

Studio numerico della resistenza strutturale di elementi di mantellata Cubipod

Giulio Scaravaglione

Politecnico di Bari
giulio.scaravaglione@poliba.it

Introduzione

La presente ricerca ha ad oggetto l'analisi della resistenza strutturale di una nuova tipologia di masso in cls non armato, il Cubipod, utilizzata nelle mantellate delle opere a gettata. I massi utilizzati nelle opere a gettata tendono a subire una serie di urti, sia durante la fase di varo (produzione, trasporto, posizionamento, etc.), sia durante la fase di esercizio (collisioni dovuti ad oscillazioni e rotolamenti). Tali condizioni possono indurre degli stati tensionali critici all'interno dei blocchi, idonei a modificarne l'integrità strutturale, circostanza questa che costituisce uno degli aspetti più delicati nella stabilità della mantellata. Lo studio intende verificare l'idoneità del modello numerico (del tipo FDEM) a simulare il comportamento meccanico del Cubipod sotto condizioni di carico dinamiche, attraverso il confronto tra i dati numerici e i dati sperimentali ottenuti da Medina et al. (2011) (Medina et al., 2011).

Metodologia

Da un punto di vista operativo, i prototipi analizzati (cubi da 15t e Cubipod da 16t) hanno subito una caduta libera AD1 (flat-on-flat) da un'altezza prefissata, su una piattaforma in acciaio di 5,0x5,0x1,15m. Il test consiste nell'incrementare progressivamente l'altezza di caduta, al fine di studiare il grado di danno subito dal blocco al suo variare.

La resistenza strutturale è stata valutata con l'ausilio di un software noto come G.i.d. (CIMNE)², il quale sfrutta un modello numerico basato su un approccio combinato agli elementi finiti e discreti (Finite-Discrete Element Method (FDEM)). La metodologia FDEM simula perfettamente il comportamento dei massi durante i test di caduta libera, sfruttando il 'Fracture model 3D' (Guo et al., 2015). L'aspetto innovativo di tale metodologia consiste nella possibilità di esaminare le forze di contatto normali all'area di sovrapposizione delle particelle, che si compenetrano durante le collisioni. Pertanto, il Fracture model tridimensionale consente di visualizzare l'intera distribuzione tenso-deformativa dei solidi, catturandone l'intero processo di fratturazione: dalla generazione della frattura alla propagazione, fino all'interazione finale tra gli elementi discreti frammentati.

Nei test numerici il grado di danno viene misurato attraverso un parametro detto 'Fractured Area' (m²), rappresentativo della superficie totale di frattura generatasi all'interno del masso al termine della prova (Scaravaglione et al., 2021).

Risultati

Prima di procedere ai test sul Cubipod, il modello numerico è stato calibrato attraverso la valutazione della resistenza strutturale dei cubi rispetto ad alcuni aspetti (tra cui, a titolo di esempio, la resistenza a trazione, la rigidezza della piattaforma di base e l'angolo di impatto). In Figura 1 sono rappresentati i risultati della simula-

¹ Anvil drop (AD); il prototipo è lasciato cadere con la faccia inferiore esattamente parallela alla piattaforma.

² La licenza appartiene al gruppo AMCG (Applied Modelling and Computation Group) dell'Imperial College di Londra.

zione numerica, relativi all'ultimo frame del AD test di un cubo e di un Cubipod lasciati cadere rispettivamente da altezze di 2m e 3m. È evidente l'andamento tridimensionale delle fratture generatesi al termine della prova. A causa dell'impatto, la protuberanza inferiore del Cubipod si frammentata totalmente, non esibendo più alcuna resistenza residua e all'interno del masso si propagano tre piani di frattura principali. Tale circostanza vale a concludere che, a parità di altezza di caduta, il Cubipod presenta una resistenza strutturale significativamente superiore rispetto ai cubi. Infatti, la presenza delle protuberanze tronco-piramidali su ogni sua faccia permette di dissipare una quota significativa di energia, che si risolve nel danneggiamento locale delle protuberanze, anziché intaccare il nucleo del masso. Contrariamente, la conformazione geometrica del cubo favorisce la dissipazione di tutta l'energia, che genera fratture direttamente al suo interno e con esiti più disastrosi.

