

ANALISI DI PUSH-OVER DI UNA STRUTTURA ESISTENTE IN CALCESTRUZZO ARMATO.

Autore: Studio ASIS: ing. Michele Saporito e ing. Alfredo Montefiori

Hanno collaborato:

- ing. Paolo Sattamino, Responsabile Settore Calcolo Strutturale e Geotecnico Harpaceas s.r.l.
- Ing. Adalgisa Zirpoli, Assistenza Tecnica Sett. Calcolo Strutturale e Geotecnico Harpaceas s.r.l.

1 PREMESSE

Quanto di seguito riportato scaturisce dalla **“Progettazione preliminare relativa all’adeguamento statico-sismico allo SLV – D.M. 14/01/08 – dell’edificio scolastico Provinciale denominato “DA PASSANO” in La Spezia.**

Detto incarico è stato conferito al RTP composto dal Capogruppo Mandatario **“Studio ASIS: ing. Michele Saporito e ing. Alfredo Montefiori”**, e dai Mandanti **Idro.Geo.Ingegneria s.a.s., Studio Tecnico Associato ing. Cesare Regolo e ing. Daniele Guerrieri, geol. Eliana Vannini, ing. Pietro Franchetti Rosada, ing. Davide Ricci, ing. Andrea Blangero.**

1.1 Descrizione dell’opera

Allo stato attuale la struttura è in generale costituita da telai in calcestruzzo armato, con pilastri a sezione quadrata (40x40 cm al piano terra e 35x35 cm ai livelli superiori), travi di piano ricalate ed estradossate con sezione trasversale “a sella” in modo da definire il vincolo per le lastre di solaio. I solai sono costituiti da lastre prefabbricate ad armatura lenta – tipo spiro® - spessore di 20 cm per la copertura e di 25 cm per quelli sottostanti. Le fondazioni sono a trave T rovescia. Si rilevano giunti strutturali aventi dimensioni di circa 5 cm. Si distinguono pertanto 4 corpi strutturali (vedi fig. 1), ciascuno distribuito su 3 livelli (interpiano 385 cm per il P.T. e 345 cm per i P.1° e P.2°), ed aventi le seguenti dimensioni massime in pianta (rettangolo circoscritto):

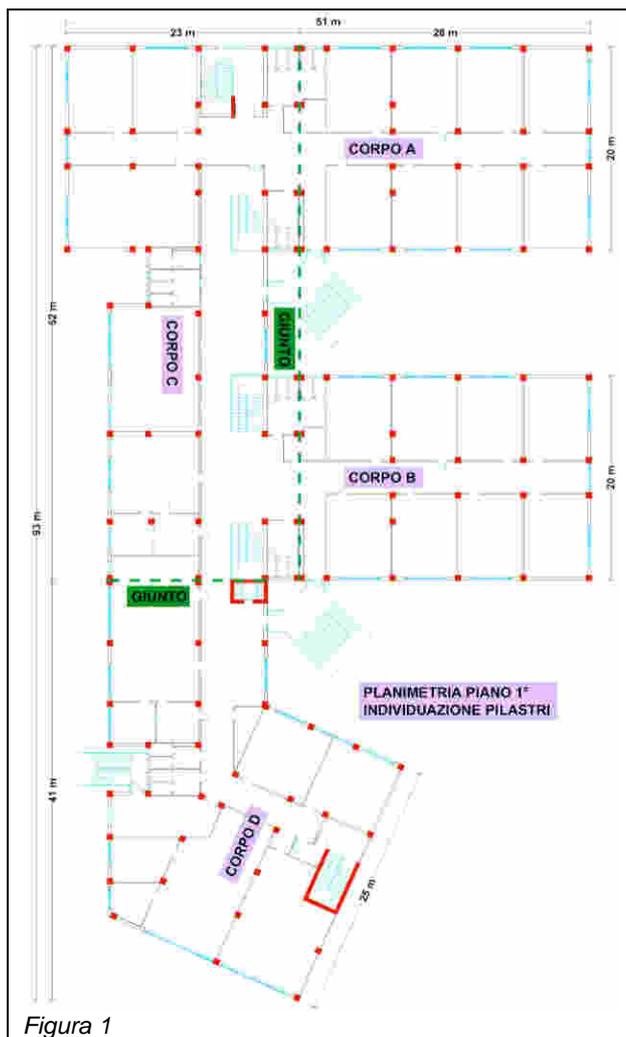
Corpi A (B): 20m×28m – sup. 560 m².

