

Avvertenze

Il software *SISMUR*, sia sotto il profilo dei contenuti sia dell'elaborazione, è frutto dell'esperienza, delle conoscenze e degli studi effettuati dall'Autore.

Nonostante l'accuratezza delle informazioni contenute e la validità degli strumenti forniti, in considerazione della delicatezza degli argomenti affrontati, l'autore non si assume alcuna responsabilità riguardante danni speciali, collaterali, accidentali, diretti, indiretti, consequenziali o derivanti dall'uso di questo software.

L'autore non garantisce che le funzioni del programma soddisfino le esigenze dell'utente o funzionino in tutte le combinazioni scelte per l'uso.

L'autore si riserva inoltre il diritto di apportare modifiche e miglioramenti al prodotto quando ritenuto opportuno.

Ipotesi, modelli e codici di calcolo della procedura



LA PROCEDURA DEL SOFTWARE

Il programma *SISMUR* esegue l'analisi sismica statica lineare agli *Stati Limite* di edifici, nuovi e vecchi, regolari ed irregolari, in muratura ordinaria o armata, secondo le Norme Tecniche per le costruzioni *D.M. 14.01.2008*.

La procedura di calcolo consente anche l'analisi di strutture miste (es. muratura con elementi di c.a., acciaio, ecc.) e la definizione del PGA di danno severo, PGA(DS) - e di danno lieve, PGA(DL).

Nei tabulati di calcolo vengono evidenziate anche le eventuali pareti da armare con acciaio o materiale composito FRP.

Il programma può considerare l'effetto di variazioni di sforzo normale delle pareti (decompressione) per le azioni sismiche orizzontali (consigliato per edifici con altezza >10 m).

La procedura archivia l'analisi della struttura in un file, con nome scelto dall'utente e l'estensione *.rtf*, da stampare con editore tipo Word; la stessa stampa può avvenire anche in modo diretto, durante l'uso del programma. I dati di input vengono invece archiviati in modo automatico con estensione *.mur* - La procedura consente anche di considerare solai dell'ultimo piano privi di rigidità e scollegati dalle pareti.

Il software permette l'acquisizione di piante strutturali in formato DXF.

Indice:

1. Normative di riferimento
2. Unità di misura
3. Sistema di riferimento
4. Simbologia
5. Modelli di calcolo
6. Calcolo delle azioni sismiche
7. Baricentri delle masse
8. Baricentri delle rigidità
9. Taglio e ripartizione delle forze sismiche
10. Momento flettente nel piano delle pareti
11. Verifica delle pareti a pressoflessione nel piano
12. Verifica delle pareti a taglio nel piano
13. Verifica delle pareti a presso flessione fuori piano (ortogonali al piano)
14. Spostamenti della struttura e tensioni in fondazione
15. Sollecitazioni dei traversi

1. Normative di riferimento

I calcoli della procedura *SISMUR* vengono eseguiti in osservanza alle disposizioni delle norme, ed in particolare:

D.M. 20.11.1987	<i>Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e loro consolidamento</i>
D.M. 14.01.2008	<i>Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC)</i>
Circ. n. 617/2009	<i>Circolare esplicativa del D.M. 14.01.2008 del Ministero delle Infrastrutture</i>

2. Unità di misura

Le unità di misura adottate sono quelle del S.I., e se non diversamente indicato sono le seguenti:

Lunghezze: cm

Forze: daN (1 daN = 10 N = 1,02 Kg forza del sistema MKS)

3. Sistema di riferimento

La struttura da esaminare va riferita ad un sistema globale di riferimento, costituito da una terna di assi cartesiani ortogonali OXYZ, con asse Z verticale.

Anche se l'origine e l'orientamento degli assi è arbitraria, è comunque meglio che tutta la struttura sia contenuta nel I quadrante positivo, nel quale:

$$X > 0; Y > 0; Z > 0$$

La posizione delle pareti verticali resistenti e la loro geometria, è definita con:

- posizione del baricentro geometrico in pianta ($X_i; Y_i$);
- spessore, t
- lunghezza, l
- altezza, h
- angolo d'inclinazione del piano medio della parete, α , da valutare in senso antiorario, rispetto all'asse orizzontale x . Tale angolo risulterà in ogni caso: $0 < \alpha < 180^\circ$. Da notare che $\alpha = 0$ denota una parete disposta con la dimensione maggiore secondo l'asse X ; $\alpha = 90^\circ$ una parete disposta secondo l'asse y .

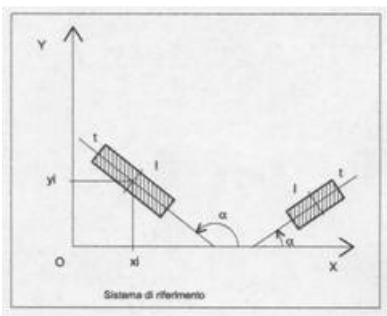


Fig.3.1 - Sistema di riferimento ortogonale

4. Simbologia

La simbologia usata per definire le grandezze fisiche nella fase di input e nella fase di output è quella usuale della normativa; in particolare:

A- Simboli

A	area
E	modulo di elasticità normale
G	modulo di elasticità tangenziale
J	momento d'inerzia della sezione
M	momento flettente
T	periodo di vibrazione
P, W	forza peso
V, F	forza orizzontale, taglio
t	spessore di parete
l, D	lunghezza di parete
h	altezza
e	eccentricità
f	resistenza di un materiale
a	accelerazione
g	accelerazione di gravità (981 cm/s ²)
FC	coeff. di confidenza (vecchie costruzioni)
γ	coefficiente di sicurezza (per muratura usualmente $\gamma_m = 2$)
σ	tensione normale
τ	tensione tangenziale
Σ	sommatoria

B- Indici

d	valore di calcolo
k	valore caratteristico
m	valore medio; materiale; momento flettente

n	sforzo normale
q	carico variabile; fattore di struttura
s	acciaio
t	trazione
u	ultimo
y	snervamento

C- Simboli frequenti

f_k	resistenza caratteristica a compressione
f_d	resistenza di progetto a compressione: $f_k / (\gamma_m \cdot FC)$
f_{vd}	resistenza di progetto a taglio: $f_{tk} / (\gamma_m \cdot FC)$
f_{vk0}	resistenza caratteristica a taglio
f_{vk}	resistenza a taglio in presenza di sforzo normale: $f_{vk0} + 0,40 \sigma$

5. Modelli di calcolo

La procedura di calcolo *SISMUR* consente di esaminare due diversi modelli di calcolo per le due direzioni principali di pianta dell'edificio:

- 1) modello a mensole
- 2) modello a telai/pareti equivalenti

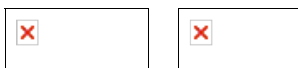
Nel modello a mensole: le pareti di muratura costituiscono tante mensole verticali, collegate ai soli fini della traslazione alle quote dei solai e continue dalla fondazione-incastro, alla sommità; su queste mensole si scaricano le forze sismiche orizzontali in proporzione alle loro rigidezze.

Nel modello a telai/pareti equivalenti: gli elementi resistenti verticali non sono indipendenti, ma interagiscono con i traversi/architravi, realizzando un sistema resistente nel quale gioca un ruolo importante la rigidezza flessionale di questi (vedi Fig.5.1).

Se i solai sono gettati in opera ed i traversi sono sufficientemente rigidi, perché di c.a. o acciaio, quindi con alto modulo elastico, ben ammortati nelle murature, si può arrivare come caso limite allo schema shear type. In questo schema la posizione di momento nullo si trova a metà altezza della parete ($c = h_0 / h = 0,50$). Tale schema può tradurre anche un funzionamento "scatolare-shell" dell'edificio; se questa ipotesi non può essere soddisfatta, bisogna considerare la corretta posizione di momento nullo (che si trova ovviamente oltre metà altezza della parete). Il programma propone automaticamente il valore $\langle c \rangle$.

Per la valutazione accurata della posizione di momento nullo dello schema a telaio elastico ideale, si riporta il grafico di Fig.5.1, che sebbene determinato per casi particolari, è molto indicativo anche negli altri casi correnti.

Si entra in tale grafico, valutando il rapporto tra la rigidezza flessionale della parete generica (R_m) e quella del traverso (R_t), leggendo poi, in funzione del piano, il coefficiente di posizione, c . Se i traversi che arrivano sulla parete sono due, R_t è la somma delle singole rigidezze rotazionali.



dove:

E_m	modulo elastico della parete
J_m	momento d'inerzia della parete
h	altezza della parete
E_t	modulo elastico del traverso
J_t	momento d'inerzia del traverso
d	lunghezza del traverso (vano di apertura)

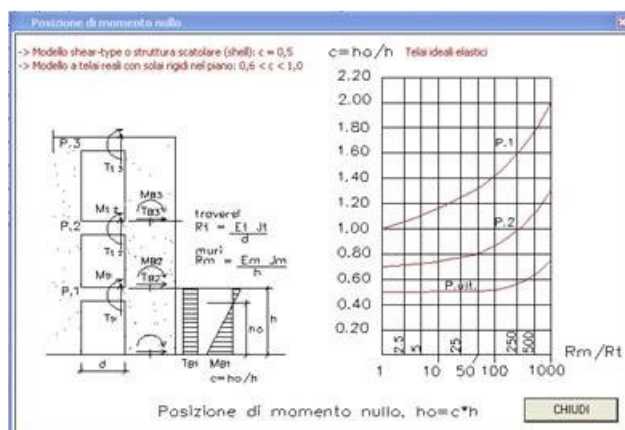


Fig.5.1 - Rigidezza e curve di posizione momento nullo

Con il modello a telaio, per altezze di costruzioni fino a 10 metri, si possono di norma trascurare le variazioni di compressione degli elementi verticali indotte dalle azioni orizzontali necessarie ad equilibrare il momento sismico globale; negli altri casi tali variazioni sono tanto meno importanti quanto più flessibili risultano i traversi/architravi e quanto più lunghi sono i telai. Il Software consente di considerare le variazioni di sforzo normale per effetto

	type)
h	altezza della parete (interpiano)
x	fattore di forma (per taglio su parete rettangolare = $6/5 = 1,2$)
E	modulo elastico normale
G	modulo elastico tagliante (per nuova muratura si può assumere $G = 0,40 E$; per vecchie murature vedi Norme tecniche)
A	area della sezione
J	momento d'inerzia, per parete rettangolare: $J = t I3/12$

5.3 Strutture miste

Gli elementi verticali costituiti da materiali diversi dalla muratura (strutture miste), con elementi di acciaio, cls, ecc., vengono introdotti con le loro esatte caratteristiche geometriche e meccaniche e con i loro carichi gravitazionali-pesi; per la loro modesta rigidezza alla traslazione, essi contribuiranno generalmente in modo molto modesto alla resistenza sismica. In ogni caso il loro dimensionamento alle forze verticali ed orizzontali provenienti da SISMUR, verrà eseguito a parte con la normativa relativa.