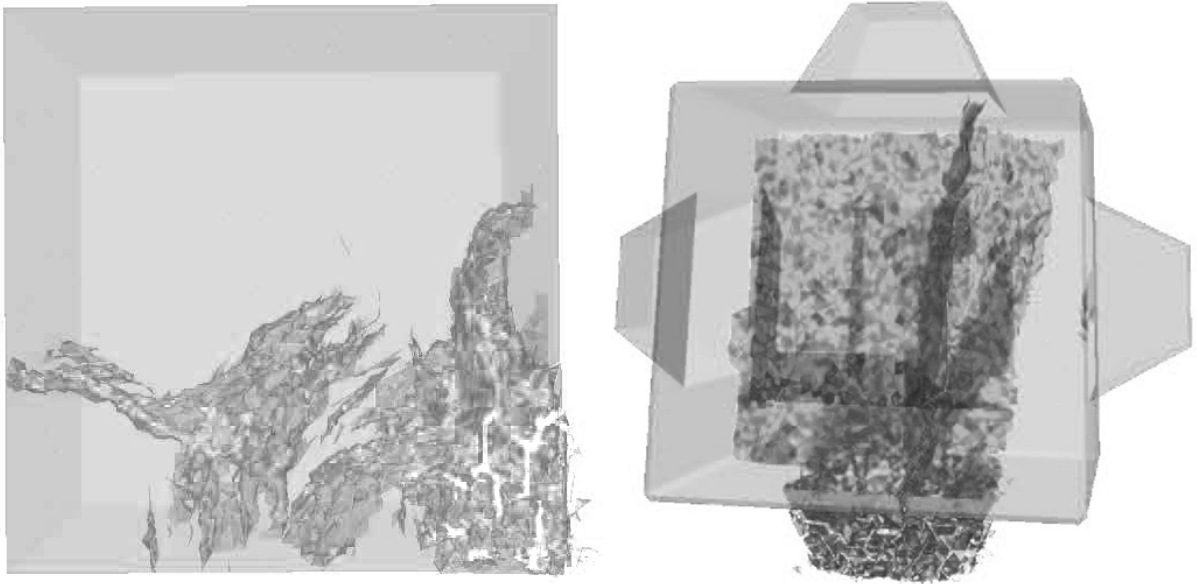


Figura 1. Frattura tridimensionale del cubo da 15t lasciato cadere da un'altezza di 2m (sx) e di un'unità Cubipod da 16t lasciata cadere da un'altezza di 3m (dx) (Figura estratta da Scaravaglione et al., 2021.).

Conclusioni e sviluppi futuri

In conclusione, l'intera risposta strutturale del masso (posizione ed evoluzione delle fratture) viene accuratamente catturata dal modello numerico. Inoltre, dal confronto tra i risultati di campo e quelli numerici si può concludere per l'idoneità del modello numerico a simulare la resistenza strutturale del Cubipod in condizioni di carico dinamiche e per l'applicabilità in casi studio simili (Scaravaglione et al., 2021). Tuttavia, per completare l'indagine sulla resistenza strutturale del masso si rendono necessari ulteriori test, quali l'Edge Drop test (ED), il Random Drop test (RD), l'Extreme Anvil Drop test (EAD), l'overturning test etc.

La validazione del modello numerico per la valutazione del comportamento strutturale dei massi artificiali in cls costituirebbe un importantissimo contributo per il mondo dell'ingegneria marittima rendendo obsoleti i test di campo a scala reale. Infatti, tramite l'utilizzo di un modello numerico si ridurrebbero enormemente i tempi, i rischi ma soprattutto i costi legati alla realizzazione di tali tipologie di prove.

Bibliografia

- Medina, J.R., Gómez-Martín, M.E., Corredor, A., Torres, R., Minaña, J.V.E., Fernández, E., Menéndez, C.F., Santos., 2011. *Prototype drop test of cube and cubipod armor units*. Waterw. Port. Coast. Ocean. Eng. 137: 54-63.
- Guo, L., Latham, J.P., Xiang, J., 2015. *Numerical simulation of breakages of concrete armor units using a three-dimensional fracture model in the context of the combined finite-discrete element method*. Comput. Struct. 146: 117-142.
- Scaravaglione, G.; Latham, J.-P.; Xiang, J., 2021. *Numerical Model Study of Prototype Drop Tests on Cube and Cubipod Concrete Armor Units Using the Combined Finite-Discrete Element Method*. J. Mar. Sci. Eng. 9, 460.