Excelsior Hotel Gallia di Milano, Progetto Esecutivo Coordinato

Ing. B. Finzi, Ing. L. Mariani, Ing. H. Madioum

Introduzione

CeAS Srl si è occupata della progettazione strutturale dell'edificio Pirelli-Filzi, nell'ambito dell'intervento di ristrutturazione dell'Excelsior Hotel Gallia a Milano. L'Hotel è situato nella zona antistante la Stazione Centrale, nel triangolo di terreno compreso tra Piazza Duca d'Aosta, Via Fabio Filzi e Via Luigi Galvani.

Il presente articolo descrive le peculiarità della modellazione strutturale finalizzata all'analisi ed alla progettazione dei nuclei scala. Il software di calcolo utilizzato è Midas Gen 2011 v2.1 prodotto dalla Midas Information Technology Co, Ltd (Corea). La progettazione, tuttora in corso, è stata condotta in accordo alle prescrizioni contenute nelle NTC08 (D.M. 14.01.2008) e nella Circolare Ministeriale n. 617 del 02/02/2009.

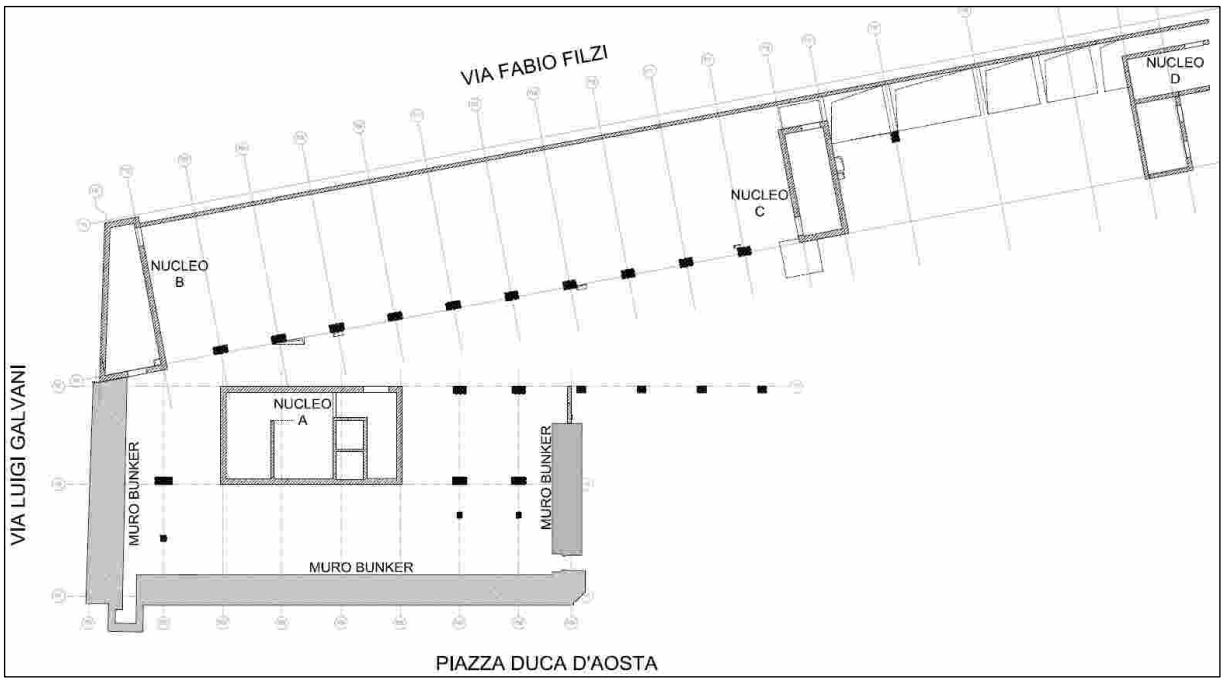
Il progetto

L'edificio Pirelli-Filzi è costituito da 1 livello interrato e 9 livelli fuori terra. Trattasi di un unico blocco strutturale separato dall'adiacente edificio storico dell'Hotel da un giunto strutturale lungo il suo perimetro. Il complesso può essere idealmente suddiviso in due sottoblocchi: uno che corre parallelamente a via Filzi, con un'impronta di circa 78,50 x 14,00 m, il quale è caratterizzato da due nuclei in c.a; il secondo sottoblocco, da Via Galvani all'edificio storico, si affaccia su piazza Duca d'Aosta, riprende l'impronta dell'Ala Pirelli di circa 35,00 x 15,00 m e presenta al centro il nucleo in c.a. principale dell'edificio di 13,00 x 7,00 m.

