

per il consolidamento e il miglioramento della risposta e quindi della sicurezza.

L'analisi non lineare si traduce essenzialmente nella possibilità di determinare la capacità di deformazione che la struttura è in grado di esibire se soggetta ad azioni orizzontali. Essa dipende soprattutto dalla *duttilità strutturale*. La misura di questa grandezza permette di verificare se esiste possibilità di far fronte alle scosse anche dopo il superamento della soglia elastica con la conseguenza di evitare i crolli. È una grandezza determinante per la sicurezza che si persegue con l'allontanamento di meccanismi fragili, rotture per taglio, a favore di meccanismi duttili con deformazione plastica in alcuni punti della struttura opportunamente indirizzati a tale scopo. L'analisi non lineare dà come output, tramite il software, una *curva di capacità* che mette in relazione il valore del taglio alla base, che rappresenta la forza sismica, allo spostamento imposto dal terremoto. Per mezzo di questa curva, nel confronto con altri parametri, è possibile individuare la domanda di spostamento richiesta dal sisma per lo Stato Limite considerato e verificare l'adeguatezza o meno della struttura studiata.

Elem	Location	Seismic Element	Load	Verify Ductile Mechanism			Verify Brittle Mechanism		
				Demand	Capacity	Remark	Demand	Capacity	Remark
Step for Demand = USER (Step 21), Confidence factor = 1.00									
Press right mouse button and click "Set Safety Parameters" menu to change step or loadcase									
21	Center	Primary	push X1	-	-	OK	38.3926	83.5304	OK
21	I-end	Primary	push X1	0.0129	0.0216	OK	-	-	-
21	J-end	Primary	push X1	0.0132	0.0217	OK	-	-	-
22	Center	Primary	push X1	-	-	OK	38.3916	83.5304	OK
22	I-end	Primary	push X1	0.0129	0.0230	OK	-	-	-
22	J-end	Primary	push X1	0.0126	0.0231	OK	-	-	-
69	Center	Primary	push X1	-	-	OK	39.1297	94.0708	OK
69	I-end	Primary	push X1	0.0069	0.0299	OK	-	-	-
69	J-end	Primary	push X1	0.0054	0.0349	OK	-	-	-
70	Center	Primary	push X1	-	-	OK	42.5180	94.0708	OK
70	I-end	Primary	push X1	0.0002	0.0246	OK	-	-	-
70	J-end	Primary	push X1	0.0043	0.0268	OK	-	-	-
73	Center	Primary	push X1	-	-	OK	94.4104	94.0708	OK
73	I-end	Primary	push X1	0.0068	0.0236	OK	-	-	-
73	J-end	Primary	push X1	0.0045	0.0276	OK	-	-	-
74	Center	Primary	push X1	-	-	OK	11.0066	94.0708	OK
74	I-end	Primary	push X1	0.0018	0.0267	OK	-	-	-
74	J-end	Primary	push X1	0.0030	0.0336	OK	-	-	-
130	Center	Primary	push X1	-	-	OK	33.5933	83.5304	OK
130	I-end	Primary	push X1	0.0140	0.0246	OK	-	-	-
130	J-end	Primary	push X1	0.0142	0.0247	OK	-	-	-
133	Center	Primary	push X1	-	-	OK	33.5921	81.6492	OK
133	I-end	Primary	push X1	0.0134	0.0260	OK	-	-	-
133	J-end	Primary	push X1	0.0135	0.0261	OK	-	-	-
189	Center	Primary	push X1	-	-	OK	31.9121	94.0708	OK
189	I-end	Primary	push X1	0.0059	0.0299	OK	-	-	-

La **curva di capacità** indica in sintesi la risposta globale del modello sotto azioni orizzontali dinamiche e riesce a descrivere l'evoluzione del danneggiamento all'aumentare delle forze eccitanti.

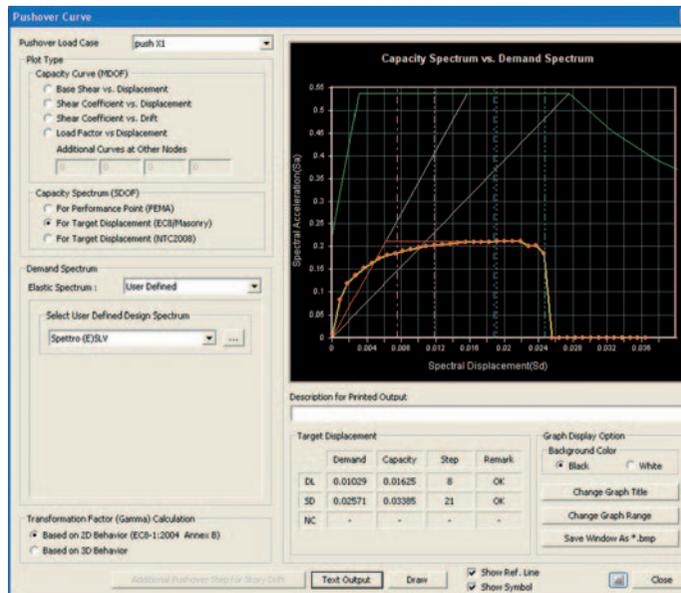
La conoscenza delle parti strutturali che vanno in crisi dà la possibilità di progettare e prevenire una *ipotesi di rinforzo* che renda possibile un effettivo miglioramento rispetto allo stato di fatto.

