

Il fabbricato residenziale della Società per le Case Popolari a Correggio (RE)

Corrado Prandi - Ingegnere

La costruzione è stata eretta nei primi anni del secolo scorso, prevede pareti portanti in laterizi pieni, impalcato di piano prevalentemente con travi lignee a sostegno di voltine laterizie e copertura ad orditura lignea; la pianta rettangolare misura m 47.00x10.00 e sono presenti 3 livelli in aggiunta al seminterrato ed al sottotetto.

L'orditura strutturale è caratterizzata da notevole regolarità in pianta ed in alzato; le pareti hanno perimetralmente lo spessore di cm 30 ed internamente di cm 15.

Le prime valutazioni dello scrivente sulla costruzione risalgono a circa venti anni addietro; periodicamente ed a seguito dei ripetuti eventi sismici sono state eseguite ampie valutazioni e prove, principalmente sul terreno di fondazione; quest'ultimo cambia notevolmente la sua consistenza nell'estensione dell'impronta del fabbricato.

L'analisi illustrata a seguire ha inteso riconoscere la vulnerabilità della costruzione per azioni sismiche di entità prefissata e gli effetti sulle murature conseguenti alla propensione ai cedimenti differenziali della costruzione, sicuramente accentuata nel corso dell'ultima sequenza sismica nell'anno 2012, che è stata caratterizzata dalla presenza di elevati valori di accelerazione verticale.

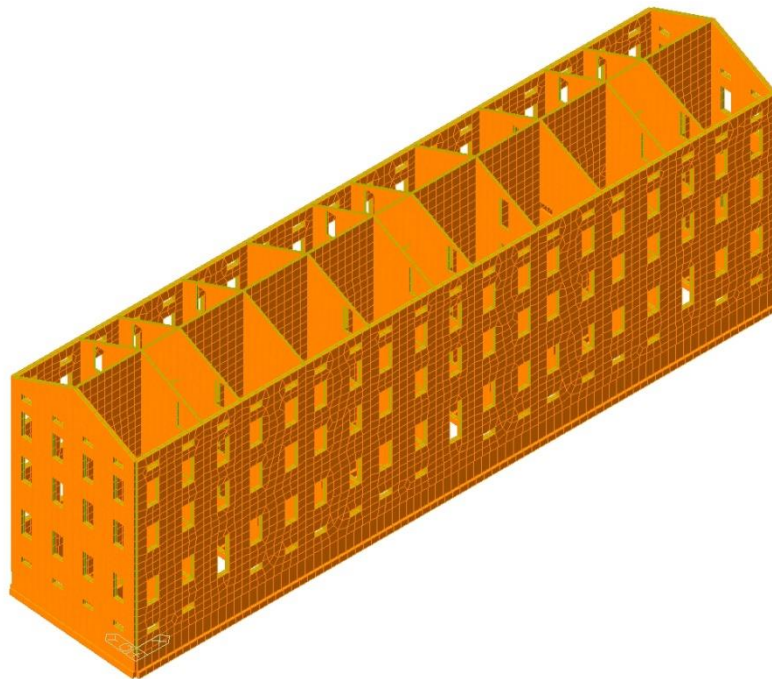


Immagine 1 - modello

Il modello realizzato con il software MIDAS, ha previsto prevalentemente l'impiego di elementi plate con rigidità nel e fuori del piano, disposti e suddivisi nel piano rispetto del rilievo geometrico dell'immobile; per la suddivisione degli elementi plate è risultato utile posizionare preliminarmente secondo il perimetro di facciate ed aperture elementi beam temporanei, che hanno favorito poi la regolare creazione della mesh delle superfici.

