 1343 Azione : DG:Fzi=-5.40 Fzf=-5.40 acc rampe scale D2 :da 1344 a 1345 Azione : DG:Fzi=-20.50 Fzf=-20.50 perm rampe scale D2 :da 1346 a 1349 Azione : DG:Fzi=-5.40 Fzf=-5.40 acc rampe scale D2 : 1529 Azione : DG:Fzi=-20.50 Fzf=-20.50 perm rampe scale
3	Gsk	CDC=G1sk (permanente solai-coperture)	
4	Qsk	CDC=Qsk (variabile solai) SU ELEMENTI SOLAIO	
5	Qnk	CDC=Qnk (carico da neve) SU ELEMENTI SOLAIO	
7	Qk	CDC=Qk (variabile generico)	D2 : 1529 Azione : DG:Fzi=-5.40 Fzf=-5.40 acc rampe scale
8	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	partecipazione:1.00 per 1 CDC=Ggk (peso proprio della struttura) partecipazione:1.00 per 2 CDC=G1k (permanente generico) partecipazione:1.00 per 3 CDC=G1sk (permanente solai-coperture) partecipazione:1.00 per 4 CDC=Qsk (variabile solai) SU ELEMENTI SOLAIO partecipazione:1.00 per 5 CDC=Qnk (carico da neve) SU ELEMENTI SOLAIO partecipazione:0.30 per 7 CDC=Qk (variabile generico)
9	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	come precedente CDC sismico
10	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)	come precedente CDC sismico
11	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	come precedente CDC sismico
12	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	come precedente CDC sismico
13	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	come precedente CDC sismico
14	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)	come precedente CDC sismico
15	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	come precedente CDC sismico

## 6.5 Combinazioni dei carichi considerate dal codice F.E.M.

### 6.5.1 Legenda tabella combinazioni di carico

Il programma combina i diversi tipi di casi di carico (CDC) secondo le regole previste dalla normativa vigente. Le combinazioni previste sono destinate al controllo di sicurezza della struttura ed alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

La prima tabella delle combinazioni riportata di seguito comprende le seguenti informazioni: *Numero, Tipo, Sigla identificativa*. Una seconda tabella riporta il *peso nella combinazione*, assunto per ogni caso di carico.

Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
1	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 1	
2	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 2	
3	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 3	
4	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 4	
5	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 5	
6	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 6	
7	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 7	
8	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 8	
9	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 9	
10	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 10	
11	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 11	
12	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 12	
13	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 13	
14	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 14	
15	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 15	
16	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 16	
17	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 17	
18	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 18	
19	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 19	
20	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 20	
21	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 21	
22	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 22	
23	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 23	
24	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 24	
25	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 25	
26	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 26	
27	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 27	
28	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 28	
29	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 29	
30	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 30	
31	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 31	
32	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 32	
33	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 33	
34	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 34	
35	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 35	
36	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 36	
37	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 37	
38	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 38	
39	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 39	
40	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 40	
41	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 41	
42	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 42	
43	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 43	
44	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 44	
45	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 45	
46	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 46	
47	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 47	
48	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 48	
49	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 49	
50	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 50	
51	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 51	
52	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 52	

<b>Cmb</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sigla Id</b>	<b>effetto P-delta</b>
53	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 53	
54	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 54	
55	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 55	
56	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 56	
57	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 57	
58	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 58	
59	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 59	
60	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 60	
61	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 61	
62	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 62	
63	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 63	
64	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 64	

## 7 MODELLAZIONE E CALCOLO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI CON CODICE F.E.M.

L'impostazione dei dati di calcolo segue quanto già presentato nei paragrafi precedenti. Le verifiche sono condotte secondo le NTC 2008 e la loro circolare applicativa. Tutti i processi sono effettuati con l'ausilio di un codice di calcolo F.E.M.

I paragrafi che seguono illustrano i metodi di calcolo e verifica con cui opera il programma, le modalità di lettura dei tabulati esplicativi prodotti dal codice e i tabulati contenenti i risultati dei calcoli o delle verifiche; in alcuni casi questi ultimi si omettono parzialmente per brevità, oppure si riportano parzialmente.

### 7.1 Codice di licenza e dichiarazione di affidabilità del software di calcolo automatico

Informazioni sul codice di calcolo	
Titolo:	PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Versione:	PRO_SAP RY2014(b) (vers. 13.0.0)
Produttore-Distributore:	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara
Dati utente finale:	Ing. Andrea Cantarini
Codice Utente:	1214-005/con
Codice Licenza:	e-Time

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione:

Affidabilità dei codici utilizzati
<p>2S.I. ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.</p> <p>E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link: <a href="http://www.2si.it/Software/Affidabilità.htm">http://www.2si.it/Software/Affidabilità.htm</a></p>

# Dichiarazione affidabilità

Dichiarazione del produttore-distributore di PRO\_SAP PROfessional SAP riguardante l'affidabilità del codice  
(D.M. 14/01/2008 - Paragrafo 10.2)

## Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

**Titolo:** PRO\_SAP PROfessional Structural Analysis Program

**Autore-Produttore:** 2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara

## Affidabilità dei codici

### - Inquadramento teorico della metodologia

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensiodeformativo indotto da carichi statici.

L'analisi strutturale è condotta con il metodo dell'analisi modale e dello spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tensiodeformativo indotto da carichi dinamici (tra cui quelli di tipo sismico).

Gli elementi utilizzati per la modellazione dello schema statico della struttura sono i seguenti:

**Elemento tipo TRUSS (asta)\***

**Elemento tipo BEAM (trave)\***

**Elemento tipo MEMBRANE (membrana)\***

**Elemento tipo PLATE (piastra-guscio)\***

**Elemento tipo BRICK (solido)**

**Elemento tipo BOUNDARY (molla)\***

**Elemento tipo STIFFNESS**

**(matrice di rigidità)**

**\* anche non lineare**

### - Casi prova che consentano un riscontro dell'affidabilità

2S.I. ha verificato, in collaborazione con il DISTART dell'Università di Bologna e con il Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Ferrara, l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link:

<http://www.2si.it/affidabilita.php>

### - Filtri di autodiagnostica

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione.

Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni abnormi.

## Garanzia di qualità

Dal 1 dicembre 1999 2S.I. ha prodotto un manuale di qualità in funzione dei requisiti della norma di riferimento UNI EN ISO 9001.

Tutte le attività dell'azienda sono regolate dalla documentazione e dalle procedure in esso contenute.

In relazione alla attività di validazione dei prodotti software si dichiara inoltre quanto segue:

- la fase di progetto degli algoritmi è preceduta dalla ricerca di risultati di confronto reperibili in bibliografia o riproducibili con calcoli manuali;

- la fase di implementazione degli algoritmi è continuamente validata con strumenti automatici (tools di sviluppo) e attraverso confronti;

- il software che implementa gli algoritmi è testato, confrontato e controllato anche da tecnici qualificati che non sono intervenuti nelle precedenti fasi.

Nella produzione del solutore fem 2S.I. implementa componenti sviluppati da CM2 - Computing Objects SARL spin-off dell'École Centrale Paris, France. E' disponibile la documentazione di affidabilità di tali componenti all'indirizzo web:

[http://www.2si.it/software/download/manuali/pro\\_sap\\_quaderni/Affidabilita/benchmarks\\_e\\_sap.zip](http://www.2si.it/software/download/manuali/pro_sap_quaderni/Affidabilita/benchmarks_e_sap.zip)

**PRO\_SAP**  
PROfessional Structural Analysis Program

## 7.2 Descrizione del calcolo con codice di calcolo ad elementi finiti

### 7.2.1 Descrizione del metodo di calcolo

La verifica della sicurezza degli elementi strutturali avviene con il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

I metodi impiegati per l'analisi strutturale sono i seguenti :

- per carichi statici: metodo degli spostamenti
- per carichi sismici: metodo dell'analisi statica equivalente o analisi dinamica modale con spettro di risposta. Spostamenti ed azioni sono calcolati con il metodo agli elementi finiti (F.E.M.).

Il metodo degli elementi finiti si basa sulla schematizzazione di una struttura come insieme di "elementi" di varie geometrie e caratteristiche, connessi l'un l'altro solo in corrispondenza di un numero determinato di punti chiamati "nodi". Tali nodi, definiti da tre coordinate rispetto ad un sistema di riferimento cartesiano globale, sono contrassegnati da un identificatore numerico ("numerazione nodale") crescente a partire da uno. Anche gli elementi, risultano a loro volta individuati da un identificatore numerico crescente.

Incognite del problema (metodo degli spostamenti) sono assunte le 6 componenti di spostamento di ogni nodo, riferite alla terna globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z) escluse naturalmente quelle impedito dai vincoli imposti alla struttura.

Il metodo permette di giungere all'impostazione di un sistema di equazioni algebriche lineari, nelle sopra citate componenti di spostamento (gradi di libertà) i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati nei nodi:

$$K * u = F$$

dove K = matrice di rigidità  
u = vettore spostamenti nodali  
F = vettore forze nodali

Dagli spostamenti risultanti dalla risoluzione del sistema sono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni in punti caratteristici di ogni elemento, riferite generalmente ad una terna locale all'elemento stesso.

### 7.2.2 Sistema di riferimento globale

Il sistema di riferimento impiegato, per nodi ed elementi e tutti gli altri dati strutturali, è costituito da una terna cartesiana destrorsa XYZ.

Si assume che l'asse Z sia verticale ed orientato verso l'alto.

### 7.2.3 Modellazione della struttura e dei vincoli

La struttura è modellata come insieme di "elementi", tra loro collegati in punti chiamati "nodi". Gli elementi sono del tipo:

Elementi monodimensionali (una dimensione prevalente sulle altre due)

- aste;

- travi, pilastri;
- molle;

Elementi bidimensionali (due dimensioni prevalenti sulla terza):

- setti, piastre;
- solai;

- Elemento asta : elemento lineare a sezione costante ed asse rettilineo, reagente a solo sforzo assiale. Nello spazio 3-D l'elemento asta ha 3 gradi di libertà ai nodi cui corrispondono in uscita tre componenti di spostamento di traslazione in ognuno dei suoi due nodi di estremità ed un solo valore della tensione e della forza assiale.
- Elemento trave : elemento monodimensionale reagente con 6 caratteristiche di sollecitazione ( forza assiale, 2 forze di taglio, 2 momenti flettenti, 1 momento torcente), ad ognuna delle due estremità. L'elemento trave e' prismatico, ossia a sezione costante ed asse rettilineo. Con il termine travi si intendono elementi non verticali. Con il termine pilastri si intendono elementi verticali.
- Elemento molla : elemento agente come molla estensionale o rotazionale di opportuna rigidità, usato per schematizzare vincoli elastici o rigidi, anche in direzioni non coincidenti con quelle della terna globale.
- Elemento setto/piastra: elemento 2-D, di forma triangolare o quadrangolare, reagente ad azioni nel proprio piano (azioni membranali) e ad azioni fuori dal proprio piano (azioni flettenti e taglianti). Questo elemento e' usato per rappresentare pareti verticali, muri di sostegno, platee di fondazione.
- Elemento solaio : elemento 2-D, di forma triangolare o quadrangolare, che reagisce a soli sforzi di membrana. Questo elemento e' usato per rappresentare il comportamento degli impalcati nei riguardi delle azioni orizzontali. Per una descrizione più sintetica della struttura e per l'esecuzione di tutte le verifiche richieste dalle normative, gli elementi sono riuniti in "macro-elementi". Per macro-elementi, si intende il raggruppamento di più elementi, non necessariamente dello stesso tipo, in modo da formare delle parti strutturali riconoscibili ed identificabili all'interno della struttura.
- Macroelemento Travata: allineamento di travi non verticali ( anche ad asse spezzato )
- Macroelemento pilastrata: allineamento di pilastri verticali
- Macroelemento telaio: insieme di travi, pilastri posti in un piano verticale
- Macroelemento muro: insieme di elementi setto/piastra posti in un piano qualsiasi, aventi lo stesso spessore.
- Macroelemento impalcato: insieme di nodi, travi e solai disposti di solito, ma non necessariamente in un piano orizzontale.

#### 7.2.4 Origine e caratteristiche del codice di calcolo

Il solutore e' il seguente:

- ALGOR SUPERSAP della Algor Interactive Systems, Inc. Pittsburgh, PA, USA

Il programma SUPERSAP applica il metodo degli elementi finiti a strutture di forma qualunque, comunque caricate e vincolate, il cui comportamento possa ragionevolmente considerarsi lineare.

Si intende con ciò parlare sia di linearità materiale (proporzionalità tra tensioni e deformazioni), sia di linearità geometrica (proporzionalità tra carichi e spostamenti).

Effettua il calcolo sia in campo statico sia in campo dinamico. Nel primo caso la routine di risoluzione opera secondo l'algoritmo di Gauss modificato sulla matrice globale suddivisa in blocchi memorizzati su memoria periferica. Nel secondo caso si può optare per un'analisi modale o per una integrazione diretta passo-passo delle equazioni del moto.

I carichi possono essere specificati sia come azioni concentrate applicate ai nodi, sia come forze (o momenti) concentrate o distribuite o variazioni termiche agenti all'interno del singolo elemento.

E' importante sottolineare che il solutore ALGOR SUPERSAP e' stato sottoposto, con esito positivo e relativa certificazione, alle prove NAFEMS (test di confronto della National Agency for Finite Element Methods and Standards in Inghilterra).

### 7.3 Modellazione dei materiali

#### 7.3.1 Legenda tabella dati materiali

Il programma consente l'uso di materiali diversi. Sono previsti i seguenti tipi di materiale:

1	materiale tipo cemento armato
2	materiale tipo acciaio
3	materiale tipo muratura
4	materiale tipo legno
5	materiale tipo generico

I materiali utilizzati nella modellazione sono individuati da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni materiale vengono riportati in tabella i seguenti dati:

<i>Young</i>	modulo di elasticità normale
<i>Poisson</i>	coefficiente di contrazione trasversale
<i>G</i>	modulo di elasticità tangenziale
<i>Gamma</i>	peso specifico
<i>Alfa</i>	coefficiente di dilatazione termica

I dati soprariportati vengono utilizzati per la modellazione dello schema statico e per la determinazione dei carichi inerziali e termici. In relazione al tipo di materiale vengono riportati inoltre:

1	<i>cemento armato</i>	Rck Fctm	resistenza caratteristica cubica resistenza media a trazione semplice
2	<i>acciaio</i>	Ft Fy Fd Fdt Sadm Sadmt	tensione di rottura a trazione tensione di snervamento resistenza di calcolo resistenza di calcolo per spess. t>40 mm tensione ammissibile tensione ammissibile per spess. t>40 mm
3	<i>muratura</i>	Resist. Fk Resist. Fvko	resistenza caratteristica a compressione resistenza caratteristica a taglio
4	<i>legno</i>	Resist. fc0k Resist. ft0k Resist. fmk Resist. fvk Modulo E0,05 Lamellare	Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per compressione Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per trazione Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per flessione Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per taglio Modulo elastico parallelo caratteristico lamellare o massiccio

Segue la tabella contenente il riassunto dei materiali in uso nel presente modello.

Id	Tipo / Note		Young	Poisson	G	Gamma	Alfa
11	acciaio Fe430 - S275	daN/cm2	daN/cm2		daN/cm2	daN/cm3	
	ft	4300.0	2.100e+06	0.30	8.077e+05	7.85e-03	1.00e-05
	fy	2750.0					
	fd	2750.0					

Id	Tipo / Note		Young	Poisson	G	Gamma	Alfa
	fdt	2500.0					
	sadm	1900.0					
	sadmt	1700.0					
14	muratura E = 3.000e+04 mattoni pieni con malta M4		3.000e+04	0.0	1.200e+04	2.00e-03	1.00e-05
	Resist. fk	30.0					
	Resist. fvko	2.0					
46	c.a. inf. rigido senza peso		3.122e+08	0.12	1.394e+08	0.0	1.00e-05
	Rck	300.0					
	fctm	26.1					
50	Calcestruzzo classe C25/30 E=50%		1.572e+05	0.0	7.020e+04	2.50e-03	1.00e-05
	Rck	300.0					
	fctm	25.6					
52	Calcestruzzo classe C32/40 E=50%		1.680e+05	0.0	7.500e+04	2.50e-03	1.00e-05
	Rck	400.0					
	fctm	31.0					
72	Muratura in calcestruzzo gettato in opera non armato con valori ridotti		1.000e+04	0.0	100.0	2.40e-03	1.00e-05
	Resist. fk	100.0					
	Resist. fvko	3.3					
73	muratura E = 2.835e+04 Muratura esistente, E 50% prove e fm prove, t0 medio x1,3x1,5 (conn trasv e giunti sottili)		2.835e+04	0.0	1.418e+04	2.00e-03	1.00e-05
	Resist. fk	15.6					
	Resist. fvko	1.5					
74	materiale E=2.000e+08 [w= 0.0]		2.000e+08	0.0	1.000e+08	0.0	0.0

## 7.4 Modellazione delle sezioni

### 7.4.1 Legenda tabella dati sezioni

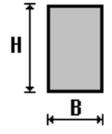
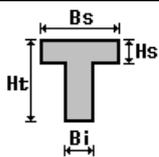
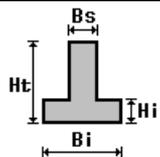
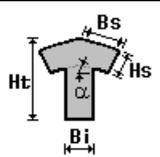
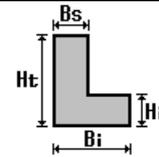
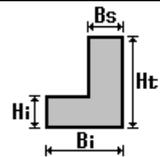
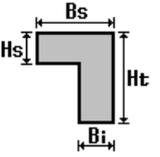
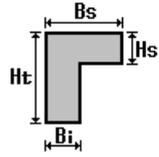
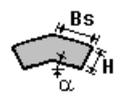
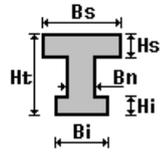
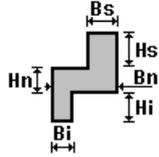
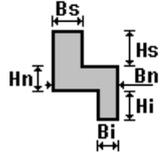
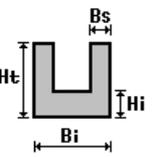
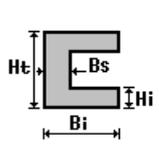
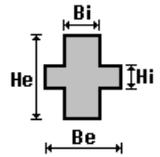
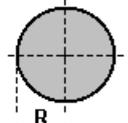
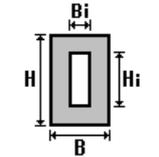
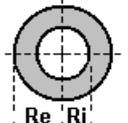
Il programma consente l'uso di sezioni diverse. Sono previsti i seguenti tipi di sezione:

- 1 sezione di tipo generico
- 2 profilati semplici
- 3 profilati accoppiati e speciali

Le sezioni utilizzate nella modellazione sono individuate da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni sezione vengono riportati in tabella i seguenti dati:

Area	area della sezione
A V2	area della sezione/fattore di taglio (per il taglio in direzione 2)
A V3	area della sezione/fattore di taglio (per il taglio in direzione 3)
Jt	fattore torsionale di rigidezza
J2-2	momento d'inerzia della sezione riferito all'asse 2
J3-3	momento d'inerzia della sezione riferito all'asse 3
W2-2	modulo di resistenza della sezione riferito all'asse 2
W3-3	modulo di resistenza della sezione riferito all'asse 3
Wp2-2	modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse 2
Wp3-3	modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse 3

I dati soprariportati vengono utilizzati per la determinazione dei carichi inerziali e per la definizione delle rigidezze degli elementi strutturali; qualora il valore di Area V2 (e/o Area V3) sia nullo la deformabilità per taglio V2 (e/o V3) è trascurata. La valutazione delle caratteristiche inerziali delle sezioni è condotta nel riferimento 2-3 dell'elemento.

 rettangolare	 a T	 a T rovescia	 a T di colmo	 a L	 a L specchiata
 a L specchiata rovescia	 a L rovescia	 a L di colmo	 a doppio T	 a quattro specchiata	 a quattro
 a U	 a C	 a croce	 circolare	 rettangolare cava	 circolare cava

Per quanto concerne i profilati semplici ed accoppiati l'asse 2 del riferimento coincide con l'asse x riportato nei più diffusi profilati.

