

# EDISIS 9

**confronto numerico-  
sperimentale e verifica  
dell'affidabilità dell'analisi**

**NEWSOFT**

[www.newsoft-eng.it](http://www.newsoft-eng.it)

## Abstract

Nella valutazione del comportamento sismico di strutture intelaiate in cemento armato, le nonlinearità di materiale giocano un ruolo determinante e influenzano in modo sostanziale l'analisi e la progettazione strutturale. Per ottenere risultati realistici ed affidabili gli effetti delle nonlinearità devono essere gestiti con algoritmi numerici robusti ed affidabili che siano in grado di garantire all'utente accuratezza ed velocità di calcolo. L'articolo presenta le potenzialità e l'affidabilità offerte dal programma Edisis 9 per lo svolgimento dell'analisi pushover, illustrando un confronto fra i risultati numerici ottenuti dall'analisi e risultati sperimentali di una struttura in scala reale sottoposta a prove sismiche pseudodinamiche.

L'articolo illustra le potenzialità e l'affidabilità del programma Edisis 9 per la **valutazione del comportamento in campo nonlineare di strutture intelaiate in cemento armato** sottoposte ad azioni sismiche. La valutazione è effettuata tramite un confronto numerico sperimentale eseguito considerando come struttura test un modello sperimentale tridimensionale sottoposto a prove sismiche pseudodinamiche. La risposta sperimentale osservata in laboratorio è confrontata con i risultati dell'analisi pushover eseguita con Edisis 9 al fine di valutare l'affidabilità dei codici di calcolo implementati al suo interno.

La struttura sperimentale di riferimento è un telaio tridimensionale in cemento armato in scala reale a sette piani e tre campate con una configurazione in pianta regolare e simmetrica caratterizzata dalla presenza sia di pilastri che di pareti. Il modello è stato testato in laboratorio mediante prove sismiche pseudodinamiche eseguite assumendo una distribuzione di carico lineare lungo l'altezza dell'edificio.

L'edificio sperimentale è stato progettato in modo da riprodurre le principali patologie riscontrabili in edifici esistenti realizzati con criteri antisismici scarsi o inadeguati e connesse a: carenza di armatura trasversale nelle zone critiche e nei nodi, scarsa aderenza acciaio-calcestruzzo e insufficienti lunghezze di ancoraggio delle barre di armatura.

Le principali caratteristiche del modello sperimentale in termini di geometria, schemi di armatura, setup sperimentale, casi di carico e caratteristiche meccaniche dei materiali sono sintetizzate in Tabella 1 e Figura 1. Per ulteriori dettagli si rimanda a quanto riportato in [1]. Le prove pseudodinamiche sono state effettuate applicando un moto sismico monodirezionale costituito dalla registrazione del terremoto di Miyagi-ken Oki Earthquake del 1978, scalato a livelli di intensità crescente. Durante i test la struttura ha raggiunto spostamenti massimi in sommità dell'ordine dei 340 mm corrispondente a circa 1/70 dell'altezza dell'edificio e un taglio alla base massimo di circa 400 kN. Il comportamento sperimentale della struttura registrato alle massime intensità sismiche è mostrato in Figura 3 in termini di ciclo taglio alla base-spostamento in sommità.

La struttura descritta è stata modellata e analizzata in Edisis 9 mediante analisi pushover; le viste 3d ed in pianta del modello strutturale implementato sono mostrate in Figura 2.

Le armature sono state introdotte negli elementi strutturali assumendo uno schema base derivante da una progettazione simulata, effettuata dal programma con una opportuna calibrazione delle specifiche di progetto, integrato da aggiunte manuali in corrispondenza delle differenze riscontrate rispetto alle configurazioni delle armature del modello sperimentale.

I coefficienti parziali dei materiali sono stati settati a valori unitari in modo da riprodurre le resistenze medie sperimentali. I legami costitutivi dell'acciaio e del calcestruzzo sono quelli previsti dalle N.T.C.2008. Gli effetti legati alla scarsa aderenza acciaio-calcestruzzo dovuta all'impiego di barre lisce è stata portata in conto introducendo un coefficiente riduttivo della tensione di snervamento, assunto pari a 0.8 in funzione dei dettagli costruttivi della struttura sperimentale. L'analisi pushover è stata eseguita per distribuzione di carico costante e lineare in corrispondenza delle due direzioni di applicazione dell'azione sismica.