ING. MARIO GIULIANI

Studio di consulenza per l'edilizia civile e industriale
giuliani@ordine.ingegneri.vi.it

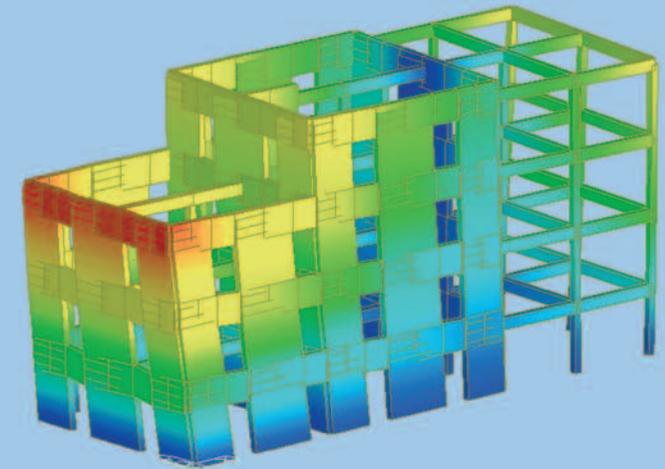
Lo studio si occupa di:

- > Nuovi edifici, ristrutturazioni
- > Assistenza per le indagini preliminari e definizione del livello di conoscenza
- > Analisi lineari e non lineari secondo N.T.C. 2008
- > Sintesi dei risultati per la Valutazione Rischio Sismico



VULNERABILITÀ SISMICA DEGLI EDIFICI

Livelli di conoscenza ed indagini
secondo NTC 2008
Indice di rischio sismico



ING. MARIO GIULIANI
Studio di consulenza per l'edilizia civile e industriale
Vicenza - Via Garofolino, 3 - tel. 0444/1700452
mobile.: 3281805262
giuliani@ordine.ingegneri.vi.it

LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO

La Giunta Regionale del Veneto ha deliberato le modalità di attivazione di un Fondo per la **prevenzione del rischio sismico** nelle strutture esistenti (vedi l'articolo 11 del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24.06.09, n. 77, O.C.D.P.C.M. 52 del 20 febbraio 2013 - G.U. n. 50 del 28 febbraio 2013).

Sono previsti contributi con quattro linee di finanziamento per interventi strutturali di *rafforzamento locale* o di *miglioramento sismico* relativo a costruzioni pubbliche nei comuni con accelerazione di picco su suolo rigido $ag > 0,125$ e costruzioni private, incluse attività produttive, nei comuni con $ag > 0,175$.

Per avere il finanziamento è necessario predisporre un **documento tecnico di verifica strutturale** e almeno un *progetto di fattibilità* presentato con le modalità dell'allegato D allo stesso decreto. Sono ammessi al finanziamento:

interventi volti a:

- aumentare la **duttilità** e/o la resistenza a compressione e a taglio dei pilastri, delle travi e dei nodi delle strutture in c.a.
- ridurre il rischio di **ribaltamento** di pareti o di parti di strutture in muratura, ed aumentare la duttilità degli elementi murari;
- interventi di **miglioramento del comportamento sismico** per i quali le vigenti norme tecniche prevedono la valutazione della sicurezza prima e dopo l'intervento per dimostrare il raggiungimento di un valore minimo del rapporto capacità/domanda almeno pari al 60% di quello corrispondente all'adeguamento alla normativa. Dalla relazione tecnica si deve evincere il rapporto capacità/domanda, α_{SLV} , che esprime il livello di adeguatezza rispetto allo stato limite di salvaguardia della vita e anche α_{SLD} , analogo rapporto rispetto allo stato limite di danno, riscontrati a seguito della verifica sismica svolta in accordo con la vigente normativa (NTC 2008).

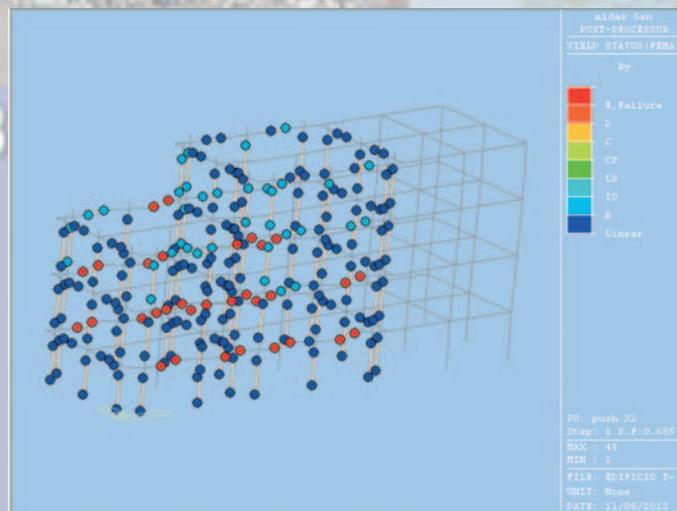
LA VERIFICA SISMICA

È un procedimento complesso che richiede una speciale preparazione per l'ingegnere strutturista. Con uno studio accurato dei parametri caratteristici e alcune simulazioni con l'ausilio di un software specifico sarà in grado di ricavare in termini reali e aderenti al problema da studiare i dati necessari alla determinazione dell'**Indice di Rischio Sismico** da proporre come parametro per la richiesta di finanziamento. È un lavoro che richiede ottima conoscenza delle problematiche sismiche, esperienza e sensibilità.

