

INTRODUZIONE

La diffrazione di un'onda periodica regolare in presenza di un cilindro orizzontale immerso è uno dei problemi della fisica matematica più interessante dal punto di vista ingegneristico.

La soluzione analitica del problema precedente offrendo la possibilità di un confronto con i risultati degli esperimenti che vengono condotti in campo marittimo, costituisce un supporto matematico indispensabile nella progettazione delle strutture off-shore.

Un modello matematico che volesse descrivere il comportamento del fluido quando interagisce con un ostacolo, può essere concepito solamente se sono chiare le leggi fisiche che governano il fenomeno della diffrazione e la dinamica dei fluidi.

Pertanto prima di affrontare il problema dell'interazione di un'onda periodica regolare con un cilindro orizzontale è necessario spiegare, nel modo più semplice possibile, quale sia la natura di queste leggi e come si arrivi alla formulazione di un modello matematico che descriva la diffrazione.

Primo passo è quello di determinare quali sono le equazioni che governano il moto di un fluido, che si suppone perfetto ed incomprimibile, mediante l'applicazione del principio di conservazione della massa e della II legge di Newton.

L'aggiunta dell'ipotesi di irrotazionalità, comporta una semplificazione delle equazioni precedenti: si passa allo studio dei moti a potenziale.

Inseguito si ipotizza che una parte della superficie individuata dal volume occupato dal fluido sia a contatto con l'aria: il fluido presenta una superficie libera.

A questo punto si dimostra che, se il campo di moto è libero da ostacoli e vale il limite di Stokes, esiste un regime di moto periodico, in cui la superficie libera presenta un andamento oscillatorio regolare (il periodo di oscillazione è deterministico) nel tempo e nello spazio, andamento che caratterizza tutti i parametri fisici che descrivono la dinamica del fluido, cioè velocità e pressione.

Identifichiamo il regime precedente come quello prodotto da un'onda regolare periodica "incidente".

Si continua con l'analisi dell'alterazione che subisce il campo di moto prodotto da un'onda incidente, quando investe un ostacolo.

Si cerca di determinare quali siano le equazioni che governano il fenomeno della diffrazione.

La perturbazione che nasce, può essere interpretata fisicamente come un'onda che produce un campo di moto diffratto che si va a sovrapporre a quello prodotto dall'onda incidente.

Si studia più in dettaglio il sistema di equazioni che descrive la diffrazione di un'onda incidente in presenza di un cilindro orizzontale immerso, nell'ipotesi, ricordo ancora, di fluido perfetto incomprimibile, irrotazionale in regime periodico e sotto la validità del limite di Stokes.

Una soluzione approssimata del sistema precedente è stata fornita dal matematico inglese W. R. DEAN nel 1947, ma l'integrazione delle equazioni, su basi

matematiche rigorose, è stata affrontata per la prima volta da F. URSELL nel 1949.

Quest'ultimo perviene ad una soluzione analitica in forma semi-chiusa del potenziale di velocità diffratto, la cui espressione matematica è molto complessa.

Nel 1963 F. OGILVIE riprende il problema del cilindro orizzontale e sulla base dei risultati teorici forniti da Ursell, fornisce un'espressione del potenziale molto più semplice di quella di Ursell.

La soluzione analitica precedente offre la possibilità di un'analisi approfondita dell'interazione onda-cilindro.

Lo studio sarà eseguito valutando gli effetti di diffrazione dovuti alla presenza dell'ostacolo sul campo di moto prodotto dall'onda incidente.

Gli effetti più importanti sono il rallentamento che subisce l'onda incidente e l'aumento della forza che agisce sul cilindro solido rispetto a quella che agisce su un cilindro d'acqua equivalente (forza di Froude-Krylov).

La misura del primo effetto viene valutata mediante il fattore di rallentamento dell'onda F_r , definito come il rapporto tra il tempo che impiega l'onda per attraversare il cilindro solido e il tempo impiegato per attraversare un volume d'acqua equivalente al cilindro.

Il secondo effetto può essere valutato mediante il coefficiente di diffrazione della forza $C_d(f)$, definito come il rapporto tra la forza che agisce sul cilindro solido e la forza di Froude-Krylov, cioè quella che agisce su un cilindro d'acqua equivalente.

I parametri F_r , $C_d(f)$ sono da intendersi globali, nel senso che descrivono sinteticamente gli effetti della perturbazione dovuta alla presenza dell'ostacolo.

Pertanto per comprendere ulteriormente il fenomeno fisico è necessario analizzare anche, gli effetti locali di diffrazione, cioè le variazioni che il campo di moto prodotto dall'onda incidente subisce nella regione circostante il cilindro, a causa della diffrazione.

Si studieranno in particolare gli effetti di diffrazione sulla distribuzione del campo di pressione intorno al cilindro solido, valutando i coefficienti di diffrazione della pressione $C_d(\Delta p)$ definiti come il rapporto tra il valore massimo della pressione che esercita l'onda in un punto del campo di moto in presenza del cilindro solido e il valore massimo della pressione che eserciterebbe l'onda in assenza del cilindro (campo libero da ostacoli).

Inoltre si analizzerà il campo della velocità e delle accelerazioni nell'intorno del cilindro solido e di un cilindro d'acqua equivalente. Il confronto tra i due campi di moto spiegherà perché la forza sul cilindro solido aumenta rispetto a quella di Froude-Krylov ed evidenzierà che nelle zone lontane dall'ostacolo le alterazioni del campo di moto "incidente" tendono ad attenuarsi.

La tesi quindi, in conclusione, si articola in quattro capitoli.

Nel primo capitolo si studia la dinamica dei fluidi ideali incomprimibili per particolarizzare le equazioni che governano il moto al caso delle onde periodiche in campo libero da ostacoli.

Il secondo capitolo è dedicato allo studio della diffrazione di onde periodiche in presenza di un cilindro orizzontale immerso: dapprima si studia la formulazione di un modello matematico che descriva il fenomeno della diffrazione e inseguito si analizzano le soluzioni analitiche ricavate da Ursell e Ogilvie. Si ricavano le espressioni del campo di pressione, della velocità e delle accelerazioni intorno al

cilindro solido e al cilindro equivalente d'acqua e si valutano i coefficienti di diffrazione della pressione intorno al cilindro stesso.

Nel terzo capitolo si valutano le sollecitazioni prodotte dal moto ondoso sul cilindro solido confrontandole con la forza di Froude-Krylov, attraverso il coefficiente di diffrazione della forza $C_d(f)$.

Infine nel quarto capitolo si studia il campo di moto intorno al cilindro solido, mettendolo a confronto con quello intorno ad un volume d'acqua equivalente al cilindro, per spiegare il perché la forza sul cilindro solido aumenta rispetto a quella di Froude-Krylov.