Per quanto concerne le sezioni di tipo generico (tipo 1.):

i valori dimensionali con prefisso B sono riferiti all'asse 2

i valori dimensionali con prefisso H sono riferiti all'asse 3

Id	Tipo	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
		cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
1	Rettangolare: b=60.00	1800.00	1500.00	1500.00	3.699e+05	5.400e+05	1.350e+05	1.800e+04	9000.00	2.700e+04	1.350e+04
5	Rettangolare: b=30.00	1590.00	1325.00	1325.00	3.069e+05	1.193e+05	3.722e+05	7950.00	1.405e+04	1.193e+04	2.107e+04
6	Rettangolare: b=45.00	900.00	750.00	750.00	8.640e+04	1.519e+05	3.000e+04	6750.00	3000.00	1.013e+04	4500.00
7	Rettangolare: b=35.00	700.00	583.33	583.33	5.973e+04	7.146e+04	2.333e+04	4083.33	2333.33	6125.00	3500.00

Id	Tipo	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
8	Rettangolare:	600.00	500.00	500.00	4.640e+04	4.500e+04	2.000e+04	3000.00	2000.00	4500.00	3000.00
11	Rettangolare:	1300.00	1083.33	1083.33	1.970e+05	7.323e+04	2.708e+05	5633.33	1.083e+04	8450.00	1.625e+04
27	Rettangolare:	1600.00	1333.33	1333.33	3.599e+05	2.133e+05	2.133e+05	1.067e+04	1.067e+04	1.600e+04	1.600e+04
28	Rettangolare: b=45	4734.51	3945.43	3945.43	2.335e+06	7.989e+05	4.367e+06	3.551e+04	8.302e+04	5.326e+04	1.245e+05
29	Rettangolare: b=45	5175.00	4312.50	4312.50	2.632e+06	8.733e+05	5.703e+06	3.881e+04	9.919e+04	5.822e+04	1.488e+05
30	Rettangolare: b=45	4275.00	3562.50	3562.50	2.024e+06	7.214e+05	3.215e+06	3.206e+04	6.769e+04	4.809e+04	1.015e+05

Id	Tipo	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
31	Rettangolare: b=45	1.147e+04	9562.50	9562.50	6.884e+06	1.936e+06	6.218e+07	8.606e+04	4.877e+05	1.291e+05	7.315e+05
32	Rettangolare: b=45	4725.00	3937.50	3937.50	2.328e+06	7.973e+05	4.341e+06	3.544e+04	8.269e+04	5.316e+04	1.240e+05
33	Rettangolare: b=26	2860.00	2383.33	2383.33	5.485e+05	1.611e+05	2.884e+06	1.239e+04	5.243e+04	1.859e+04	7.865e+04
34	Rettangolare: b=26	3510.00	2925.00	2925.00	6.950e+05	1.977e+05	5.331e+06	1.521e+04	7.897e+04	2.281e+04	1.185e+05
35	Rettangolare: b=26	8580.00	7150.00	7150.00	1.837e+06	4.833e+05	7.786e+07	3.718e+04	4.719e+05	5.577e+04	7.078e+05
36	Rettangolare: b=26	7202.00	6001.67	6001.67	1.527e+06	4.057e+05	4.605e+07	3.121e+04	3.325e+05	4.681e+04	4.987e+05
37	Rettangolare: b=26	7020.00	5850.00	5850.00	1.486e+06	3.955e+05	4.265e+07	3.042e+04	3.159e+05	4.563e+04	4.738e+05
38	Rettangolare: b=26	8424.00	7020.00	7020.00	1.802e+06	4.746e+05	7.369e+07	3.650e+04	4.549e+05	5.476e+04	6.823e+05
39	Rettangolare: b=26	7748.00	6456.67	6456.67	1.650e+06	4.365e+05	5.734e+07	3.357e+04	3.848e+05	5.036e+04	5.772e+05
40	Rettangolare: b=40	3400.00	2833.33	2833.33	1.276e+06	4.533e+05	2.047e+06	2.267e+04	4.817e+04	3.400e+04	7.225e+04
41	Rettangolare: b=40	3000.00	2500.00	2500.00	1.062e+06	4.000e+05	1.406e+06	2.000e+04	3.750e+04	3.000e+04	5.625e+04
42	Rettangolare: b=40	2200.00	1833.33	1833.33	6.488e+05	2.933e+05	5.546e+05	1.467e+04	2.017e+04	2.200e+04	3.025e+04
43	Rettangolare: b=40	8600.00	7166.67	7166.67	4.049e+06	1.147e+06	3.313e+07	5.733e+04	3.082e+05	8.600e+04	4.622e+05

Id	Tipo	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
44	Rettangolare: b=26	2600.00	2166.67	2166.67	4.899e+05	1.465e+05	2.167e+06	1.127e+04	4.333e+04	1.690e+04	6.500e+04
45	Rettangolare: b=26	3250.00	2708.33	2708.33	6.364e+05	1.831e+05	4.232e+06	1.408e+04	6.771e+04	2.113e+04	1.016e+05
46	Rettangolare: b=26	2782.00	2318.33	2318.33	5.309e+05	1.567e+05	2.654e+06	1.206e+04	4.961e+04	1.808e+04	7.442e+04
47	Rettangolare: b=26	6474.00	5395.00	5395.00	1.363e+06	3.647e+05	3.345e+07	2.805e+04	2.687e+05	4.208e+04	4.030e+05
48	Rettangolare: b=26	5564.00	4636.67	4636.67	1.158e+06	3.134e+05	2.123e+07	2.411e+04	1.984e+05	3.617e+04	2.977e+05
49	Rettangolare: b=26	3718.00	3098.33	3098.33	7.418e+05	2.094e+05	6.336e+06	1.611e+04	8.861e+04	2.417e+04	1.329e+05
50	Rettangolare: b=26	6552.00	5460.00	5460.00	1.380e+06	3.691e+05	3.467e+07	2.839e+04	2.752e+05	4.259e+04	4.128e+05
51	Rettangolare: b=26	2080.00	1733.33	1733.33	3.727e+05	1.172e+05	1.109e+06	9013.33	2.773e+04	1.352e+04	4.160e+04
52	Rettangolare: b=26	6812.00	5676.67	5676.67	1.439e+06	3.837e+05	3.897e+07	2.952e+04	2.975e+05	4.428e+04	4.462e+05
53	Rettangolare: b=26	2158.00	1798.33	1798.33	3.903e+05	1.216e+05	1.239e+06	9351.33	2.985e+04	1.403e+04	4.478e+04
54	Rettangolare: b=26	4576.00	3813.33	3813.33	9.352e+05	2.578e+05	1.181e+07	1.983e+04	1.342e+05	2.974e+04	2.013e+05
56	Rettangolare: b=26	6682.00	5568.33	5568.33	1.410e+06	3.764e+05	3.678e+07	2.896e+04	2.862e+05	4.343e+04	4.293e+05

Id	Tipo	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
57	Rettangolare: b=26	6500.00	5416.67	5416.67	1.369e+06	3.662e+05	3.385e+07	2.817e+04	2.708e+05	4.225e+04	4.062e+05
59	Rettangolare: b=26	7228.00	6023.33	6023.33	1.533e+06	4.072e+05	4.655e+07	3.132e+04	3.349e+05	4.698e+04	5.023e+05
60	Rettangolare: b=26	8112.00	6760.00	6760.00	1.732e+06	4.570e+05	6.580e+07	3.515e+04	4.218e+05	5.273e+04	6.327e+05
61	Rettangolare: b=26	3588.00	2990.00	2990.00	7.125e+05	2.021e+05	5.694e+06	1.555e+04	8.252e+04	2.332e+04	1.238e+05
62	Rettangolare: b=26	1820.00	1516.67	1516.67	3.141e+05	1.025e+05	7.432e+05	7886.67	2.123e+04	1.183e+04	3.185e+04
63	Rettangolare: b=26	2938.00	2448.33	2448.33	5.661e+05	1.655e+05	3.126e+06	1.273e+04	5.533e+04	1.910e+04	8.300e+04
64	Rettangolare: b=26	2912.00	2426.67	2426.67	5.602e+05	1.640e+05	3.044e+06	1.262e+04	5.436e+04	1.893e+04	8.154e+04
65	Rettangolare: b=26	2990.00	2491.67	2491.67	5.778e+05	1.684e+05	3.295e+06	1.296e+04	5.731e+04	1.943e+04	8.596e+04
66	Rettangolare: b=26	8320.00	6933.33	6933.33	1.779e+06	4.687e+05	7.100e+07	3.605e+04	4.437e+05	5.408e+04	6.656e+05
67	Rettangolare: b=26	2730.00	2275.00	2275.00	5.192e+05	1.538e+05	2.508e+06	1.183e+04	4.777e+04	1.774e+04	7.166e+04
69	Rettangolare: b=26	5720.00	4766.67	4766.67	1.193e+06	3.222e+05	2.307e+07	2.479e+04	2.097e+05	3.718e+04	3.146e+05
70	Rettangolare: b=26	5460.00	4550.00	4550.00	1.134e+06	3.076e+05	2.007e+07	2.366e+04	1.911e+05	3.549e+04	2.867e+05
71	Rettangolare: b=26	5850.00	4875.00	4875.00	1.222e+06	3.296e+05	2.468e+07	2.535e+04	2.194e+05	3.803e+04	3.291e+05

Id	Tipo	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
72	Rettangolare: b=26	6032.00	5026.67	5026.67	1.263e+06	3.398e+05	2.706e+07	2.614e+04	2.332e+05	3.921e+04	3.499e+05
73	Rettangolare: b=26	3380.00	2816.67	2816.67	6.657e+05	1.904e+05	4.760e+06	1.465e+04	7.323e+04	2.197e+04	1.099e+05
74	Rettangolare: b=26	1690.00	1408.33	1408.33	2.848e+05	9.520e+04	5.950e+05	7323.33	1.831e+04	1.099e+04	2.746e+04
75	Rettangolare: b=26	1.443e+04	1.203e+04	1.203e+04	3.156e+06	8.129e+05	3.704e+08	6.253e+04	1.335e+06	9.380e+04	2.002e+06
76	Rettangolare: b=26	3900.00	3250.00	3250.00	7.828e+05	2.197e+05	7.312e+06	1.690e+04	9.750e+04	2.535e+04	1.462e+05
77	Rettangolare: b=26	4160.00	3466.67	3466.67	8.414e+05	2.343e+05	8.875e+06	1.803e+04	1.109e+05	2.704e+04	1.664e+05
78	Rettangolare: b=26	1040.00	866.67	866.67	1.384e+05	5.859e+04	1.387e+05	4506.67	6933.33	6760.00	1.040e+04
79	Rettangolare: b=45	5490.00	4575.00	4575.00	2.845e+06	9.264e+05	6.809e+06	4.118e+04	1.116e+05	6.176e+04	1.674e+05
80	TRAVI FITTIZIE	1560.00	1300.00	1300.00	2.556e+05	8.788e+04	4.680e+05	6760.00	1.560e+04	1.014e+04	2.340e+04
81	Rettangolare: b=26	3172.00	2643.33	2643.33	6.188e+05	1.787e+05	3.934e+06	1.375e+04	6.450e+04	2.062e+04	9.675e+04
84	HEA 160	38.80	0.0	0.0	12.20	616.00	1673.00	76.90	220.10	117.60	245.10
85	TUBO 57.0x5.0	8.17	0.0	0.0	55.73	27.86	27.86	9.78	9.78	13.56	13.56
86	Rettangolare: b=40	1000.00	833.33	833.33	1.263e+05	1.333e+05	5.208e+04	6666.67	4166.67	1.000e+04	6250.00
87	Rettangolare: b=25	2500.00	2083.33	2083.33	4.388e+05	1.302e+05	2.083e+06	1.042e+04	4.167e+04	1.563e+04	6.250e+04

Id	Tipo	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
88	Rettangolare: b=25	1250.00	1041.67	1041.67	1.784e+05	6.510e+04	2.604e+05	5208.33	1.042e+04	7812.50	1.563e+04
89	Rettangolare: b=25	625.00	520.83	520.83	5.491e+04	3.255e+04	3.255e+04	2604.17	2604.17	3906.25	3906.25
90	HEA 160	38.80	0.0	0.0	12.20	616.00	1673.00	76.90	220.10	117.60	245.10
91	Rettangolare: b=50	4000.00	3333.33	3333.33	2.021e+06	8.333e+05	2.133e+06	3.333e+04	5.333e+04	5.000e+04	8.000e+04

## 7.5 Modellazione struttura: nodi

### 7.5.1 Legenda tabella dati nodi

Il programma utilizza per la modellazione nodi strutturali.

Ogni nodo è individuato dalle coordinate cartesiane nel sistema di riferimento globale (X Y Z).

Ad ogni nodo è eventualmente associato un codice di vincolamento rigido, un codice di fondazione speciale, ed un set di sei molle (tre per le traslazioni, tre per le rotazioni). Le tabelle sottoriportate riflettono le succitate possibilità. In particolare per ogni nodo viene indicato in tabella:

Nodo	numero del nodo.
X	valore della coordinata X
Y	valore della coordinata Y
Z	valore della coordinata Z

Per i nodi ai quali sia associato un codice di vincolamento rigido, un codice di fondazione speciale o un set di molle viene indicato in tabella:

Nodo	numero del nodo.
X	valore della coordinata X
Y	valore della coordinata Y
Z	valore della coordinata Z
Note	eventuale codice di vincolo (es. v=110010 sei valori relativi ai sei gradi di libertà previsti per il nodo TxTyTzRxRyRz, il valore 1 indica che lo spostamento o rotazione relativo è impedito, il valore 0 indica che lo spostamento o rotazione relativo è libero).
Note	(FS = 1, 2,...) eventuale codice del tipo di fondazione speciale (1, 2,... fanno riferimento alle tipologie: plinto, palo, plinto su pali,...) che è collegato al nodo. (ISO = "id SIGLA") indice e sigla identificativa dell' eventuale isolatore sismico assegnato al nodo
Rig. TX	valore della rigidezza dei vincoli elastici eventualmente applicati al nodo, nello specifico TX (idem per TY, TZ, RX, RY, RZ).

Si riporta solamente la parte iniziale e terminale delle tabelle citate qui sopra, per motivi di spazio essendo i nodi molto numerosi.

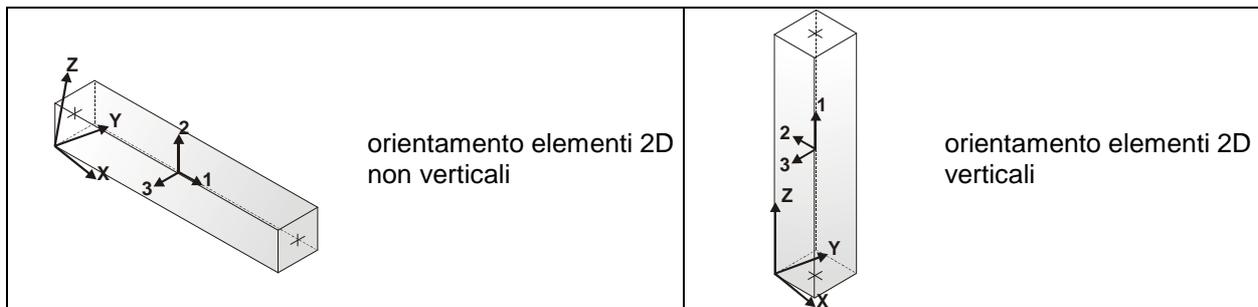
## 7.6 Modellazione struttura: elementi trave

### 7.6.1 Legenda tabella dati travi

Il programma utilizza per la modellazione elementi a due nodi denominati in generale travi.

Ogni elemento trave è individuato dal nodo iniziale e dal nodo finale.

Ogni elemento è caratterizzato da un insieme di proprietà riportate in tabella che ne completano la modellazione.



In particolare per ogni elemento viene indicato in tabella:

Elem.	numero dell'elemento
Note	codice di comportamento: trave, trave di fondazione, pilastro, asta, asta tesa, asta compressa
Nodo I (J)	numero del nodo iniziale (finale)
Mat.	codice del materiale assegnato all'elemento
Sez.	codice della sezione assegnata all'elemento
Rotaz.	valore della rotazione dell'elemento, attorno al proprio asse, nel caso in cui l'orientamento di default non sia adottabile; l'orientamento di default prevede per gli elementi non verticali l'asse 2 contenuto nel piano verticale e l'asse 3 orizzontale, per gli elementi verticali l'asse 2 diretto secondo X negativo e l'asse 3 diretto secondo Y negativo
Svincolo I (J)	codici di svincolo per le azioni interne; i primi sei codici si riferiscono al nodo iniziale, i restanti sei al nodo finale (il valore 1 indica che la relativa azione interna non è attiva)
Wink V	costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) per la modellazione della trave su suolo elastico
Wink O	costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) per la modellazione del suolo elastico orizzontale

Anche di questa tabella si riportano alcuni stralci, essendoci molti element, per problemi di spazio.

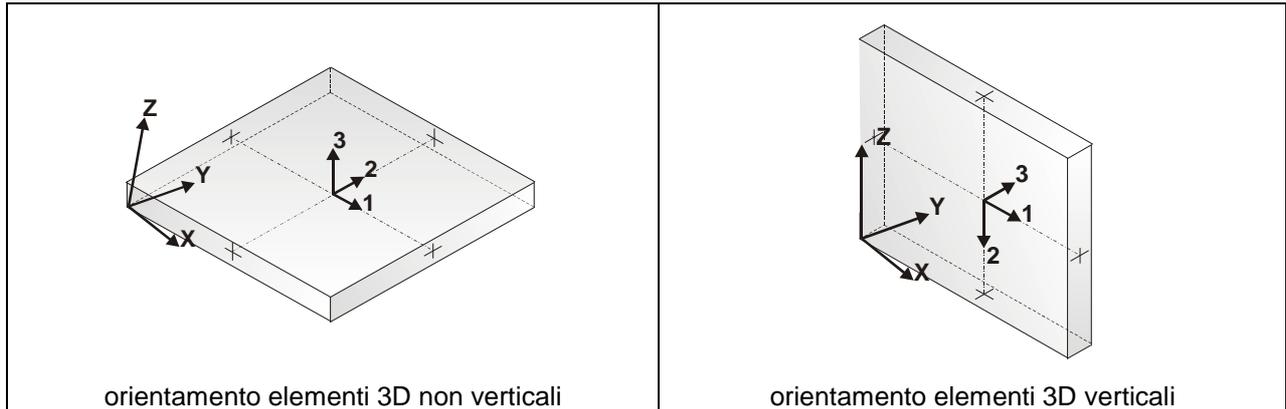
## 7.7 Modellazione struttura: elementi shell

### 7.7.1 Legenda tabella dati shell

Il programma utilizza per la modellazione elementi a tre o quattro nodi denominati in generale shell.

Ogni elemento shell è individuato dai nodi I, J, K, L (L=I per gli elementi a tre nodi).

Ogni elemento è caratterizzato da un insieme di proprietà riportate in tabella che ne completano la modellazione.



In particolare per ogni elemento viene indicato in tabella:

Elem.	numero dell'elemento
Note	codice di comportamento: <i>Guscio</i> (elemento guscio in elevazione non verticale) <i>Guscio fond.</i> (elemento guscio su suolo elastico) <i>Setto</i> (elemento guscio in elevazione verticale) <i>Membrana</i> (elemento guscio con comportamento membranale)
Nodo I (J, K, L)	numero del nodo I (J, K, L)
Mat.	codice del materiale assegnato all'elemento
Spessore	spessore dell'elemento (costante)
Wink V	costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) per la modellazione del suolo elastico verticale
Wink O	costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) per la modellazione del suolo elastico orizzontale

Elem.	numero identificativo dell'elemento
Stato	Codici di verifica relativi alle tensioni normali e alle tensioni tangenziali
Note	Viene riportato il codice relativo alla sezione(s) e relativo al materiale(m);
Pos.	Ascissa del punto di verifica
F ist, F infi	Frecce istantanee e a tempo infinito
Momento	Momento flettente
Taglio	Sollecitazione di taglio
Af inf.	Area di armatura longitudinale posta all'intradosso della trave
Af sup.	Area di armatura longitudinale posta all'estradosso della trave
AfV	Area dell'armatura atta ad assorbire le azioni di taglio
Beff	Base della sezione di cls per l'assorbimento del taglio
	simboli utilizzati con il metodo delle tensioni ammissibili:
sc max	Massima tensione di compressione del calcestruzzo
sf max	Massima tensione nell'acciaio
tau max	Massima tensione tangenziale nel cls
	simboli utilizzati con il metodo degli stati limite:
x/d	rapporto tra posizione dell'asse neutro e altezza utile alla rottura della sezione (per sola flessione)
verif.	rapporto Sd/Su con sollecitazioni ultime proporzionali: valore minore o uguale a 1 per verifica positiva
Verif.V	rapporto Sd/Su con sollecitazioni taglianti proporzionali valore minore o uguale a 1 per verifica positiva
rRfck	rapporto tra la massima compressione nel calcestruzzo e la tensione fck in combinazioni rare [normalizzato a 1]
rFfck	rapporto tra la massima compressione nel calcestruzzo e la tensione fck in combinazioni frequenti [normalizzato a 1]
rPfck	rapporto tra la massima compressione nel calcestruzzo e la tensione fck in combinazioni

	quasi permanenti [normalizzato a 1]
rRfyk	rapporto tra la massima tensione nell'acciaio e la tensione fyk in combinazioni frequenti [normalizzato a 1]
rFyk	rapporto tra la massima tensione nell'acciaio e la tensione fyk in combinazioni rare [normalizzato a 1]
rPfyk	rapporto tra la massima tensione nell'acciaio e la tensione fyk in combinazioni quasi permanenti [normalizzato a 1]
wR	apertura caratteristica delle fessure in combinazioni rare [mm]
wF	apertura caratteristica delle fessure in combinazioni frequenti [mm]
wP	apertura caratteristica delle fessure in combinazioni quasi permanenti [mm]

Anche di questa tabella si riportano alcuni stralci, essendoci molti element, per problemi di spazio.

## 7.8 MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA: ELEMENTI SOLAIO

### 7.8.1 Legenda tabella dati solai

Il programma utilizza per la modellazione elementi a tre o più nodi denominati in generale solaio.

Ogni elemento solaio è individuato da una poligonale di nodi 1,2, ..., N.

