

Sintesi della tesi di laurea

ANALISI DELLE MISURE SPERIMENTALI DELLE AZIONI SU UN'OPERA DI DIFESA RADENTE DI UNA SPIAGGIA: L'EFFETTO DI UNA SEQUENZA DI MAREGGIATE

(Tesi sperimentale)

Laurea magistrale in Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio

V sessione di laurea (09/01/2018-27/01/2018)

anno accademico 2016/2017

Nome Candidata: Inez Perrini

Matricola: 1396389

Relatore

Prof. Ing. Paolo De Girolamo

SSD: ICAR/01

Correlatore

Ing. Alessandro Romano

L'analisi della dinamica dei litorali incoerenti (spiagge) in presenza o in assenza di opere di difesa costiere costituisce attualmente uno dei temi di maggiore interesse e di frontiera per la ricerca nel campo dell'ingegneria costiera. I fenomeni in gioco, molto complessi e fortemente non lineari, includono: l'idrodinamica indotta dalle onde frangenti, il relativo trasporto solido e le conseguenti variazioni morfologiche nel tempo dei fondali (morfodinamica). La complessità del problema è ulteriormente accentuata dalla difficoltà di definire con accuratezza i parametri fisici che descrivono il sistema (ad es. le caratteristiche dei sedimenti, la batimetria, ecc.) e dalla variabilità spazio-temporale delle condizioni al contorno (onde, vento e maree) unita all'estensione delle aree di interesse (nell'ordine delle decine o centinaia di km²).

Una tipologia di opere di difesa costiera largamente impiegata nel Nord Europa, dove l'escursione del livello del mare indotta dalle maree astronomiche e meteorologiche (sovralzo di tempesta) può essere nell'ordine di diversi metri, è costituita dalle "difese radenti" – costituite dal punto di vista strutturale da paratie in cemento armato o in acciaio o da muri di sponda dotati di opportune fondazioni - disposte in "aderenza" alla costa.

Lo scopo delle difese radenti è quello di proteggere direttamente la costa e le infrastrutture (centri abitati, vie di comunicazione, ecc.) poste in prossimità del mare, dai fenomeni di ingressione marina causati dalla concomitanza del verificarsi di elevati valori dei livelli di marea con condizioni di moto ondoso estreme.

Nel caso in cui nel futuro si dovessero confermare le previsioni dell' "International Panel on Climate Change (IPCC)" in relazione all'aumento del livello del mare e all'intensificarsi di fenomeni meteomarinari estremi, tali opere potrebbero diffondersi, più di quanto non lo siano attualmente, per fronteggiare i problemi di ingressione marina anche nei paesi caratterizzati da regimi mareali microtidali come il Mediterraneo.

Una particolarità di queste opere consiste nell'essere poste a tergo delle spiagge e pertanto le azioni a cui sono soggette e i relativi fenomeni di tracimazione ondosa sono fortemente condizionati dalla dinamica dei sedimenti delle stesse spiagge. In generale un fenomeno di erosione localizzato al piede di queste opere determina un aumento dei carichi idraulici e delle portate che possono tracimare le stesse strutture.

Numerosi studi hanno dimostrato che, nel caso di mareggiate in successione – denominate anche "cluster di mareggiate" - i fenomeni di erosione complessivi di una spiaggia possono risultare di maggiore entità rispetto all'erosione causata da un singolo evento meteomarinario estremo caratterizzato da un tempo di ritorno anche molto maggiore di quelli che caratterizzano i singoli eventi che costituiscono il "cluster".

Ciò è dovuto al fatto che le spiagge sono soggette ad un fenomeno di recupero ("recovery"), ovvero dopo una singola mareggiata estrema che presenta caratteristiche erosive, la spiaggia può essere soggetta ad un fenomeno di auto-ricostituzione ad opera di onde poco ripide (onde ripascitive), come ad esempio le onde di mare morto (swell), che determinano prevalentemente un trasporto solido verso la costa. Tuttavia il tempo di recupero della spiaggia in seguito al verificarsi di un evento meteo marino estremo, risulta normalmente piuttosto lungo, nell'ordine di una o più stagioni o di anni. Ciò fa sì che se si verifica un "cluster di mareggiate", ovvero una serie di mareggiate anche non particolarmente estreme ma intervallate tra di loro da un tempo inferiore al relativo tempo di recupero, l'erosione complessiva da esse prodotte può risultare superiore a quella di un singolo evento estremo che per definizione è anche raro.