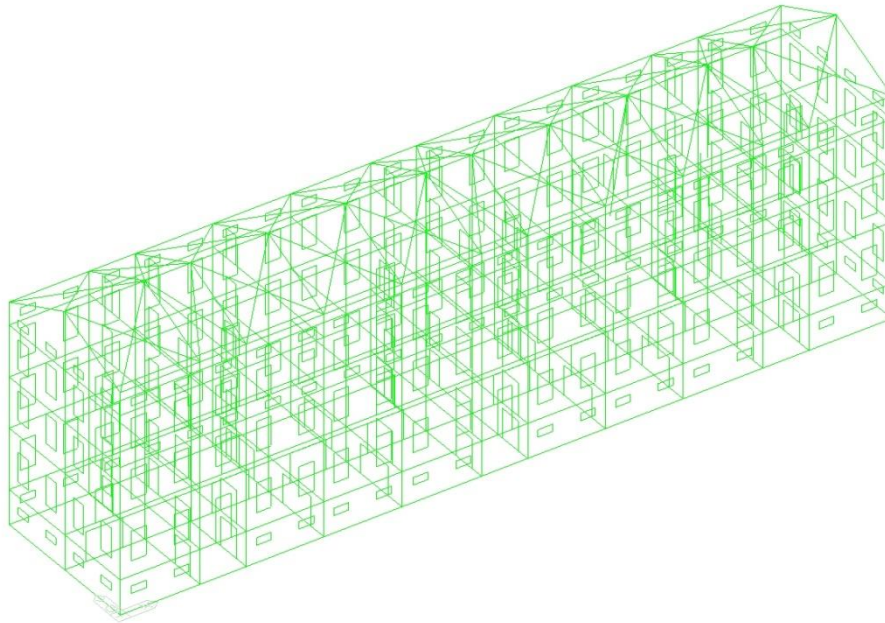


Immagine 2 – aste temporanee per la suddivisione della mesh

Gli impalcati di piano sono stati assunti rigidi con esclusione della copertura, il vincolo al livello delle fondazioni è stato definito di incastro in una prima fase della modellazione e successivamente sono state inserite molle a rigidità definita nella direzione verticale, rigidità diversa e commisurata alle varie costanti elastiche rilevate nel terreno nell'area della costruzione.

Al materiale muratura è stato attribuito un modulo elastico pari 15.000 daN/cm^2 , un coeff.di Poisson pari a 0,3 ed una densità pari a 1800 daN/m^3 .

In una prima fase è stata eseguita una analisi dinamica lineare per ottenere i periodi di vibrazione dei modi prevalenti secondo le direzioni principali e le correlate accelerazioni spettrali.

Mode No	Frequency (rad/sec)	(cycle/sec)	Period (sec)	Tolerance
1	11.7022	1.8625	0.5369	0.0000e+000
2	11.7663	1.8727	0.5340	0.0000e+000
3	12.9423	2.0598	0.4855	0.0000e+000
4	14.8278	2.3599	0.4237	0.0000e+000
5	15.5756	2.4789	0.4034	0.0000e+000
6	16.6844	2.6554	0.3766	0.0000e+000
7	20.5401	3.2691	0.3059	0.0000e+000
8	26.1318	4.1590	0.2404	0.0000e+000
9	60.8146	9.6789	0.1033	0.0000e+000
10	70.6997	11.2522	0.0889	0.0000e+000

Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	0.0073	0.0073	0.1263	0.1263	0.0000	0.0000	0.1662	0.1662	0.0017	0.0017	0.0014	0.0014
2	0.0031	0.0103	0.2009	0.3272	0.0000	0.0000	0.2664	0.4326	0.0008	0.0025	0.0375	0.0389
3	0.0003	0.0106	0.8940	1.2212	0.0000	0.0000	0.8786	1.3112	0.0001	0.0026	0.0182	0.0571
4	2.4759	2.4865	0.0020	1.2232	0.0000	0.0000	0.0012	1.3124	0.2702	0.2728	0.0040	0.0610
5	8.4110	10.8974	0.0000	1.2232	0.0000	0.0000	0.0001	1.3124	1.0214	1.2942	0.0006	0.0617
6	0.0002	10.8977	20.9924	22.2156	0.0011	0.0011	10.3224	11.6348	0.0000	1.2942	0.0021	0.0638
7	0.0028	10.9005	51.8993	74.1149	0.0028	0.0039	4.8304	16.4652	0.0002	1.2944	0.0004	0.0642
8	64.9664	75.8669	0.0058	74.1207	0.0000	0.0039	0.0009	16.4661	1.0233	2.3177	0.0003	0.0645

9	0.0005	75.8674	17.6985	91.8192	0.0343	0.0382	28.5390	45.0051	0.0000	2.3177	0.0061	0.0706
10	14.9286	90.7960	0.0000	91.8193	0.0002	0.0383	0.0022	45.0073	6.1751	8.4928	0.0954	0.1660