L'elemento solaio è utilizzato in primo luogo per la modellazione dei carichi agenti sugli elementi strutturali. In secondo luogo può essere utilizzato per la corretta ripartizione delle forze orizzontali agenti nel proprio piano.

L'elemento balcone è derivato dall'elemento solaio.

I carichi agenti sugli elementi, raccolti in un archivio, sono direttamente assegnati agli elementi utilizzando le informazioni raccolte nell' archivio (es. i coefficienti combinatori). La tabella seguente riporta i dati utilizzati per la definizione dei carichi e delle masse.

Id.Arch.	Identificativo dell' archivio
Tipo	Tipo di carico <b>Variab.</b> Carico variabile generico <b>Var. rid.</b> Carico variabile generico con riduzione in funzione dell' area (c.5.5. ...) <b>Neve</b> Carico di neve
G1k	carico permanente (comprensivo del peso proprio)
G2k	carico permanente non strutturale e non compiutamente definito
Qk	carico variabile
Fatt. A	fattore di riduzione del carico variabile (0.5 o 0.75) per tipo "Var.rid."
S sis.	fattore di riduzione del carico variabile per la definizione delle masse sismiche per D.M. 96 (vedi NOTA sul capitolo "normativa di riferimento")
Psi 0	Coefficiente combinatorio dei valori caratteristici delle azioni variabili: <b>per valore raro</b>
Psi 1	Coefficiente combinatorio dei valori caratteristici delle azioni variabili: <b>per valore frequente</b>
Psi 2	Coefficiente combinatorio dei valori caratteristici delle azioni variabili: <b>per valore quasi permanente</b>
Psi S 2	Coefficiente di combinazione che fornisce il valore quasi-permanente dell'azione variabile: <b>per la definizione delle masse sismiche</b>
Fatt. Fi	Coefficiente di correlazione dei carichi per edifici

Ogni elemento è caratterizzato da un insieme di proprietà riportate in tabella che ne completano la modellazione. In particolare per ogni elemento viene indicato in tabella:

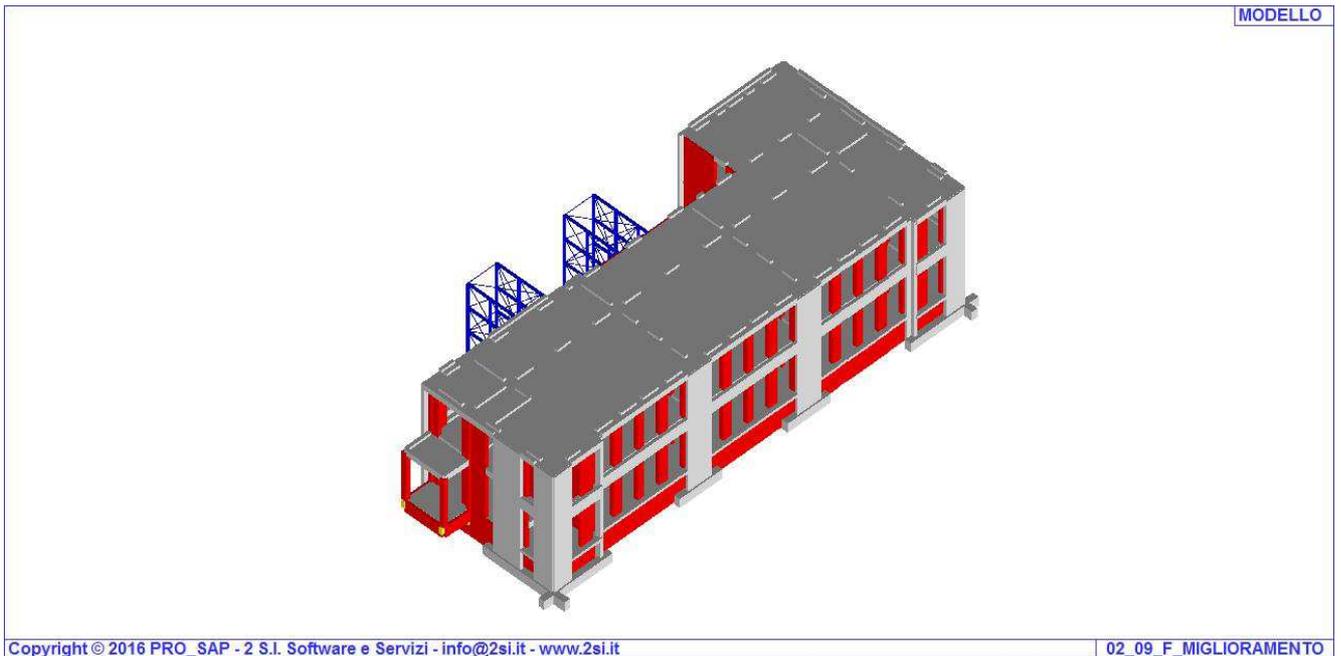
Elem	numero dell'elemento
Tipo	codice di comportamento <b>S</b> elemento utilizzato solo per scarico <b>C</b> elemento utilizzato per scarico e per modellazione piano rigido <b>M</b> scarico monodirezionale <b>B</b> scarico bidirezionale
Id.Arch.	Identificativo dell' archivio
Mat	codice del materiale assegnato all'elemento
Spessore	spessore dell'elemento (costante)
Orditura	angolo (rispetto all'asse X) della direzione dei travetti principali
Gk	carico permanente (comprensivo del peso proprio)
Qk	carico variabile
Nodi	numero dei nodi che definiscono l'elemento (5 per riga)

Nel caso in cui si sia proceduto alla progettazione con le tensioni ammissibili vengono riportate le massime tensioni nell'elemento (massima compressione nel calcestruzzo, massima tensione nell'acciaio, massima tensione tangenziale); nel caso in cui si sia proceduto alla progettazione con il metodo degli stati limite vengono riportati il rapporto  $x/d$  e le verifiche per sollecitazioni proporzionali nonché le verifiche in esercizio.

In particolare i simboli utilizzati in tabella assumono il seguente significato:

Elem.	numero identificativo dell'elemento
Stato	Codici di verifica relativi alle tensioni normali e alle tensioni tangenziali
Note	Viene riportato il codice relativo alla sezione(s) e relativo al materiale(m);
Pos.	Ascissa del punto di verifica
F ist, F infi	Frecce istantanee e a tempo infinito
Momento	Momento flettente
Taglio	Sollecitazione di taglio
Af inf.	Area di armatura longitudinale posta all'intradosso della trave
Af sup.	Area di armatura longitudinale posta all'estradosso della trave
AfV	Area dell'armatura atta ad assorbire le azioni di taglio
Beff	Base della sezione di cls per l'assorbimento del taglio
<b>simboli utilizzati con il metodo delle tensioni ammissibili:</b>	
sc max	Massima tensione di compressione del calcestruzzo
sf max	Massima tensione nell'acciaio
tau max	Massima tensione tangenziale nel cls
<b>simboli utilizzati con il metodo degli stati limite:</b>	
$x/d$	rapporto tra posizione dell'asse neutro e altezza utile alla rottura della sezione (per sola flessione)
verif.	rapporto $S_d/S_u$ con sollecitazioni ultime proporzionali: valore minore o uguale a 1 per verifica positiva
Verif.V	rapporto $S_d/S_u$ con sollecitazioni taglianti proporzionali: valore minore o uguale a 1 per verifica positiva
rRfck	rapporto tra la massima compressione nel calcestruzzo e la tensione $f_{ck}$ in combinazioni rare [normalizzato a 1]
rFfck	rapporto tra la massima compressione nel calcestruzzo e la tensione $f_{ck}$ in combinazioni frequenti [normalizzato a 1]
rPfck	rapporto tra la massima compressione nel calcestruzzo e la tensione $f_{ck}$ in combinazioni quasi permanenti [normalizzato a 1]

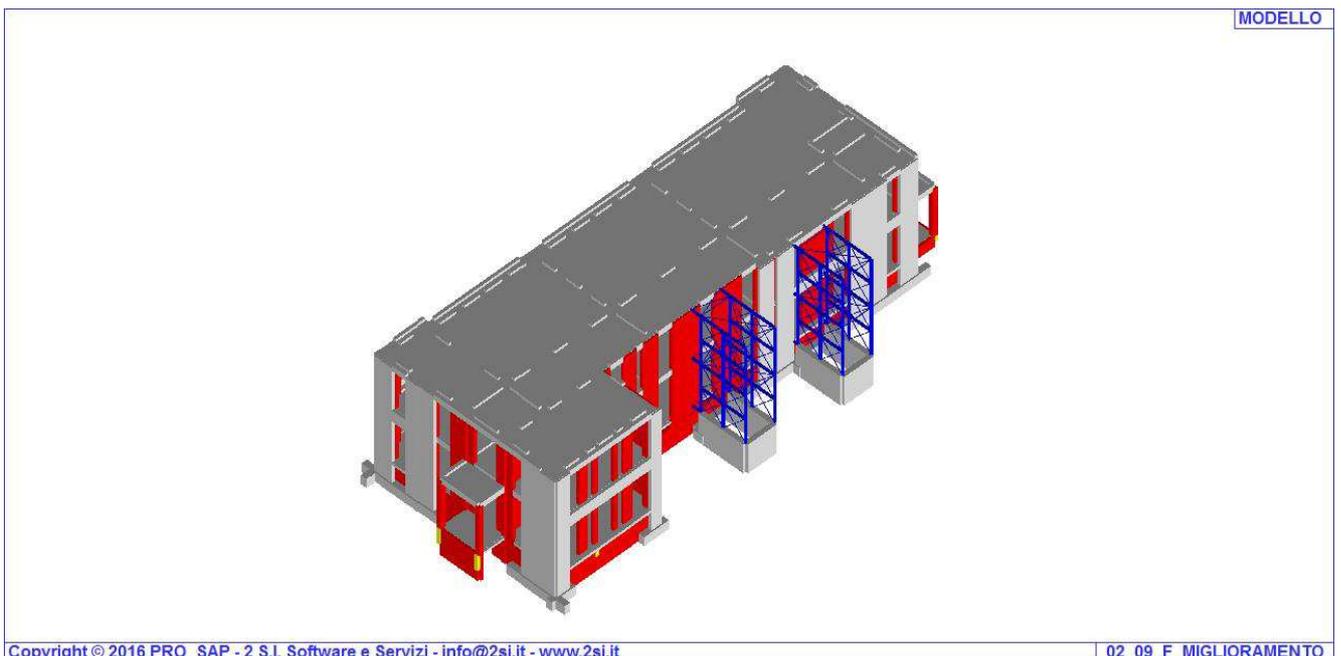
rRfyk	rapporto tra la massima tensione nell'acciaio e la tensione fyk in combinazioni frequenti [normalizzato a 1]
rFyk	rapporto tra la massima tensione nell'acciaio e la tensione fyk in combinazioni rare [normalizzato a 1]
rPfyk	rapporto tra la massima tensione nell'acciaio e la tensione fyk in combinazioni quasi permanenti [normalizzato a 1]
wR	apertura caratteristica delle fessure in combinazioni rare [mm]
wF	apertura caratteristica delle fessure in combinazioni frequenti [mm]
wP	apertura caratteristica delle fessure in combinazioni quasi permanenti [mm]



Copyright © 2016 PRO\_SAP - 2 S.I. Software e Servizi - info@2si.it - www.2si.it

02\_09\_F\_MIGLIORAMENTO

Immagine 7.1 Modello F.E.M. totale, vista assometrica 1 rappresentazione "solido accurato"

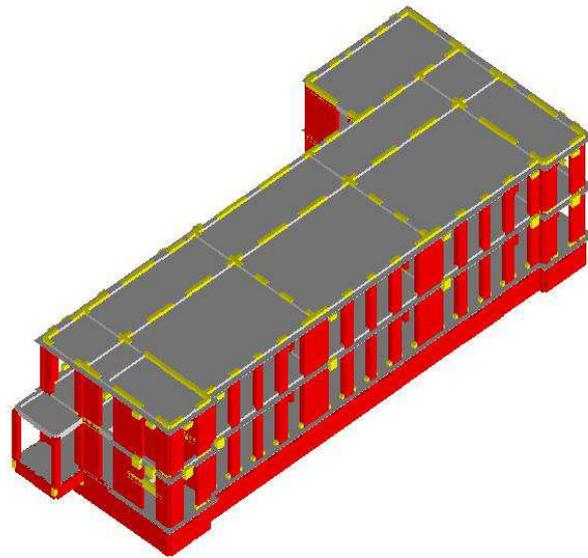


Copyright © 2016 PRO\_SAP - 2 S.I. Software e Servizi - info@2si.it - www.2si.it

02\_09\_F\_MIGLIORAMENTO

Immagine 7.2 Modello F.E.M. totale, vista assometrica 2 rappresentazione "solido accurato"

MODELLO

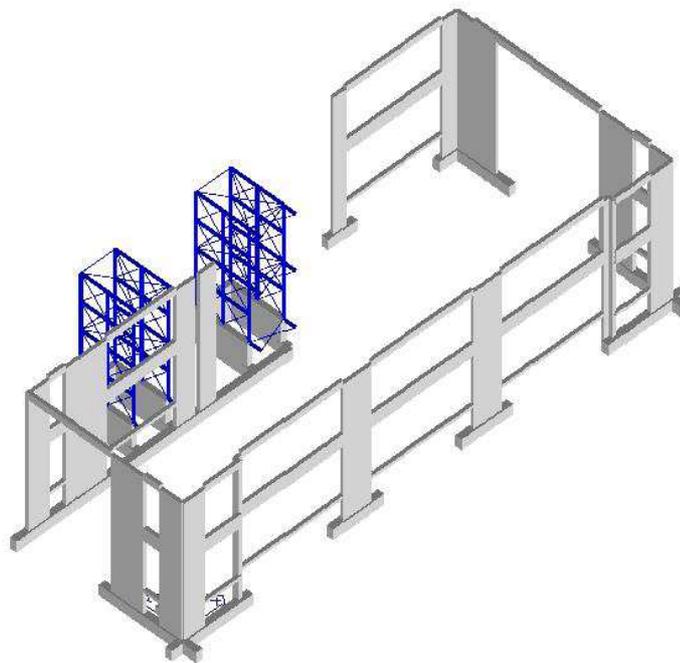


Copyright © 2016 PRO\_SAP - 2 S.I. Software e Servizi - info@2si.it - www.2si.it

02\_09\_F\_MIGLIORAMENTO

Immagine 7.3 Modello F.E.M. strutture esistenti, vista assometrica 3 rappresentazione "solido accurato"

RISULTATI



Copyright © 2016 PRO\_SAP - 2 S.I. Software e Servizi - info@2si.it - www.2si.it

02\_09\_F\_MIGLIORAMENTO

Immagine 7.4 Modello F.E.M. strutture nuove, vista assometrica 4 rappresentazione "solido accurato"

## 8 RISULTATI DELLE ANALISI

I paragrafi che seguono illustrano, principalmente per via grafica, i risultati dei calcoli eseguiti dal software, accompagnati dalle modalità di lettura dei tabulati contenenti i risultati dei calcoli. Per brevità i tabulati si omettono o si riportano solo parzialmente; sono comunque conservati presso lo studio dello scrivente e consultabili in qualsiasi momento.

### 8.1 Risultati analisi sismiche

#### 8.1.1 Legenda tabella analisi sismiche

Il programma consente l'analisi di diverse configurazioni sismiche.

Sono previsti, infatti, i seguenti casi di carico:

- |         |  |
|---------|--|
| 9. Esk  | caso di carico sismico con analisi statica equivalente |
| 10. Edk | caso di carico sismico con analisi dinamica            |

Ciascun caso di carico è caratterizzato da un angolo di ingresso e da una configurazione di masse determinante la forza sismica complessiva.

Nella colonna Note, in funzione della norma in uso sono riportati i parametri fondamentali che caratterizzano l'azione sismica: in particolare possono essere presenti i seguenti valori:

Angolo di ingresso	Angolo di ingresso dell'azione sismica orizzontale
Fattore di importanza	Fattore di importanza dell'edificio, in base alla categoria di appartenenza
Zona sismica	Zona sismica
Accelerazione ag	Accelerazione orizzontale massima sul suolo
Categoria suolo	Categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione
Fattore di struttura q	Fattore dipendente dalla tipologia strutturale
Fattore di sito S	Fattore dipendente dalla stratigrafia e dal profilo topografico
Classe di duttilità CD	Classe di duttilità della struttura – "A" duttilità alta, "B" duttilità bassa
Fattore riduz. SLD	Fattore di riduzione dello spettro elastico per lo stato limite di danno
Periodo proprio T1	Periodo proprio di vibrazione della struttura
Coefficiente Lambda	Coefficiente dipendente dal periodo proprio T1 e dal numero di piani della struttura
Ordinata spettro Sd(T1)	Valore delle ordinate dello spettro di progetto per lo stato limite ultimo, componente orizzontale (verticale Svd)
Ordinata spettro Se(T1)	Valore delle ordinate dello spettro elastico ridotta del fattore SLD per lo stato limite di danno, componente orizzontale (verticale Sve)
Ordinata spettro S (Tb-Tc)	Valore dell' ordinata dello spettro in uso nel tratto costante
numero di modi considerati	Numero di modi di vibrare della struttura considerati nell'analisi dinamica

Per ciascun caso di carico sismico viene riportato l'insieme di dati sottoriportati (le masse sono espresse in unità di forza):

- a) analisi sismica statica equivalente:
  - quota, posizione del centro di applicazione e azione orizzontale risultante, posizione del baricentro delle rigidezze, rapporto  $r/L_s$  (per strutture a nucleo)

- azione sismica complessiva
- b) analisi sismica dinamica con spettro di risposta:
  - quota, posizione del centro di massa e massa risultante, posizione del baricentro delle rigidità, rapporto r/Ls (per strutture a nucleo)
  - frequenza, periodo, accelerazione spettrale, massa eccitata nelle tre direzioni globali per tutti i modi
  - massa complessiva ed aliquota di massa complessiva eccitata.

Per ciascuna combinazione sismica definita SLD o SLO viene riportato il livello di deformazione  $\epsilon_T$  (dr) degli elementi strutturali verticali. Per semplicità di consultazione il livello è espresso anche in unità  $1000 \cdot \epsilon_T/h$  da confrontare direttamente con i valori forniti nella norma ( es. 5 per edifici con tamponamenti collegati rigidamente alla struttura, 10.0 per edifici con tamponamenti collegati elasticamente, 3 per edifici in muratura ordinaria, 4 per edifici in muratura armata).

