

## **COMPORTAMENTO DINAMICO DI OPERE DI SOSTEGNO IN GABBIONI**

P. P. Capilleri

*DICAR, Università di Catania, Italia  
pcapilleri@dica.unict.it*

E. Motta

*DICAR, Università di Catania, Italia  
[emotta@dica.unict.it](mailto:emotta@dica.unict.it)*

A. Saglimbene

*DICAR, Università di Catania, Italia  
saglimbenea@gmail.com*

M. Todaro

*DICAR, Università di Catania, Italia  
mtodaro@dica.unict.it*

### **Sommario**

Viene svolta un'analisi numerica in campo dinamico di un'opera di sostegno realizzata con gabbioni in rete metallica. Il modello numerico utilizzato è stato implementato in un codice di calcolo agli elementi finiti allo scopo di analizzare il comportamento dell'opera soggetta a sollecitazioni di tipo sismico, utilizzando quattro terremoti italiani avvenuti di recente. In particolare vengono analizzate le deformazioni dell'opera mettendo in evidenza gli spostamenti permanenti subiti a seguito dell'input sismico. Per confronto è stata eseguita un'analisi dinamica anche su un muro "convenzionale" in calcestruzzo valutando, per entrambi, la risposta in termini di spostamenti. I risultati ottenuti sono da considerarsi preliminari di una ricerca più ampia ancora in corso.

### **Introduzione**

Gli elementi in gabbioni sono da tempo utilizzati in modo molto vantaggioso per il contenimento di terrapieni. Essi offrono, rispetto alle tradizionali strutture rigide, un più vasto campo di impiego in ambito naturalistico, per via del loro inferiore impatto ambientale. Tuttavia, essendo notoriamente queste delle strutture altamente deformabili, è necessario valutare attentamente il loro comportamento quando soggette a sollecitazione di tipo sismico.

I muri in gabbioni negli anni sono stati oggetto di studi sia sperimentali che numerici. Agostini et al. (1986) hanno eseguito delle prove di resistenza su gabbioni in vera grandezza: prove a compressione semplice; prove a compressione con contrazione laterale impedita su due facce opposte; prove a "taglio puro". Peyras et al. (1992) hanno sviluppato un modello fisico in vera grandezza composto da cinque gradoni soggetti a differenti spinte laterali prodotte da battenti d'acqua. Negli studi di Stephen (1995) è stata valutata l'importanza della dimensione delle pietre all'interno del gabbione. Lin et al. (2010) hanno studiato le deformazioni di un singolo gabbione soggetto a carico di compressione uniassiale e carico laterale, determinando un modulo di taglio per una struttura omogenea equivalente. Nel presente lavoro, si riportano i risultati di un'analisi numerica per valutare il comportamento deformativo di un muro in gabbioni sottoposto a vari input sismici, anche di elevata intensità. I risultati sono stati successivamente confrontati con quelli ottenuti dalla modellazione numerica di un muro in calcestruzzo "convenzionale".

## 1. Taratura del modello

Il modello numerico è stato tarato sulla base dei risultati ottenuti da un muro di prova in vera grandezza, aventi le stesse caratteristiche geometriche del muro oggetto di studio. Il muro sperimentale è stato realizzato nel 1981 presso lo stabilimento di Zola Predosa (Bologna) delle Officine Maccaferri S.p.a. con la collaborazione dell'Istituto di Tecnica delle Costruzioni dell'Università di Bologna. Il muro è stato realizzato assemblando dei gabbioni in rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale tipo 6 x 8, filo  $\phi$  2 mm, aventi dimensioni nominali 1,50 x 1,00 x 1,00 m e 2,00 x 1,00 x 1,00 m e 1,50 x 1,00 x 0,50 m, e legati fra loro con filo  $\phi$  2 mm. Il riempimento era costituito da ciottoli di fiume aventi dimensioni medie di 90-120 mm (Agostini et al.,1986). Dopo la realizzazione il muro è stato sottoposto a carico laterale applicato attraverso un battente di acqua sulle pareti verticali.