Volendo astrarre completamente dalla resistenza sismica di tali elementi, basta dare valori trascurabili al modulo elastico E,G; così facendo questi elementi sopporteranno solo i pesi di competenza.

6. Calcolo delle azioni sismiche

Come indicato dalle normative, la procedura *SISMUR* calcola la forza sismica orizzontale totale sull'edificio (F_h) che viene distribuita sui piani della struttura.

Indicando con:

T1	Periodo fondamentale della struttura (per le murature si può assumere: $T1=0,05 \cdot H^{3/4}$)
ag	Accelerazione massima di riferimento su suolo rigido A: ag/g è espresso in decimi dell'accelerazione di gravità sul reticolo delle NTC, in base alla longitudine e latitudine del sito (in gradi sessadecimali) e del periodo di ritorno sismico (TR), come si vede appresso.
Fo	Amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale: Fo è deducibile dal reticolo fornito dalla normativa, in base alla longitudine e latitudine del sito (in gradi sessadecimali) e del periodo di ritorno sismico, (TR), come appresso indicato (vedi Normativa). $TR = -VR / \ln(1 - PVR) =$ Periodo di ritorno sismico (anni) $VR = VN \cdot CU =$ Periodo di riferimento (anni) $VN =$ Vita nominale della costruzione (Opere ordinarie $VN > 50$ anni) $CU =$ Coefficiente d'uso: 0,7(per CL=I); 1,0(per CL=II); 1,5(per CL=III); 2,0(per CL=IV) $PVR =$ Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR (per SLD: $PVR=63\%=0,63$; $TR=1,0 \cdot R$ -- per SLU: $PVR = 10\%=0,10$; $TR = 10,5 \cdot R$)
Ss	Fattore stratigrafico: il suo valore dipende dalla tipologia (A,B,C,D,E) del sottosuolo ed è valutato come dalla tabella che segue:

CATEGORIA	DESCRIZIONE DEL SOTTOSUOLO	O.P.C.M.	D.M. NORME TECNICHE (*)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori rigidi con valori di velocità medio di propagazione entro 30 metri di profondità delle onde di taglio $V_s,30$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	$S_s = 1,00$	$S_s = 1,00$
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati (sabbie e ghiaie) o terreni a grana fina molto consistenti (argille) con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori $V_s,30$ tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resist. penetrom. NSPT > 50 nei terreni a grana grossa e coesione non drenata $c_u,30 > 2,50$ daN/cm ² nei terreni a grana fina)	$S_s = 1,25$	$1,00 < S_s < 1,40 - 0,40 \cdot Fo \cdot ag/g < 1,20$
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori $V_s,30$ tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT < 50$ nei terreni a grana grossa e $0,70 < c_u,30 < 2,50$ daN/cm ² nei terreni a grana fina)	$S_s = 1,25$	$1,00 < S_s < 1,70 - 0,60 \cdot Fo \cdot ag/g < 1,50$
D	Depositi di terreni a grana grossa SCARSAMENTE addensati o terreni a grana fina SCARSAMENTE consistenti con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori $V_s,30$ inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT < 15 nei terreni a grana grossa e $c_u,30 < 0,70$ daN/cm ² nei terreni a grana fina)	$S_s = 1,25$	$0,90 < S_s < 2,10 - 1,50 \cdot Fo \cdot ag/g < 1,90$
E	Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessore non superiore a 30 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s)	$S_s = 1,25$	$1,00 < S_s < 2,00 - 1,10 \cdot Fo \cdot ag/g < 1,60$

ST	Fattore topografico: dipende dall'inclinazione del pendio sul quale è ubicata la costruzione, secondo la tabella seguente:
----	--

CATEGORIA TOPOGRAFICA ED UBICAZIONE DELL'OPERA	S _T
T1 - Opera ubicata su superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media inferiore a 15 gradi: $i < 15^\circ$	1
T2 - Opera ubicata in corrispondenza della sommità di pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i > 15^\circ$	1,2
T3 - Opera ubicata in corrispondenza della cresta di rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media dei pendii compresa tra 15 e 30 gradi: $15^\circ < i < 30^\circ$	1,2
T4 - Opera ubicata in corrispondenza di rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media dei pendii, $i > 30^\circ$	1,4
note : Alla base del pendio o del rilievo S _T =1. Per opera ubicata in posizione intermedia tra la base e la sommità, vale l'interpolazione lineare tra 1 ed S _T max indicato in tabella.	—

q fattore di struttura : dipende dalla regolarità della struttura e dal numero di piani (o livelli) della struttura, secondo la tabella che segue:

Tabella indicativa dei fattori di struttura per analisi lineare

D.M. NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI FATTORI DI STRUTTURA EDIFICI MURATURA ORDINARIA $q = KR \times q_0 = KR \times 2 \times r$			
REGOLARI IN ALTEZZA KR=1			
Regolari in pianta		Non regolari in pianta	
1 Piano	> 1 Piano	1 Piano	> 1 piano
$r = \alpha_w \alpha_l \alpha_1$	$r = \alpha_w \alpha_l \alpha_1$	$r = \frac{1}{2}(1 + \alpha_w \alpha_l)$	$r = \frac{1}{2}(1 + \alpha_w \alpha_l)$
1,4	1,8	1,2	1,4
q = 2,80	q = 3,60	q = 2,40	q = 2,80
NON REGOLARI IN ALTEZZA KR=0,8			
Regolari in pianta		Non regolari in pianta	
1 Piano	> 1 Piano	1 Piano	> 1 piano
$r = \alpha_w \alpha_l \alpha_1$	$r = \alpha_w \alpha_l \alpha_1$	$r = \frac{1}{2}(1 + \alpha_w \alpha_l)$	$r = \frac{1}{2}(1 + \alpha_w \alpha_l)$
1,4	1,8	1,2	1,4
q = 2,24	q = 2,88	q = 1,92	q = 2,24
D.M. NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI FATTORI DI STRUTTURA EDIFICI MURATURA ARMATA $q = KR \times q_0 = KR \times 2,5 \times r$			
REGOLARI IN ALTEZZA KR=1			
Regolari in pianta		Non regolari in pianta	
1 Piano	> 1 Piano	1 Piano	> 1 piano
$r = \alpha_w \alpha_l \alpha_1$	$r = \alpha_w \alpha_l \alpha_1$	$r = \frac{1}{2}(1 + \alpha_w \alpha_l)$	$r = \frac{1}{2}(1 + \alpha_w \alpha_l)$
1,3	1,5	1,15	1,25
q = 3,25	q = 3,75	q = 2,88	q = 3,13
NON REGOLARI IN ALTEZZA KR=0,8			
Regolari in pianta		Non regolari in pianta	
1 Piano	> 1 Piano	1 Piano	> 1 piano
$r = \alpha_w \alpha_l \alpha_1$	$r = \alpha_w \alpha_l \alpha_1$	$r = \frac{1}{2}(1 + \alpha_w \alpha_l)$	$r = \frac{1}{2}(1 + \alpha_w \alpha_l)$
1,3	1,5	1,15	1,25
q = 2,60	q = 3,00	q = 2,30	q = 2,50

Si calcola il valore dello spettro di progetto in funzione delle variabili di cui sopra e dei periodi caratteristici dello spettro, T_B, T_C, T_D.

Per $0 < T < T_B$:

$$S_d = a_g \cdot S_s \cdot S_t \cdot \frac{F_0}{q} \left[\frac{T}{T_B} + \frac{q}{F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

Per $T_B < T < T_C$:

$$S_d = a_g \cdot S_s \cdot S_t \cdot \frac{F_0}{q}$$

$T_C < T < T_D$:

$$S_d = a_g \cdot S_s \cdot S_t \cdot \frac{F_0}{q} \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

Per $T_D < T$:

$$S_d = a_g \cdot S_s \cdot S_t \cdot \frac{F_0}{q} \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

e quindi:

$$F_i = F_h \cdot \frac{z_i \cdot W_i}{\sum z_i \cdot W_i}$$

dove:

$$F_h = \frac{S_d \cdot W \cdot \lambda}{g} \quad (\text{per edifici regolari } \lambda = 0,85 \text{ in altri casi } \lambda = 1)$$

Queste forze sismiche vengono applicate automaticamente al baricentro delle masse di piano; all'eccentricità effettiva strutturale delle masse, si aggiunge usualmente e correttamente l'eccentricità accidentale (e_{ax},e_{ay}), valutata nel + 5% della dimensione massima dell'edificio nella direzione ortogonale a quella di sollecitazione sismica.

Nel calcolo si opera quindi correttamente uno spostamento del centro di massa *G* a destra e sinistra, in alto e in basso di una quantità pari ai valori accidentali di eccentricità, fino ad avere la situazione più gravosa su ogni parete per effetto torsionale. Al Cap.9 si illustra anche il metodo semplificato di valutazione degli effetti torsionali.