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
8	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.137 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.450 sec.
			fattore di struttura q: 3.000
			fattore per spost. mu d: 3.172
			classe di duttilità CD: B
			numero di modi considerati: 15
			combinaz. modale: CQC

Modo	Frequenza	Periodo	Acc.spettrale	M efficace X %	M efficace Y %	M efficace Z %	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN	daN	daN		
1	2.221	0.450	0.137	1.110e+06	238.78	0.0	0.0	0.0
2	2.522	0.396	0.137	241.74	1.081e+06	0.0	0.0	0.0
3	3.413	0.293	0.137	19.74	2.564e+04	0.0	0.0	0.0
4	5.384	0.186	0.137	4514.69	0.3	0.0	0.0	0.0
5	5.844	0.171	0.137	0.05	1413.24	0.0	0.0	0.0
6	6.875	0.145	0.140	0.27	2142.12	0.0	0.0	0.0
7	7.954	0.126	0.144	2813.62	0.07	0.0	0.0	0.0
8	8.201	0.122	0.144	0.33	0.35	0.0	0.0	0.0
9	8.475	0.118	0.145	1.11	787.40	0.0	0.0	0.0
10	8.594	0.116	0.145	1.26	886.78	0.0	0.0	0.0
11	9.652	0.104	0.148	349.72	5502.31	0.0	0.0	0.0
12	9.779	0.102	0.148	157.68	1613.29	0.0	0.0	0.0
13	10.056	0.099	0.149	2.246e+05	14.8	0.0	0.0	0.0
14	11.009	0.091	0.150	1.750e+04	1.1	0.0	0.0	0.0
15	11.198	0.089	0.151	438.90	8.56	0.0	0.0	0.0
Risulta				1.361e+06	1.349e+06	0.0		
Inpercentuale				89.41	88.60	0.0		

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
9	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.137 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.453 sec.
			fattore di struttura q: 3.000
			fattore per spost. mu d: 3.158
			classe di duttilità CD: B
			numero di modi considerati: 15
			combinaz. modale: CQC

Modo	Frequenza	Periodo	Acc.Spettral	M efficace X %	M efficace Y %	M efficace Z %	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN	daN	daN		
1	2.207	0.453	0.137	1.099e+06	72.2	1013.71	6.66e-02	0.0
2	2.523	0.396	0.137	2146.65	0.1	1.081e+06	71.0	0.0
3	3.426	0.292	0.137	9671.50	0.6	2.488e+04	1.6	0.0
4	5.441	0.184	0.137	4492.71	0.3	8.74	5.74e-04	0.0
5	5.844	0.171	0.137	0.54	3.55e-05	1413.57	9.29e-02	0.0
6	6.875	0.145	0.140	0.68	4.43e-05	2143.42	0.1	0.0
7	7.187	0.139	0.141	6.26	4.11e-04	0.58	3.81e-05	0.0
8	8.475	0.118	0.145	9.45	6.21e-04	798.13	5.24e-02	0.0
9	8.594	0.116	0.145	2.11	1.39e-04	891.09	5.85e-02	0.0
10	9.123	0.110	0.147	8938.06	0.6	260.69	1.71e-02	0.0
11	9.617	0.104	0.148	6244.62	0.4	119.42	7.84e-03	0.0
12	9.651	0.104	0.148	623.78	4.10e-02	6011.56	0.4	0.0
13	9.779	0.102	0.148	165.18	1.09e-02	1695.39	0.1	0.0
14	9.983	0.100	0.149	1.953e+05	12.8	2.009e+04	1.3	0.0
15	11.083	0.090	0.151	2.727e+04	1.8	2.087e+05	13.7	0.0
Risulta				1.354e+06		1.349e+06	0.0	
Inpercentuale				88.92		88.64	0.0	

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
10	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.137 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.408 sec.
			fattore di struttura q: 3.000
			fattore per spost. mu d: 3.395
			classe di duttilità CD: B
			numero di modi considerati: 15
			combinaz. modale: CQC

Modo	Frequenza	Periodo	Acc.spettrale	M efficace X %	M efficace Y %	M efficace Z %	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN	daN	daN		
1	2.217	0.451	0.137	1.104e+06	72.6	2474.42	0.2	0.0
2	2.449	0.408	0.137	4082.55	0.3	1.024e+06	67.3	0.0
3	3.571	0.280	0.137	2087.37	0.1	8.097e+04	5.3	0.0
4	5.445	0.184	0.137	4597.48	0.3	21.90	1.44e-03	0.0
5	6.237	0.160	0.137	0.28	1.81e-05	1129.84	7.42e-02	0.0
6	6.944	0.144	0.140	0.45	2.96e-05	2209.73	0.1	0.0
7	7.663	0.131	0.143	0.85	5.57e-05	1.08	7.12e-05	0.0
8	8.494	0.118	0.145	0.20	1.30e-05	411.26	2.70e-02	0.0
9	8.669	0.115	0.146	2873.02	0.2	3.26e-03	0.0	0.0
10	9.220	0.108	0.147	28.75	1.89e-03	1869.82	0.1	0.0
11	9.371	0.107	0.147	31.01	2.04e-03	2802.78	0.2	0.0
12	9.969	0.100	0.149	1.456e+05	9.6	9438.13	0.6	0.0
13	10.005	0.100	0.149	2.853e+04	1.9	188.85	1.24e-02	0.0
14	10.297	0.097	0.149	5.116e+04	3.4	3937.61	0.3	0.0
15	11.222	0.089	0.151	1.212e+04	0.8	2.258e+05	14.8	0.0
Risulta				1.356e+06		1.355e+06	0.0	
Inpercentuale				89.05		89.01	0.0	

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
11	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.137 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			periodo proprio T1: 0.393 sec.
			fattore di struttura q: 3.000
			fattore per spost. mu d: 3.486
			classe di duttilità CD: B
			numero di modi considerati: 15
			combinaz. modale: CQC

Modo	Frequenza	Periodo	Acc.Spettral	M efficace X %	M efficace Y %	M efficace Z %	Energia	Energia x v		
	Hz	sec	g	daN	daN	daN				
1	2.217	0.451	0.137	1.107e+06	72.7	531.23	3.49e-02	0.0	0.0	0.0
2	2.542	0.393	0.137	631.16	4.15e-02	1.106e+06	72.6	0.0	0.0	0.0
3	3.398	0.294	0.137	2730.75	0.2	794.27	5.22e-02	0.0	0.0	0.0
4	5.445	0.184	0.137	4606.63	0.3	1.26	8.27e-05	0.0	0.0	0.0
5	5.515	0.181	0.137	0.02	1.59e-06	1641.02	0.1	0.0	0.0	0.0
6	6.807	0.147	0.140	0.48	3.14e-05	2173.09	0.1	0.0	0.0	0.0
7	7.662	0.131	0.143	0.93	6.13e-05	0.20	1.34e-05	0.0	0.0	0.0
8	7.892	0.127	0.143	2.22	1.46e-04	1180.83	7.76e-02	0.0	0.0	0.0
9	8.664	0.115	0.146	1.00	6.58e-05	262.97	1.73e-02	0.0	0.0	0.0
10	8.670	0.115	0.146	2882.80	0.2	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0
11	9.384	0.107	0.147	244.49	1.61e-02	4590.84	0.3	0.0	0.0	0.0
12	9.902	0.101	0.148	1.628e+05	10.7	3.372e+04	2.2	0.0	0.0	0.0
13	10.216	0.098	0.149	95.76	6.29e-03	7571.28	0.5	0.0	0.0	0.0
14	10.272	0.097	0.149	2.054e+04	1.3	1.104e+04	0.7	0.0	0.0	0.0
15	10.724	0.093	0.150	5.454e+04	3.6	1.668e+05	11.0	0.0	0.0	0.0
Risulta				1.356e+06		1.336e+06	0.0			
Inpercentuale				89.10		87.76	0.0			

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
12	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.177 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.450 sec.
			numero di modi considerati: 15
			combinaz. modale: CQC

Modo	Frequenza	Periodo	Acc.Spettral	M efficace X %	M efficace Y %	M efficace Z %	Energia	Energia x v		
	Hz	sec	g	daN	daN	daN				
1	2.221	0.450	0.163	1.110e+06	72.9	238.78	1.57e-02	0.0	0.0	0.0
2	2.522	0.396	0.177	241.74	1.59e-02	1.081e+06	71.0	0.0	0.0	0.0
3	3.413	0.293	0.177	19.74	1.30e-03	2.564e+04	1.7	0.0	0.0	0.0
4	5.384	0.186	0.177	4514.69	0.3	6.06	3.98e-04	0.0	0.0	0.0
5	5.844	0.171	0.177	0.05	3.46e-06	1413.24	9.28e-02	0.0	0.0	0.0
6	6.875	0.145	0.177	0.27	1.80e-05	2142.12	0.1	0.0	0.0	0.0
7	7.954	0.126	0.168	2813.62	0.2	0.07	4.82e-06	0.0	0.0	0.0
8	8.201	0.122	0.165	0.33	2.15e-05	0.35	2.32e-05	0.0	0.0	0.0
9	8.475	0.118	0.162	1.11	7.30e-05	787.40	5.17e-02	0.0	0.0	0.0
10	8.594	0.116	0.160	1.26	8.25e-05	886.78	5.83e-02	0.0	0.0	0.0
11	9.652	0.104	0.151	349.72	2.30e-02	5502.31	0.4	0.0	0.0	0.0
12	9.779	0.102	0.149	157.68	1.04e-02	1613.29	0.1	0.0	0.0	0.0
13	10.056	0.099	0.147	2.246e+05	14.8	1.294e+04	0.9	0.0	0.0	0.0
14	11.009	0.091	0.141	1.750e+04	1.1	2.163e+05	14.2	0.0	0.0	0.0
15	11.198	0.089	0.140	438.90	2.88e-02	8.56	5.63e-04	0.0	0.0	0.0
Risulta				1.361e+06		1.349e+06	0.0			
Inpercentuale				89.41		88.60	0.0			

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
13	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	
			categoria suolo: C

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.177 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.453 sec.
			numero di modi considerati: 15
			combinaz. modale: CQC

Modo	Frequenza	Periodo	Acc.spettrale	M efficace X %	M efficace Y %	M efficace Z %	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN	daN	daN		
1	2.207	0.453	0.162	1.099e+06	72.2	1013.71	6.66e-02	0.0
2	2.523	0.396	0.177	2146.65	0.1	1.081e+06	71.0	0.0
3	3.426	0.292	0.177	9671.50	0.6	2.488e+04	1.6	0.0
4	5.441	0.184	0.177	4492.71	0.3	8.74	5.74e-04	0.0
5	5.844	0.171	0.177	0.54	3.55e-05	1413.57	9.29e-02	0.0
6	6.875	0.145	0.177	0.68	4.43e-05	2143.42	0.1	0.0
7	7.187	0.139	0.177	6.26	4.11e-04	0.58	3.81e-05	0.0
8	8.475	0.118	0.162	9.45	6.21e-04	798.13	5.24e-02	0.0
9	8.594	0.116	0.160	2.11	1.39e-04	891.09	5.85e-02	0.0
10	9.123	0.110	0.155	8938.06	0.6	260.69	1.71e-02	0.0
11	9.617	0.104	0.151	6244.62	0.4	119.42	7.84e-03	0.0
12	9.651	0.104	0.151	623.78	4.10e-02	6011.56	0.4	0.0
13	9.779	0.102	0.149	165.18	1.09e-02	1695.39	0.1	0.0
14	9.983	0.100	0.148	1.953e+05	12.8	2.009e+04	1.3	0.0
15	11.083	0.090	0.140	2.727e+04	1.8	2.087e+05	13.7	0.0
Risulta				1.354e+06		1.349e+06	0.0	
Inpercentuale				88.92		88.64	0.0	

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
14	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.177 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.408 sec.
			numero di modi considerati: 15
			combinaz. modale: CQC

Modo	Frequenza	Periodo	Acc.spettrale	M efficace X %	M efficace Y %	M efficace Z %	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN	daN	daN		
1	2.217	0.451	0.163	1.104e+06	72.6	2474.42	0.2	0.0
2	2.449	0.408	0.177	4082.55	0.3	1.024e+06	67.3	0.0
3	3.571	0.280	0.177	2087.37	0.1	8.097e+04	5.3	0.0
4	5.445	0.184	0.177	4597.48	0.3	21.90	1.44e-03	0.0
5	6.237	0.160	0.177	0.28	1.81e-05	1129.84	7.42e-02	0.0
6	6.944	0.144	0.177	0.45	2.96e-05	2209.73	0.1	0.0
7	7.663	0.131	0.171	0.85	5.57e-05	1.08	7.12e-05	0.0
8	8.494	0.118	0.161	0.20	1.30e-05	411.26	2.70e-02	0.0
9	8.669	0.115	0.160	2873.02	0.2	3.26e-03	0.0	0.0
10	9.220	0.108	0.154	28.75	1.89e-03	1869.82	0.1	0.0
11	9.371	0.107	0.153	31.01	2.04e-03	2802.78	0.2	0.0
12	9.969	0.100	0.148	1.456e+05	9.6	9438.13	0.6	0.0
13	10.005	0.100	0.148	2.853e+04	1.9	188.85	1.24e-02	0.0
14	10.297	0.097	0.146	5.116e+04	3.4	3937.61	0.3	0.0
15	11.222	0.089	0.139	1.212e+04	0.8	2.258e+05	14.8	0.0
Risulta				1.356e+06		1.355e+06	0.0	
Inpercentuale				89.05		89.01	0.0	

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
15	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.500
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.177 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.393 sec.
			numero di modi considerati: 15
			combinaz. modale: CQC

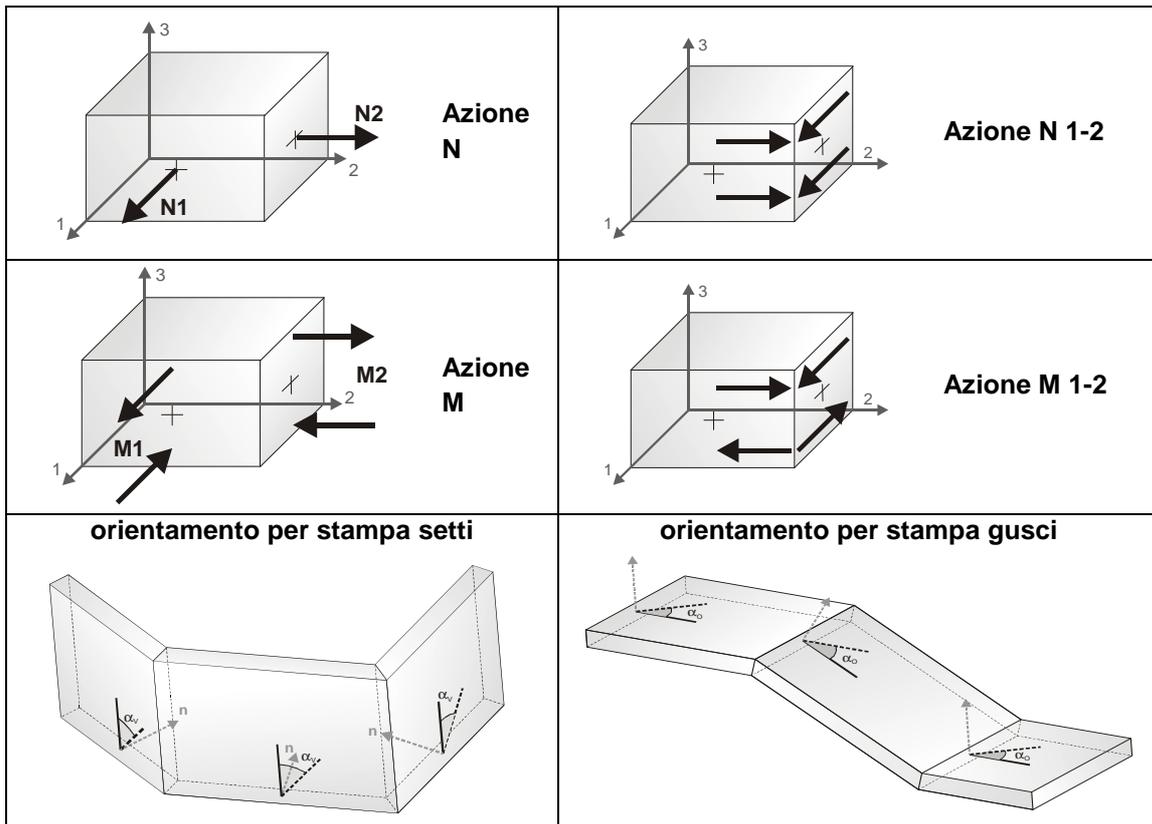
Modo	Frequenza	Periodo	Acc.Spettral	M efficace X %	M efficace Y %	M efficace Z %	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN	daN	daN		
1	2.217	0.451	0.163	1.107e+06	72.7	531.23	3.49e-02	0.0
2	2.542	0.393	0.177	631.16	4.15e-02	1.106e+06	72.6	0.0
3	3.398	0.294	0.177	2730.75	0.2	794.27	5.22e-02	0.0
4	5.445	0.184	0.177	4606.63	0.3	1.26	8.27e-05	0.0
5	5.515	0.181	0.177	0.02	1.59e-06	1641.02	0.1	0.0
6	6.807	0.147	0.177	0.48	3.14e-05	2173.09	0.1	0.0
7	7.662	0.131	0.171	0.93	6.13e-05	0.20	1.34e-05	0.0
8	7.892	0.127	0.168	2.22	1.46e-04	1180.83	7.76e-02	0.0
9	8.664	0.115	0.160	1.00	6.58e-05	262.97	1.73e-02	0.0
10	8.670	0.115	0.160	2882.80	0.2	0.01	0.0	0.0
11	9.384	0.107	0.153	244.49	1.61e-02	4590.84	0.3	0.0
12	9.902	0.101	0.149	1.628e+05	10.7	3.372e+04	2.2	0.0
13	10.216	0.098	0.146	95.76	6.29e-03	7571.28	0.5	0.0
14	10.272	0.097	0.146	2.054e+04	1.3	1.104e+04	0.7	0.0
15	10.724	0.093	0.143	5.454e+04	3.6	1.668e+05	11.0	0.0
Risultato				1.356e+06		1.336e+06	0.0	
percentuale				89.10		87.76	0.0	

## 8.2 RISULTATI ELEMENTI TIPO SHELL

### 8.2.1 Legenda risultati elementi tipo shell

Il controllo dei risultati delle analisi condotte, per quanto concerne gli elementi tipo shell, è possibile in relazione alle tabelle sottoriportate.

Per ogni elemento, e per ogni combinazione(o caso di carico) vengono riportati i risultati più significativi.



In particolare vengono riportati in ogni nodo di un elemento per ogni combinazione:

tensione di Von Mises	(valore riassuntivo del complessivo stato di sollecitazione)	
N max	sforzo membranale principale massimo	
N min	sforzo membranale principale minimo	
M max	sforzo flessionale principale massimo	
M min	sforzo flessionale principale minimo	
N1	N2	sforzi membranali e flessionali in direzione locale 1 e 2 dell'elemento (lo sforzo 2-1 è uguale allo sforzo 1-2 per la reciprocità delle tensioni tangenziali)
N1-2	M1	
M2	M1-2	

I suddetti risultati possono a scelta del progettista essere preceduti o sostituiti da valori di sollecitazione non più riferiti al sistema locale dell'elemento ma al sistema globale.

In questo caso gli elementi vengono raggruppati in gruppi (M\_S: macro gusci o macro setti, raggruppati per materiale, spessore, e posizione fisica) per la valutazione dei valori mediati ai nodi appartenenti agli elementi dei gruppi stessi.

I valori di sollecitazione sono, in questo caso, riferiti ad una terna specifica del gruppo ruotata di  $\alpha_0$  attorno all'asse Z per i gusci e ruotata di  $\alpha_v$  attorno alla normale (che per definizione è orizzontale) al piano del setto. Per i setti, in particolare, se  $\alpha_v$  è zero, l'asse '1-1 rappresenta la verticale e l'asse '2-2 l'orizzontale contenuta nel setto.

Le azioni sui setti possono essere espresse anche con formato macro, cioè riferite all'intero macroelemento. In particolare vengono riportati per ogni quota Z dei nodi e per ogni combinazione i seguenti valori:

N memb.	Azione membranale complessiva agente sulla parete in direzione Z
V memb.	Azione complessiva di taglio agente nel piano del macroelemento
V orto	Azione complessiva di taglio agente in direzione perpendicolare al macroelemento
M memb.	Azione flessionale complessiva agente nel piano del macroelemento
M orto	Azione flessionale complessiva agente in direzione perpendicolare al macroelemento
T	Azione torsionale complessiva agente nel piano orizzontale

### 8.2.2 Sintesi dei risultati delle analisi

I risultati delle analisi si riferiscono al calcolo effettuato, sull'edificio esistente e sulla struttura migliorata, con l'azione sismica descritta nei paragrafi precedenti. Si mostrano immagini che illustrano i valori di involucpo delle principali sollecitazioni (sforzo normale N, taglio V e momento flettente M) riguardanti i macroelementi in calcestruzzo, le azioni sui pali e le deformazioni. I diagrammi e gli spostamenti sono coerenti con la geometria e con la modellazione della struttura.