La taratura è stata effettuata facendo variare i parametri geotecnici fino ad ottenere, come illustrato in Fig. 1, un buon accordo tra gli spostamenti calcolati e gli spostamenti misurati:

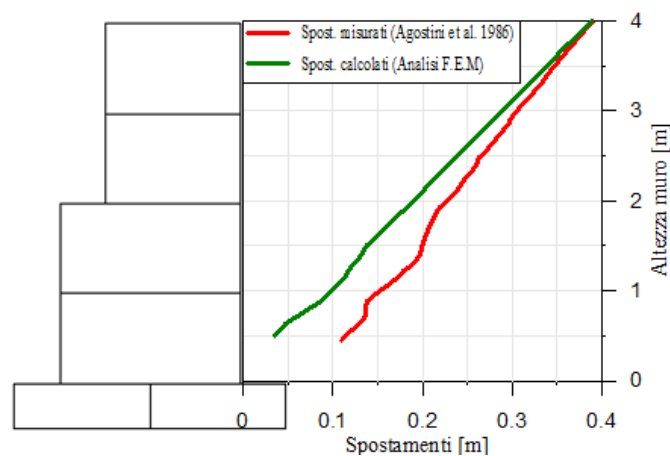


Fig. 1. Confronto tra spostamenti sperimentali e numerici in fase di taratura.

Per l'analisi dinamica, il modello è stato implementato in condizioni di deformazioni piane, considerando uno strato di terreno di base, di altezza pari a 20 m, e struttura di sostegno modellata con elementi di misura variabile. Il dettaglio della geometria della struttura è illustrato in Fig. 2. Il muro in gabbioni ha un'altezza fuori terra di 4,00 m, uno spessore in testa di 1,50 m ed una larghezza alla base di 2,00 m; la fondazione su cui poggia il gabbione ha una larghezza di 3,00 m. Il riempimento dei gabbioni è stato simulato con cluster di materiale lapideo e la rete metallica è stata simulata tramite elementi plate con rigidità flessionale nulla.

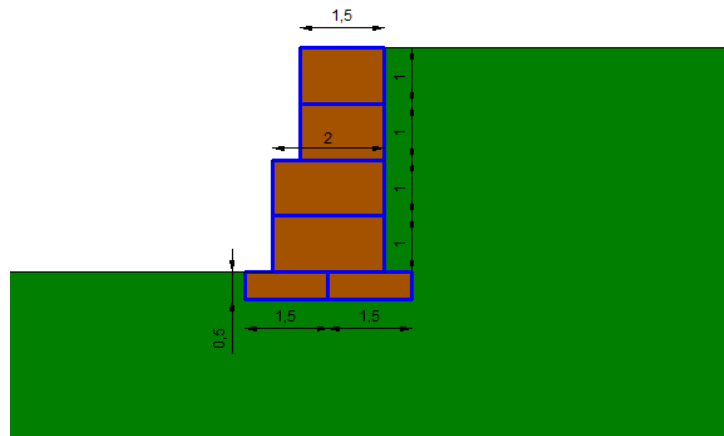


Fig. 2. Modello geometrico

E' stato assegnato un comportamento elasto - plastico tramite legame Mohr-Coulomb sia al muro in gabbioni sia al terreno di contenimento e di base. In Tab. 1 vengono riportati i parametri utilizzati per l'analisi numerica.

Tab 1. Parametri di input del modello - legame Mohr-Coulomb

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c$ [kPa]	$\phi$ [°]	$\nu$	$E$ [kPa]
<b>Gabbionata</b>	16	20	55	0,30	3000
<b>Terreno di base</b>	17	10	30	0,30	8000

La procedura di calcolo ha previsto due fasi. Nella prima fase, di tipo statico, sono stati calcolati le deformazioni e gli stati tensionali iniziali indotti dal peso proprio del terreno. Successivamente è stata eseguita un'analisi dinamica, in cui sono stati valutati gli spostamenti e gli stati tensionali del modello sollecitato da assegnati terremoti.

## 2. Modellazione numerica del modello attraverso analisi FEM

Relativamente alla fase statica, in Fig. 3, si riportano gli stati tensionali in termini di tensioni orizzontali agenti sull'opera. Il valore valutato nell'analisi risulta molto prossimo a quello deducibile dalla teoria di Rankine. In Fig. 4 vengono mostrati, nella struttura e nel terreno limitrofo, gli spostamenti indotti dalla spinta delle terre. I valori massimi di spostamenti calcolati dall'analisi sono di circa 11 cm in testa al muro in gabbioni.