Quando l'edificio è sufficientemente compatto e regolare è possibile eseguire un calcolo semplificato delle azioni torcenti accidentali, aumentando la forza sismica che compete alla singola parete con:

$$\delta = l + \frac{0,6 \cdot x}{L_e}$$

Dove, in modo generale:

x = distanza della parete dal baricentro geometrico del piano;

L_e = distanza tra due elementi resistenti più lontani, misurata ortogonalmente alla direzione sismica considerata;



Fig.6.1 – Eccentricità effettiva ed accidentale

7. Baricentri delle masse

Il programma calcola, per ogni piano dell'edificio, la posizione esatta del baricentro delle masse:

$$X_G = \frac{\sum W_i \cdot X_i}{\sum W_i}$$



dove:

W_i peso della parete e di quello proveniente dal piano considerato, che si scarica su di essa

X_i ascissa del baricentro della parete rispetto al riferimento globale OXYZ

Y_i ordinata del baricentro della parete rispetto al riferimento globale OXYZ

$\sum W_i$ peso di tutto il piano considerato

8. Baricentri delle rigidezze

Il programma calcola, per ogni piano dell'edificio, la posizione esatta del baricentro delle rigidezze della pareti:

$$X_R = \frac{\sum K_{yi} \cdot X_i}{\sum K_{yi}}$$



dove:

K_{xi} Rigidezza della parete in direzione X

K_{yi} Rigidezza della parete in direzione Y

X_i ascissa del baricentro della parete rispetto al riferimento globale OXYZ

Y_i ordinata del baricentro della parete rispetto al riferimento globale OXYZ

9. Taglio e ripartizione delle forze sismiche

La procedura di calcolo esatto, ripartisce le forze sismiche di piano e la coppia torcente derivante dall'eccentricità tra il baricentro delle rigidezze e quello delle masse, considerando correttamente una traslazione ed una rotazione rigida di piano, come evidenziato dalla Fig.9.1.

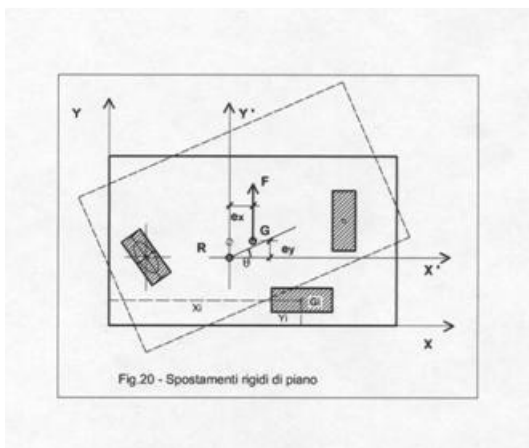


Fig. 9.1 – Spostamenti rigidi di piano

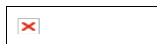
Una forza orizzontale passante per il centro di rigidezza produce una traslazione nelle due direzioni di pianta rispettivamente:

$$u_{xR} = \frac{F}{\sum K_x}$$



ed impegna le singole pareti con forze taglianti:

$$F_{xi} = K_{xi} \cdot u_{xR}$$



La coppia torcente ($M = F \cdot e$), invece produce rotazione rigida di piano attorno al centro di rigidezza R, pari al valore:

$$\theta = \frac{M}{J_R}$$

dove, J_R è il momento polare delle rigidezze delle pareti rispetto al centro R

$$J_R = \sum K_{yi} \cdot (x_i - x_R)^2 + \sum K_{xi} \cdot (y_i - y_R)^2$$

Le pareti saranno impegnate da forze aggiuntive, per equilibrare la coppia di piano:

$$F_{xi} = K_{xi} \cdot (y_i - y_R) \cdot \theta$$



tra le parentesi figurano le distanze delle pareti dal centro di rigidezza R.

Come già accennato, il programma prevede anche la possibilità di valutare gli effetti torsionali accidentali, amplificando in modo più semplice le sollecitazioni su ogni elemento resistente (calcolate per traslazione rigida del piano) attraverso il fattore delta (δ) risultante dalla seguente espressione:

$$\delta = 1 + \frac{0,6 \cdot x}{L_e}$$

10. Momento flettente nel piano delle pareti

Il calcolo del momento flettente di progetto al piede delle pareti, si esegue considerando per i due modelli resistenti:

- 1) Modello a mensola: $M_{d,i} = \sum F_i \cdot d_i$
- 2) Modello a telaio/pareti equivalenti: $M_{d,i} = V_{d,i} \cdot c_i \cdot h_i$

dove:

F_i forza sismica sulla parete ai vari piani superiori alla sezione in esame

di	distanza della forza sismica dalla sezione in esame
Md,i	momento flettente sismico di calcolo (progetto) sulla sezione in esame
Vd,i	forza tagliante sismica di calcolo (progetto) sulla sezione in esame
ci	coefficiente di posizione di momento nullo
hi	altezza della parete-interpiano

11. Verifica delle pareti a pressoflessione nel piano

Come indicato dalle vigenti norme, la verifica di sicurezza allo stato limite ultimo, per modalità di collasso a pressoflessione nel piano delle pareti, segue dapprima la procedura semplificata prevista per la muratura ordinaria, con distribuzione non lineare delle compressioni. Il programma valuta quindi il momento ultimo resistente della sezione:

$$M_{u} = \frac{1}{2} \cdot \sigma_0 \cdot t \cdot l^2 \cdot \left(1 - \frac{\sigma_0}{0,85 \cdot f_d} \right)$$

con: $\sigma_0 = N_d' / A$ (tensione verticale, con eventuale decompressione per azioni sismiche orizzontali)

La verifica si considera soddisfatta se il momento resistente ultimo risulta almeno pari a quello di progetto:

$$M_u > M_d$$

Se la verifica non è soddisfatta viene calcolata con la procedura generalizzata allo SLU per pressoflessione, quella che dev'essere l'armatura verticale "debole", doppia simmetrica da concentrare alle due estremità della parete per avere la verifica di resistenza; in tal caso il programma considera barre di acciaio con:

$$f_y = 430 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_m = 1,15$$

$$\gamma_d = 1,5$$

$$f_{yd} = 240 \text{ N/mm}^2 \text{ (2400 daN/cm}^2 \text{)}$$

o materiale composito FRP (Aramide, Kevlar) con valore $f_{yd} = 450 \text{ N/mm}^2 \text{ (4500 daN/cm}^2 \text{)}$

Indicando con l la lunghezza della parete, si ha:

$$\alpha_s = \frac{A_a \cdot f_{yd}}{t \cdot l \cdot f_d}$$

$$n = \frac{N_d}{t \cdot l \cdot f_d}$$

$$\zeta = \frac{\gamma}{l} = \frac{n + \alpha_s}{0,8}$$

$$m = 0,5 \cdot \alpha_s + 0,8 \cdot \zeta \cdot (0,5 - 0,4 \cdot \zeta)$$

ed il valore del momento ultimo resistente della sezione:

$$M_u = m \cdot t \cdot l^2 \cdot f_d$$

Se la sezione è mal dimensionata perché già in crisi per compressione, ovvero: $\sigma = N_d / A > 0,85 f_d$, si calcolano comunque le adeguate armature doppie e simmetriche a presso flessione, facendo affidamento alla sola resistenza di queste:

$$A_a = \frac{\frac{N_d}{2} + \frac{M_d}{l}}{f_{yd}}$$

12. Verifica delle pareti a taglio nel piano

In conformità alle vigenti norme, la verifica di sicurezza allo stato limite ultimo, per modalità collasso a taglio nel piano, viene eseguita calcolando per ogni parete il contributo coesivo e di attrito della forza orizzontale ultima (V_t) e confrontando con il valore di sollecitazione di progetto proveniente dalle forze sismiche.

Per le murature ordinarie si verifica normalmente a sezione parzializzata:

$$V_t = f_{vd} \cdot t \cdot l' = \beta \cdot f_{vd} \cdot t \cdot l$$

Per le murature armate o da armare si può verificare a sezione intera:

$$V_t = f_{vd} \cdot t \cdot l$$

dove:

l' zona di parete resistente compressa: $l' = 3 (l / 2 - e)$; si può porre: $l' = l$ quando $e < l / 3$

l lunghezza intera della parete

t	spessore della parete
e	eccentricità del carico verticale sulla sezione
β	coefficiente di parzializzazione della sezione: $\beta = l' / l$
N_d	resistenza di calcolo a taglio: $N_d = (N_{ko} + \mu \sigma N) / (\gamma_m \cdot FC)$
μ	coefficiente di attrito della muratura: $\mu = 0,4$

Come più volte evidenziato, il coefficiente di attrito $\mu = 0,4$ dovrebbe essere già un valore di calcolo e quindi inclusivo del fattore di sicurezza, in quanto i risultati sperimentali trovati da vari Autori per muratura ordinaria danno valori caratteristici: $\mu = 0,7-0,8$.