L'edificio Pirelli-Filzi è costituito da una struttura portante con travi e pilastri in cemento armato gettati in opera e tre nuclei stabilizzanti anch'essi in cemento armato. La stabilità laterale è affidata ai nuclei scale, costituiti da setti tipicamente dello spessore di 300 mm ai piani fuori terra e 400 mm all'interrato.

La tipologia di solaio utilizzata per i piani tipici fuori terra (piani camera) è di tipo in getto pieno con post-tensione. Il blocco che da su Piazza Duca d'Aosta, con una luce di circa 8 metri, è realizzato con solai di spessore 25 cm e cavi di post-tensione monotrefolo. Il blocco parallelo a Via Filzi, con una luce di poco superiore ai 10 metri, presenta solai di spessore 32 cm con cavi di post-tensione a 4 trefoli.

La struttura di fondazione è realizzata sia da platee di fondazione (con spessori vari, da 45 cm a 120 cm) sia da travi rovesce di fondazione: sotto i nuclei del blocco Filzi e le zone di forte carico lo spessore è pari a 120 cm mentre sotto il nucleo scale "A" lo spessore è di 100 cm. Per la verifica globale e le risultanti sulle fondazioni si è tenuto conto dell'interazione edificio-terreno, modellando gli appoggi con delle molle alla

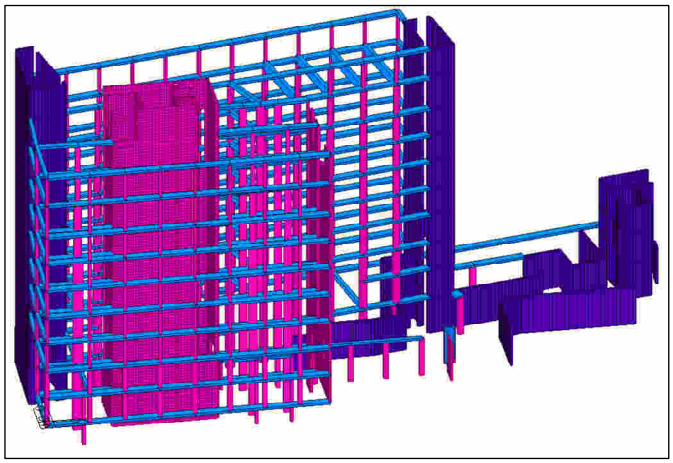


Winkler. La rigidezza della paratia lungo via Filzi è stata calcolata considerando le forze assiale gravanti sui pilastri ed il loro interasse, ottenendo un valore di rigidezza pari a 80000 kN/m^3. Tra le varie azioni variabili presenti, si citano in particolare i 17 kN/m^2 della piscina situata al settimo piano ed i 20 kN/m^2 delle aree carrabili al piano terra.

Un aspetto particolare del blocco Duca d'Aosta è il mantenimento dei muri perimetrali di un vecchio bunker della Seconda Guerra Mondiale su cui si fondava il vecchio edificio di 6 piani che è stato demolito.

Il calcestruzzo strutturale utilizzato varia nel seguente modo: C28/35 per le opere di fondazione, travi, solai e rampe; C32/40 per i setti dei vani scala e C40/50 per i pilastri.

Modellazione

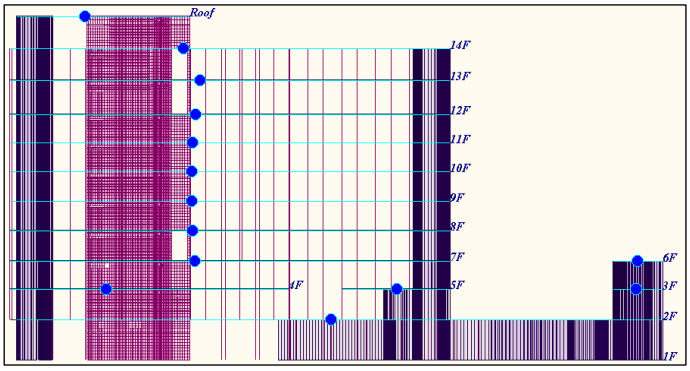


Le azioni orizzontali e le sollecitazioni indotte nei setti sono state ricavate conducendo una analisi dinamica lineare su un modello tridimensionale ad elementi finiti. I muri dei corpi scala "B", "C" e "D" sono stati modellati mediante elementi di tipo "Wall", mentre il corpo scala "A", data la presenza di numerose aperture, è stato modellato utilizzando elementi di tipo "Plate". In questo modello non sono state meshate le strutture di fondazione, che sono state studiate con un modello a parte.