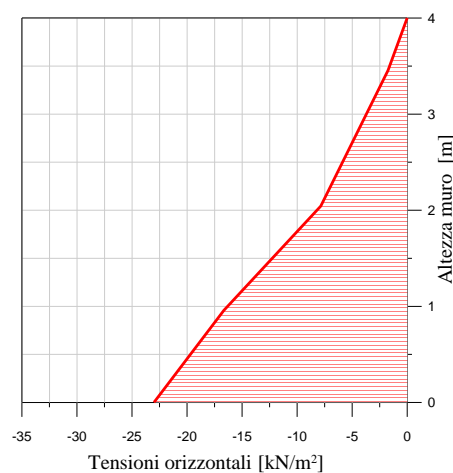


Fig. 3. Tensioni orizzontali agenti sull'opera in campo statico

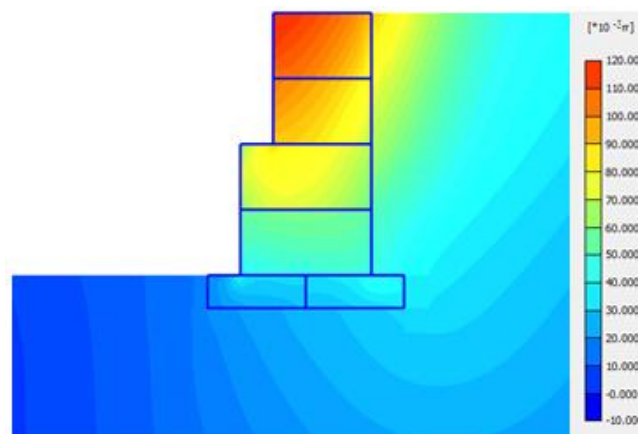


Fig. 4. Spostamenti in campo statico

L'analisi dinamica è stata eseguita applicando alla base del modello l'input sismico. In particolare sono stati utilizzati gli accelerogrammi di quattro terremoti italiani riportati in Fig. 5 e scalati ad una PGA di 0,25g.

In campo dinamico sono stati osservati spostamenti in testa alla gabbionata aventi un valore massimo pari a 23 cm, come illustrato in Fig. 6. Le curve evidenziano che il sistema accumula nel tempo spostamenti crescenti il cui valore dipende in maniera significativa anche dal contenuto in frequenza dell'input sismico utilizzato. Nell'analisi eseguita, gli spostamenti maggiori sono quelli associati all'accelerogramma registrato a Tolmezzo in Friuli del 1976 mentre gli spostamenti minori sono quelli relativi all'accelerogramma registrato a Sortino del 1990.

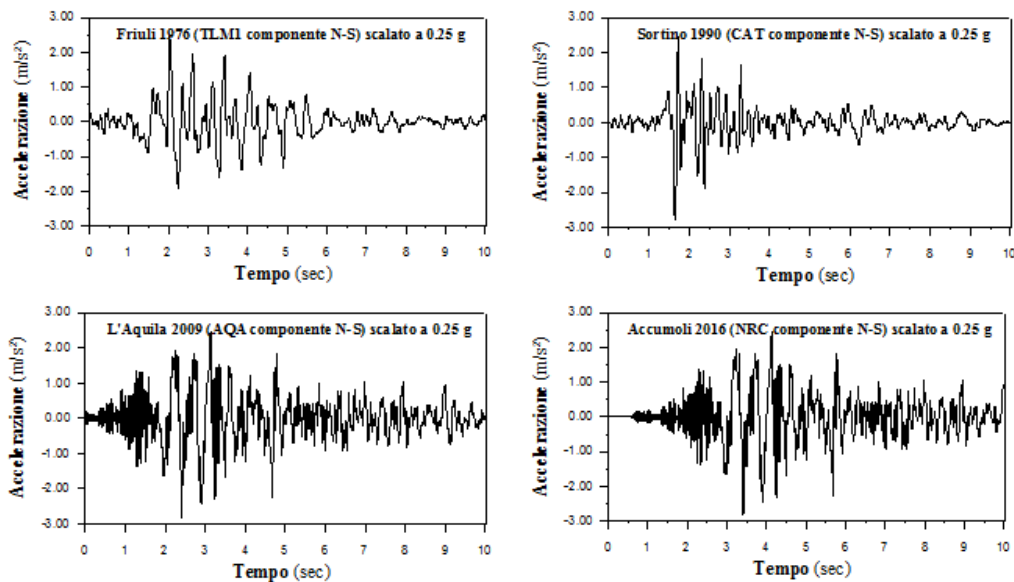


Fig. 5. Accelerogrammi utilizzati per l'analisi numerica

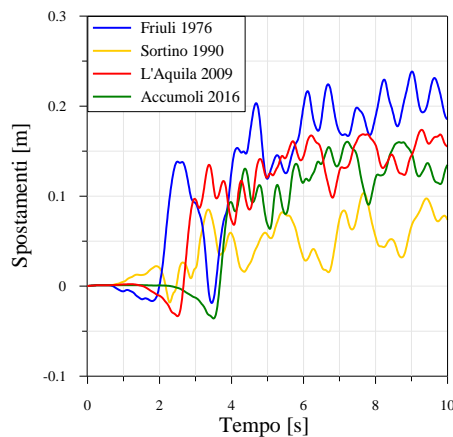


Fig. 6. Andamento degli spostamenti calcolati alla testa del gabbione in funzione del tempo