Per edifici esistenti (vecchi edifici), è possibile calcolare a sezione intera:

$$V_t = l \cdot t \cdot (1,5 \tau_{0,d} / b) \cdot \sqrt{1 + \sigma_0 / 1,5 \tau_{0,d}}$$

Dove: $b=l/h$ (con h altezza della parete e con la limitazione: $1,0 < b < 1,5$)

Quando la verifica non risulta soddisfatta, ossia $V_t < V_d$, il programma calcola la necessaria armatura orizzontale che dovrebbe essere distribuita verticalmente sul pannello; valutando la deficienza di resistenza a taglio da affidare alle armature orizzontali, a passo s :

$$\Delta V = V_{prog} - V_t$$

$$A_a = \frac{s \cdot \Delta V}{0,6 \cdot l \cdot f_{yd}}$$

13. Verifica delle pareti a pressoflessione fuori piano

La verifica di sicurezza allo stato limite ultimo, per modalità di collasso a pressoflessione fuori del piano delle pareti (ortogonalmente alle pareti), si articola nelle seguenti tre fasi distinte:

- 1) Calcolo della forza sismica ortogonale al piano
- 2) Calcolo delle sollecitazioni flettenti sul pannello
- 3) Verifica di resistenza a pressoflessione allo stato limite ultimo del pannello

1) Calcolo della forza sismica:

$$F_a = \frac{W_a \cdot S_a \cdot \gamma_I}{q_a}$$

dove:

W_a	peso del pannello di muratura in esame
γ_I	coefficiente d'importanza della costruzione
q_a	coefficiente di struttura (di norma, $q_a = 3$)
S_a	coefficiente sismico (in ogni caso: $S_a > S \cdot ag / g$) $S_a = ag S [3 (1 + z / H) / (1 + (1 - T_a / T_1)^2 - 0,5)] / g$
z	altezza del baricentro dell'elemento dallo spiccatto della fondazione
H	altezza della struttura in esame

Per quanto riguarda il primo periodo di vibrazione della parete, si calcola con ottima approssimazione:

$$T_a = 0,64 \cdot h \cdot \sqrt{\frac{A \cdot Y}{E \cdot J \cdot g}}$$

dove:

Y	peso specifico della muratura
A	area della sezione
$=$	
t	
\cdot	
l	
E	modulo elastico del materiale
J	momento d'inerzia della sezione
$=$	
t	
$\cdot 13/12$	
T_1	primo periodo di vibrazione dell'edificio nella direzione in esame (si può assumere: $T_1 = 0,050 H^{3/4}$)

2) Calcolo delle azioni flettenti

In ogni caso il momento flettente dei pannelli tiene conto dell'effetto combinato della forza sismica (da ripartire uniformemente) e dell'eccentricità del carico verticale ad altezza h/2. Così facendo la verifica considera prudenzialmente il momento per doppia articolazione:

$$M_d = \frac{1}{8} \cdot F_a \cdot h^2 + N_d \cdot e_1 = \frac{1}{8} \cdot F_a \cdot h + N_d \cdot e_1$$

dove:

Nd sforzo normale di progetto della parete ad altezza h/2
 e1 eccentricità costruttiva e per tolleranze di esecuzione dello sforzo normale (Nd); in ogni caso: e1 > h / 200

3) Verifica di resistenza

La verifica di resistenza si esegue inizialmente per muratura ordinaria, valutando il momento e lo sforzo normale di collasso della sezione, trascurando la resistenza a trazione della muratura.

Verifiche (consigliate) con curve Φ (m, λ):

si assume un valore di momento resistente ultimo pari a quello di progetto sismico ($M_u = M_d$) e si calcola in tali condizioni lo sforzo normale di collasso, eseguendo così in pratica un confronto in termini di sforzo normale.

Il modello di calcolo considera prudenzialmente uno schema a doppia articolazione e l'applicazione dei parametri di riduzione della normativa opportunamente interpolati Φ (Tab.13.1), assumendo prudenzialmente un fattore laterale di vincolo $\rho = 1$ ed un coefficiente di eccentricità convenzionale $m = 6e / t$ del carico verticale.

In ogni caso è necessario che le snellezze e gli spessori delle pareti rispettino i limiti imposti dalle normative in relazione alla tipologia dei materiali impiegati (Tab.13.2 – Tab.13.3).

Tab.13.1 – Coefficiente di riduzione Φ

	m=0,00	m=0,50	m=1,00	m=1,50	m=2,00
$\lambda=0$	1,00	0,74	0,59	0,44	0,33
$\lambda=5$	0,97	0,71	0,55	0,39	0,27
$\lambda=10$	0,86	0,61	0,45	0,27	0,15
$\lambda=15$	0,69	0,48	0,32	0,17	-
$\lambda=20$	0,53	0,36	0,23	-	-

Legenda: h0=altezza libera d'infless. della parete; t = spessore della parete;
 $\lambda = \rho h_0 / t$; $m = 6e / t$

Tab.13.2 - D.M. 14.01.2008 (NTC) - Spessori e snellezze delle murature

Tipologia	Spessore minimo t (cm)	Snellezza massima $\lambda = \rho h / t$
Muratura ordinaria con elementi in pietra squadrata	30	10
Muratura ordinaria con elementi artificiali	24	12
Muratura armata con elementi artificiali	24	15
Muratura ordinaria, con elementi in pietra squadrata, in zona 3 e zona 4	24	12
Muratura con elementi artificiali semipieni, in zona 4	20	20
Muratura con elementi artificiali, pieni in zona 4	15	20

La verifica di resistenza si intende soddisfatta se lo sforzo normale di progetto è inferiore alla resistenza di calcolo:

$$\sigma < f_d$$

dove:

Φ coefficiente di riduzione della resistenza
 fd resistenza di calcolo (progetto) della muratura
 A area della sezione
 e eccentricità dello sforzo normale: $e = e_1 + M_d / N_d$
 e1 eccentricità costruttiva e per tolleranze dello sforzo normale
 m coefficiente di eccentricità dello sforzo normale: $6e / t$
 λ snellezza convenzionale della parete: $\lambda = \rho h_0 / t$
 ho lunghezza libera d'inflessione del muro

Naturalmente per murature ordinarie è sempre necessario che l'eccentricità del carico risulti: $e < t / 3$, ovvero che il coefficiente di eccentricità sia: $m = 6e / t < 2$

Nel caso in cui la snellezza sia accettabile, ma l'eccentricità abbia valore maggiore di $t / 3$, il programma calcola le eventuali armature verticali da disporre sui due paramenti del muro, trascurando la resistenza a trazione di esso e facendo uso della procedura generale della quale si è già detto al

precedente Cap.6.12.

Qualora la sezione risulti mal dimensionata perché già in crisi per compressione, ovvero:

$$\sigma = \frac{N_d}{A} > 0,85 \cdot f_{cd}$$

il programma calcola comunque armature doppie e simmetriche a pressoflessione, facendo affidamento alla sola resistenza delle stesse armature:

$$A_s = \frac{\frac{N_d}{2} + \frac{M_d}{t}}{f_{yd}}$$

Verifiche con i domini di resistenza:

si considera inizialmente muratura ordinaria con coefficienti adimensionali $n - m$ di cui al precedente Cap.11.

14. Spostamenti della struttura e tensioni in fondazione

La procedura Sismur valuta gli spostamenti orizzontali della struttura nell'interpiano e le tensioni sul terreno di fondazione.

Il calcolo degli spostamenti sull'interpiano è finalizzato al controllo dell'eventuale stato limite di danno (SLD) per sisma in direzione X ed Y. Indicando con F_i la forza sismica sulla parete generica, K_i la rigidità della parete, si ottiene lo spostamento nell'interpiano:

$$d_{r,i} = F_i / K_i$$

Il calcolo "rigoroso" delle tensioni sul terreno di fondazione può essere condotto considerando le azioni "Sismur" applicate a grigliati o travi di fondazioni su suolo elastico; la procedura prudenziale automatica proposta ipotizza invece una sovrastruttura rigida o scatolare, ovvero fondazioni rigide, oppure terreno "molto elastico". In tal caso alle tensioni per carichi verticali, si sovrappone una distribuzione "rigida" per momento sismico alla base del fabbricato, valutata per un'impronta di fondazione pari a quella netta delle pareti sovrastanti ($t \times l$). Nel caso in cui le fondazioni siano continue e di larghezza diversa dalle pareti, si avrà una zona reale di pertinenza di scarico (A) che il professionista può agevolmente individuare riducendo le tensioni "Sismur" del rapporto $A / (t \times l)$, vedi Fig.14.1.

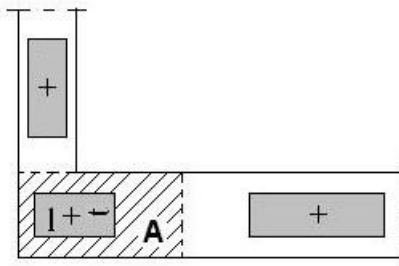


Fig.14.1 – Schema delle fondazioni

Nel dettaglio si considera la tensione totale nei vari punti della fondazione, per sisma in direzione x ed y :

$$S_{tx} = S_0 + \frac{M_b \cdot (x_G - x)}{J_{Gy'}}$$

$$S_{ty} = S_0 + \frac{M_b \cdot (y_G - y)}{J_{Gx'}}$$

nelle quali i momenti d'inerzia delle aree di fondazione attorno all'asse baricentrico y' ed x' :

$$J_{G,y'} = \sum \left[\frac{1}{12} \cdot t \cdot l^3 \cdot \cos \alpha + t \cdot l \cdot (x_G - x)^2 \right]$$

$$J_{G,x'} = \sum \left[\frac{1}{12} \cdot t \cdot l^3 \cdot \cos \alpha + t \cdot l \cdot (y_G - y)^2 \right]$$

ed inoltre:

So	Tensione verticale per carichi verticali
Mb	Momento ribaltante sismico a quota fondazione
XG , YG	Coordinate del baricentro delle aree di fondazione
x , y	Coordinate del punto considerato

15. Sollecitazioni dei traversi

Solo per modello a telaio/pareti equivalenti, il programma esegue il calcolo delle sollecitazioni sulle sezioni dei traversi, siano essi costituiti da architravi di c.a., acciaio, ecc., con la partecipazione o meno della struttura del solaio. A tal fine si valutano in modo prudenziale le sollecitazioni sulle sezioni di attacco trasverso-parete, per gli elementi tipo più impegnati, considerando le parti di intersezione tra elementi verticali ed orizzontali

infinitamente rigide.

Le sezioni dei traversi più impegnati sono ovviamente quelle collegate singolarmente (angolo) a pareti più grandi (di maggiore rigidezza) ai piani più bassi della struttura (I, II piano), vedi Fig. 15.1.