Corpo C: 23m×52m – sup. 910 m².

Corpo D: 41m×25m – sup. 760 m².

Nella definizione della “Conoscenza Attuale” dell’edificio, sono stati reperiti documenti regolarmente depositati, ed altri detenuti dalle

Imprese Esecutrici e/o dal Progettista. Sono inoltre state eseguite localmente delle indagini (prove pacometriche e sclerometriche) mediante Laboratorio Ufficiale. In generale, in riferimento alla geometria delle strutture attualmente ispezionabili, si ha un riscontro pressoché pieno. Invece in riferimento ai materiali ed al tasso di armatura presente negli elementi strutturali si ritiene vi siano elementi di validazione sufficienti solo per il raggiungimento di LC1 (rif.: tab.C8A.1.2 Circolare 617/09).



Tuttavia, allo scopo di indagare in merito alle criticità poste alla base dell'incarico e valutare gli Indicatori di Rischio α_e ed α_u , è stata eseguita un'analisi Pushover, ponendo comunque alla base della stessa le seguenti ipotesi fondamentali:

1. Materiali – acciaio FeB44K e calcestruzzo C25/30 – coincidenti con quelle forniti dalle Imprese Esecutrici e/o dal Progettista;
2. Tasso d'armatura delle sezioni resistenti e dettagli nodali, coincidenti con quelli forniti dalle Imprese Esecutrici e/o dal Progettista;

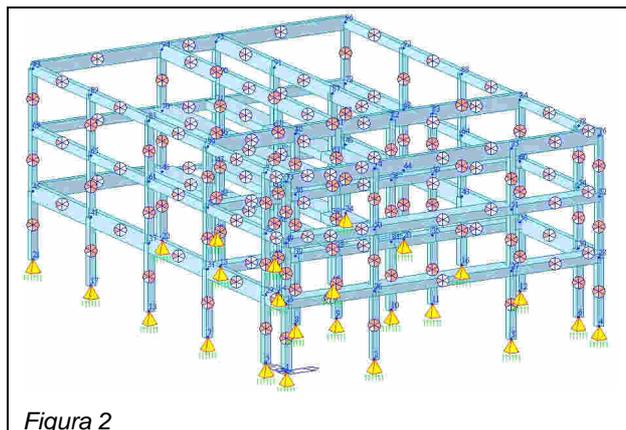


Figura 2

2 MODELLAZIONE E VINCOLAMENTO

Sono stati analizzati nel dettaglio tutti i 4 corpi strutturali, ciascuno modellato utilizzando elementi di tipo beam per pilastri e travi, con vincoli di incastro alla base, e vincolamenti interni (trave/pilastro) anch'essi di tipo incastro secondo le impostazioni di default nella fase di modellazione. I carichi sono stati definiti in "one way" in riferimento ai solai di piano, e come "uniform loads" per i tamponamenti.

2.1 Analisi modello "1"

Considerando a titolo esemplificativo il corpo struttura identificato come "A", dall'Analisi Dinamica Modale si è ottenuto:

Mode N°	EINGEVALUE ANALYSIS [sec]	MODAL PARTICIPATION MASSES [%]		
		TRAN-X	TRAN-Y	ROTN-Z
1	1,0773	70,5074	0	9,2097
2	0,8567	0	80,2439	0
3	0,7742	10,7641	0	72,0153
4	0,3665	13,1706	0	4,814
5	0,3213	0	17,5003	0
6	0,2707	2,6734	0	11,5331
7	0,1985	2,3266	0	0,4337
8	0,1873	0	2,2558	0
9	0,163	0,558	0	1,9942

Agli elementi strutturali sono state assegnate cerniere con proprietà di cui all'EC8/04, per travi (componenti M_y) e pilastri (componenti F_x , F_y , F_z , M_y). (vedi fig. 2-3).