Tab 2. Parametri di input del modello muro in cls - legame Mohr-Coulomb

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c$ [kPa]	$\phi$ [°]	$\nu$	$E$ [kPa]
<b>Muro in cls</b>	19	1000	45	0,30	30.000.000

Un'analisi dinamica analoga è stata effettuata anche per un muro in calcestruzzo "convenzionale", avente la stessa geometria del muro in gabbioni, al fine di comparare il comportamento prestazionale di entrambi i manufatti. In Tab. 2 sono riportati i parametri geotecnici assegnati al muro in

calcestruzzo, mentre le caratteristiche geotecniche del terreno di base e di quello a tergo del muro sono le stesse riportate in Tab. 1. In Fig. 7 si riporta l'andamento degli spostamenti determinati con l'analisi FEM della testa del muro soggetto a sollecitazione sismica. In Fig. 8 sono riportati, per i quattro accelerogrammi utilizzati, gli spostamenti alla testa del muro e del gabbione.

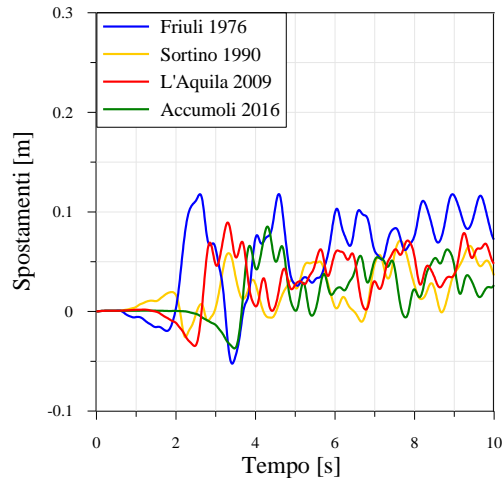


Fig. 7. Andamento degli spostamenti in funzione del tempo – Muro in calcestruzzo “convenzionale