La procedura ipotizza in pratica lo stesso valore di rotazione dei nodi del traverso, quindi uno sforzo di taglio costante su di esso ed un momento flettente variabile linearmente; tali sforzi fanno equilibrio alla rotazione del nodo.

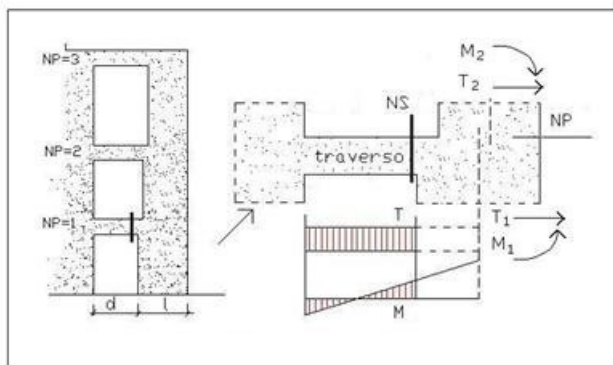


Fig.15.1 – sollecitazioni dei traversi

Si calcola il valore del taglio e del momento sul traverso a filo della parete inferiore; essendo:

$$M_2 = T_2 \cdot c_2 \cdot h_2$$

$$M_1 = T_1 \cdot h_1 \cdot (l - c_1)$$

$$M_0 = M_1 + M_2$$

per l'equilibrio del nodo si può scrivere:

$$T \cdot \left(\frac{l}{2} + \frac{d}{2} \right) = M_1 + M_2$$

e quindi si valuta il taglio sul traverso:

$$T = \frac{M_1 + M_2}{\frac{l}{2} + \frac{d}{2}}$$

ed il momento a filo parete sul traverso:

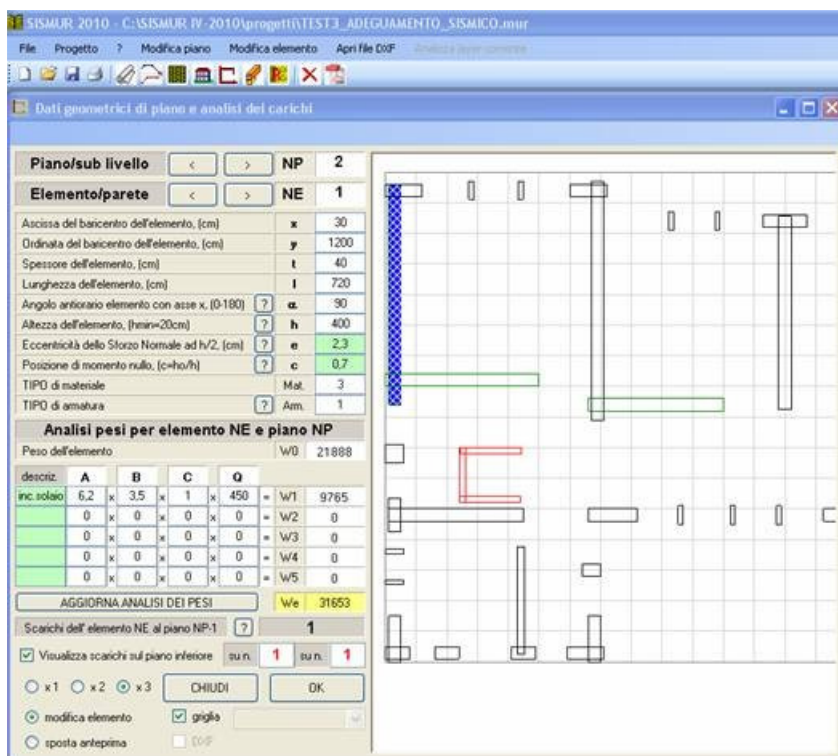
$$M = \frac{T \cdot d}{2}$$

dove:

T2	taglio sismico sulla parete superiore alla quota traverso
T1	taglio sismico sulla parete inferiore
c2	posizione di momento nullo della parete superiore
c1	posizione di momento nullo della parete inferiore
h2	altezza della parete superiore
h1	altezza della parete inferiore
M0	momento di nodo dalle pareti: (M1+M2)
M2	momento al piede della parete superiore
M1	momento alla testa della parete inferiore
l	lunghezza della parete inferiore
d	lunghezza del traverso

Se al nodo convergono due traversi uguali, di dimensioni e lunghezza, le sollecitazioni trovate vanno ovviamente dimezzate. Se i traversi non sono uguali, occorrerà ripartire il momento di nodo M0 in funzione della loro rigidezza alla rotazione ($R_t = EJ / d$) e considerare sempre i valori sulla sezione a filo parete.

Dati geometrici



In questa fase si definisce la geometria della struttura da tastiera o per acquisizione dei dati da file DXF del piano in esame, e si esegue l'analisi dei carichi sugli elementi.

L'estrema flessibilità del software consente, come appresso meglio specificato, di :

- 1) Visualizzare gli scarichi della parete selezionata con il mouse (in tal caso apparirà in colore marrone la parete o le pareti sottostanti di scarico);
- 2) Fare ingrandimenti x1, x2, x3 del video;
- 3) Introdurre o Modificare la posizione del baricentro e la lunghezza delle pareti (anche con mouse) ;
- 4) Disegnare una griglia 1 x 1 m;
- 5) Acquisire piante in DXF.

ACQUISIZIONE DATI DXF

I dati relativi alla geometria del piano e degli elementi resistenti possono essere acquisiti da disegno salvato in formato DXF. Si consiglia predisporre file DXF in versione AUTOCAD R12/LT2.

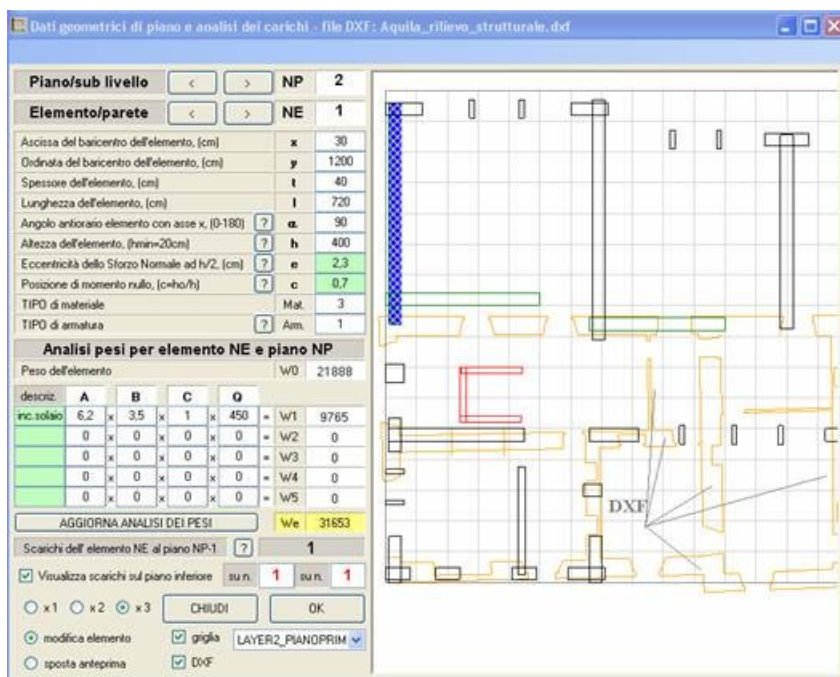
I file di cui sopra devono contenere i piani perfettamente sovrapposti su tavole diverse o su una stessa tavola (in questo caso distinti da LAYER diversi).

Si consiglia di traslare tutte le piante con il più punto basso a sinistra nell'origine (0 ; 0) degli assi AUTOCAD, in modo che l'intera struttura sia contenuta nel primo quadrante degli assi (X>0 ; Y>0).

E' importante sottolineare che le stesse piante siano eseguite in scala in centimetri, giacché SISMUR IV lavora con dimensioni in centimetri.

L'importazione dei file DXF avviene agendo su " Apri File DXF " della maschera in alto e specificando la cartella sorgente dove si trova il disegno.

Le piante dell'edificio appariranno in colore Arancio; su di esse si procederà alla costruzione del modello.



INTRODUZIONE DEGLI ELEMENTI VERTICALI

Per l'introduzione degli elementi verticali, occorre seguire la seguente procedura:

- Specificare il numero del piano (NP) e dell'elemento (NE) che si sta introducendo;
- Fissare da tastiera la posizione X, Y del baricentro dell'elemento (per acquisizione da DXF tale posizione si intende provvisoria: Es. X = 0 ; Y = 0);
- Fissare da tastiera le dimensioni t, L dell'elemento (per acquisizione da DXF tali dimensioni si intendono provvisorie: Es. t = 50 ; L = 100)
- Fissare da tastiera l'orientamento della parete (angolo Alfa);
- Definire il materiale della parete;
- Definire l'eventuale armatura della parete (Arm.1 = Acciaio ; Arm.2 = Composito FRP);
- Con l'opzione " modifica elemento " trasportare (con il mouse) l'elemento che appare fino a sovrapporlo perfettamente al disegno DXF a video, e modificare la lunghezza provvisoria, agendo sulla tastiera o graficamente sui fili esterni della parete con il bottone sinistro del mouse.

Attenzione: Lo spessore (t) della parete si modifica solo da tastiera.

Prima di procedere con altra parete occorre definire anche l'altezza (h) , l'eccentricità dei pesi (e) ed il coefficiente di posizione del momento nullo [c].

Per una nuova struttura non ancora archiviata, questi parametri sono proposti in automatico dal programma.

Completata la fase geometrica di tutti gli elementi può iniziare la definizione dei carichi di piano, e gli scarichi sul piano sottostante, così come appresso meglio specificato.