La presente tesi di laurea si pone in questo contesto e l'obiettivo del lavoro è stato quello di valutare la variabilità delle azioni dovute al moto ondoso che si verificano su una difesa radente in seguito al verificarsi di "cluster" di mareggiate.

In particolare il lavoro di tesi ha riguardato l'analisi dei dati sperimentali ottenuti nell'ambito del progetto ICODEP (Impact of Changing Foreshore on Flood Defence Performance) che è stato

finanziato dalla Commissione europea nell'ambito del programma HYDRALAB+ al quale ha partecipato il gruppo di ingegneria costiera della Sapienza che ha preso parte al progetto dell'esperimento e all'esecuzione delle prove sperimentali.

L'esperimento si è svolto nel grande canale per moto ondoso GWK di Hannover, in Germania. Il canale ha una lunghezza di 307 metri, è largo 5 metri e profondo 7 metri (con profondità operativa di 2-5m). La configurazione sperimentale è costituita da un profilo di spiaggia con pendenza 1:15 e da un muro (difesa radente) con pendenza 10:1 posto a tergo della spiaggia. Questa campagna sperimentale ha avuto lo scopo di valutare gli effetti indotti da "cluster di mareggiate" sull'evoluzione morfologica del profilo trasversale della spiaggia, sulle portate di tracimazione dell'opera e sulle forze che agiscono sulla difesa radente.

Pertanto, durante l'esperimento sono stati simulati due diversi profili di mareggiata (S1, con energia minore, e S2, con energia maggiore) aventi un andamento nel tempo di tipo triangolare e ciascuno costituito da sei stati di mare. Queste mareggiate sono state applicate con opportune sequenze per formare tre successioni di mareggiate (clusters C1, C2 e C3). Le misure sperimentali hanno riguardato: (i) l'evoluzione nel tempo del profilo trasversale della spiaggia; (ii) l'andamento delle altezze d'onda lungo lo stesso profilo trasversale; (iii) le velocità idrodinamiche e le concentrazioni dei sedimenti; (iv) le portate di tracimazione e (iv) le forze esercitate dal moto ondoso sulla difesa radente.

La tesi si è concentrata sull'analisi delle misure delle forze agenti sul muro durante le successioni delle mareggiate. Le forze sono state misurate utilizzando due strumentazioni diverse: dinamometri, opportunamente posizionati dietro parte della struttura, e celle di pressione poste lungo una sezione verticale dell'opera. Queste ultime hanno consentito di ottenere le forze mediante la loro integrazione simultanea nello spazio.

In particolare il lavoro di tesi ha riguardato: (i) la definizione di tecniche di analisi delle misure sperimentali di forze e pressioni; (ii) l'implementazione di opportuni codici di calcolo per l'esecuzione delle analisi delle misure; (iii) l'interpretazione dei risultati ottenuti.

È stata realizzata un'analisi statistica dei valori delle forze agenti sulla struttura al colmo delle mareggiate, generalmente usata per determinare la cosiddetta onda di progetto, parametro essenziale per il dimensionamento di un'opera marittima. Il primo passo per effettuare una corretta stima dell'onda di progetto è la selezione di un campione/set di dati, che siano tra loro omogenei e statisticamente indipendenti. Le caratteristiche della popolazione statistica estratta dipendono dal procedimento seguito per la loro composizione. In questo caso, è stato utilizzato il metodo POT (Peaks Over Threshold): è il metodo di selezione più utilizzato nell'analisi degli eventi estremi di moto ondoso, in quanto assicura l'indipendenza statistica e un'ampia numerosità di dati. L'omogeneità si garantisce di solito assumendo che gli stati di mare oggetto di analisi siano caratterizzati da una stessa/simile genesi meteorologica.

Da un'analisi precedente, effettuata sull'impatto delle mareggiate in successione sulla tracimazione della struttura di protezione costiera, è stato possibile osservare che l'effetto delle successioni di mareggiate, rispetto al caso di mareggiate singole, è quello di influire notevolmente sulle portate di tracimazione, a causa dall'erosione indotta al piede della struttura. Da questa analisi, invece, risulta che le forze non subiscono alcuna influenza della successione delle mareggiate. Questo potrebbe essere spiegato dal fatto che la prova effettuata per la tracimazione è una prova cumulata, al contrario di quella relativa alle forze, nella quale l'ordine di grandezza non varia in maniera consistente.

Per quanto riguarda, invece, il numero degli impatti, anche in questo caso non si ha una considerevole variazione dell'ordine di grandezza degli impatti ma l'effetto delle mareggiate in successione si manifesta su un aumento del numero degli impatti. Questo è più marcato quando l'energia della tempesta successiva è minore.