GLI EFFETTI DEL TERREMOTO SULLE COSTRUZIONI

È intuibile che l'evento sismico provoca un campo di deformazioni all'interno della struttura.

La risposta al sisma, cioè il modo di deformarsi sotto le forze inerziali che ne derivano, è condizionato da molteplici parametri. Giocano la loro importanza la *forma* in pianta ed in elevazione, i rapporti tra *elasticità* delle parti strutturali e la massa coinvolta, i rapporti tra spostamenti imposti e la *duttilità strutturale*, intesa come capacità di mantenere un buon valore della resistenza anche dopo il superamento del limite elastico. Non è semplice quindi fare previsioni senza uno studio appropriato. Quasi sempre gli edifici esistenti che abbiano più di 20-25



Elem	Location	Seismic Element	Load	Verify Ductile Mechanism			Verify Brittle Mechanism		
				My		Remark	Fz		Remark
				Demand	Capacity		Demand	Capacity	
Step for Demand = USER (Step 21), Confidence factor = 1.00									
Press right mouse button and click "Set Safety Parameters" menu to change step or loadcase									
21	Center	Primary	push X1	-	-	-	38.3926	83.5304	OK
21	I-end	Primary	push X1	0.0129	0.0216	OK	-	-	-
21	J-end	Primary	push X1	0.0132	0.0217	OK	-	-	-
22	Center	Primary	push X1	-	-	-	38.3916	83.5304	OK
22	I-end	Primary	push X1	0.0129	0.0230	OK	-	-	-
22	J-end	Primary	push X1	0.0126	0.0231	OK	-	-	-
69	Center	Primary	push X1	-	-	-	39.1297	94.0708	OK
69	I-end	Primary	push X1	0.0069	0.0299	OK	-	-	-
69	J-end	Primary	push X1	0.0054	0.0349	OK	-	-	-
70	Center	Primary	push X1	-	-	-	42.5180	94.0708	OK
70	I-end	Primary	push X1	0.0002	0.0246	OK	-	-	-
70	J-end	Primary	push X1	0.0043	0.0288	OK	-	-	-
73	Center	Primary	push X1	-	-	-	94.4104	94.0708	OK
73	I-end	Primary	push X1	0.0068	0.0236	OK	-	-	-
73	J-end	Primary	push X1	0.0045	0.0276	OK	-	-	-
74	Center	Primary	push X1	-	-	-	11.0066	94.0708	OK
74	I-end	Primary	push X1	0.0018	0.0287	OK	-	-	-
74	J-end	Primary	push X1	0.0030	0.0336	OK	-	-	-
130	Center	Primary	push X1	-	-	-	33.5933	83.5304	OK
130	I-end	Primary	push X1	0.0140	0.0246	OK	-	-	-
130	J-end	Primary	push X1	0.0142	0.0247	OK	-	-	-
133	Center	Primary	push X1	-	-	-	33.5921	81.6492	OK
133	I-end	Primary	push X1	0.0134	0.0260	OK	-	-	-
133	J-end	Primary	push X1	0.0135	0.0261	OK	-	-	-
189	Center	Primary	push X1	-	-	-	31.9121	94.0708	OK
189	I-end	Primary	push X1	0.0059	0.0299	OK	-	-	-

anni non rispondono alle caratteristiche richieste per resistere con certezza ad eventi sismici di media intensità per mancanza di normativa specifica e sono quindi vulnerabili. Per conoscerne la vulnerabilità è utile la determinazione dell'Indice di Rischio Sismico cioè del rapporto tra l'accelerazione di picco cui si può far fronte nello *stato di fatto* e quella con l'intensità prevista dalla normativa che ha probabilità del 10% di verificarsi nella vita utile.

COME PROCEDERE

È necessario acquisire le tavole di progetto, se disponibili, predisporre un rilievo accurato della geometria generale e quella degli elementi strutturali; eseguire alcune prove distruttive sui campioni dei materiali prelevati in cantiere e altre prove non distruttive strumentali, per acquisire informazioni sufficienti ad assegnare un prestabilito *fattore di confidenza, FC*. Migliore sarà la conoscenza e meno onerose risulteranno le verifiche potendo contare su valori di resistenza più attendibili.

Il metodo standard per affrontare questo tipo di problema è l'**analisi non lineare**. Dal modello si otterranno preziose informazioni sui punti deboli della struttura e indicazioni su come agire, con poche e mirate operazioni