VARIABILE

NP piano in esame

Con il mouse sui tasti freccia, è possibile posizionarsi sul piano in esame. Il numero dei piani è stato stabilito precedentemente, ma in ogni caso si può tornare indietro per aumentare o diminuire il loro numero.

- E' prevista la copia del piano in esame; a tal fine si andrà in alto a sinistra sul menu principale [copia piano], quindi con le frecce ci si porta sul numero identificativo NP del nuovo piano; si torna sul menù e si impartisce il comando [incolla piano].

Se qualche piano non è stato definito occorre tornare indietro ed aumentare il numero di piani / livelli.

- Per annullare un piano, occorre selezionarlo con le frecce < > , poi andare sui menu < piani > che appare in alto a sinistra del video e quindi agire sul tasto [elimina piano].

NE elemento in esame

Con il mouse sui tasti freccia è possibile posizionarsi sull'elemento in esame. Il numero degli elementi è stato stabilito precedentemente, ma in ogni caso si può tornare indietro per aumentare o diminuire il loro numero.

- E' prevista la copia dell'elemento in esame ; a tal fine si andrà in alto a sinistra sul menu principale il [copia elemento], quindi con le frecce ci si porterà sull'elemento nuovo ; si torna sul menù e si impartisce il comando [incolla elemento].

Se l'elemento non è stato definito occorre tornare indietro ed aumentare il numero di elementi.

- Per annullare un elemento, occorre selezionarlo con le frecce < > , poi andare sui menu < elementi > che appare in alto a sinistra del video e quindi agire sul tasto elimina elemento.

NOTA: La numerazione delle pareti in pianta è arbitraria, ma per lo schema a mensola tutti gli elementi devono essere verticalmente allineati.

X ascissa baricentro

Si tratta della posizione del baricentro della sezione geometrica della parete in pianta.

E' opportuno prevedere tutti valori positivi, e cioè riferire la pianta dell'edificio al I quadrante del piano cartesiano di riferimento X-Y

NOTA: Quando si prevede l'importazione di disegni DXF si definisce solo provvisoriamente tale ascissa (Es. $X = 0$)

Y ordinata baricentro

E' la posizione del baricentro della sezione geometrica della parete in pianta.

E' opportuno prevedere tutti valori positivi, e cioè riferire la pianta dell'edificio al I quadrante del piano cartesiano di riferimento X-Y

NOTA: Quando si prevede l'importazione di disegni DXF si definisce solo provvisoriamente tale ordinata (Es. $Y = 0$)

t spessore

Occorre inserire lo spessore della parete in cm ($t < L$).

NOTA: Quando si prevede l'importazione di disegni DXF si definisce solo provvisoriamente tale spessore (Es. $t = 40$)

l lunghezza

Occorre inserire la lunghezza della parete in cm ($L > t$).

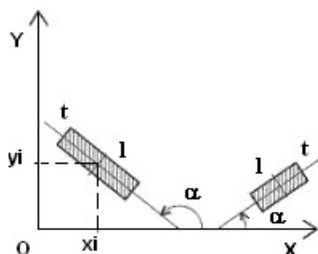
NOTA: Quando si prevede l'importazione di disegni DXF si definisce solo provvisoriamente tale lunghezza (Es. $L = 100$)

Alfa angolo di orientamento

E' l'angolo che la parete in esame forma con l'asse orizzontale X.

Tale angolo va valutato in senso antiorario a partire dall'asse X ed è compreso tra 0 e 180 °

Una parete, disposta con la dimensione maggiore (l), secondo l'asse X avrà $\alpha=0$; per una parete disposta secondo l'asse y: $\alpha=90$



h altezza dell'elemento

Tale valore serve per valutare la giusta rigidezza della parete e le sollecitazioni sismiche nel piano e fuori del piano.

Di solito questo valore coincide con l'altezza dell'interpiano o con la distanza tra il piano in esame e quello inferiore, mentre sarebbe più corretto considerare l'altezza netta del vano.



Per pareti dell'ultimo piano (copertura) o per pareti impostate a diverse quote di Fondazione, il valore h può essere diverso da quello d'interpiano medio indicato nella fase precedente ai fini del calcolo del primo periodo di vibrazione della struttura. In ogni caso porre $h > 20$ cm.

NOTA: Per nuova struttura il programma propone un'altezza pari a quella di piano.

e eccentricità sforzo Normale

Per le verifiche fuori piano occorre considerare l'eccentricità dello sforzo normale sulla sezione in concomitanza alle azioni flettenti sismiche; in ogni caso: $e > h / 200$

Per esempio se l'altezza di piano (interpiano) è di 400 cm, l'eccentricità minima dello sf. Normale (P), dovrà essere almeno: $e = h / 200 = 400 / 200 = 2$ cm.

NOTA: Per nuova struttura il programma propone in automatico il valore e : $e = h / 200$.

c fattore posizione Momento nullo

Questo valore indica a quale quota si trova la posizione di momento nullo rispetto al piede della parete in esame, e serve per valutare le sollecitazioni flettenti sulla sezione, nonché definire la rigidezza della parete stessa nel modello a telaio equivalente.

NOTA:

$c = 0,50$ denota uno schema shear type o funzionamento scatolare (shell)

$0,60 < c < 1$ indica un modello a telaio reale, con traversi aventi buona rigidezza flessionale

$c > 1$ indica traversi poco rigidi o inesistenti

Ai fini pratici e correnti, per schema a telaio con solai ed architravi in c.a. gettati in opera, si può considerare realisticamente il valore medio $c = 1$ per tutte le pareti del primo piano, e la riduzione sugli altri piani, fino al valore $c = 0,60$ per tutte le pareti dell'ultimo piano.

Per ultimo piano privo di solaio rigido si considera: $c = 1$

Per una nuova struttura il programma indica in automatico i valori opportuni della posizione di momento di cui sopra per una situazione a telaio; l'utente può comunque modificare tale dato.

NOTA: Lo schema SKS=1 a mensola non richiede ovviamente la definizione del valore c . Agendo sul pulsante ? appare un richiamo con grafico c - rapporto rigidezza pareti / rigidezza traversi.

(Vedi anche A.Castellani "Calcolo di strutture in zona sismica", Ed.Tamburrini; F.Iacobelli "Progetto e verifica delle costruzioni in muratura in zona sismica", Ediz. EPC Libri.)

mat tipo materiale

(1-6) si deve fare riferimento ai materiali definiti precedentemente.

sc scarichi verticali

Vanno introdotti 2 numeri ($sc1, sc2$), che indicano le pareti sottostanti il piano/solaio sulle quali si scarica metà del peso che grava sulla parete in esame.

Nel caso di schema a telaio $sc1$ e $sc2$ permettono di svincolare l'utente da una numerazione obbligata di elementi allineati verticalmente (Vedi Test.mur) e prevedere anche la possibilità che una parete possa scaricare su altre due pareti del piano sottostante (potrebbe essere il caso di architrave di scarico).

Se l'utente fornisce uno stesso numero: $sc1=sc2$ vuol dire che la parete in esame scarica al piano sottostante tutto il suo carico sulla parete numerata al piano sottostante con $sc1=sc2$

Nel caso in cui si stanno analizzando le pareti del piano 1, ossia le pareti che vanno dalla fondazione al primo solaio, ovviamente lo scarico al piano inferiore non esiste ($sc1 = sc2 = 0$)

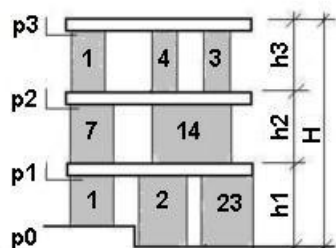
NOTA: Per il modello a mensole le pareti devono essere continue e verticalmente allineate dalla fondazione alla sommità, e devono avere sempre lo stesso numero identificativo; ciò vuol dire che per tutti i piani $sc1 = sc2 =$ numero della parete.

Scarichi dell' elemento NE al piano NP-1 ? 1

Visualizza scarichi sul piano inferiore su n. 3 su n. 6

Gli scarichi sulle pareti sottostanti sono anche evidenziate graficamente selezionando l' opzione " Visualizza scarichi sul piano inferiore " e ponendo il mouse sul baricentro della parete esaminata. Appariranno in marrone le pareti sottostanti di scarico.

A titolo di esempio, con riferimento alla figura precedente, si riportano alcune situazioni di scarico tipiche :



PIANO N. 3 -----

parete n. 1 : al piano 2 : scarica su n. 7 e su n. 7 (scarico tutto sulla parete n.7)

parete n. 4 : al piano 2 : scarica su n. 14 e su n. 14 (scarico tutto sulla parete n. 14)

parete n. 3 : al piano 2 : scarica su n. 14 e su n. 14 (scarico tutto sulla parete n. 14)

PIANO N. 2 -----

parete n. 7 : al piano 1 : scarica su n. 1 e su n. 1 (scarico tutto sulla parete n.1)

parete n. 14 : al piano 1 : scarica su n. 2 e su n. 23 (scarico metà sulla parete 2 e metà sulla parete n. 23)

PIANO N. 1 -----

parete n. 1 : al piano 0 : scarica su n. 0 e su n. 0 (non esistono pareti sottostanti alla n. 1)

parete n. 2 : al piano 0 : scarica su n. 0 e su n. 0 (non esistono pareti sottostanti alla n.2)

parete n. 23 : al piano 0 : scarica su n. 0 e su n. 0 (non esistono pareti sottostanti alla n.23)

Analisi dei carichi verticali

Analisi pesi per elemento NE e piano NP							
Peso dell'elemento						W0	6075
descriz.	A	B	C	Q			
inc. solaio	3,7	0,5	1	545	= W1	1008	
balcone	3,7	1,2	1	795	= W2	3529	
	0	0	0	0	= W3	0	
	0	0	0	0	= W4	0	
	0	0	0	0	= W5	0	
AGGIORNA ANALISI DEI PESI						We	10612

NOTA

Dalla prima schermata relativa ai dati geometrici ed analisi dei carichi si può entrare nel calcolo del peso scaricato dagli elementi del piano in esame sulla parete in esame. Il peso intero della parete viene automaticamente generato dal programma; per i solai di scarico invece bisogna fornire il carico ripartito Q (pp.+quota accidentale in az. sismica) ed i fattori a,b,c come appresso meglio specificato. Tutte le indicazioni introdotte verranno conservate nel file di archivio .mur della struttura

Variabili:

Q

Carico unitario che si scarica sulla parete in esame, al solo piano considerato. Se si pensa ad un carico di solaio, si fornirà Q in daN/m² o daN/cm²; se invece si pensa ad un peso lineare, si intenderà Q in daN/m o daN/cm.