In Figura 3 le curve pushover ottenute dall'analisi non lineare, espresse in termini di taglio alla base e spostamento in sommità dell'edificio, sono confrontate con la risposta sperimentale in termini di cicli di isteresi registrati durante l'eccitazione sismica.

Il modello numerico coglie con buona approssimazione sia la resistenza laterale che la rigidità iniziale della struttura, con margini di errore molto ridotti. L'analisi pushover fornisce un margine di sicurezza maggiore per gli spostamenti ultimi dovuto alle espressioni delle rotazioni plastiche utilizzate (espressione C8A.6.5 della circolare 02/02/2009 n. 617). Da un punto di vista pratico, tale

effetto corrisponde ad applicare, correttamente, un coefficiente di sicurezza maggiore su parametri, rotazioni e spostamenti in campo plastico, che per il cemento armato risultano influenzati da numerosi parametri e affetti da grande variabilità soprattutto nel caso di opere esistenti.

I confronti numerico-sperimentali evidenziano la capacità di Edis 9 nel riprodurre i principali aspetti osservati nella risposta sismica non lineare di edifici intelaiati, confermando al professionista la possibilità di utilizzare uno strumento di analisi che, con parametri di modellazione standard basati principalmente sulle indicazioni di normativa, risulta accurato ed affidabile sia per la progettazione di nuovi edifici che per la verifica di quelli esistenti.

Model scale	Full
Floor Area (m <sup>2</sup> )	272
Interstorey height (m)	3 – 3.75
Number of story	7
Beam dimensions (cm)	30x50 / 30x45 / 25x45
Column dimensions (cm)	50x50
Deck type and thickness (cm)	rc slab (12)
rc (%)	1.2
rb (%)	1
fc (MPa)	25.3
fy (MPa)	374
Test type	Pesudodynamic
Load pattern	Ground motion

**Tabella 1:** *Caratteristiche strutturali del modello sperimentale Kabeyasawa et al.*

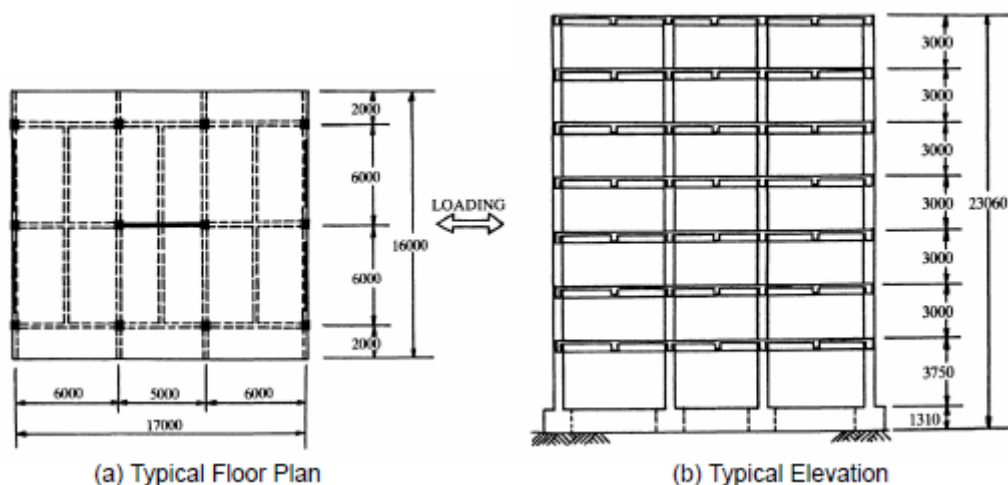


Figura 1: Caratteristiche della struttura sperimentale Kabeyasawa et al.

