

Tesi di laurea

Sviluppo di un modello numerico di tipo parabolico per la propagazione di moto ondoso in presenza di correnti

Tesi di laurea di: Claudia D'Eliso

Relatore: Pierluigi Aminti

Correlatori: Luigi Montefusco e Lorenzo Cappiotti

Università degli Studi di Firenze, Facoltà di Ingegneria, Corso di Laurea in Ingegneria Civile,
Anno Accademico 2002-2003.

Tradizionalmente, negli interventi di gestione della costa di piccola e media entità, l'altezza d'onda di progetto viene stimata valutando separatamente la rifrazione e la diffrazione, supponendo dominante uno dei due fenomeni e trascurando l'altro. Anche la riflessione, quando presente, viene valutata senza tenere conto degli altri fenomeni. Inoltre, non si descrive l'andamento dell'altezza d'onda nella zona dei frangenti, ma si determina solamente il valore massimo di altezza (punto di frangimento) e si trascurano tutte le altre forme di dissipazione dell'energia e la presenza di correnti.

Nei casi reali, la valutazione dell'altezza d'onda sottocosta, dove spesso si collocano le strutture di protezione e di utilizzo a fini ricreativi e commerciali, non dovrebbe prescindere da una descrizione precisa del campo d'onda, né dalla presenza di correnti.

Da diversi anni ormai è possibile tenere conto di questi fenomeni in modo agevole e senza particolari oneri computazionali, mediante modellazione numerica.

Il modello proposto, noto il moto ondoso a largo (altezza, periodo e angolo di incidenza), descrive il campo d'onda su un'assegnata batimetria; sulla base di una descrizione lineare del moto ondoso, riproduce la rifrazione-diffrazione combinata, il frangimento e la dissipazione di energia per attrito al fondo. La riflessione dovuta alla presenza di strutture non trasparenti non può essere riprodotta, per la natura parabolica delle equazioni.

Il modello si basa sulla risoluzione dell'equazione proposta da Kirby (1986). Questa equazione deriva dalla *Mild Slope Equation* ricavata da Berkhoff (1972) e successivamente modificata da Booij (1981), per tenere conto delle correnti, e da Kirby (1983), per tenere conto della dissipazione di energia. La *Mild Slope Equation* descrive la propagazione di un treno di onde sulla base della teoria lineare e sotto le ipotesi di *mild slope* e *large-scale currents* (fondale e campo di correnti debolmente variabili entro una lunghezza d'onda). L'equazione di Kirby (1986) rappresenta una approssimazione parabolica della *Mild Slope Equation* che viene ridotta ad un'equazione differenziale di tipo parabolico sfruttando la derivazione proposta da Booij (1981). Per ottenere l'approssimazione parabolica si suppone di poter trascurare la riflessione. La dissipazione viene valutata introducendo una opportuna funzione che dipende dall'energia dissipata. Il frangimento viene valutato con il criterio di Battjes et Janssen (1978), mentre l'attrito al fondo con la relazione di Putnam et Jonsson (1949).

I coefficienti dell'equazione si determinano risolvendo la relazione di dispersione su tutta la batimetria assegnata. L'equazione viene risolta per via numerica con metodi alle differenze finite. In particolare per l'equazione di Kirby (1986) è stato sfruttato lo schema di Crank-Nicolson, adatto a equazioni differenziali di tipo parabolico. Il dominio di calcolo è rettangolare. Le strutture emergenti, la linea di riva e l'eventuale zona di spiaggia emersa sono modellate con la tecnica del *Thin Film* (Kirby