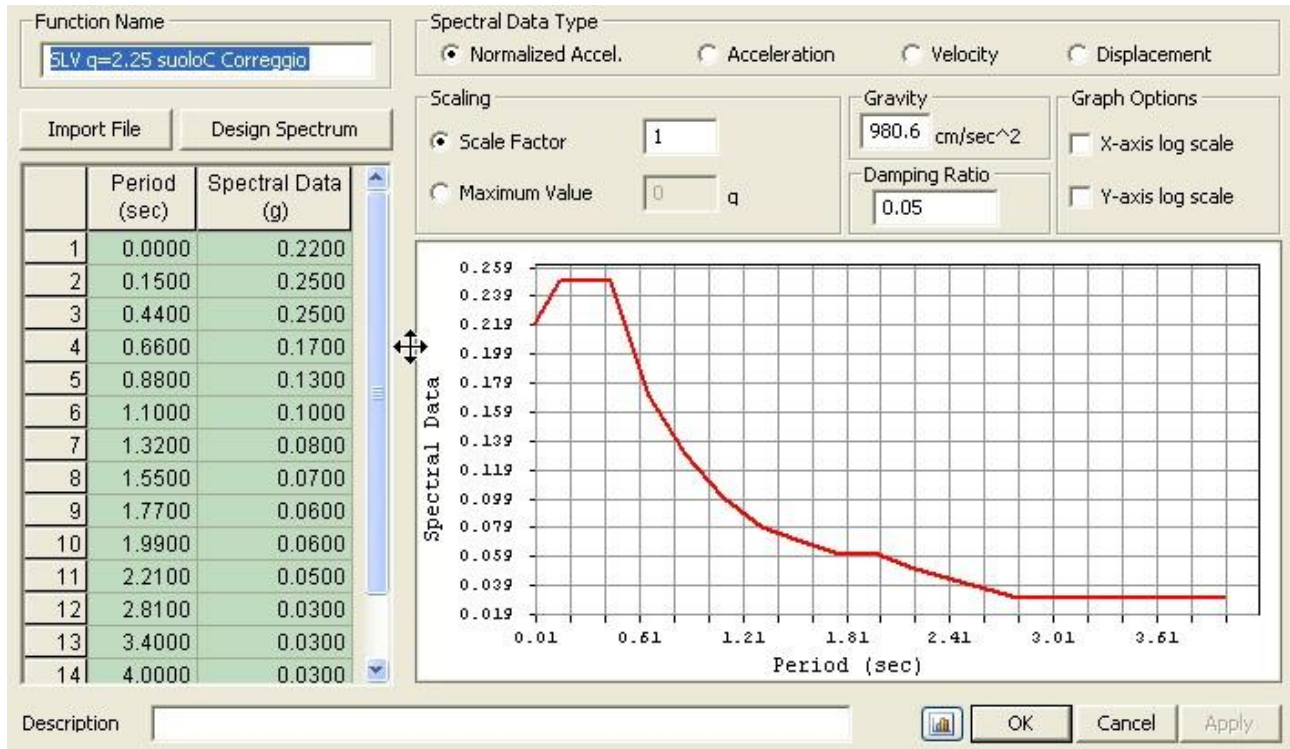


Immagine 3 – spettro di progetto per SLV, per terreno C, ottenuto dal corrispondente spettro elastico scalato per $q=2,25$

Le accelerazioni relative allo spettro elastico sono state ottenute moltiplicando per il fattore di struttura q , che nel caso specifico è pari a 2,25.

Successivamente è stata eseguita una analisi statica non lineare, caratterizzando la muratura con il modulo STRUMAS e ricercando le curve di capacità del fabbricato secondo le due direzioni principali; sono state impiegate distribuzioni di carico proporzionali alle masse, variando per tentativi il carico massimo, fino ad ottenere curve con un chiara e mantenuta inflessione; per la direzione X longitudinale della costruzione, la spinta massima T è stata fatta corrispondere alla massa sismica della costruzione M moltiplicata per $a=1,2g$.