Possono essere inseriti, senza limitazioni, anche più carichi unitari dello stesso tipo. I fattori di carico A,B,C che vengono dati dall'utente, andranno a definire il carico sulla parete per il piano in esame; essi dovranno essere congruenti con l'unità di misura di Q. Il programma esegue il prodotto Q.A.B.C che appare nel riquadro a destra nel momento in cui si agisce sul tasto "AGGIORNA ANALISI DEI PESI" e viene visualizzata la somma (We). Nelle fasi successive del calcolo il programma

valuterà automaticamente gli scarichi progressivi lungo l'altezza delle singole pareti (sforzo normale)

- A Primo fattore: tale valore verrà moltiplicato dal programma per il carico unitario Q
- B Secondo fattore: tale valore verrà moltiplicato dal programma per il carico unitario Q
- C Terzo fattore: tale valore verrà moltiplicato dal programma per il carico unitario Q
- W carico risultante: $W = Q \times A \times B \times C$

Completate tutte le operazioni si agisce sul tasto [AGGIORNA ANALISI DEI PESI], per avere il trasferimento del carico W_e sulla parete NE, del piano NP.

Si consiglia di introdurre dapprima le caratteristiche geometriche di tutte le pareti e poi passare all'analisi dei carichi.

ESEMPIO

* Volendo introdurre una certa parete il peso del solaio di piano avente un carico ripartito (permanente + quota accidentale) $p=545 \text{ daN/m}^2$ ed una zona d'influenza di $3,70 \times 0,50 \text{ m}$, si pone: $Q = 545 - A=3,70 - B=0,50 - C=1$ ed il programma calcolerà automaticamente il peso $W=Q \cdot A \cdot B \cdot C=3,70 \times 0,50 \times 1 \times 545=1008 \text{ daN}$.

* Volendo aggiungere per la stessa parete il peso di un balcone con carico 795 daN/m^2 ed con area $3,70 \times 1,20$, si pone: $Q=795 - A=3,70 - B=1,20 - C=1$ ed il programma calcolerà automaticamente altro peso $W=Q \cdot A \cdot B \cdot C=795 \times 3,70 \times 1,20 \cdot 1=3529 \text{ daN}$.

* Se sulla parete e per lo stesso piano insiste un tramezzo avente carico ripartito $Q=250 \text{ daN/m}$ per la lunghezza di $3,60 \text{ m}$, si pone: $Q=250 - A=3,60 - B=1 - C=1$ il programma calcolerà automaticamente altro peso $W=Q \cdot A \cdot B \cdot C=250 \cdot 3,60 \cdot 1 \cdot 1=900 \text{ daN}$.

Esempi

ESEMPIO 1

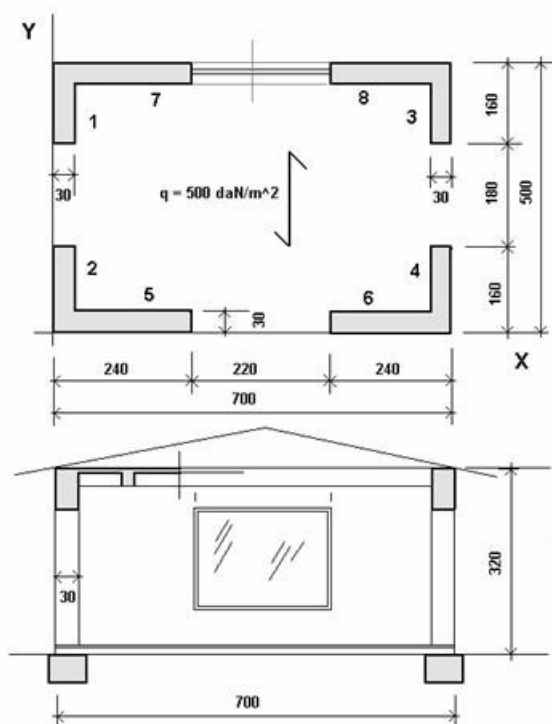
FILE: TEST1 - AFFIDABILITA' E VALIDAZIONE DEL SOFTWARE

Si propone per intero lo sviluppo della verifica secondo le NTC/2008 di una semplice struttura in muratura ordinaria, nuova, regolare in pianta, a semplice elevazione e comportamento shear type (traversi rigidi), al fine di un controllo dell'affidabilità e validazione del software. Il confronto dei risultati SISMUR con quelli teorici sono riportati nell'allegato file "ValidazioneSismur.pdf", stampabile dal menu principale, oppure prelevabile dalla cartella di installazione SISMUR.

Le condizioni di verifica sono allo SLU della struttura (CFS=1) e quindi è da considerare il solo PGA di danno lieve PGA(DL) riportato nella sezione n.10).

Dati di Calcolo

Caratteristiche	Edificio regolare in altezza ed in pianta
Accelerazione su suolo tipo A, ag/g :	0,25
Fattore di amplificazione max, F_o :	2,50
Periodo caratt. Spettro, T_c^* :	0,30
Zona sismica :	2
Piani / Orizzontamenti :	1
Suolo di fondazione:	B
Tipologia edificio:	1 (nuovo edificio)
Modello strutturale:	2 (shear - type)
Collegamenti:	1 (telai indipendenti nelle due direzioni)



SCHEMA STRUTTURALE

ESEMPIO 2

FILE: TEST2 – VERIFICA DI VECCHIO EDIFICIO E CALCOLO PGA(DS), PGA(DL)

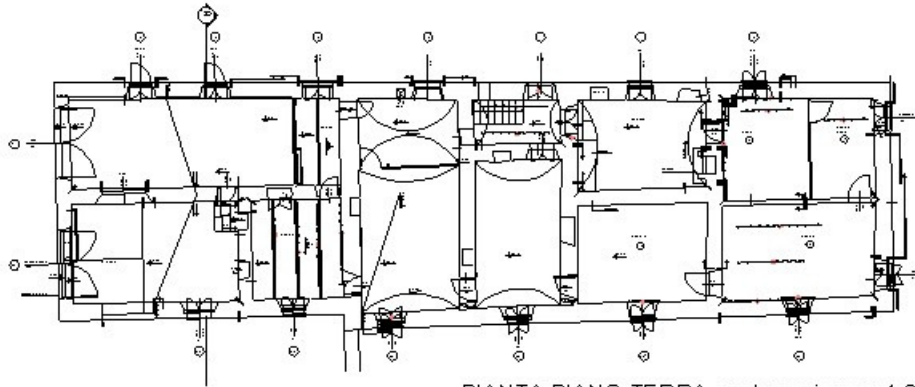
Si propone il calcolo di verifica di un vecchio edificio ad uso abitativo, da consolidare nel Comune dell'Aquila dopo il terremoto del 2009. Le verifiche vengono eseguite prima nello stato di fatto, calcolando il PGA di danno lieve (PGA(DL) e di danno severo, PGA (DS). Il calcolo del PGA(DS) viene condotto per tentativi, fornendo il coeff. di amplificazione dello spettro di progetto (CSP) e controllando che una sola prima parete arrivi allo stato limite (con redistribuzione sismica). In particolare si trova in tali condizioni PGA (DS) = 0,16 ed $\alpha u = 0,51$.

Successivamente per lo stato di progetto, si rinforza la struttura con stilature dei giunti e cucii scuci delle murature danneggiate, con mattoni pieni, e si chiudono alcuni vani presenti nella muratura, realizzando maschi murari più resistenti. In virtù delle opere di progetto si considera un incremento delle resistenze delle vecchie murature del 50% (vedi indicazioni della normativa), ottenendo un nuovo PGA(DS) = 0,23 ed $\alpha u = 0,71$.

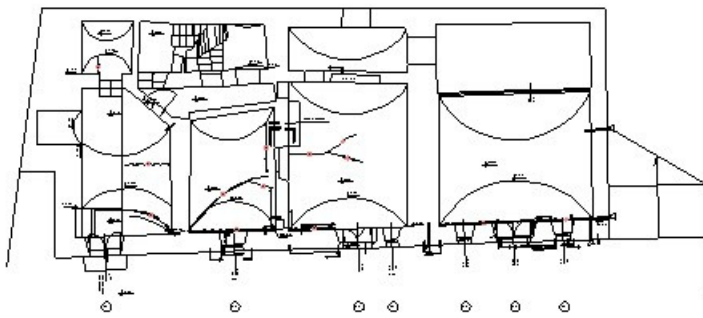
L'input geometrico della struttura è stato fatto richiamando il file di disegno DXF "Rilievo Aquila" e costruendo in sovrapposizione il modello strutturale.