**Opzioni di verifica**

Ambiente: Ordinario | Armature: Poco sensibili

Resistenze di calcolo:

Cl. compr.	$\gamma_m$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cl. trazione	$\gamma_m$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cl. taglio	$\gamma_m$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Fe trazione	$\gamma_m$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Aderenza	$\gamma_m$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Tensioni in fondazione:

Terreno	$\gamma_m$			2.30	2.30
---------	------------	--	--	------	------

Spostamenti assoluti: %Ht: 1.00 | Spostamenti relativi: %Hp: 0.50

Apertura fessure (mm): wlim: 0.30 | 0.40

Resistenza nodi: Slv/Psh: 0.30 | Slv/Psh/comp: 0.50

valori di default | gerarchia di resistenze

**Tipi di ferro**

id	nome	tyk	gmb	E	Agt	lanc	lgan	lgst
1	FeB4K	3900	1.00	2100	12.0	40	0	10

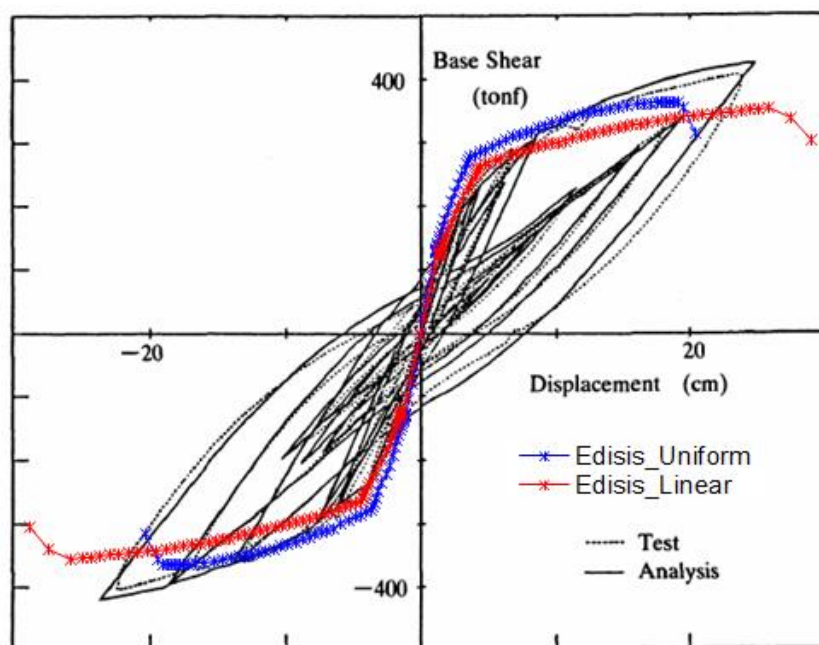
**Tipologie di calcestruzzo**

id	nome	rck	def	fcik	fcik	fk	fsk	Ec	Gc	ps	ec	ecu
1	C20/25 Rck250	250	✓	207.50	15.96	46.69	35.91	307	128	2500	0.20	0.35
2	C25/30 Rck300	300	✓	249.00	18.03	56.03	40.57	319	133	2500	0.20	0.35
3	C28/35 Rck350	350	✓	290.50	19.98	65.36	44.96	331	138	2500	0.20	0.35

**Fattori min/max di carico nelle combinazioni di verifica**

id	Combinazione	g_pm	g_px	g_am	g_ax	g_nm	g_nx	g_s	psi_m	psi_x
1	Quasi Permanente	0.90	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	psi_2	psi_2
2	Frequente	0.90	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	psi_2	psi_1
3	Raro	0.90	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	psi_0	1.0
4	Ultimo	0.90	1.30	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	psi_0	1.0
5	Sismico SLV/SLC	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	psi_2	psi_2
6	Sismico SLO/SLD	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	psi_2	psi_2

Figura 2: Modello strutturale Edis 9



**Figura 3:** Confronto fra curva pushover (Edisis 9) e risultati sperimentali

## Bibliografia

[1] Kabeyasawa, T. et al. (1983). *Analysis of the Full-scale Seven-story Reinforced Concrete Test Structure. Journal (B), The Faculty of Engineering, University of Tokyo, Vol. XXXVII, No. 2, 1983, pp. 432 - 478.*

[2] D.M. 14 gennaio 2008. *Norme tecniche per le costruzioni.*

[3] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - *Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.*