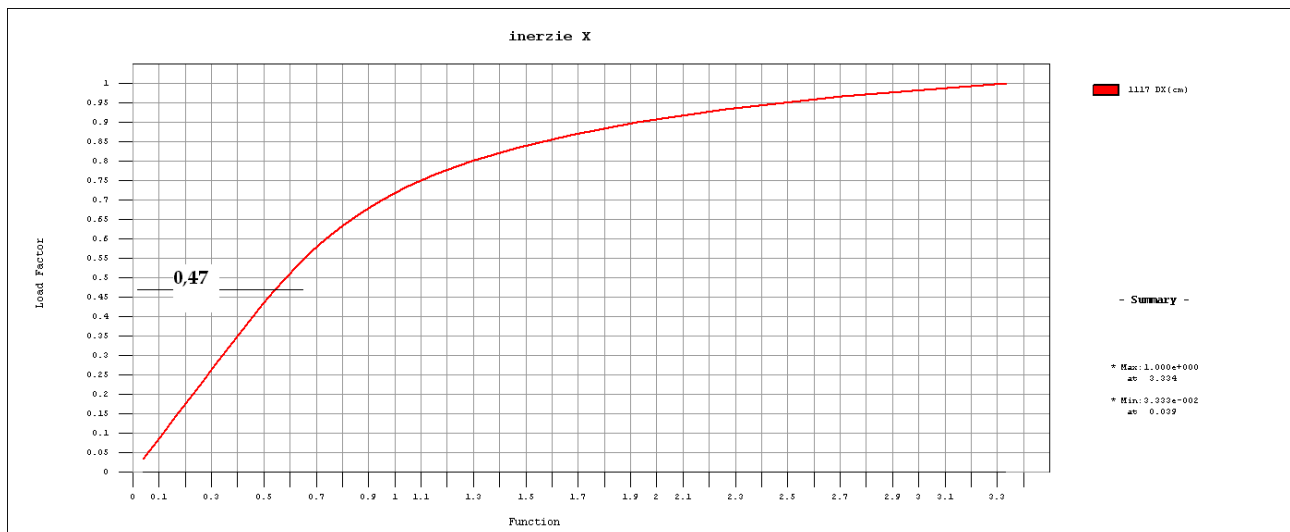


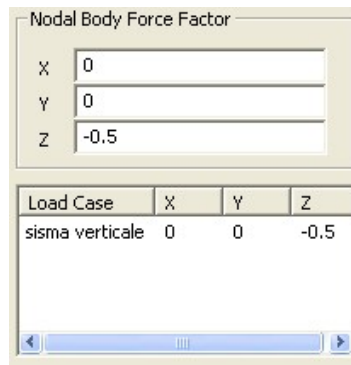
Immagine 4 – curva di capacità per spinta massima $T = M \cdot 1,2g$

La curva di capacità è stata impiegata per una sommaria valutazione della vulnerabilità della costruzione, individuando il punto della curva corrispondente al tagliante attivato dall'accelerazione spettrale T' che compete alla costruzione, che nel caso specifico è ancora compreso nel tratto lineare della curva, con conseguenti buone aspettative circa le risorse del fabbricato:

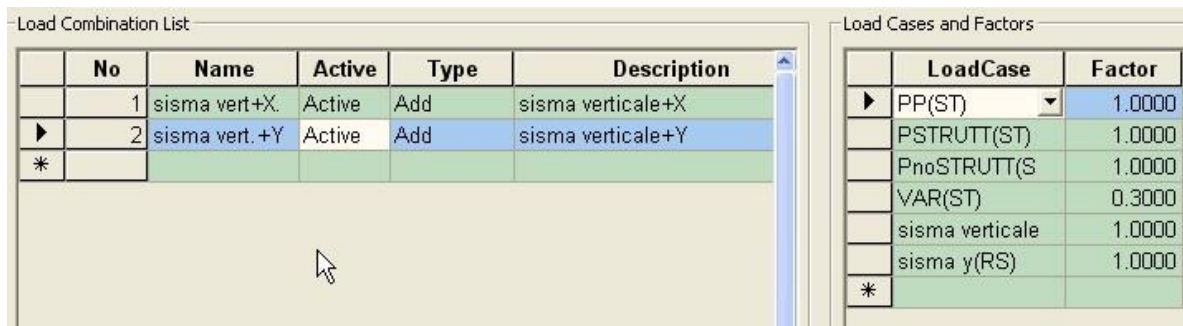
$0,25g$ = accelerazione che compete al fabbricato, in base al suo periodo, derivata dallo spettro di progetto
 $0,25g \cdot 2,25 =$ “ “ “ “ “ elastico
 $T' = M \cdot 0,25 \cdot g \cdot 2,25 = M \cdot 0,56 \cdot g$ (sull'asse delle ordinate della curva di capacità $0,56/1,2 \approx 0,47$).