Dati di Calcolo

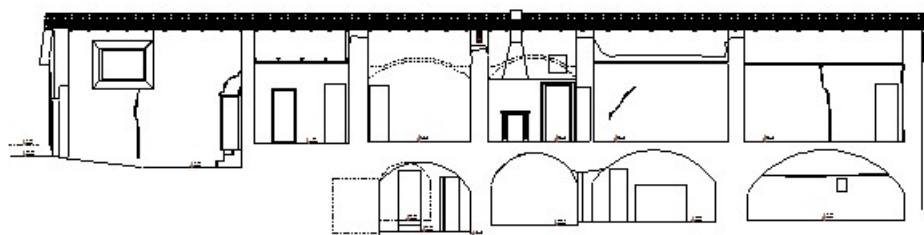
Altezza della costruzione, H	600 cm
Longitudine del sito :	13,3944 (gradi sessadecimali)
Latitudine del sito :	42,366 (gradi sessadecimali)
Vita nominale, VN :	50 Anni (Opere ordinarie, di importanza normale)
Classe d'uso, CL :	II (normale affollamento, senza funzioni pubbliche)
Coefficiente d'uso, Cu :	1,00
Periodo di riferimento, VR :	VR = VN x Cu = 50 Anni
Probabilità di superamento Pvr :	10% (0,10) allo SLU
Periodo di ritorno sismico, TR :	TR = - VR / ln (1-Pvr) = 475 Anni
Accelerazione allo SLU, ag/g :	0,261
Fattore di amplificazione max, Fo :	2,364
Periodo caratt. Spettro, Tc* :	0,346
Zona sismica :	2
Piani / Orizzontamenti :	2
Suolo di fondazione:	D
Tipologia edificio:	2 (vecchio edificio)
Modello strutturale:	2 (telai/pareti equivalenti)
Collegamenti:	1 (elementi indipendenti nelle due direzioni principali di pianta X,Y)



PIANTA PIANO TERRA quota sezione: +1.00 m



PIANTA PIANO INTERRATO quota sezione -1.58 m



SEZIONE LONGITUDINALE

ESEMPIO 3

FILE: TEST3 – ADEGUAMENTO SISMICO DI EDIFICIO SCOLASTICO

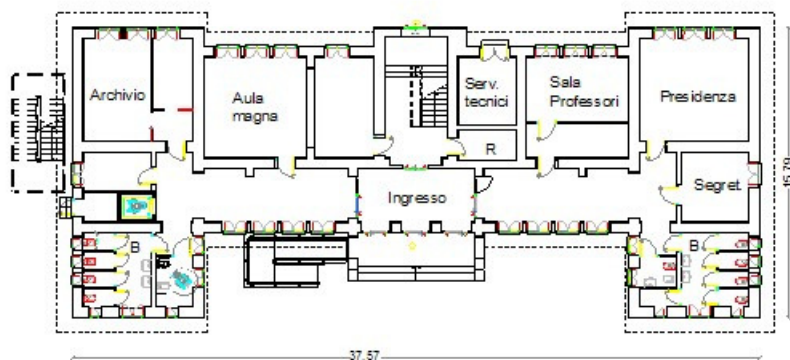
Si riportano i dati per la verifica sismica, di un edificio scolastico posto in Roma, per il quale sono previste opere di ristrutturazione dell'aula magna ed inserimento di vano ascensore. Nella struttura muraria sono stati introdotti quindi elementi verticali in c.a. ai quali sono stati affidati solo i carichi verticali (struttura mista); per fare questo, è bastato assegnare un modulo elastico moto basso ai nuovi elementi di c.a.

I parametri sismici sono stati dedotti da "Spettri Ver.1.0.3.xls" del c.s.l.p. fornendo le coordinate geografiche del sito.

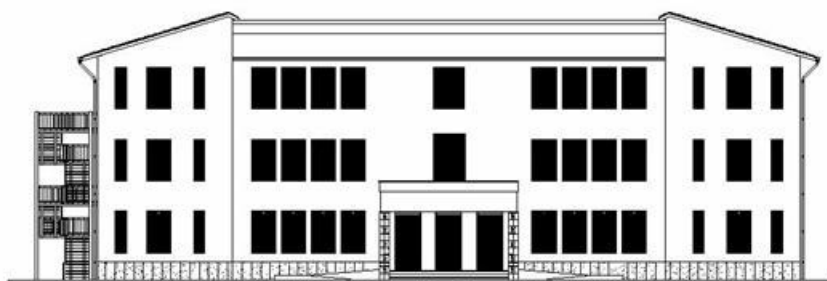
Per la parete n. 73 del piano terra (zona servizi tecnici), resa strutturale e per la quali la ridistribuzione sismica non riesce a coprire le azioni sismiche agenti, è stato necessario provvedere con armature in composito FRP incollate con resine, o armature metalliche ancorate in fondazione.

Dati di Calcolo

Caratteristiche	Edificio regolare in altezza
Longitudine del sito :	12,4818 (gradi sessadecimali)
Latitudine del sito :	41,9109 (gradi sessadecimali)
Vita nominale, VN :	50 Anni (Opere ordinarie, di importanza normale)
Classe d'uso, CL :	IV (costruzioni con funzioni pubbliche)
Coefficiente d'uso, Cu :	2,00
Periodo di riferimento, VR :	$VR=VN \times Cu = 100$ Anni
Probabilità di superamento Pvr :	10% (0,10) allo SLU
Periodo di ritorno sismico, TR :	$TR= - VR / \ln (1-Pvr) = 950$ Anni
Accelerazione su suolo tipo A, ag :	0,129 (interpolazione ponderata allo SLU).
Fattore di amplificazione max, Fo :	2,666
Periodo caratt. Spettro, Tc* :	0,320
Accelerazione allo SLD, ag :	0,065 (interpolazione ponderata allo SLU).
Zona sismica :	3
Piani / Orizzontamenti :	3 (primo,secondo, copertura)
Suolo di fondazione:	D
Tipologia edificio:	2 (vecchio edificio)
Modello strutturale:	2 (telai equivalenti con architravi a flessione)
Collegamenti:	1 (telai indipendenti nelle due direzioni)



PIANTA PIANO TERRA



PROSPETTO PRINCIPALE

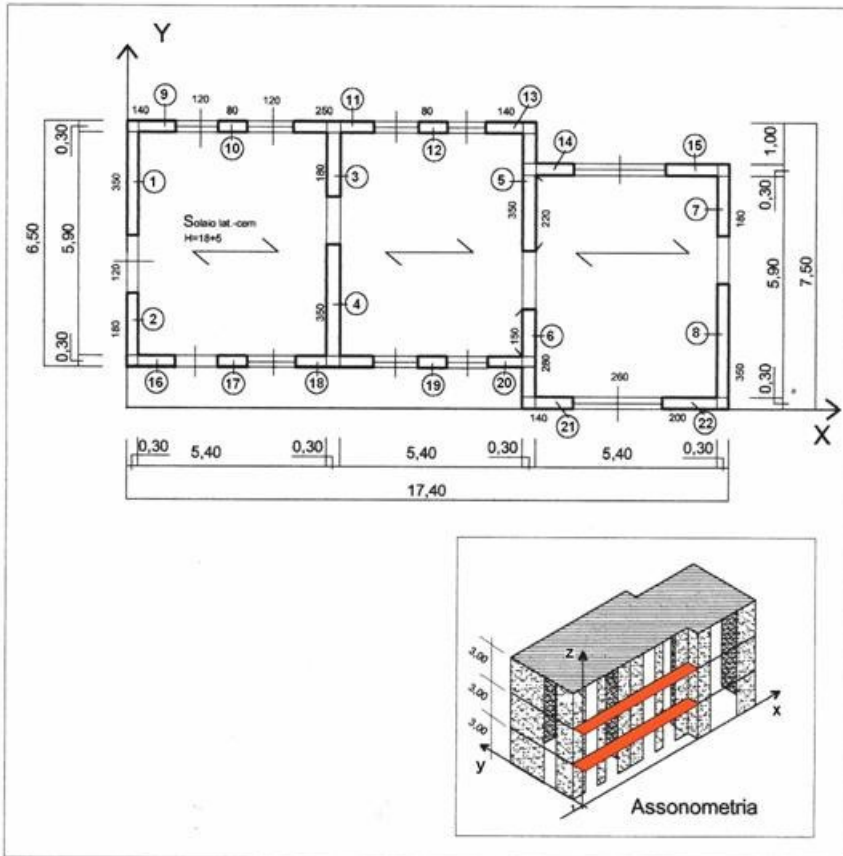
ESEMPIO 4

FILE: TEST4 - VERIFICA SISMICA DI NUOVO EDIFICIO

Si riportano i dati per la verifica sismica di un nuovo edificio di abitazione in zona sismica di II Categoria. Dai risultati finali discende che per muratura ordinaria la verifica non è soddisfatta in direzione X. Volendo rinunciare alla modifica del sistema resistente in direzione X, occorre armare quelle pareti non verificate, con acciaio o composito FRP.

Dati di Calcolo

Caratteristiche	Edificio regolare in altezza ed in pianta
Longitudine del sito :	13,8324 (gradi sessadecimali) Cassino (FR)
Latitudine del sito :	41,4886 (gradi sessadecimali) Cassino(FR)
Vita nominale, VN :	50 Anni (Opere ordinarie, di importanza normale)
Classe d'uso, CL :	II (normale affollamento, senza funzioni pubbliche)
Coefficiente d'uso, Cu :	1,00
Periodo di riferimento, VR :	$VR=VN \times Cu = 50$ Anni
Probabilità di superamento Pvr :	10% (0,10) allo SLU
Periodo di ritorno sismico, TR :	$TR= - VR / \ln(1-Pvr) = 475$ Anni
Accelerazione su suolo tipo A, ag/g :	0,217 (da media ponderata allo SLU)
Fattore di amplificazione max, Fo :	2,338
Periodo caratt. Spettro, Tc* :	0,347 (direttamente dalle tab. del reticolo sismico NTC)
Accelerazione allo SLD, suolo A, ag/g :	0,08 (da media ponderata allo SLD)
Zona sismica :	2
Piani / Orizzontamenti :	3 (primo,secondo, copertura)
Suolo di fondazione:	B
Tipologia edificio:	1 (nuovo edificio)
Modello strutturale:	2 (telai/pareti equivalenti con architravi a flessione)
Collegamenti:	1 (elementi indipendenti nelle due direzioni)



SCHEMA STRUTTURALE