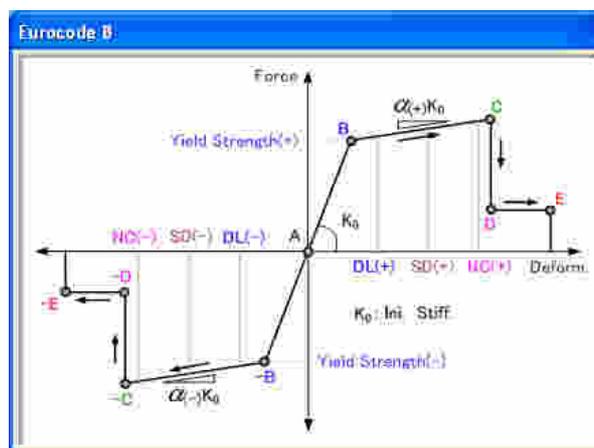


Figura 3

Sono state analizzate le "load cases" previste dalla Normativa (vedi fig. 4 Load Case esemplificativo) in controllo di spostamento, assumendo come punto di controllo il baricentro dell'ultimo piano:

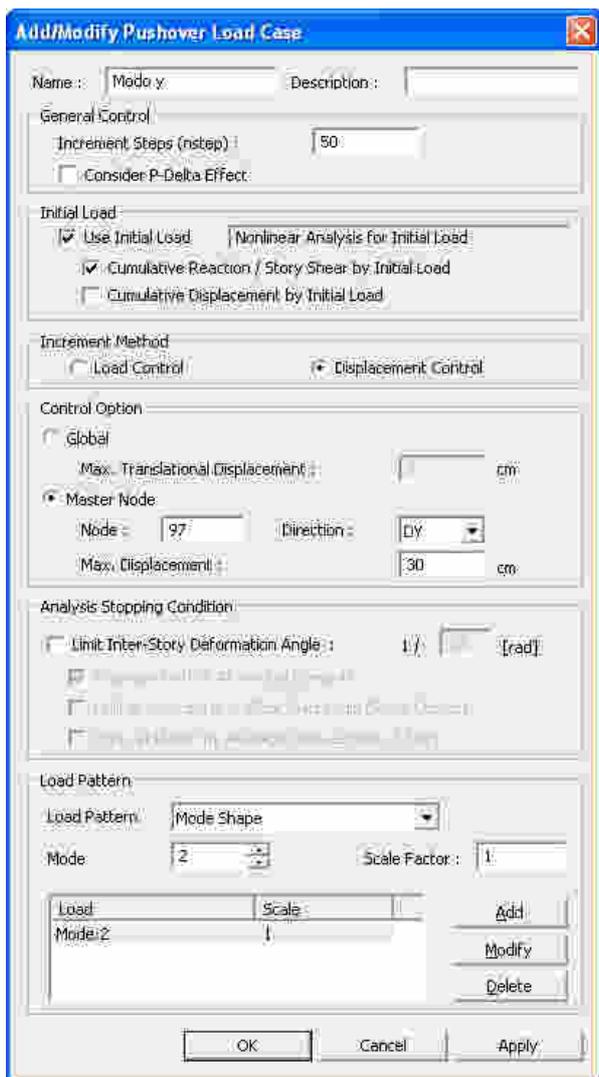


Figura 4

2.1.1 Risultati

Portando a termine la “Pushover Analysis”, emerge una condizione di “globale criticità” solo al livello delle travi. Nello specifico l’analisi evidenzia la plasticizzazione delle travi, mentre i pilastri permangono in campo elastico lineare (vedi fig. 5). Tale situazione si verifica a partire dallo step 1, quindi fin dall’inizio dell’analisi incrementale.

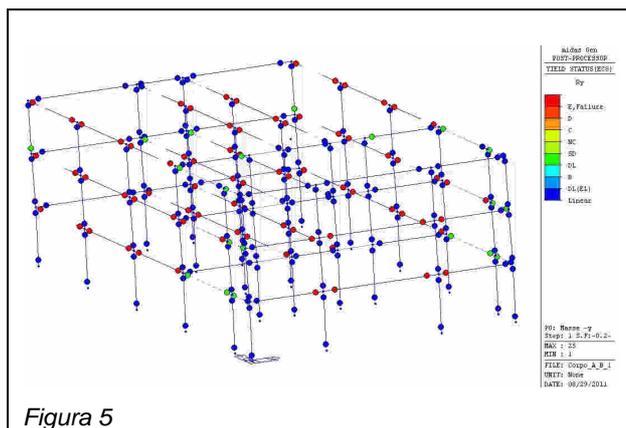


Figura 5

Tale situazione è piuttosto anomala, sia per quanto concerne l’immediata “crisi strutturale” delle travi, sia per lo stato dei pilastri, che non rispecchiano lo stato “atteso” delle strutture definibili a “pilotis” aventi geometria strutturale del tipo assimilabile a quella in esame.