La fase finale dell'analisi ha cercato di indagare sulla sensibilità della costruzione ai cedimenti differenziali in fondazione conseguenti alla grande disuniformità delle caratteristiche meccaniche del terreno; la rigidità del terreno, noti comunque i limiti di tale assunzione, è stata modellata con molle a rigidità verticale commisurata ai diversi valori dei coefficienti di sottofondo ($1-3 \text{ daN/cm}^3$).

E' stata utilizzata l'analisi dinamica lineare ed è stata impiegata per le verifiche una combinazione di carico sismica che ha previsto la contestuale presenza del sisma nella componente orizzontale e verticale.



Load Case	X	Y	Z
sisma verticale	0	0	-0.5



No	Name	Active	Type	Description
1	sisma vert.+X.	Active	Add	sisma verticale+X
2	sisma vert.+Y	Active	Add	sisma verticale+Y
*				

LoadCase	Factor
PP(ST)	1.0000
PSTRUTT(ST)	1.0000
PnoSTRUTT(S)	1.0000
VAR(ST)	0.3000
sisma verticale	1.0000
sisma y(RS)	1.0000
*	

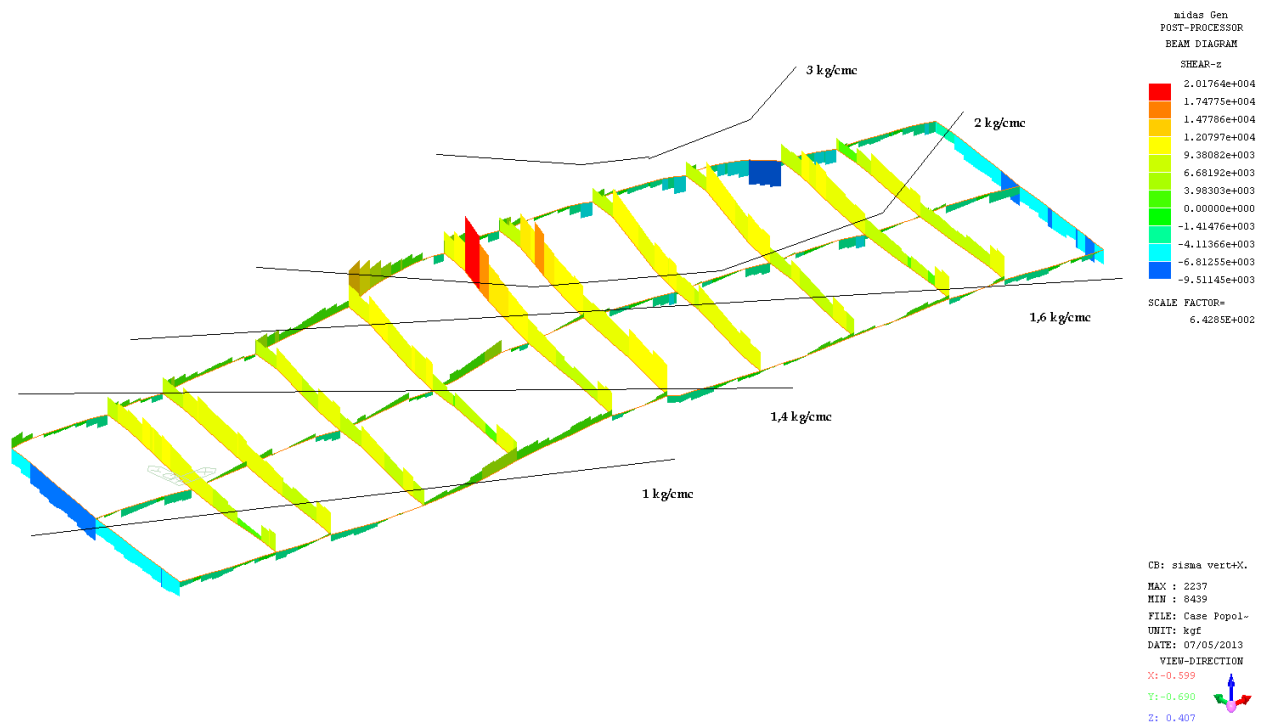


Immagine 5 – combinazione di carico con sisma a contestuale componente orizzontale e verticale (0,5g); deformazione delle fondazioni nelle zone a diverso coefficiente di sottofondo

L'intervento in progetto per la riduzione della vulnerabilità del fabbricato, ha previsto la cerchiatura con piatti metallici di tutte le aperture e l'affiancamento di cordoli in cemento armato alle fondazioni esistenti, tra loro reciprocamente connessi.