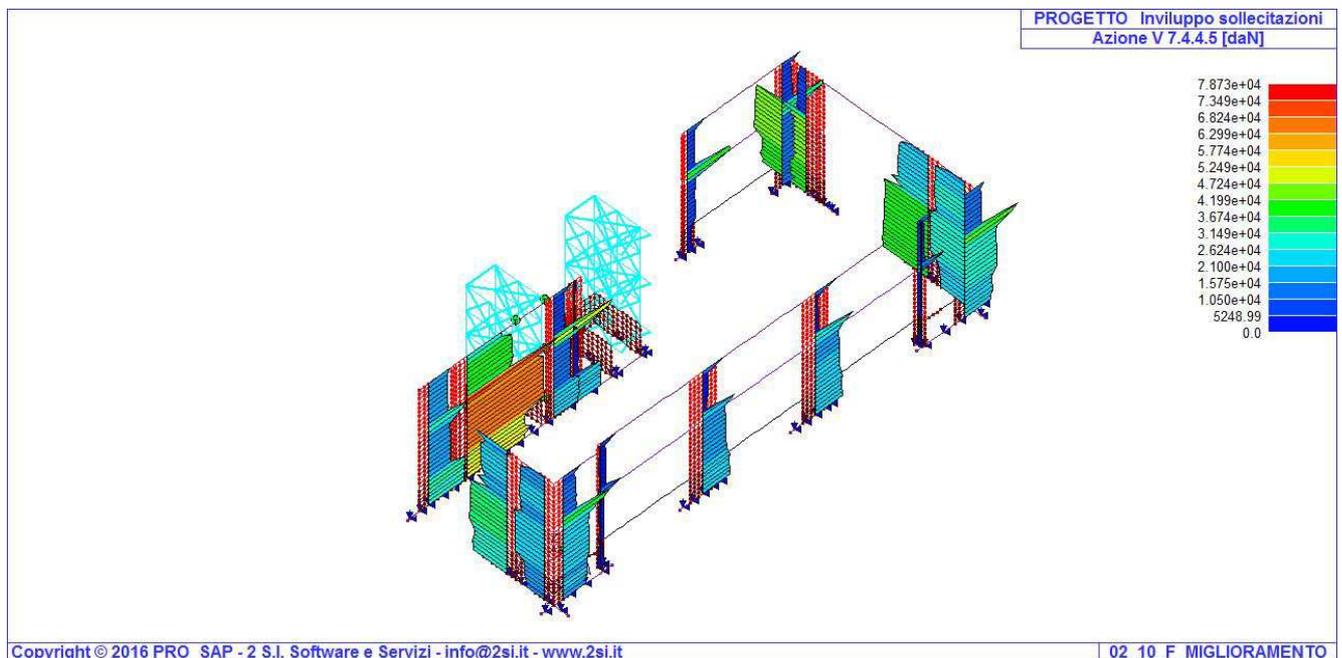
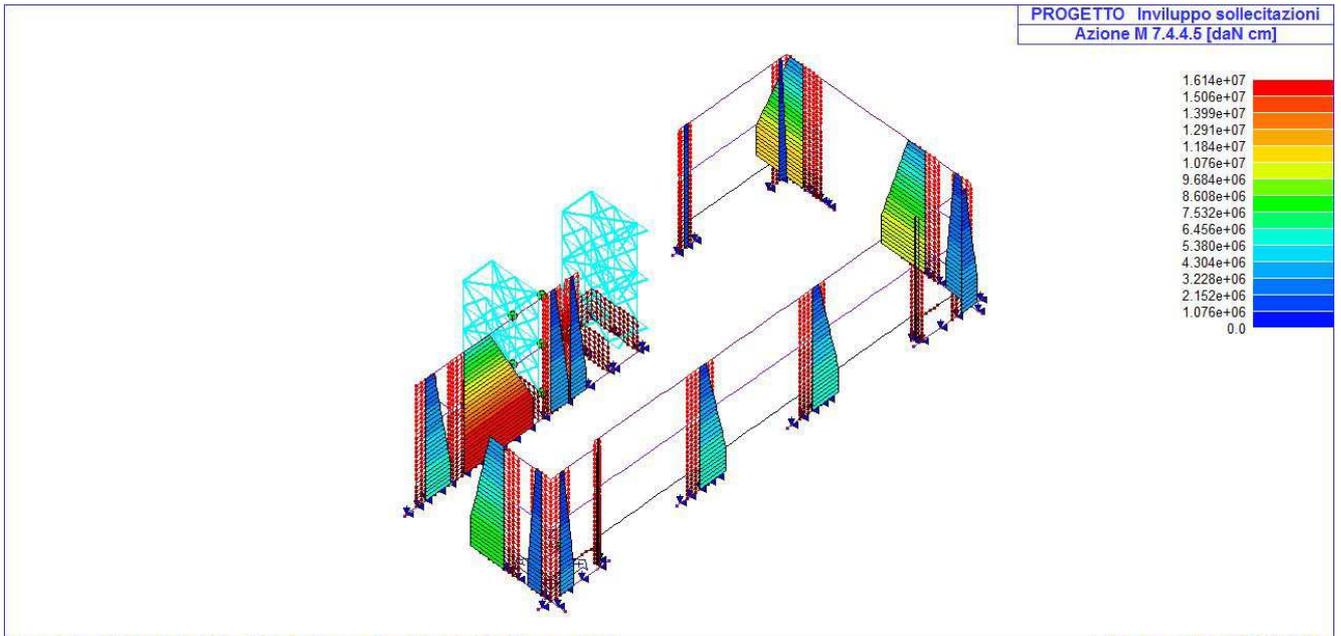


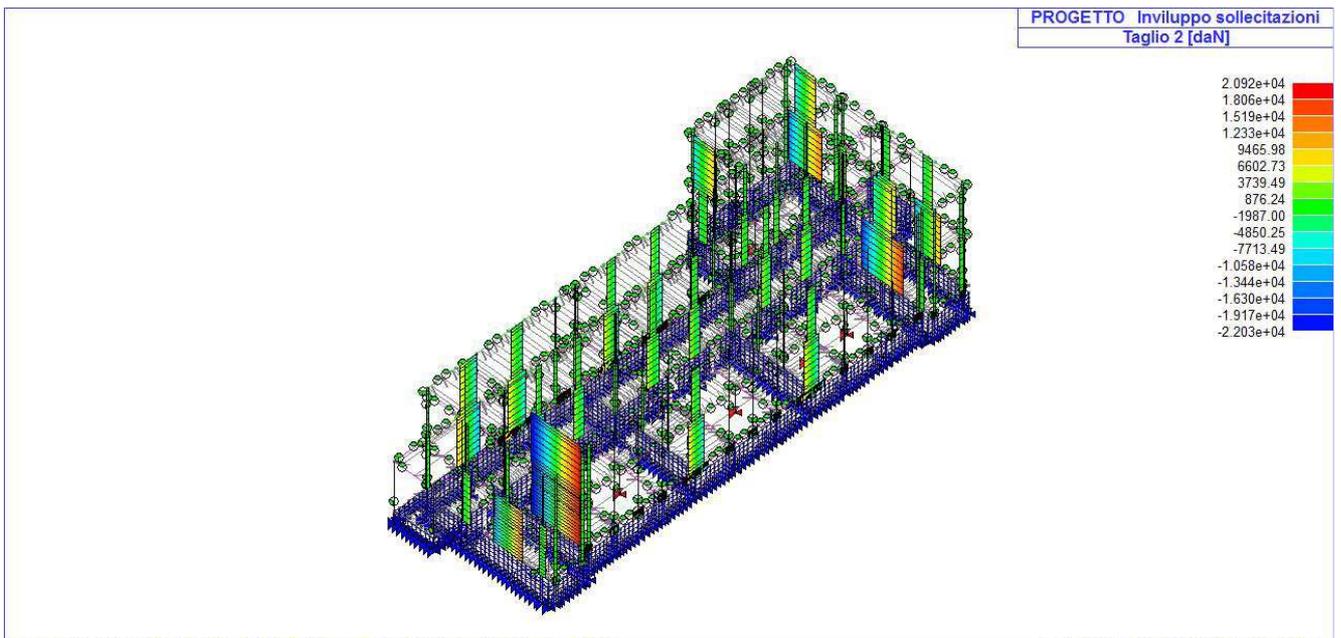
Immagine 8.1 Edificio nuovo - Macroelementi setti calcestruzzo – Involuppo azione V membranale



Copyright © 2016 PRO\_SAP - 2 S.I. Software e Servizi - info@2si.it - www.2si.it

02\_10\_F\_MIGLIORAMENTO

Immagine 8.2 Edificio nuovo - Macroelementi setti calcestruzzo – Involuppo azione M membranale



Copyright © 2016 PRO\_SAP - 2 S.I. Software e Servizi - info@2si.it - www.2si.it

01\_04\_F\_MURATURA D2 NO COP

Immagine 8.3 Edificio esistente - Maschi murari – Involuppo azione N membranale

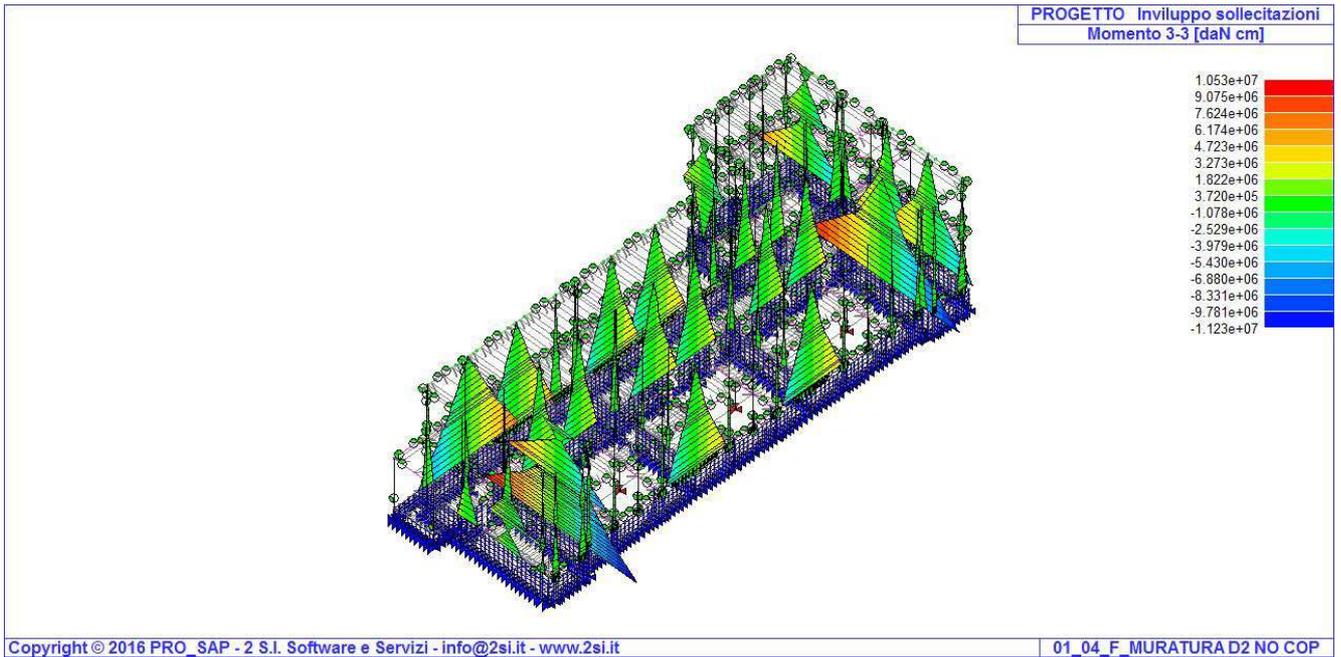


Immagine 8.4 Edificio esistente - Maschi murari – Involuppo azione M membranale

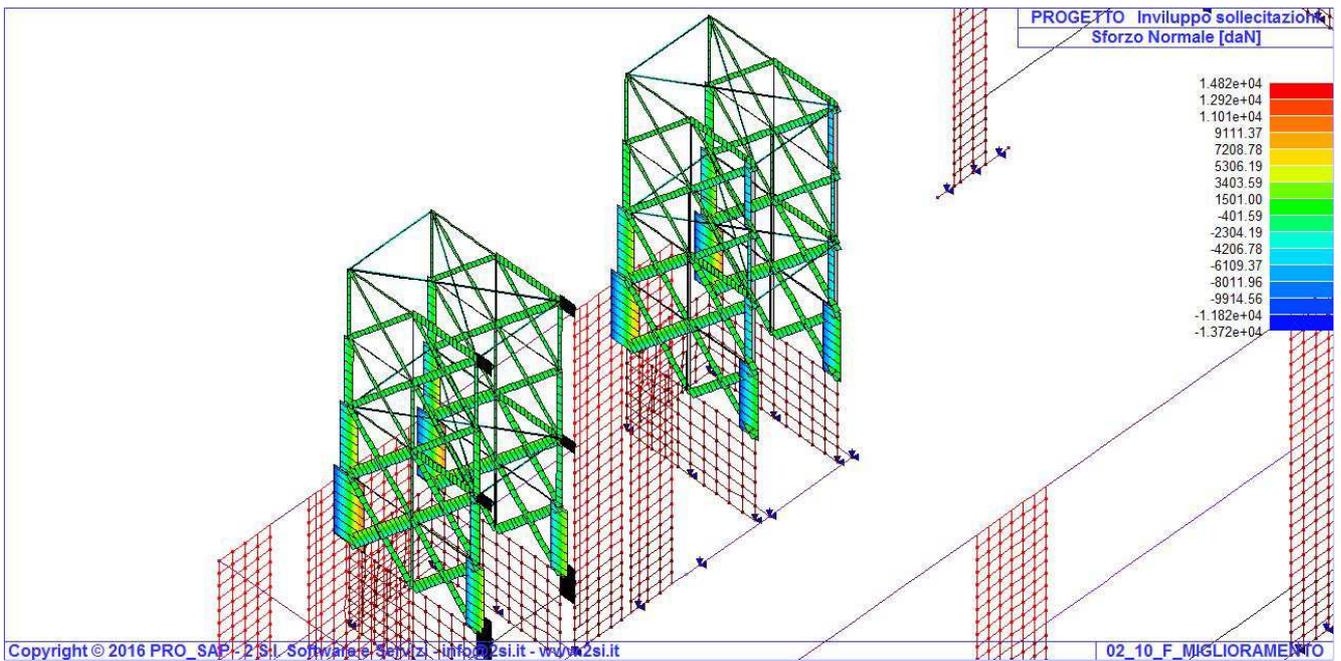


Immagine 8.5 Edificio migliorato - Strutture in acciaio – Involuppo azione V

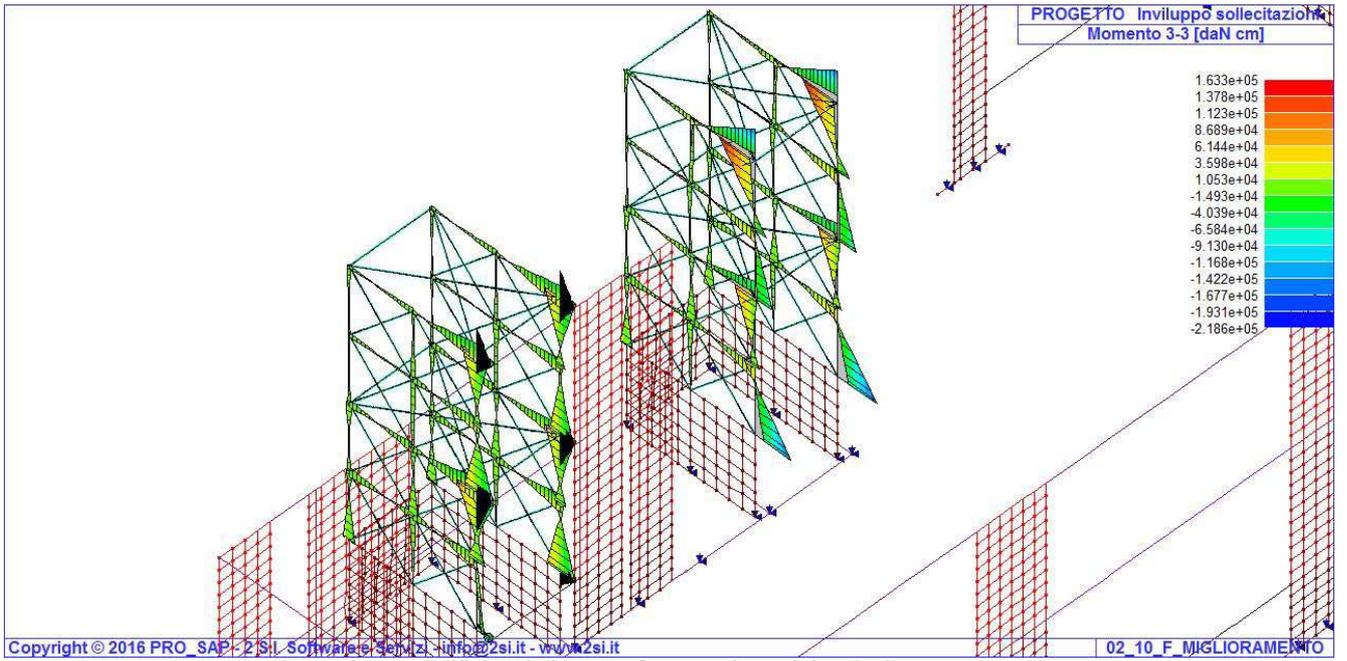


Immagine 8.6 Edificio migliorato - Strutture in acciaio – Involuppo azione M3

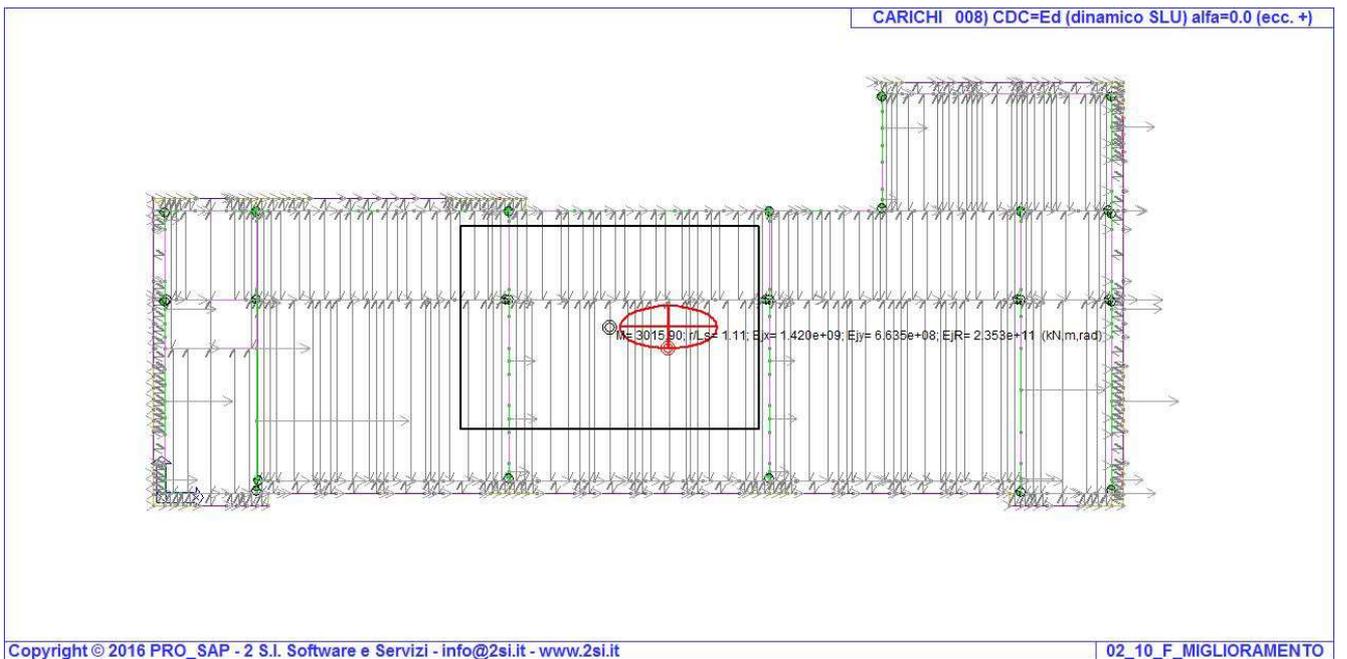


Immagine 8.7 Edificio migliorato - - Posizione del centro di taglio

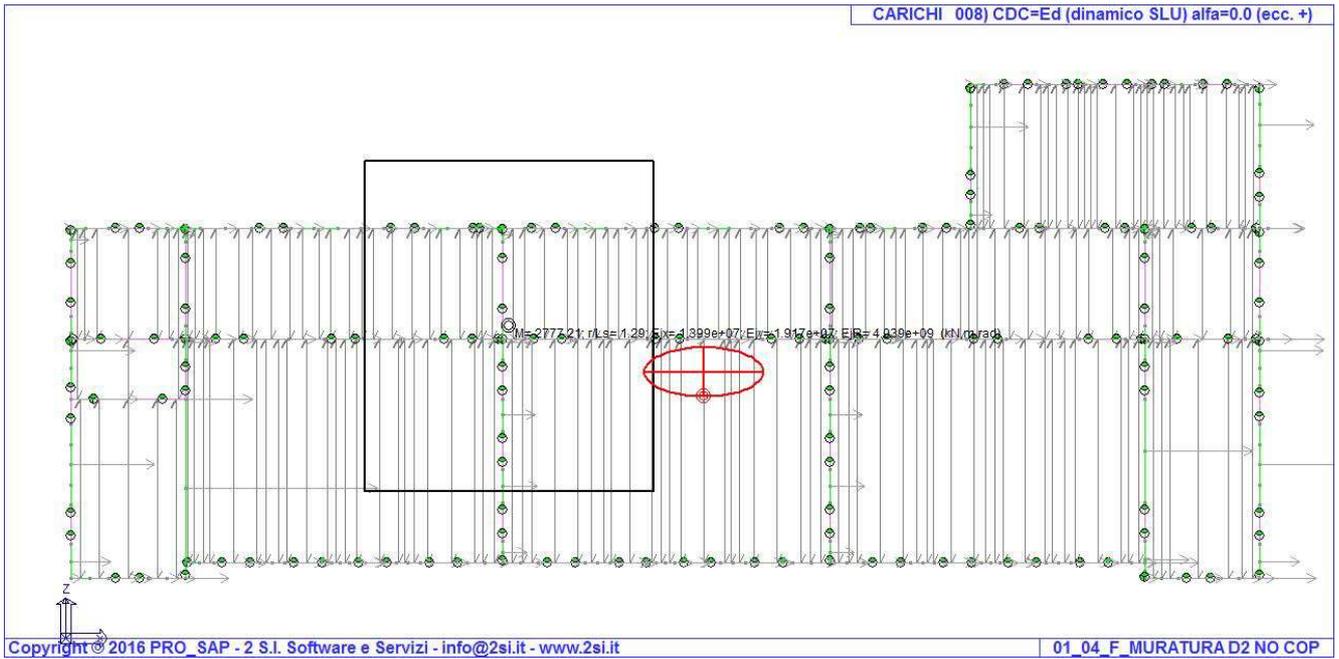


Immagine 8.8 Edificio esistente - Posizione del centro di taglio

Come si evince dalle immagini, il centro di taglio nella struttura nuova, rappresentato dal rettangolo nero, considerando anche i maschi murari esistenti, è più vicino al baricentro delle masse (ellisse rosso che rappresenta anche le eccentricità accidentali). Questo mette in evidenza come l'intervento equilibri l'edificio nei confronti delle azioni sismiche.