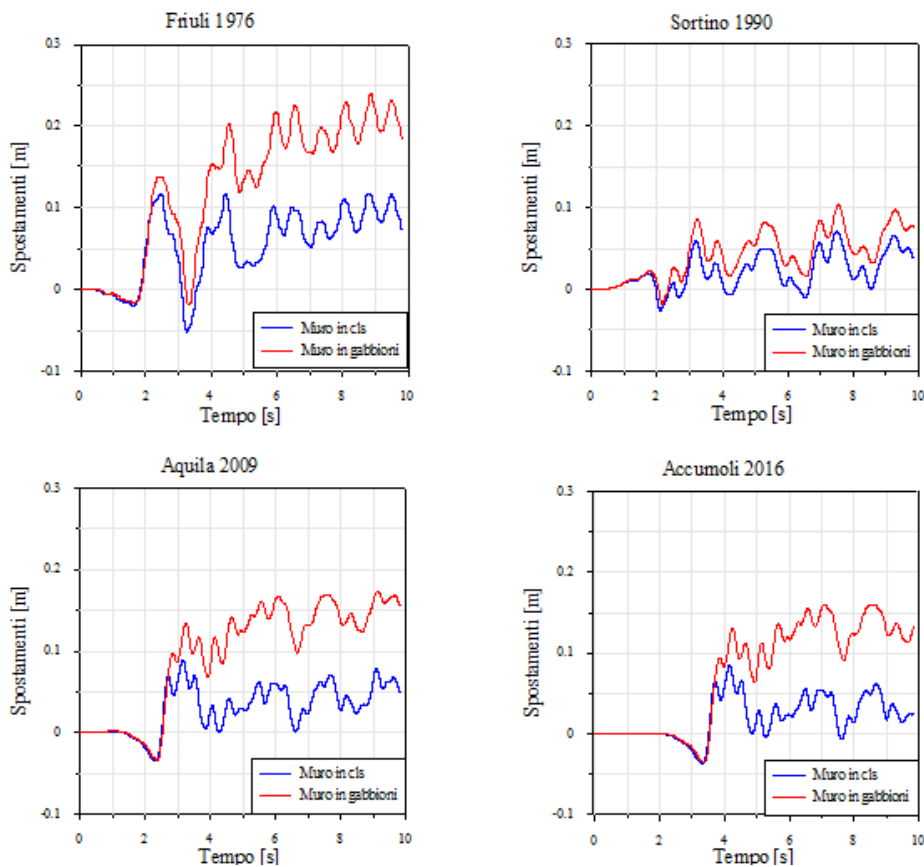


Fig. 8. Confronto Spostamenti Muro in gabbioni – Muro in cls

A causa della minore rigidezza, gli spostamenti del gabbione risultano significativamente maggiori di quelli indotti sul muro convenzionale in cls, per tutti i terremoti analizzati. Osservando le deformate del gabbione dopo l'evento sismico, riportate in Fig. 9, si nota che in ogni caso il manufatto in gabbioni sembra assolvere in modo soddisfacente alla sua funzione, purché si sia disposti a tollerare

un determinato valore dello spostamento orizzontale.

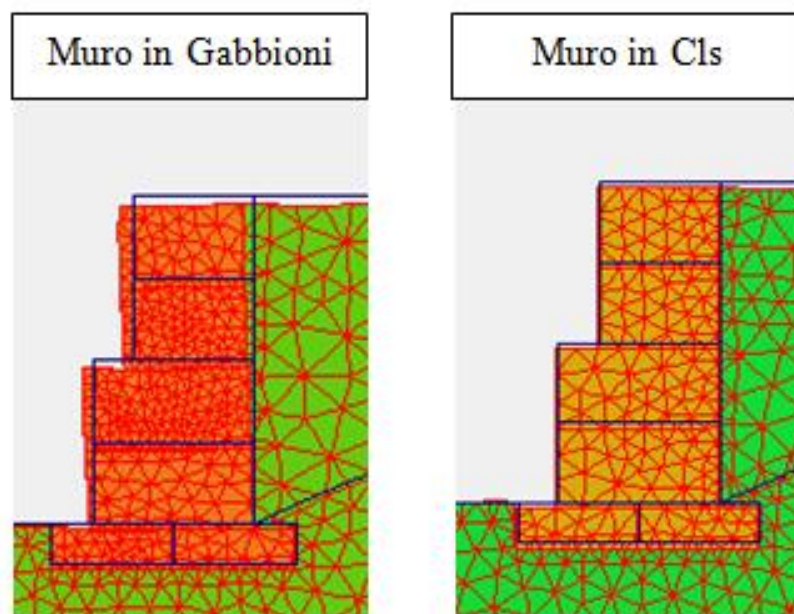


Fig. 9. Deformate Muro in gabbioni – Muro in cls

### 3. Conclusioni

L'analisi dinamica condotta su muri in gabbioni ha evidenziato che questi, durante un evento sismico, esibiscono spostamenti maggiori di quelli manifestati dai muri convenzionali in cls. Ciò è dovuto alla maggiore deformabilità dei manufatti in gabbioni che presentano moduli di deformazione assai minori dei moduli del cls "convenzionale". Le deformate ottenute per il gabbione, tuttavia, non sembrano far perdere la funzionalità dello stesso, purché si sia disposti ad accettare spostamenti di una certa entità. In considerazione del fatto che le gabbionate vengono abitualmente realizzate in ambiente "naturalistico", dove gli spostamenti dell'opera non sono particolarmente condizionanti la loro funzionalità, queste opere si prestano bene al contenimento dei terrapieni in tale ambito, producendo un impatto ambientale assai ridotto.

### Bibliografia

- Agostini R., Cesario L., Conte A., Masetti M., Papetti A. (1986). "Flexible gabion structures in earth retaining works", *Officine Maccaferri S.p.A.*, Bologna, Italy.
- Peyras L., Royet P., Degoutte G. (1992) "Flow and Energie Dissipation over Stepped Gabion Weirs", *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCEE, Vol. 118, No. 5, May, pp. 707-717.
- Stephen T. Maynord (1995) "Gabion Mattress Channel-Protection Design", *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCEE, Vol. 121, No. 7, July, pp. 519-522.
- Der – Guey Lin, Bor-Shun Huang, Shin-Hwei Lin (2010) "Derformation Analyses of Gabion Structures", *National Chung-Hsing University*, Taichung, Taiwan.