Dopo aver analizzato nel dettaglio la struttura, effettuando anche un’analisi incrementale utilizzando i soli carichi verticali (una sorta di pushover per sole azioni verticali), permangono i risultati sopra evidenziati. Infatti la struttura si trova in stato di “crisi” già nella fase iniziale, anche in presenza dei soli carichi permanenti.

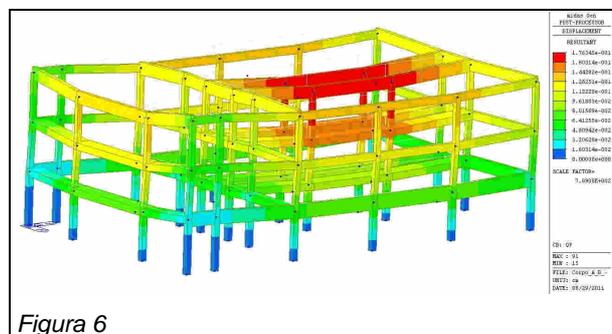


Figura 6

2.1.2 Conclusioni

Nella struttura in oggetto, dall’epoca della sua costruzione (1989) ad oggi, non si rilevano fenomeni di insofferenza strutturale per azioni statiche, o comunque tali da trovare riscontro nei risultati dell’analisi sopra esposti. Pertanto si ritiene che la modellazione, così come è stata effettuata, non è in grado di “simulare” in maniera accettabile il comportamento della struttura.

2.2 Analisi modello “2”

Per lo stesso modello di cui al corpo strutturale precedente, è stata effettuata la

medesima analisi, ma tenendo opportunamente conto della “geometria” dei nodi travi-pilastro. Nello specifico si è tenuto conto della distribuzione di armatura e della posizione del nodo stesso, al fine di “validare” l’ipotesi iniziale di costruzione del modello (di default) del vincolo di estremità degli elementi beam. A tale scopo, per quanto risulta dagli elaborati detenuti dalle Imprese Esecutrici e/o dal Progettista, si ha generalmente quando di seguito rappresentato (fig. 7):

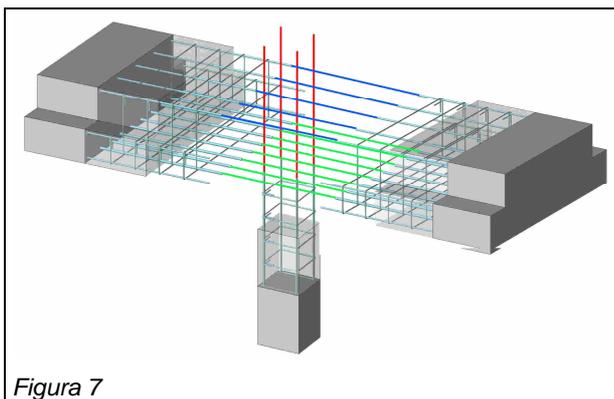


Figura 7

Nello specifico si hanno, a tutti i livelli, travi di dimensioni ragguardevoli (~140cm×50cm) vincolate a colonne di modeste dimensioni (~35cm×35cm), in assenza della staffatura interna al nodo (sia dal lato trave che dal lato pilastro).

In tale situazione si ritiene non possa essere rispettata l’ipotesi di “incastro” alle estremità per gli elementi beam. Tale situazione si accentua se si considerano gli elementi terminali di perimetro, in quanto viene meno anche la continuità sul vincolo delle armature longitudinali. In definitiva si ritiene che non sono rispettati i requisiti indispensabili a garantire il “confinamento” del nodo, e pertanto lo stesso non può garantire l’incastro.

Sulla base di quanto sopra riportato, sono stati introdotti degli “svincolamenti” nelle travi, introducendo diversi valori del “grado di incastro” alle travi (vedi fig. 8):