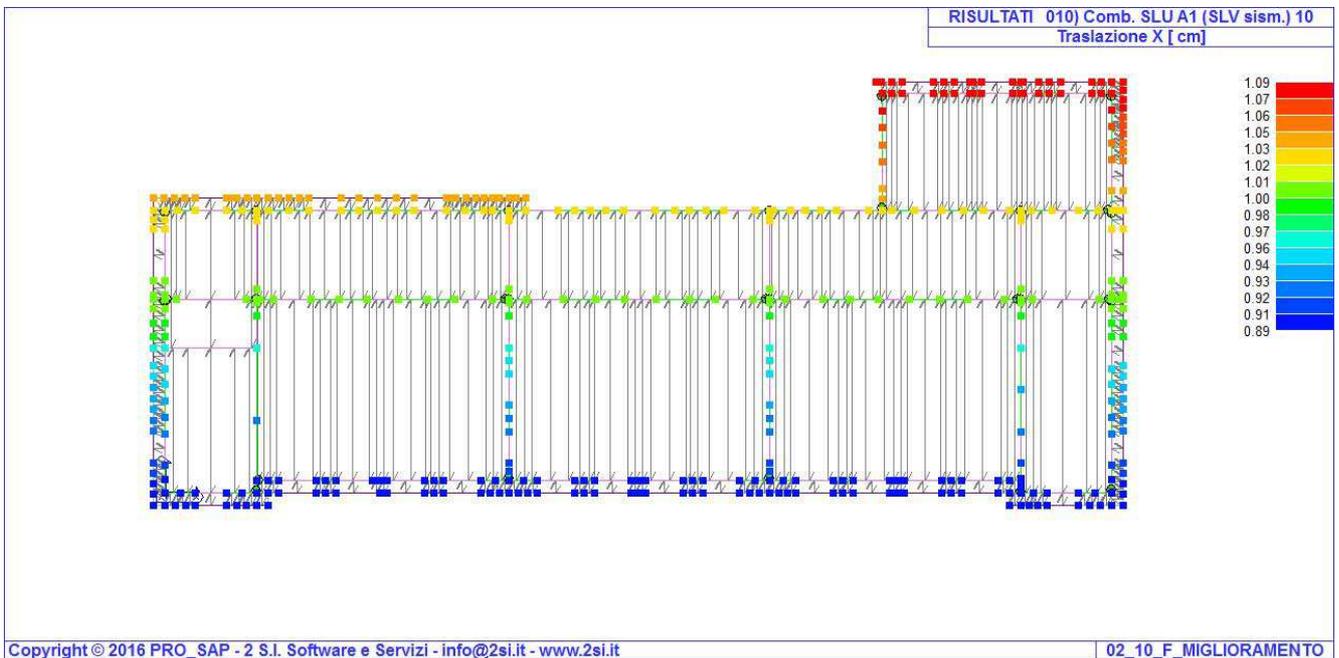


Immagine 8.9 Edificio migliorato - Solai di copertura – Massimo spostamento in X – CMB 10

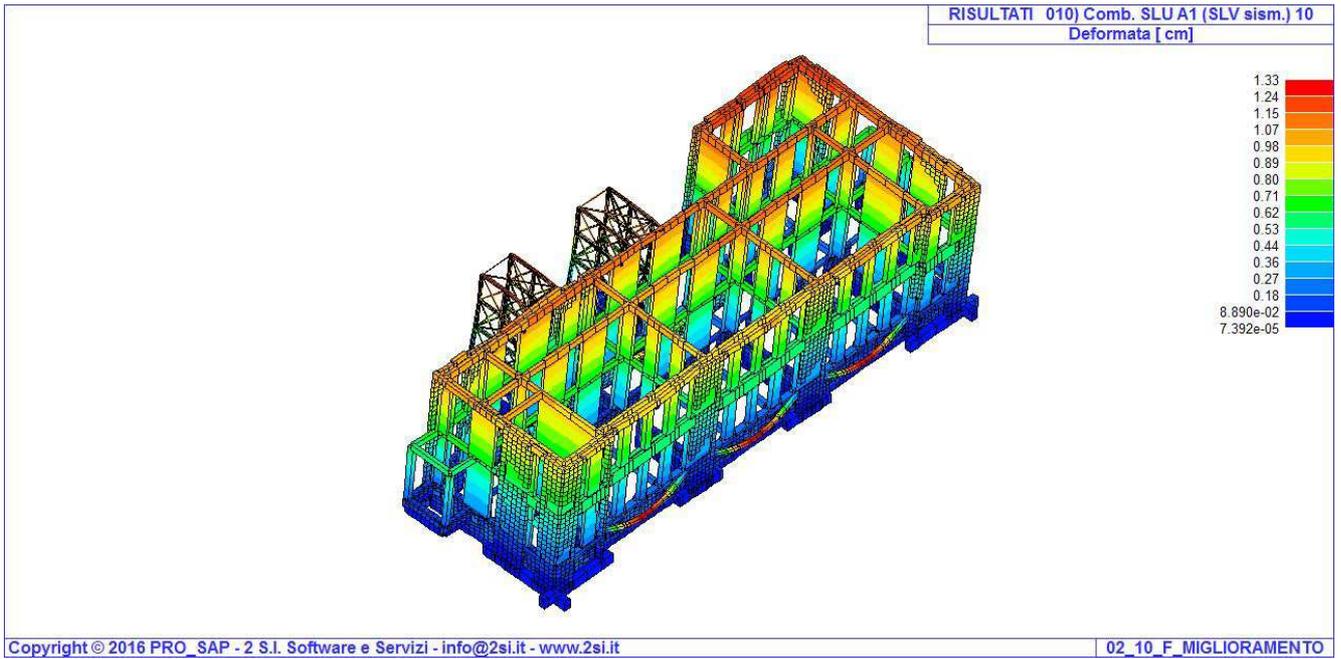


Immagine 8.10 Edificio migliorato - Deformata in CMB 10

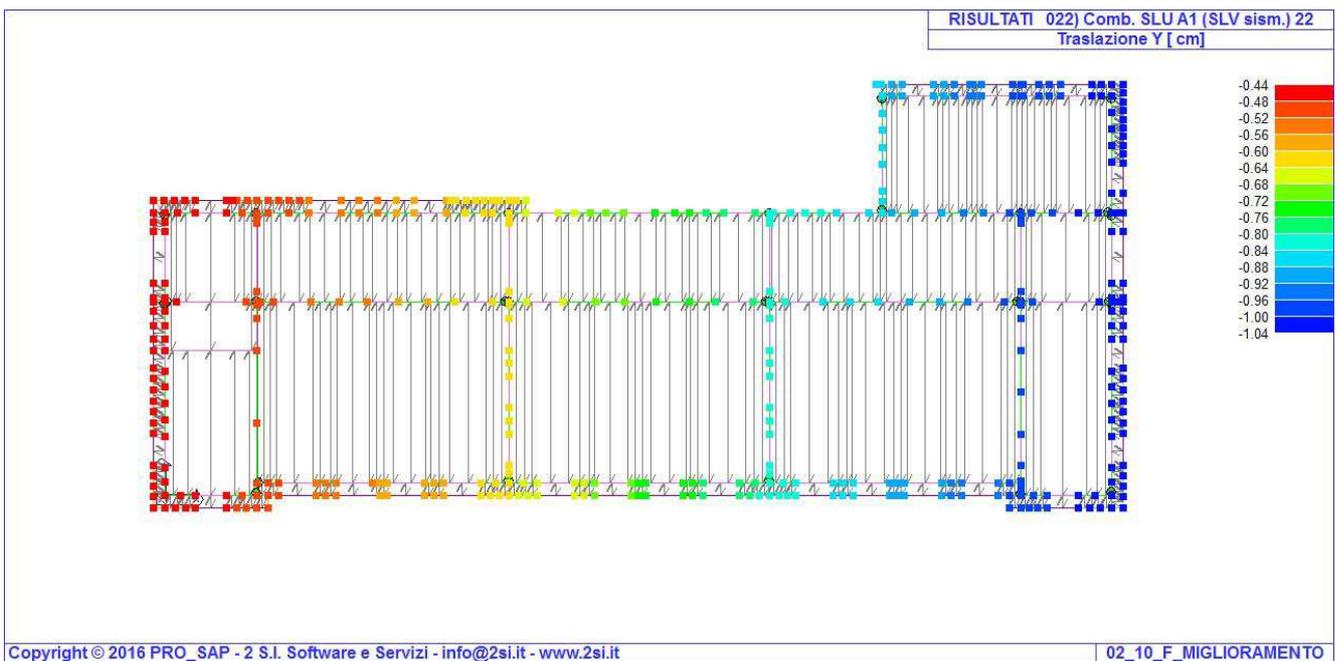


Immagine 8.11 Edificio migliorato - Solaio di copertura – Massimo spostamento in Y – CMB 22

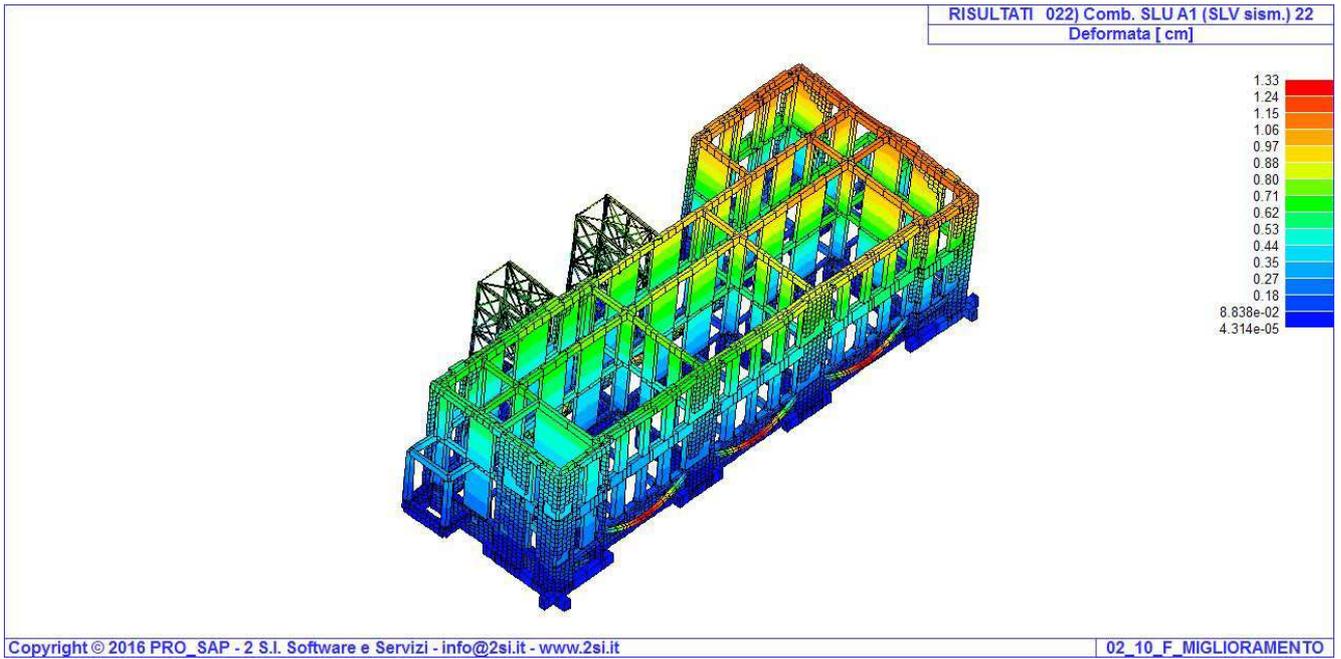


Immagine 8.12 Edificio migliorato - Deformata in CMB 22

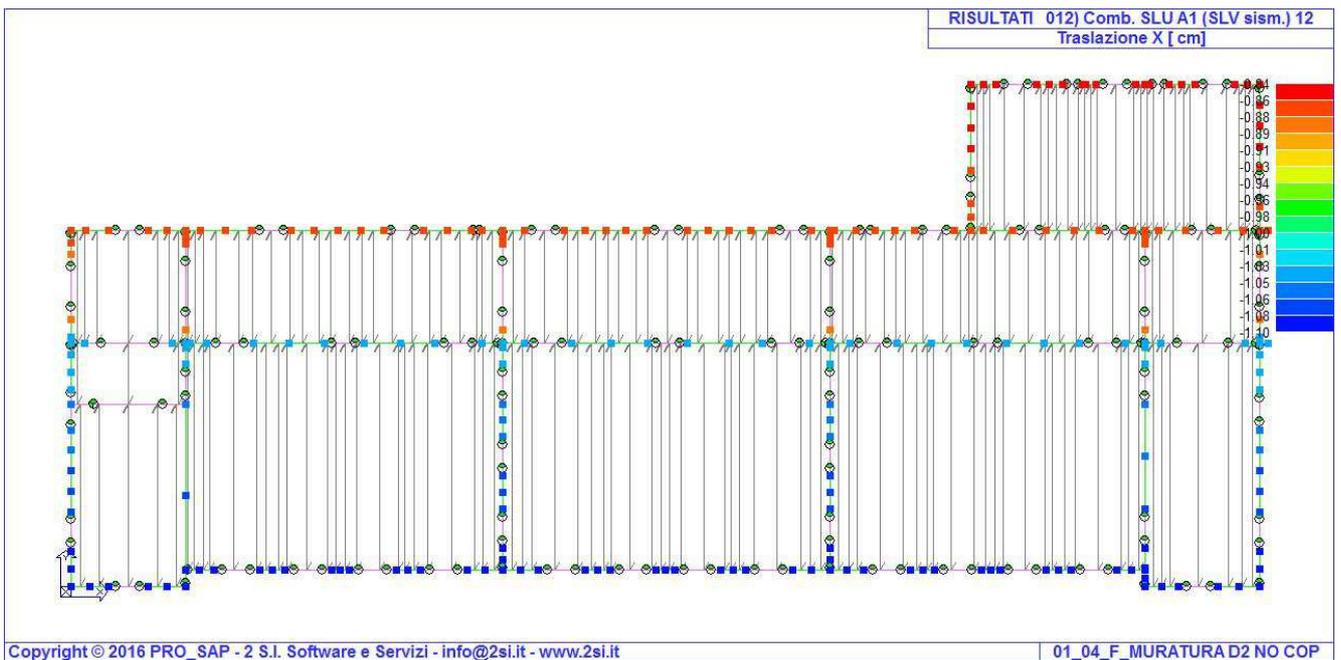
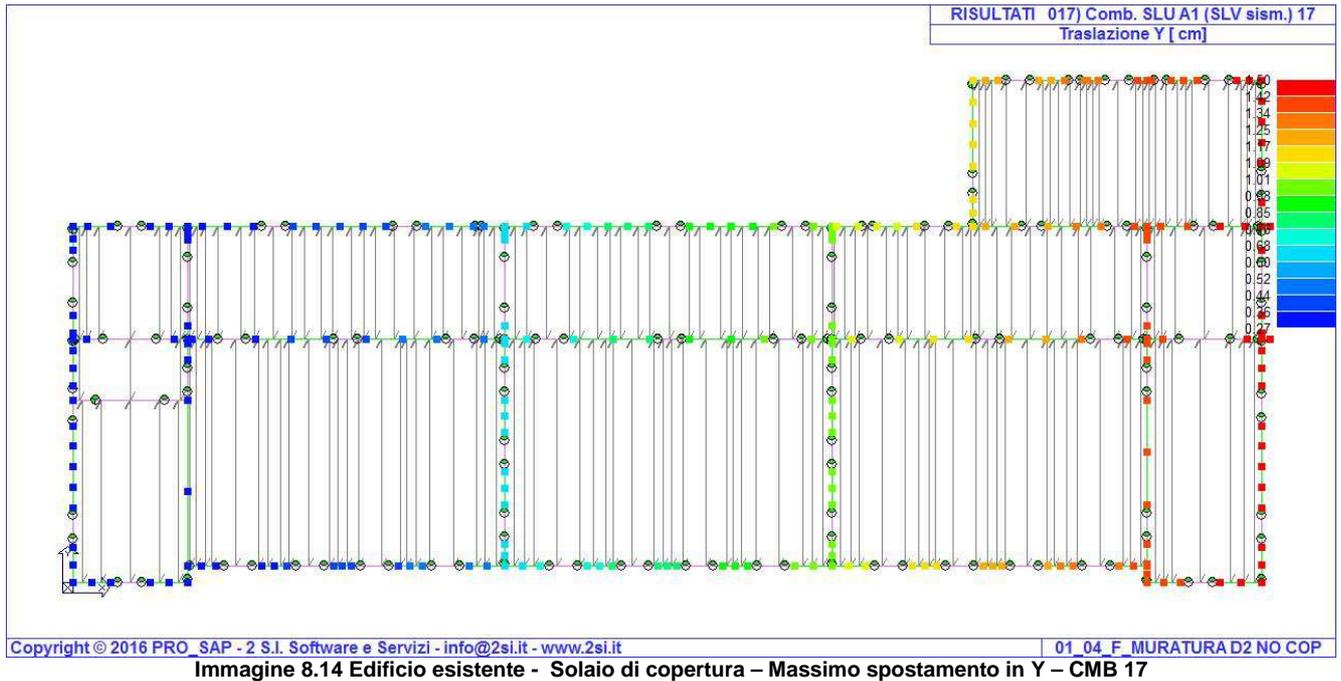


Immagine 8.13 Edificio esistente - Solaio di copertura – Massimo spostamento in X – CMB 12



Come si evince dalle immagini, all'ultimo piano, gli spostamenti della nuova struttura non si allontanano molto da quelli della struttura esistente. Gli spostamenti reali presunti vanno corretti dei fattori  $\mu_d$ , per tener conto della duttilità. Il modello della struttura esistente non tiene conto dei cedimenti, pur minimi, delle fondazioni alla base dei maschi murari, motivo per cui, probabilmente, gli spostamenti reali attesi potrebbero essere maggiori; d'altro canto, le analisi svolte sulla struttura esistente, che invece poggia direttamente su molle elastiche offerte dai pali, risentono dei cedimenti alla base e restituiscono spostamenti probabilmente maggiori di quelli reali. In ogni caso i periodi di vibrazione risultanti dalle analisi sono collocati sul plateau dello spettro, e quindi i valori delle azioni considerate dalle analisi corrispondono comunque al massimo raggiungibile. Dal punto di vista della compatibilità della struttura esistente agli spostamenti ottenuti con un'analisi che considera resistenti solamente le nuove strutture, considerando la differenza di spostamento tra il piano delle fondazioni e il piano sottotetto, il drift è pari a  $d_r = 3,64 / 1065 \text{ cm} = 0,0034$ , pari a circa 0,003, che rappresenta il limite imposto dalla norma per il rispetto degli SLD per le strutture in muratura; questo equivale a dire che la struttura esistente, oltre a contribuire con la propria rigidità, qui trascurata, a ridurre ulteriormente gli spostamenti dell'intera struttura, è in grado di rimanere in campo elastico durante azioni sismiche.

La tabella sottostante illustra gli spostamenti corretti attesi nei due casi, in entrambe le direzioni.