Le azioni orizzontali (vento e sisma) sono interamente "assorbite" dai setti in cemento armato dei vani scala (schema resistente a pareti).

I pilastri e le travi, come previsto al par. 7.2.3 delle NTC08, sono concepiti come elementi "secondari" ai fini della resistenza al sisma e pertanto sono verificati in accordo con quanto previsto al capitolo 4. Tale assunzione nel modello è stata "tradotta" utilizzando per i pilastri degli elementi di tipo "Truss" (elementi biella).

I solai, considerati infinitamente rigidi nel loro piano, non sono stati fisicamente modellati: il programma ne simula la presenza attraverso l'opzione "Floor Diaphragm" che collega tutti i punti ad una medesima quota.

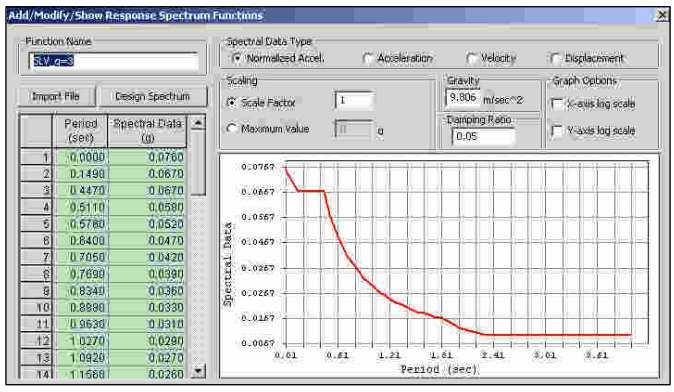


In corrispondenza del piano mezzanino (livello 4F e 5F), data la non continuità del solaio, sono stati considerati due distinti piani rigidi e sono stati svincolati dal diaframma di piano quei punti in cui il solaio non è effettivamente presente.

Il numero totali di nodi del modello è pari a 27320, quello degli elementi è pari a 26145.

A favore di sicurezza i nodi a terra sono stati vincolati alla traslazione nelle 3 direzioni principali. In questo modo è stata massimizzata l'azione sismica: la struttura è più rigida, il periodo diminuisce e lo spettro di risposta viene intercettato in corrispondenza del plateau (tratto ad accelerazione costante).

In accordo alla Normativa (par. 7.1 NTC08), essendo la struttura in oggetto appartenente alla classe d'uso II, per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è stato considerato lo spettro relativo allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (a_g = 0.5 m/sec^2), mentre nei confronti degli Stati Limite d'Esercizio è stato utilizzato lo spettro relativo allo Stato Limite di Danno (a_g=0.24 m/sec^2).



Le masse sismiche sono state valutate in accordo al par 7.3.3.1 delle NTC08. Sono stati considerati i primi 46 modi di vibrare della struttura, ovvero tutti quei modi con massa partecipante superiore al 5% e la cui massa partecipante totale fosse superiore all'85%.

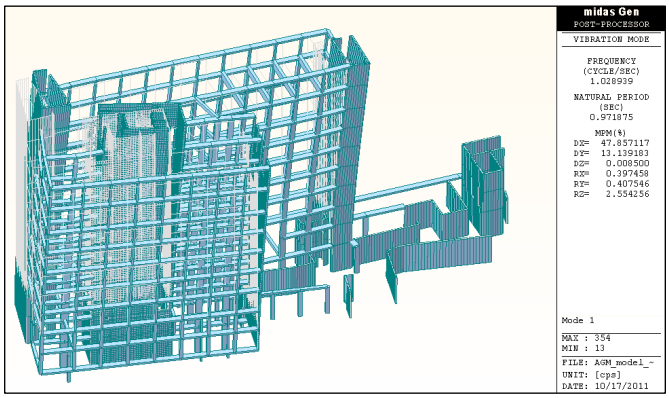
Per tener conto della variabilità spaziale del moto sismico e delle eventuali incertezze nella localizzazione delle masse, al centro di massa è stata attribuita una eccentricità accidentale pari a 0.05 volte la dimensione dell'edificio misurata perpendicolarmente alla direzione di applicazione dell'azione sismica (par 7.2.6 delle NTC08). Detta eccentricità viene calcolata automaticamente dal programma: per i piani tipo, essendo questi uguali per dimensioni e carichi, tale valore è ovviamente costante.