I piatti di cerchiatura sono stati modellati con corrispondenti beam disposte tra i nodi compresi nel perimetro delle aperture; le fondazioni sono state modellate alla base degli elementi platea costituenti le pareti, disponendo tra i nodi beam su suolo elastico, con le corrispondenti sezioni in muratura piuttosto che in calcestruzzo.

Si riportano a seguire le mappe delle tensioni tangenziali in una facciata esterna, per la combinazione di carico sismica descritta sopra, prima in assenza e poi in presenza dei descritti interventi di riduzione della vulnerabilità; nelle mappe vengono rimosse le superfici che superano la tensione di +/- 2,5 kg/cm².

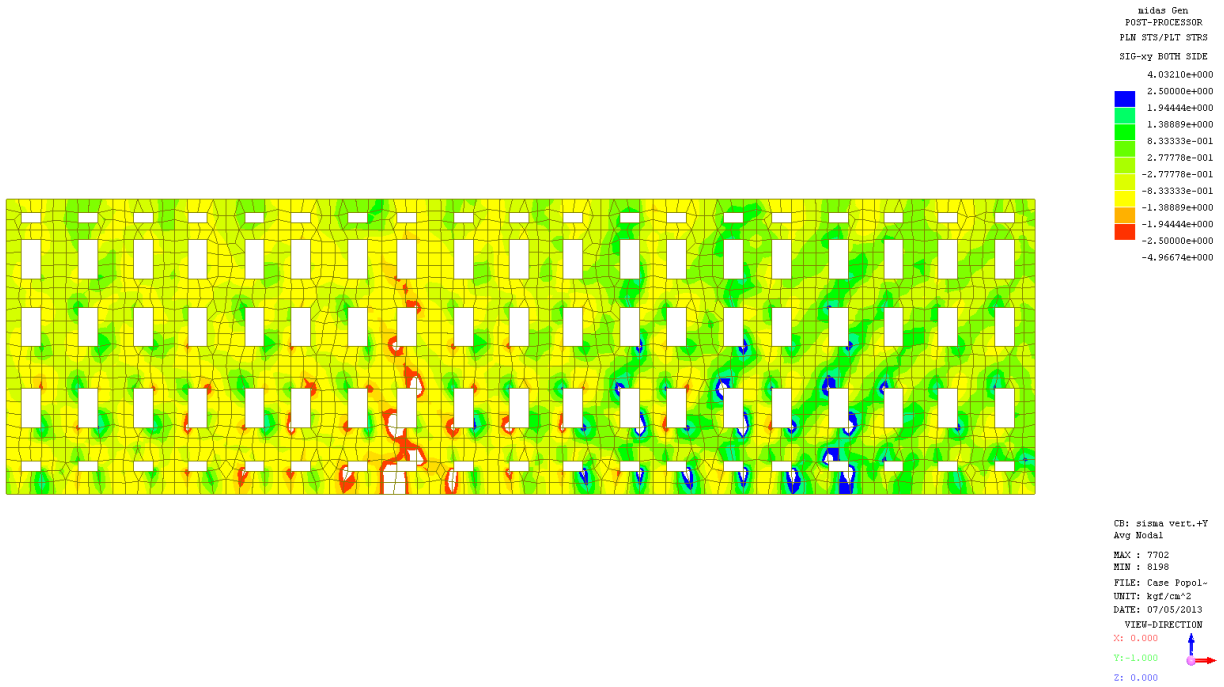


Immagine 6 – tensioni tangenziali in una facciata esterna del fabbricato, per una combinazione di carico sismica, con contestuale presenza della componente orizzontale e verticale (vengono rimosse le parti che superano +/- 2,5 kg/cm²)