	STRUTTURA NUOVA	STRUTTURA ESISTENTE
SPOSTAMENTI IN X (DA CALCOLO) (cm)	1,09	1,10
SPOSTAMENTI IN Y (DA CALCOLO) (cm)	1,04	1,50
VALORE DI $\mu_d$ IN DIREZIONE X	3,22	3,13

VALORE DI $\mu d$ IN DIREZIONE Y	3,50	3,27
SPOSTAMENTI IN X (CORRETTI) (cm)	3,51	3,44
SPOSTAMENTI IN Y (CORRETTI) (cm)	3,64	4,91

Tabella 1 – Massimi spostamenti sismici e loro confronto

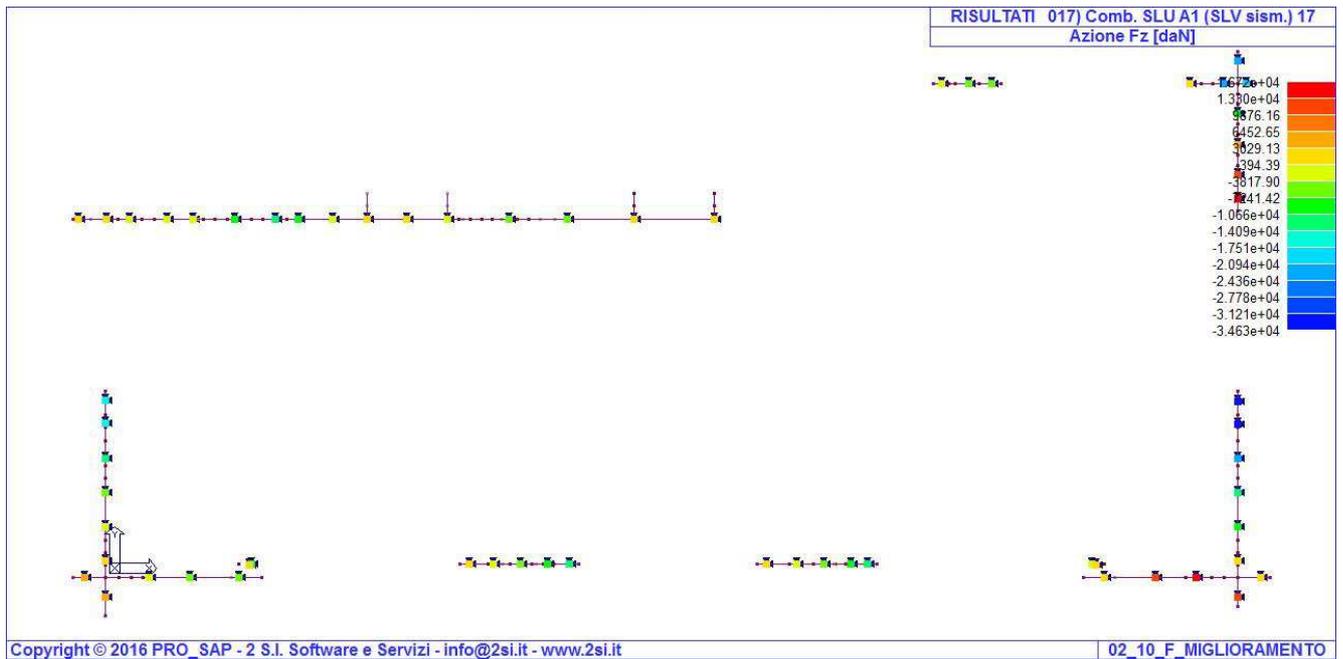


Immagine 8.15 Edificio migliorato - Pali di fondazione – Max azione di compressione

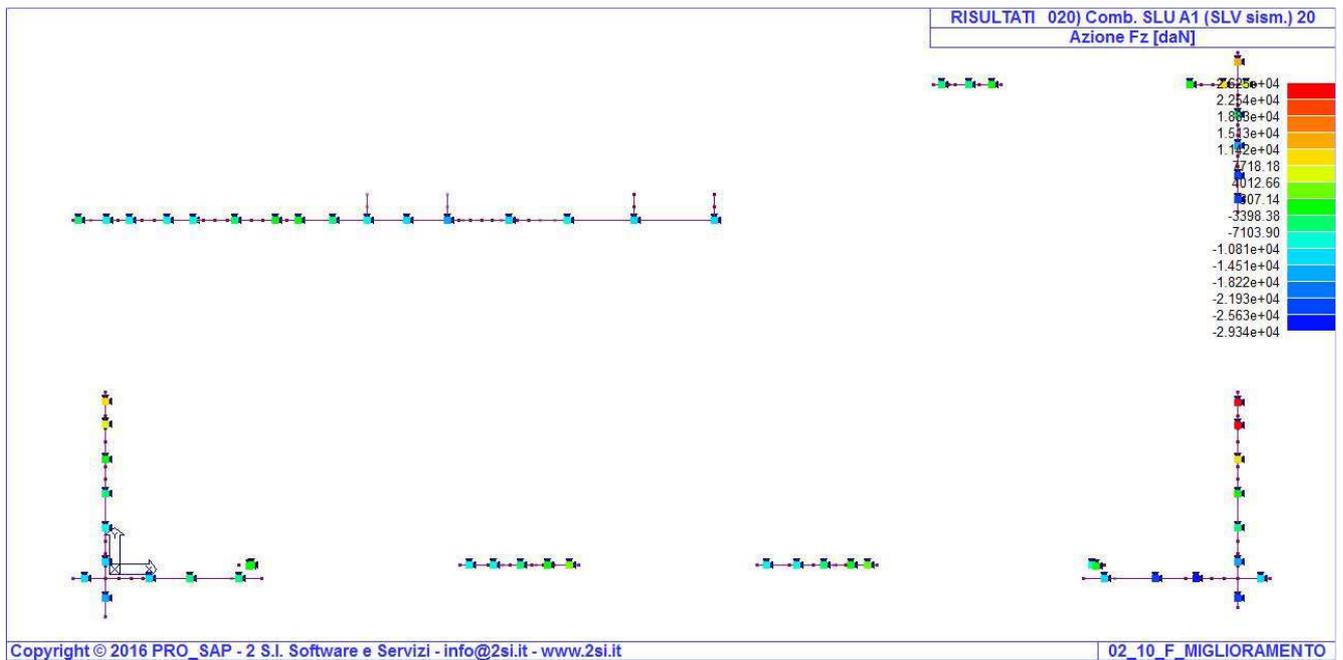


Immagine 8.16 Edificio nuovo - Pali di fondazione – Max azione di trazione

La massima azione di compressione sui pali è pari a 34630 daN, minore della resistenza limite, che è pari a 35200 daN; la massima azione di trazione sui pali è pari a 26250 daN, minore della resistenza limite, che è pari a 28310 daN.

## 9 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI

I paragrafi che seguono illustrano, principalmente per via grafica, i risultati delle verifiche eseguite dal software, accompagnati dalle modalità di lettura dei tabulati contenenti i risultati. Per brevità i tabulati si omettono o si riportano solo parzialmente; sono comunque conservati presso lo studio dello scrivente e consultabili in qualsiasi momento. Nota: in tutte le rappresentazioni grafiche di verifica, si intende verificato un elemento cui è attribuito un valore inferiore o uguale ad 1, inteso come rapporto tra sollecitazione di calcolo da progetto e sollecitazione resistente. Qualora tale valore superi il valore massimo riportato nella scala a lato, l'elemento non viene rappresentato a colori ma trasparente.

### 9.1.1 Sintesi delle verifiche sugli elementi strutturali: setti in c.a.

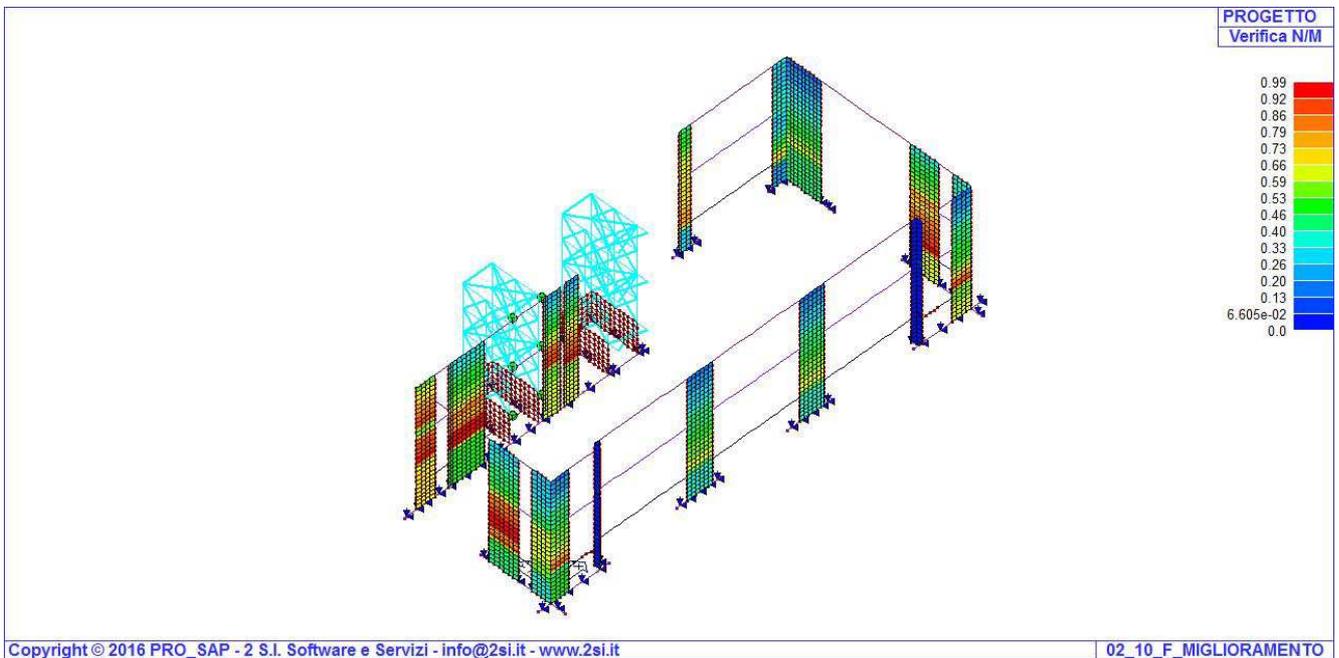


Immagine 9.1 Edificio nuovo - Verifica dei setti in c.a. – Verifica N-M

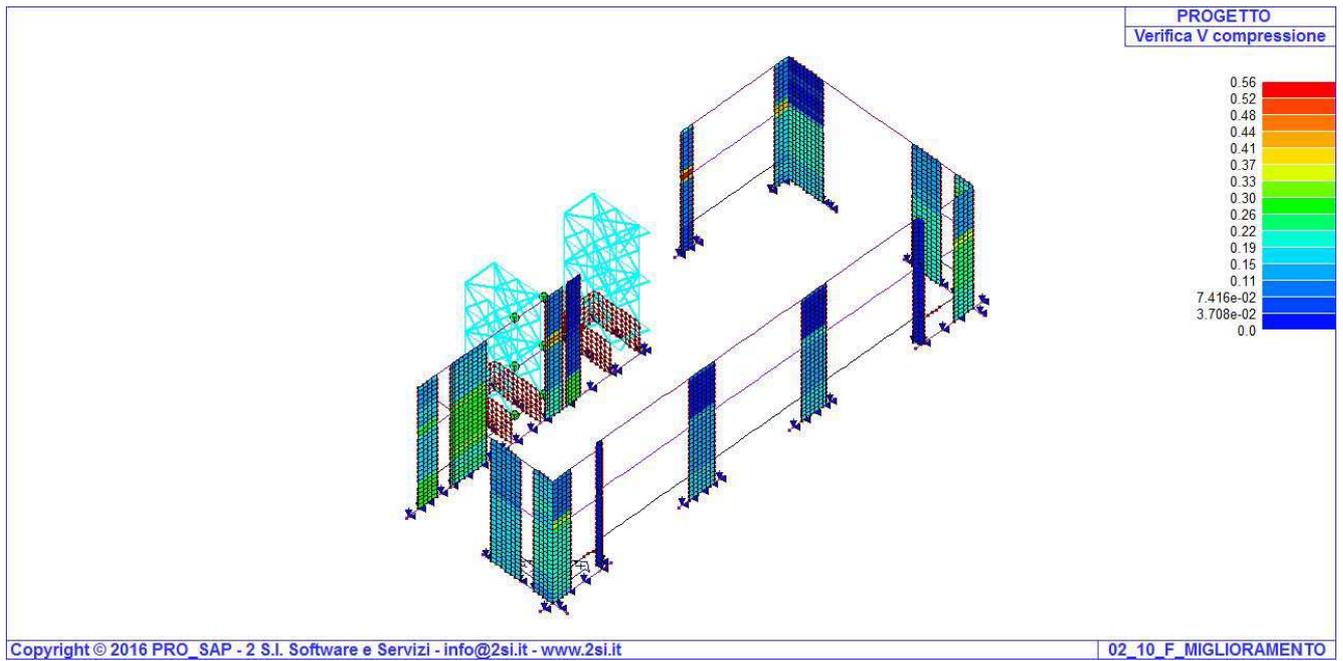


Immagine 9.2 Edificio nuovo - Verifica dei setti in c.a. – Verifica V compressione

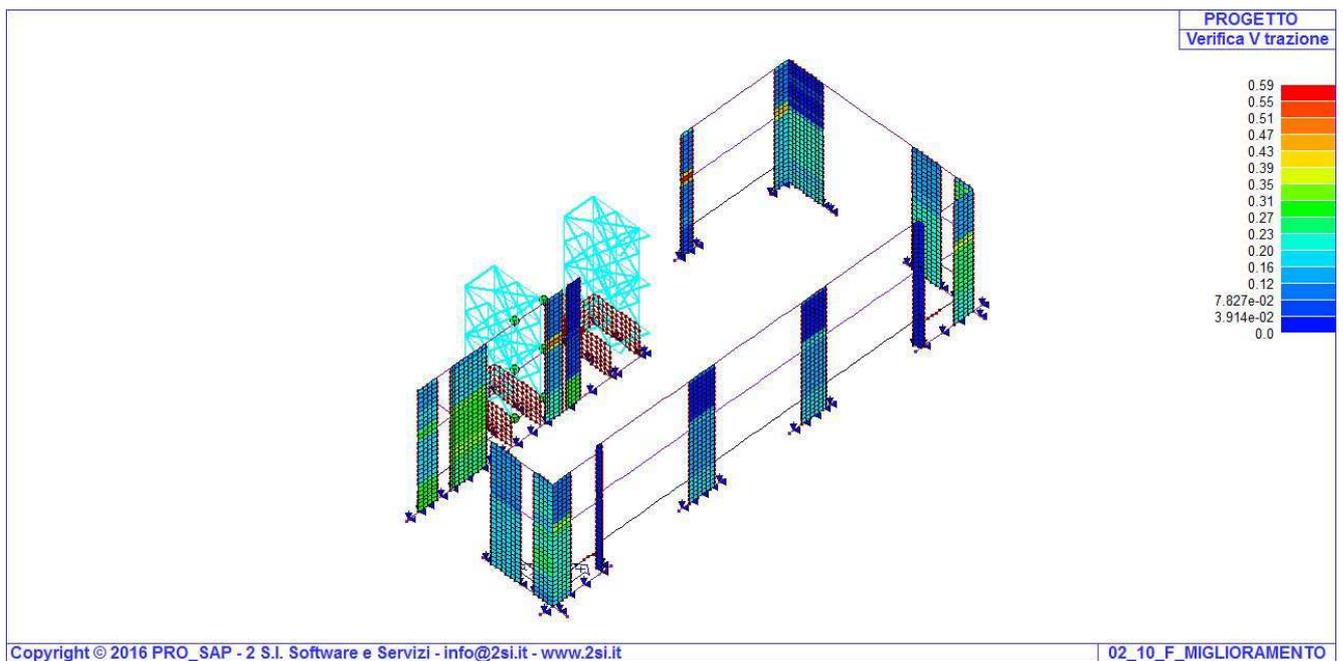


Immagine 9.3 Edificio nuovo - Verifica dei setti in c.a. – Verifica V trazione

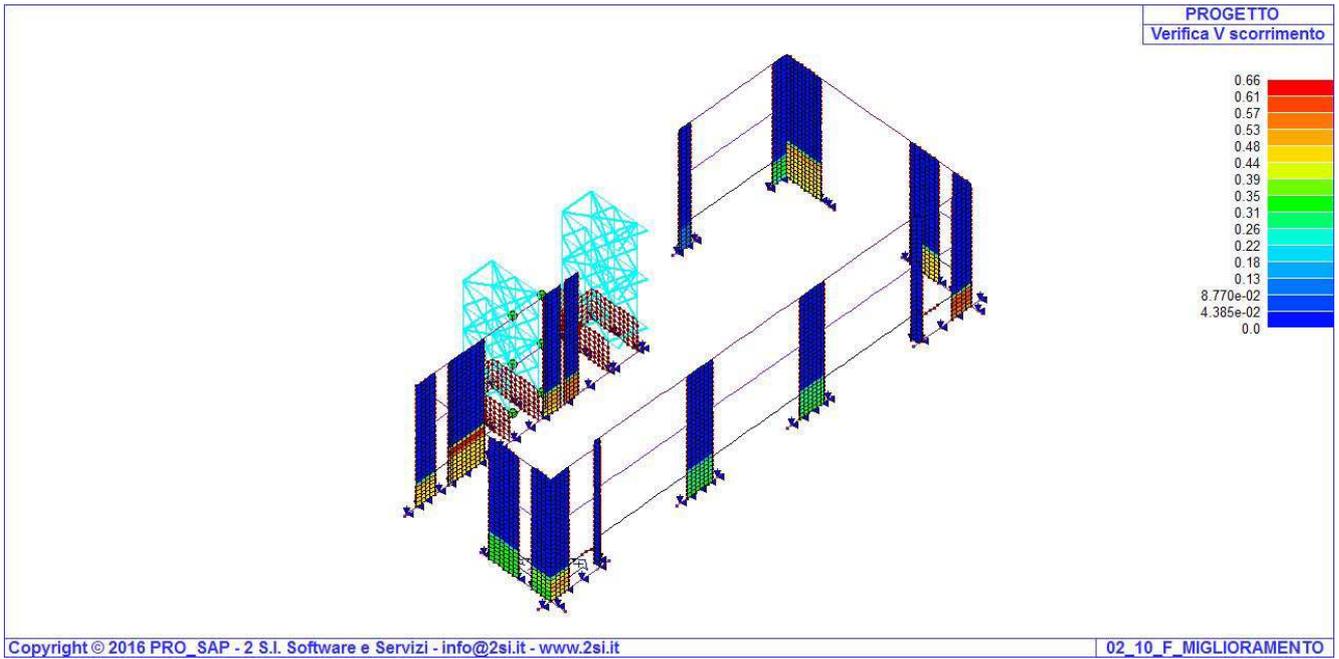


Immagine 9.4 Edificio nuovo - Verifica dei setti in c.a. – Verifica V scorrimento

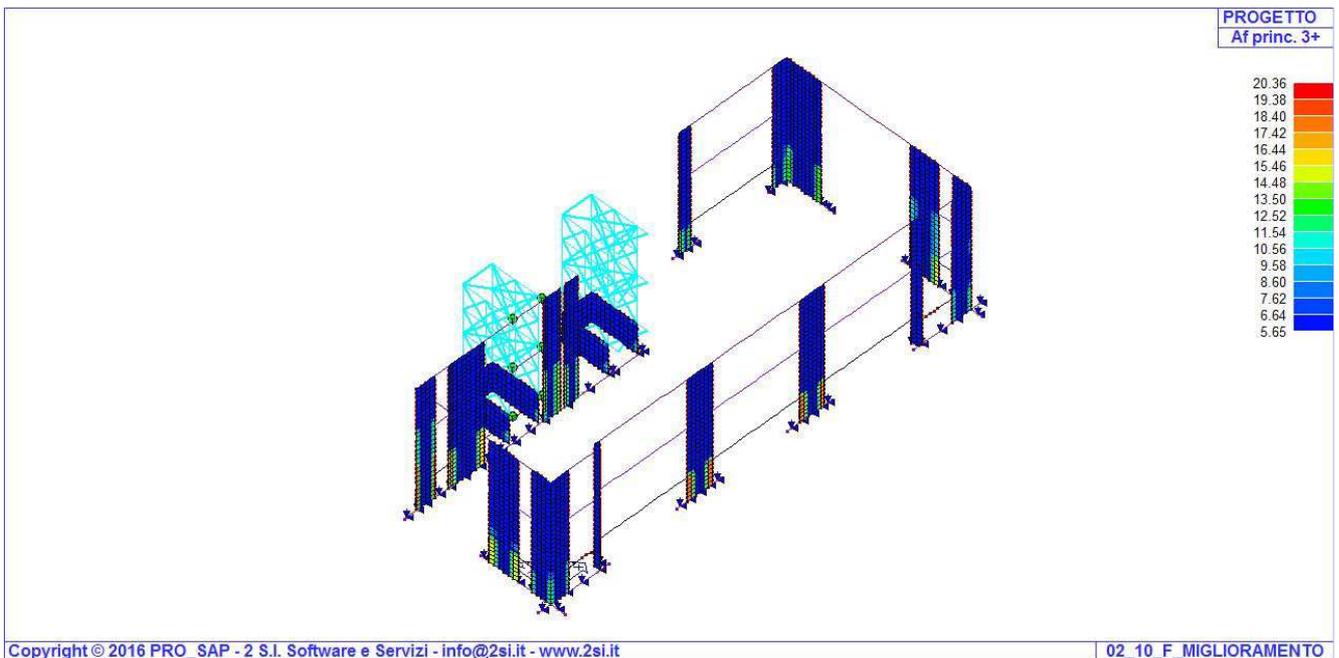


Immagine 9.5 Edificio nuovo - Verifica dei setti in c.a. – Armatura

I setti sono armati con  $\Phi 12/20$  verticali e  $\Phi 10/20$  orizzontali; nelle zone confinate, all'interno dell'altezza critica, l'armatura scelta è  $\Phi 16/10$ . Le immagini precedenti mostrano che tutti gli elementi risultano verificati. La verifica a pressoflessione risulta la più gravosa, con uno sfruttamento pari al 99% della sezione dei setti.