Risultati e verifiche

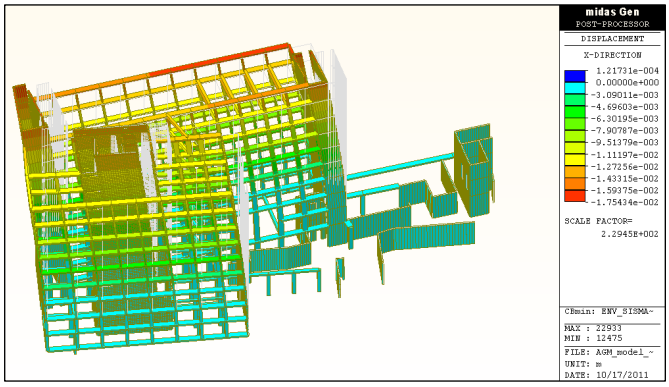
L'analisi condotta, del tipo dinamica lineare, ha consentito di determinare le reazioni vincolari nonché gli stati di tensione e di deformazione agenti sui singoli elementi strutturali.

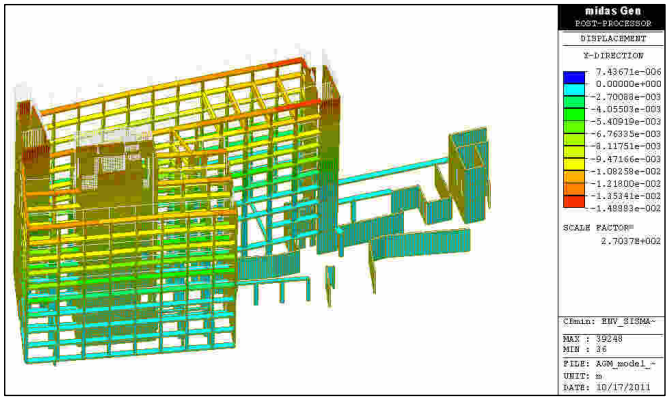
EIGENVALUE ANALYSIS		
Mode No	**Frequency (rad/sec)**	**Period (sec)**
1	6.4650	0.9719
2	7.4076	0.8482
3	9.6176	0.6533
4	29.0456	0.2163
5	35.4176	0.1774
6	35.7856	0.1756
7	36.7796	0.1708
8	37.2381	0.1687
9	37.9923	0.1654
10	38.2779	0.1641

	TRAN-X		TRAN-Y	
Mode N°	**MASS(%)**	**SUM(%)**	**MASS(%)**	**SUM(%)**
1	47.8571	47.8571	13.1392	13.1392
2	13.1689	61.026	49.6159	62.7551
3	2.7373	63.7633	0	62.7551
4	17.4478	81.211	0.7405	63.4956
5	0.7496	81.9607	18.0441	81.5397
...	...	...	...	...
50	0.8252	89.0256	0.2846	88.0858



Nelle figure seguenti si riportano gli output relativi ai massimi spostamenti allo SLV, rispettivamente per le direzioni X e Y:





In accordo al par. 7.3.3.3 delle NTC08, gli spostamenti d_E della struttura sotto l'azione sismica di progetto allo SLV sono stati ottenuti moltiplicando per il fattore μ_d i valori di d_{Ee} ottenuti dall'analisi:

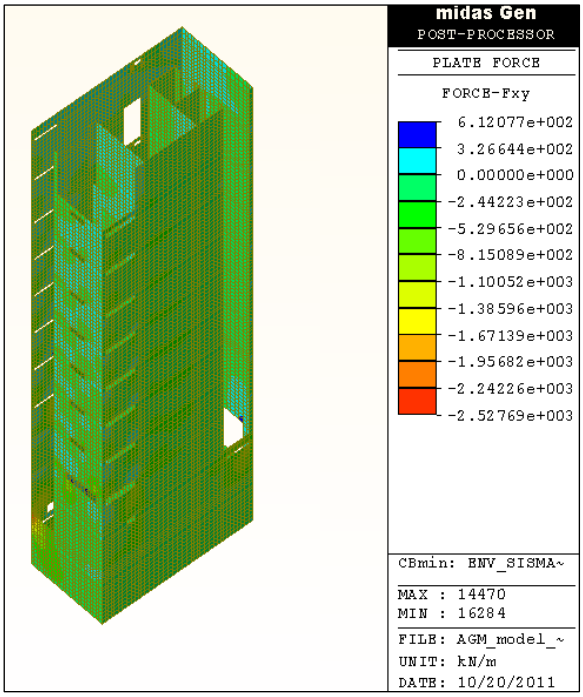
$$d_E = \pm \mu_d \cdot d_{Ee}$$

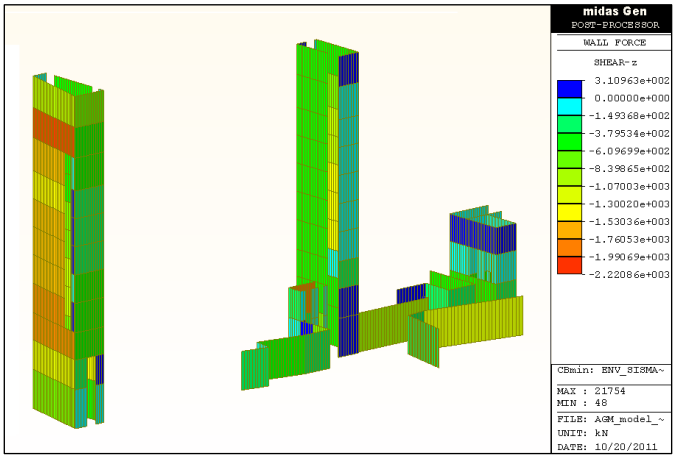
Di conseguenza il massimo spostamento in sommità dell'edificio allo SLV è pari a 5.25 cm in direzione X (direzione parallela a via Filzi) e 4.47 cm in direzione Y (direzione parallela a via Galvani). Si è posta particolare attenzione sul valore dello spostamento in direzione x, al fine di

progettare il giunto strutturale tra i due edifici (edificio Pirelli-Filzi ed edificio Ala Storica) ed evitare così fenomeni di martellamento.

Sulla base dei risultati ottenuti, sono state effettuate le seguenti verifiche: per ciascun elemento strutturale sono state effettuate sia le verifiche di resistenza agli SLU (taglio e momento flettente) sia le verifiche agli SLE (verifiche di deformabilità, verifiche di fessurazione e controllo delle tensioni in esercizio).

Nelle seguenti figure si riportano gli inviluppi delle azioni di taglio relativi al nucleo scale "A" (elementi plate) ed agli altri nuclei scale (wall):





Per evitare danni agli elementi costruttivi senza funzione strutturale tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile, si sono confrontati gli spostamenti d'interpiano per lo stato limite di danno (SLD) con i limiti indicati nel par. 7.3.7.2 delle NTC08:

DIREZIONE X				
Piano	H_{PIANO} (m)	Maximum Drift [mm]	Maximum Drift /H_{PIANO}	$[Drift/H]_{LIMITE}$
14F	3.98	2.5	0.00063	0.005
13F	3.85	2.7	0.00070	0.005
12F	4.17	2.9	0.00070	0.005
11F	3.52	2.4	0.00068	0.005
10F	3.54	2.3	0.00065	0.005
9F	3.59	2.1	0.00058	0.005
8F	3.59	1.9	0.00053	0.005
7F	3.74	1.6	0.00043	0.005
5F	3.44	1.1	0.00032	0.005
2F	3.75	0.8	0.00021	0.005
1F	4.93	0.2	0.00004	0.005

DIREZIONE Y				
Piano	H_{PIANO} (m)	Maximum Drift [mm]	Maximum Drift /H_{PIANO}	$[Drift/H]_{LIMITE}$
14F	3.98	1.9	0.00048	0.005
13F	3.85	2.5	0.00065	0.005
12F	4.17	2.7	0.00065	0.005
11F	3.52	2.2	0.00063	0.005
10F	3.54	2.1	0.00059	0.005
9F	3.59	1.9	0.00053	0.005
8F	3.59	1.7	0.00047	0.005
7F	3.74	1.4	0.00037	0.005
5F	3.44	1.1	0.00032	0.005
2F	3.75	0.9	0.00024	0.005
1F	4.93	0.3	0.00006	0.005

Conclusioni

La modellazione effettuata ha permesso di sviluppare la progettazione in tempi brevi. Ciò è stato possibile grazie all'utilizzo degli strumenti messi a disposizione dal software di calcolo. In particolare Midas Gen:

- dispone di un elemento finito denominato Wall, formulato specificamente per lo studio delle pareti resistenti alle forze orizzontali. Il risultato delle analisi non è in termini di tensioni ma di sollecitazioni (M_x, M_y, T_x, T_y, N);
- permette di importare ed esportare il modello 3D in file dxf;
- permette il controllo del modello attraverso il Work Tree (albero di lavoro): esso consente di entrare rapidamente nei dettagli di modelli anche complessi.