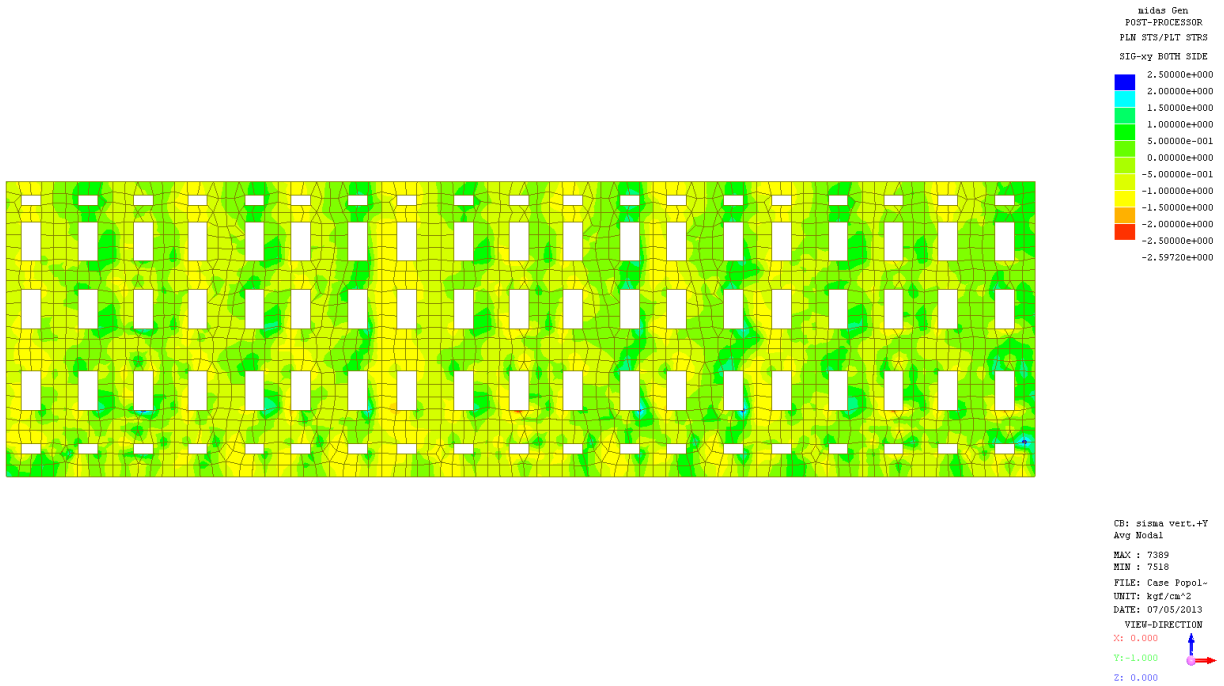


Immagine 7 – tensioni tangenziali in una facciata esterna del fabbricato, per una combinazione di carico sismica, con contestuale presenza della componente orizzontale e verticale (vengono rimosse le parti che superano +/- 2,5 kg/cm²), con modellazione degli interventi di riduzione della vulnerabilità

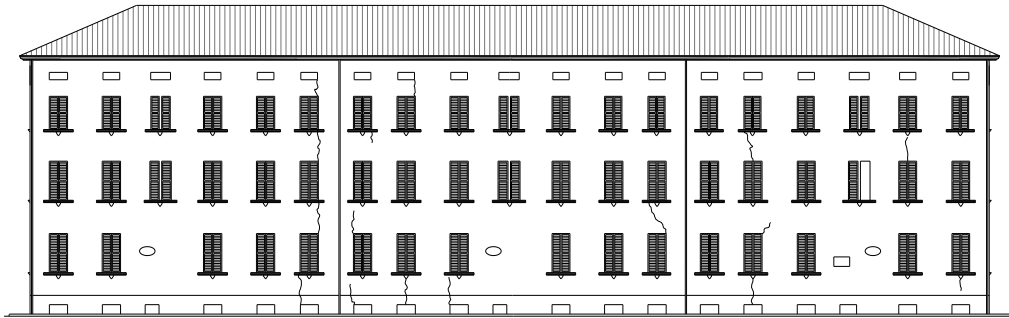


Immagine 8 – rilievo del quadro fessurativo dell'immobile a seguito dei recenti eventi sismici

Le varie fasi della modellazione hanno permesso inizialmente una valutazione sommaria della vulnerabilità del fabbricato, quindi la sensibilità delle murature portanti alla presenza di cedimenti differenziali in fondazione ed infine la limitazione delle conseguenze dei cedimenti differenziali in presenza di interventi di cerchiatura delle aperture e di irrigidimento/ampliamento fondale; il confronto tra il quadro fessurativo rilevato nell'immobile e quello derivato dalla modellazione è risultato sufficientemente congruo.