### 9.1.2 Sintesi delle verifiche sugli elementi strutturali: elementi in acciaio

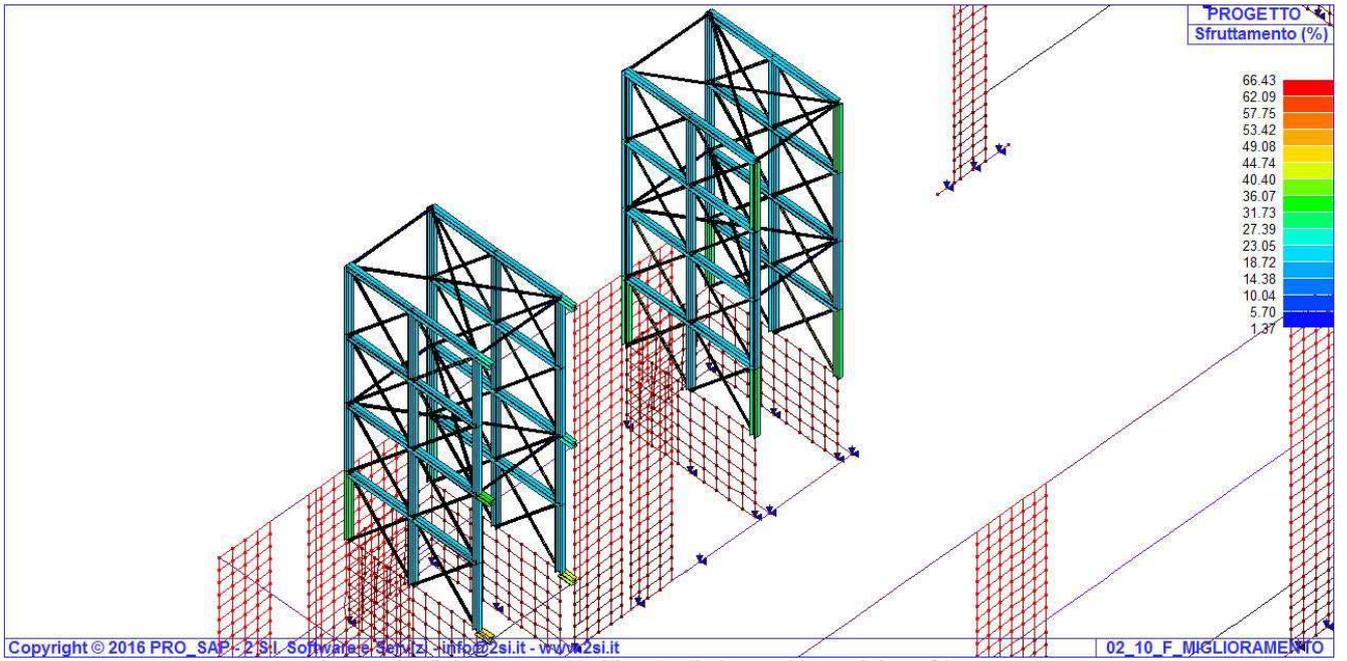


Immagine 9.6 Edificio nuovo - Verifica degli elementi in acciaio. – Sfruttamento %

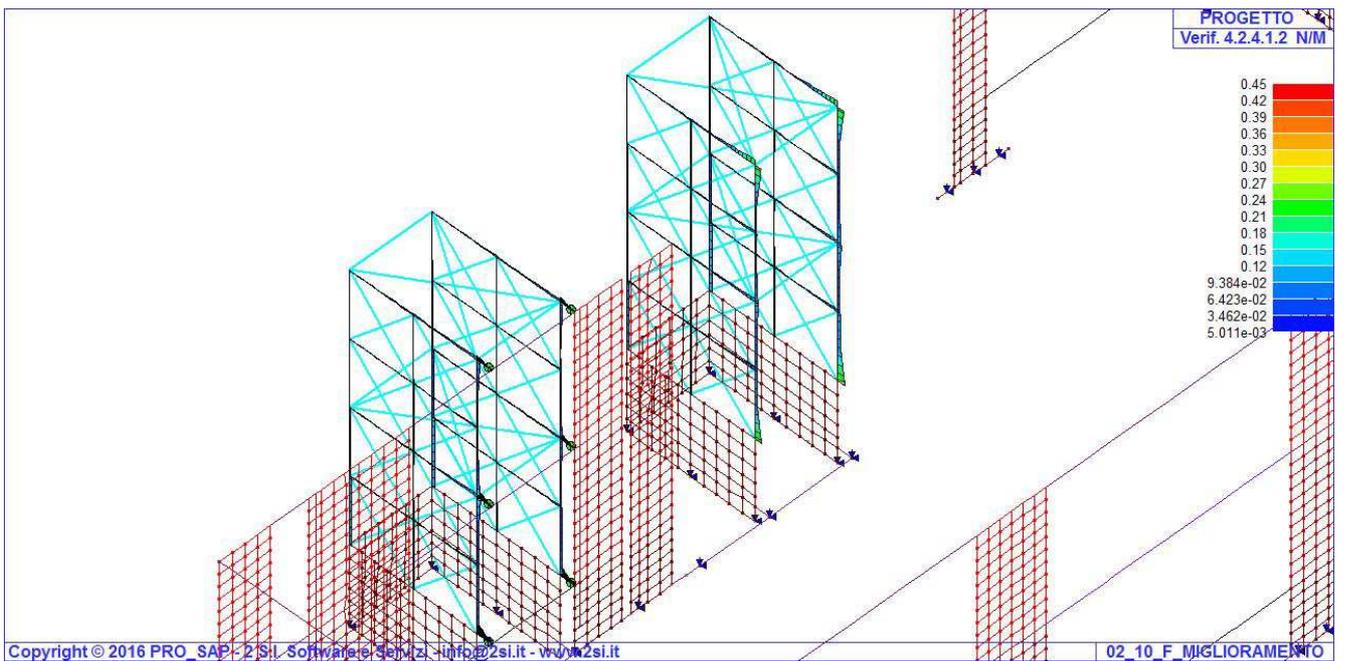
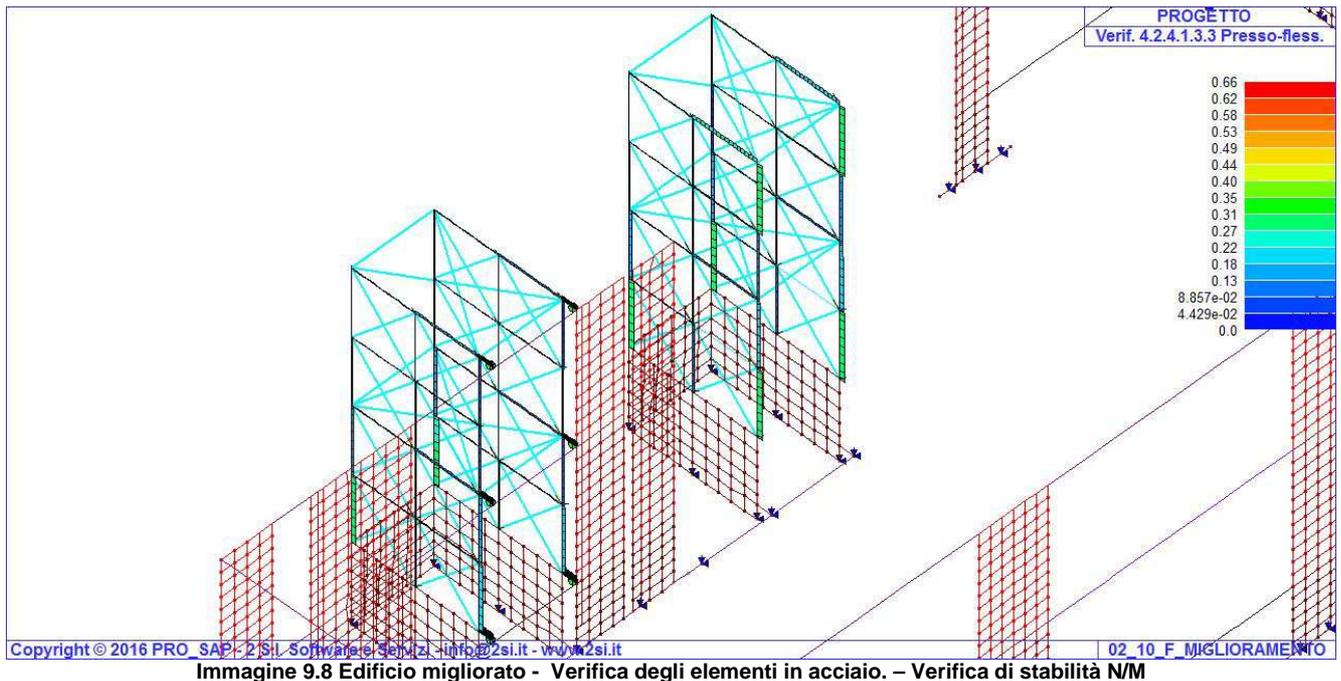


Immagine 9.7 Edificio migliorato - Verifica degli elementi in acciaio. – Verifica N/M



Tutti gli elementi in acciaio risultano verificati. La verifica alla stabilità per pressoflessione risulta la più gravosa, con uno sfruttamento pari al 66% del materiale.

### 9.1.3 Verifica dei pali di fondazione

Come riportato nel paragrafo precedente, le azioni sui pali, pari a 34630 daN a compressione e a 26250 daN a trazione, sono minori delle resistenze limite, pari a 35200 daN a compressione e a 28310 daN a trazione.

### 9.1.4 Verifica degli ancoraggi tra la struttura nuova e la struttura esistente

Si è ipotizzato di ancorare le due strutture con barre filettate  $\Phi 16$  ancorate sui cordoli in calcestruzzo dell'edificio esistente. La resistenza degli ancoraggi è stata quantificata con il software C-FIX, prodotto e distribuito dalla Fischer, ottenendo una resistenza massima pari a circa 2000 daN nel caso di un cordolo di sezione 25 x50 cm (Solai piano 1 e 2) e una resistenza massima pari a circa 1400 daN nel caso di un cordolo di sezione 25 x25 cm (solai piano terra).

Individuato il setto maggiormente sollecitato, che è l'M16, considerando la sua lunghezza e quindi una massima sollecitazione di piano pari a circa 12000 daN/m su ogni setto, considerando l'effettiva presenza delle travi di piano, si è ipotizzata la distribuzione degli inghisaggi illustrata nella tabella sottostante:

PIANI 1 E 2 – FACCIATE NORD, EST, OVEST	ANCORAGGI A QUINCONCE, PASSO 33 cm, 5 ANCORAGGI A METRO
PIANI 1 E 2 – FACCIATE NORD, EST, OVEST	ANCORAGGI LINEARI, PASSO 33 cm, 3 ANCORAGGI A METRO

PIANO TERRA – FACCIATE NORD, EST, OVEST	ANCORAGGI A QUINCONCE, PASSO 33 cm, 3 ANCORAGGI A METRO
PIANO TERRA – FACCIATE NORD, EST, OVEST	ANCORAGGI LINEARI, PASSO 50 cm, 2 ANCORAGGI A METRO

Di seguito si riportano i dati relativi alle verifiche degli ancoraggi, nei due casi analizzati.

**Ancorante**

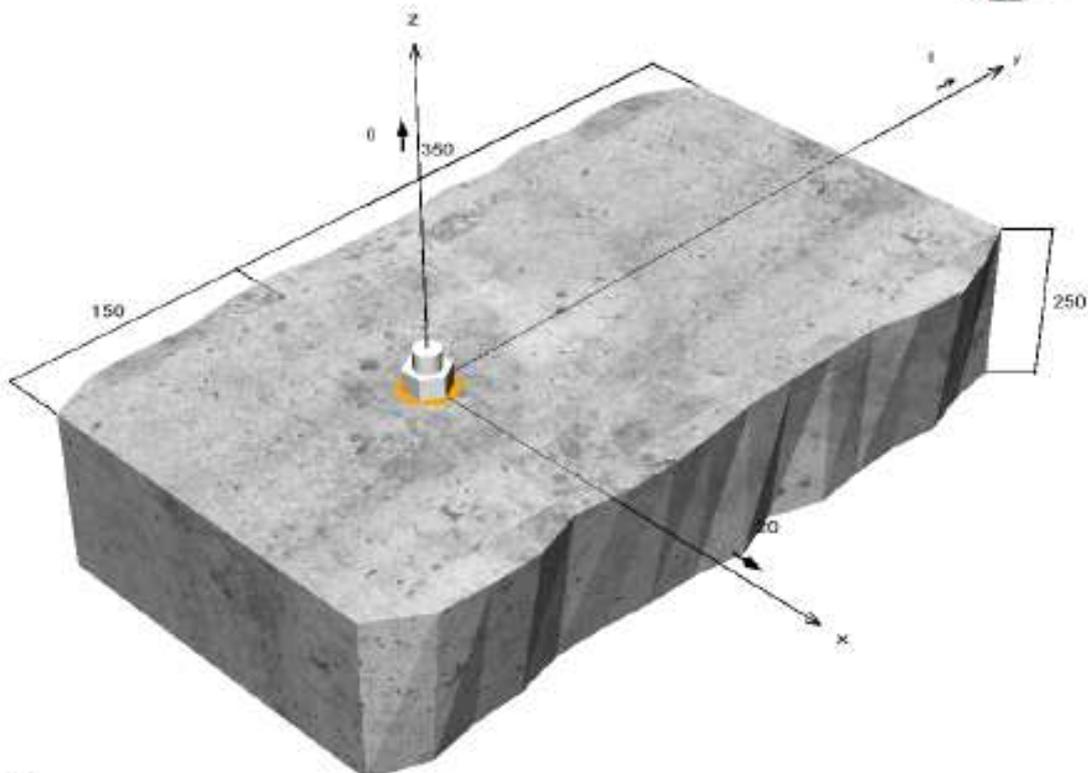
Sistema                    fischer Sistema chimico a iniezione FIS EM  
 Ancorante chimico ad    FIS EM 300 S  
 iniezione  
 Elemento di fissaggio    Barra filettata FIS A M 16 x 175 8.8, Acciaio zincato,  
    Classe di resistenza 8.8  
 Profondità di ancoraggio 120 mm  
 Dati di progetto            Progettazione dell'ancorante in Calcestruzzo secondo  
    Valutazione Tecnica Europea ETA-10/0012, Opzione 1,  
    Emesso 19/03/2015



**Geometria / Carichi**

mm, kN, kNm

Valore di progetto delle azioni (sono inclusi i coefficienti parziali di sicurezza delle azioni)



Non in scala

### Dati di input

Metodo di progettazione	Metodo di progettazione ETA ancoranti chimici TR045
Materiale di base	Calcestruzzo normale, C20/25, EN 206
Condizioni calcestruzzo	Fessurato, Foro asciutto
Range di temperatura	24 °C Temperatura nel lungo periodo, 40 °C Temperatura nel breve periodo
Armatura	nessuna armatura o armatura standard. Senza armatura di bordo. Con armatura per controllo della fessurazione
Metodo di foratura	Rotopercussione
Tipo di installazione	Installazione passante
Tipo di carico	Sismico
Categoria di prestazione sismica	C2
Opzione sismica	Capacity design Azioni sismiche > 20% $a_{yg} \leq 0.25 g$ Connessione Tipo A
Spostamenti sotto azioni sismiche	Spostamento per carico di trazione SLD 0,35 mm secondo ETA Spostamento per carico di taglio SLD 4,40 mm secondo ETA

### Carichi di progetto \*)

$N_{sd}$ kN	$V_{sd,x}$ kN	$V_{sd,y}$ kN	$M_{sd,x}$ kNm	$M_{sd,y}$ kNm	$M_{T,sd}$ kNm
0,00	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00

\*) I coefficienti parziali di sicurezza per le azioni sono inclusi.

### Forze risultanti sull'ancoraggio

Ancorante n°	Forza di trazione kN	Forza di taglio kN	Forza di taglio x kN	Forza di taglio y kN
1	0,00	20,00	20,00	0,00

### Resistenza alla combinazione di trazione e taglio

$\beta_V = \beta_{V,sp1} = 0,96 \leq 1$		<b>Verifica soddisfatta</b>	(5.9%)
---	---	-----------------------------	--------

### Ancorante

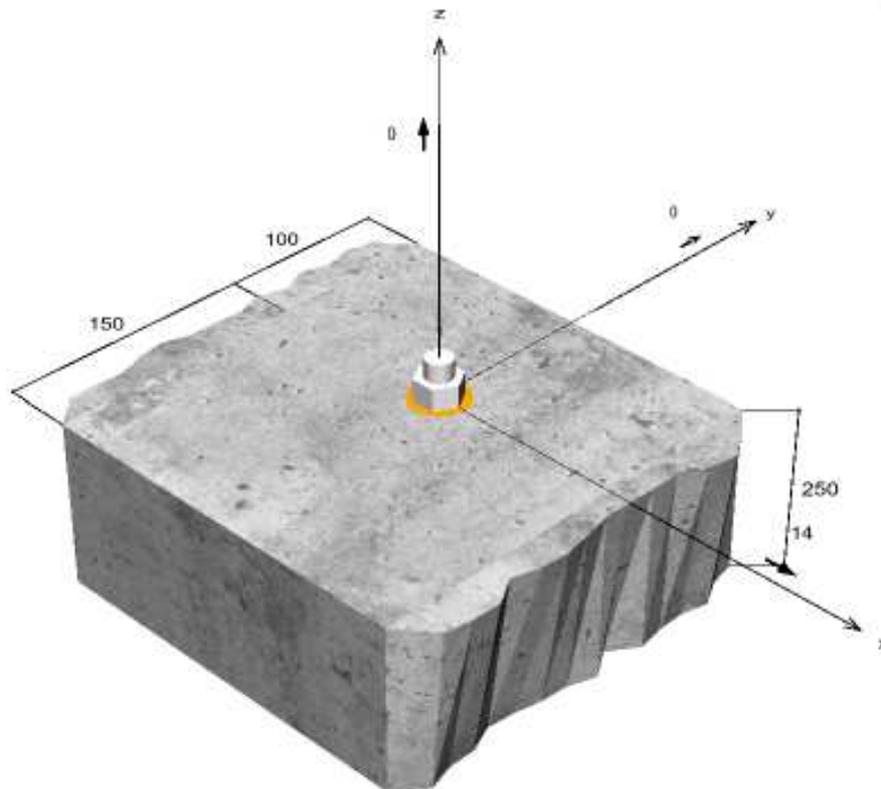
Sistema	fischer Sistema chimico a iniezione FIS EM
Ancorante chimico ad iniezione	FIS EM 390 S
Elemento di fissaggio	Barra filettata FIS A M 16 x 175 8.8, Acciaio zincato, Classe di resistenza 8.8
Profondità di ancoraggio	120 mm
Dati di progetto	Progettazione dell'ancorante in Calcestruzzo secondo Valutazione Tecnica Europea ETA-10/0012, Opzione 1, Emesso 19/03/2015



### Geometria / Carichi

mm, kN, kNm

Valore di progetto delle azioni (sono inclusi i coefficienti parziali di sicurezza delle azioni)



Non in scala

### Dati di input

Metodo di progettazione	Metodo di progettazione ETA ancoranti chimici TR045
Materiale di base	Calcestruzzo normale, C20/25, EN 206
Condizioni calcestruzzo	Fessurato, Foro asciutto
Range di temperatura	24 °C Temperatura nel lungo periodo, 40 °C Temperatura nel breve periodo
Armatura	nessuna armatura o armatura standard. Senza armatura di bordo. Con armatura per controllo della fessurazione
Metodo di foratura	Rotopercussione
Tipo di installazione	Installazione passante
Tipo di carico	Sismico
Categoria di prestazione sismica	C2
Opzione sismica	Capacity design Azioni sismiche > 20% $a_{vg} \leq 0.25$ g Connessione Tipo A
Spostamenti sotto azioni sismiche	Spostamento per carico di trazione SLD 0,35 mm secondo ETA Spostamento per carico di taglio SLD 4,40 mm secondo ETA

### Carichi di progetto \*)

$N_{sd}$ kN	$V_{sd,x}$ kN	$V_{sd,y}$ kN	$M_{sd,x}$ kNm	$M_{sd,y}$ kNm	$M_{r,sd}$ kNm
0,00	14,00	0,00	0,00	0,00	0,00

\*) I coefficienti parziali di sicurezza per le azioni sono inclusi.

### Forze risultanti sull'ancoraggio

Ancorante n°	Forza di trazione kN	Forza di taglio kN	Forza di taglio x kN	Forza di taglio y kN
1	0,00	14,00	14,00	0,00

### Resistenza alla combinazione di trazione e taglio

$\beta_V = \beta_{V,cp1} = 0,97 \leq 1$		<b>Verifica soddisfatta</b>	(5.9b)
---	---	-----------------------------	--------

## **10 QUANTIFICAZIONE DEI RAPPORTI CAPACITA'/DOMANDA NEGLI STATI LIMITE CONSIDERATI**

Le analisi globali effettuate sui modelli di calcolo aventi le caratteristiche descritte nei capitoli precedenti, sono state svolte imponendo un'accelerazione corrispondente al 60% di quella prevista dai livelli di sicurezza imposti dall'attuale normativa; in particolare l'accelerazione, calcolata per una vita utile del fabbricato pari a 50 anni, si riferisce ad un periodo di ritorno  $T_r$  pari a 232 anni allo SLV e a 38 anni allo SLD ed a una PVR (probabilità che il sisma si verifichi nella vita utile del fabbricato) pari a 35% allo SLV e al 93% allo SLD. Dal momento che tutte le strutture di progetto soddisfano la verifica e che le strutture esistenti risultano compatibili con gli spostamenti richiesti, le analisi hanno evidenziato il raggiungimento di un livello di sicurezza pari al 60% della domanda allo SLV e allo SLD.

Seguendo quanto richiesto dalla D.G.R. 428 del 07.04.2016, essendo  $\alpha_{SLV}$  il rapporto capacità domanda allo SLV e  $\alpha_{SLD}$  il rapporto capacità domanda allo SLD che esprimono il livello di adeguatezza rispetto agli SL considerati, è quindi possibile dichiarare, per la struttura in esame, il raggiungimento dei valori di sicurezza minimi richiesti, e di assegnare ai parametri sopra descritti, i seguenti valori:

- **PARAMETRO INDICATORE DEL RAPPORTO TRA CAPACITA' E DOMANDA ALLO SLV:**  
 $\alpha_{SLV} = 60\%$
- **PARAMETRO INDICATORE DEL RAPPORTO TRA CAPACITA' E DOMANDA ALLO SLD:**  
 $\alpha_{SLD} = 60\%$

Treviso, luglio 2016

IL PROGETTISTA  
Ing. Andrea Cantarini