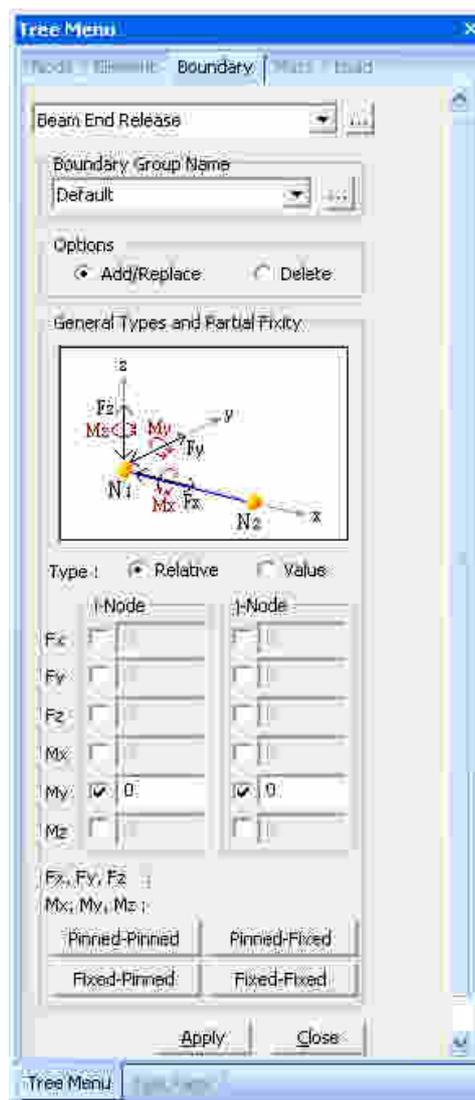


Figura 8

Sono stati variati i valori in My per i-Node e per j-Node (0: svincolo totale – 1: incastro). La distribuzione dei valori assunti è stata tale da avere un andamento crescente dal perimetro esterno verso i nodi più interni, in osservazione anche della geometria e del tasso di armatura degli elementi incidenti nel nodo. Sono stati inseriti valori min pari a 0,2 e max pari a 0,75.

2.2.1 Risultati

Portando a termine la “Pushover Analysis”, emerge una condizione di criticità meno accentuata, che comunque si rileva generalmente a partire dallo step 10-40, e che interessa anche i pilastri (formazione di cerniere plastiche). Vedi fig. 9-10. In particolare si instaura un cinematismo proprio al livello della pilastrata dell’ultimo livello, in corrispondenza delle colonne d’angolo che

risultano debolmente armate ($4\phi 14$ con staffe $\phi 8/20$ cm) e sui quali insiste un notevole area di carico dovuta ai solai ed ai parapetti in c.a..

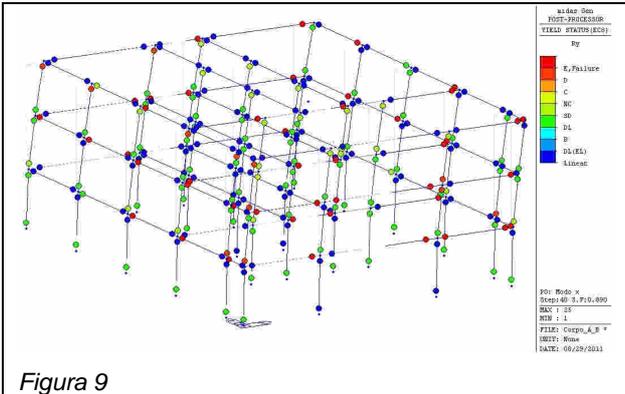


Figura 9

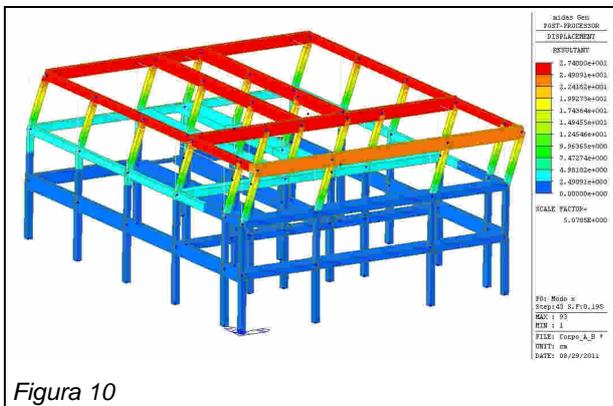


Figura 10

2.2.2 Conclusioni

L'analisi condotta con il "modello 2", consente di meglio cogliere il reale comportamento sismico della struttura nel complesso, anche per gli altri corpi componenti l'edificio. Si rileva infatti una carenza strutturale sia per le travi che per i pilastri, in quanto mancano i requisiti essenziali geometrici (sia lato calcestruzzo che acciaio) per quanto concerne i "nodi". Nel complesso la struttura non offre in necessario grado di duttilità, e pertanto è passibile di rottura fragile (lato pilastro).