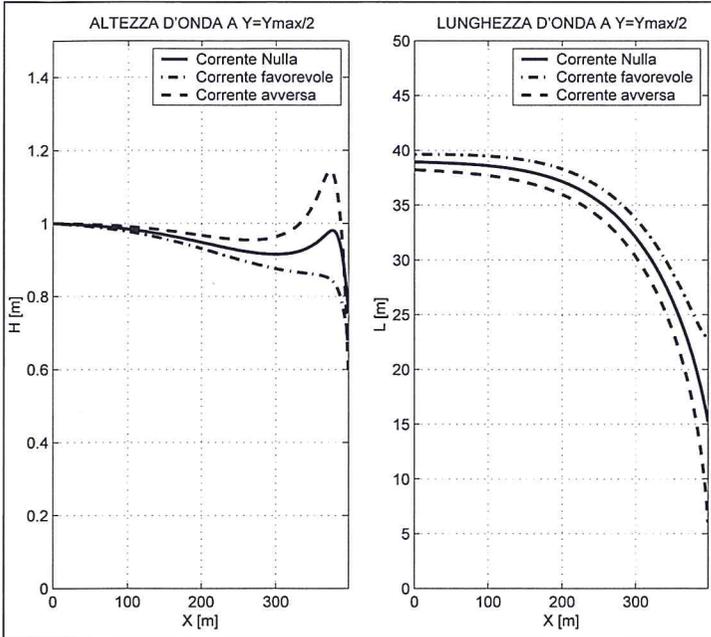


Figura 1 - Influenza della corrente sull'altezza e la lunghezza d'onda.

I risultati concordano pienamente con quanto noto dalla teoria lineare; una corrente favorevole riduce la ripidità dell'onda, una corrente avversa incrementa la ripidità dell'onda, talvolta fino al frangimento e al *wave blocking*.

Un modello di questo tipo, basato su equazioni ormai ben note e studiate, presenta ancora margini di miglioramento; da un lato la ricerca di nuove forme di approssimazione parabolica che migliorino la soluzione e riducano il rumore indotto da alcune configurazioni del fondale (Kirby, 1986), dall'altro lo studio dell'implementazione della funzione di dissipazione per affinare la descrizione della zona dei frangenti. In effetti, Mordane et al. (2004) hanno ricavato recentemente una nuova forma di approssimazione parabolica della *Mild Slope Equation* di Berkhoff (1972).

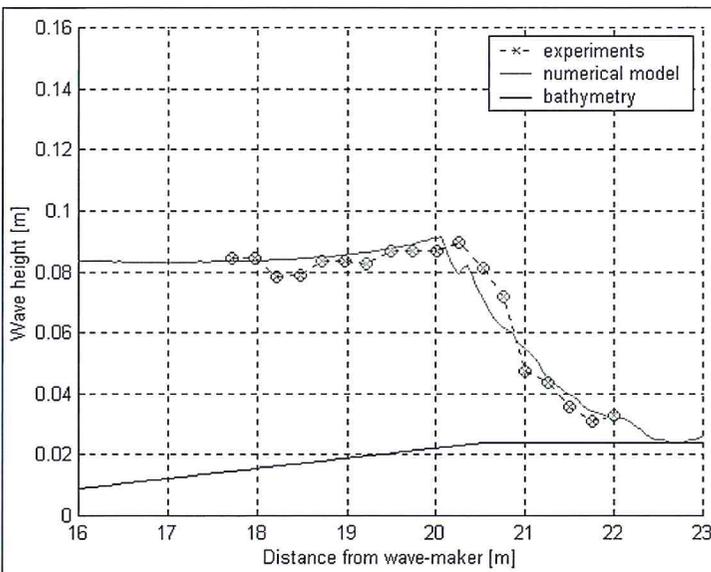


Figura 2 - Confronto tra i risultati numerici e sperimentale.

et Darlymple, 1986): si assegna a queste zone una profondità d'acqua simbolica e arbitraria, dell'ordine del cm. La dissipazione viene inserita a posteriori. L'equazione fornisce i valori di ampiezza d'onda su tutta la batimetria assegnata. L'ampiezza è espressa in forma complessa e contiene informazioni che riguardano anche la fase dell'onda. Il modello non è applicabile all'interno di bacini portuali o baie naturali dove la riflessione diventa preponderante. Nelle altre configurazioni batimetriche è possibile riprodurre correttamente la propagazione di moto ondoso e l'interazione tra onde e correnti. In particolare sono stati valutati gli effetti della corrente sulla rifrazione e sul frangimento dell'onda. In Figura 1 il modello riproduce gli effetti della corrente sulla ripidità dell'onda.

Nell'ambito di questo lavoro, invece, l'output del modello è stato confrontato con i risultati di esperimenti condotti da Cappietti (2003) nel canale del Laboratorio di Idraulica del Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Firenze. Nel canale, a fondo fisso, le onde sono propagate in presenza di correnti avverse. I risultati mostrano che si raggiunge un buon accordo tra modello numerico e andamento sperimentale solo se si calibrano i parametri del criterio di frangimento implementato (Fig. 2) e che l'implementazione della funzione di dissipazione è uno dei punti più delicati della modellazione.