

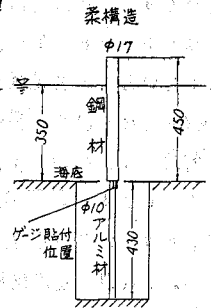
電力技術整備株式会社 正会員 ○竹内 出
 (財)電力中央研究所 同上 小森修蔵
 同上 田中寛好

1. はじめに

海洋構造物の設置水深が大きくなるにつれ、構造物の固有周期が長くなり、海洋波の周期に近づくため、構造物が柔構造化する。従って、共振を起こし、脚部にかかるモーメント、部材の疲労等の増大により倒壊の危険性が生ずる。そこで著者らは、従来の剛な構造物としての取り扱いが、大水深ではどのように修正されなければならぬかを円柱構造物の剛構造を基本として、柔構造の動的応答を検討してきた。その結果、規則波、不規則波作用下とも柔構造は従来の剛構造に比べ数倍の底部モーメントを生じ、また、波の進行方向だけでなく波と直角方向の応答も考慮すべきであることが判明した。更に、規則波作用下において、柔構造物の固有周期の非整数倍の波では、K-C数の非常に大きい場合を除きそれほど危険ではないが、整数倍の波(特に基本2倍3倍周期)では、共振の危険であることが判明した。しかし、実際の海洋波である不規則波作用下においては、整数倍、非整数倍を問わず、規則波よりも共振強度が高く危険であることが認められた。これは、波の不規則性が共振現象を誘起しているためだと考え、現在、不規則波時系列のランダム特性と柔円柱構造物の動的応答特性との関連性を検討中であるが、本報告では、その前段階として、柔円柱構造物に数種の特徴あるスペクトル型とエネルギーレベルの異なる不規則波を作用させて、その相違による動的応答を実験的に比較検討し、危険な不規則波とは、どのようなスペクトル型およびエネルギーレベルを有する場合かを、統計的把握を目的として考察したものである。

2. 実験方法

実験は、任意のスペクトルをもつ波浪を生産できる外海波浪実験設備を用いて水深35cmで行った。なお、模型縮尺は1/60とした。実験に使用した柔円柱構造物模型は、周波数応答特性が現地と相似になるように、図-1に示すような構造と固定方式を採用した。この模型の固有振動数は、空中で3.19Hz、水中で3.08Hzである。対数減衰率は、空中で0.04、水中で0.05である。ひずみゲージは、海底位置に、波の進行方向と直角方向に貼り付けた。作用させた不規則波は、構造物の固有周期の3倍長周期以上にピークをもつ波浪スペクトル(エネルギーの大きさが、大(大波.1)、中(中波.1)、小(小波.1)の3ケース)と、3倍長周期近傍にピークをもつ波浪スペクトル(大(大波.2)、中(中波.2)、小(小波.2)の3ケース)であり、タイプ1、タイプ2はそれぞれスペクトル型が相似になっている。(表-1、図-2.3参照)



3. 実験結果と考察

1). 図-2.3より、全てのケースにおいて、底部モーメントスペクトルのピークは、波の進行方向(EMX(f))および波と直角方向(EMY(f))両者とも柔円柱構造物の固有周期のところに現れ、モーメントスペクトルエネルギーもピーク近傍に集中している。すなわち、どのような波浪スペクトル型であ

(図-1) 実験装置

CASE	統計解析		スペクトル 解析											
	波 浪		波 浪						モーメント(波の進行方向)				モーメント(波と直角方向)	
	H/3	K-C数	全エネルギー 全EH	2倍長周期成分 EH(2)	3倍長周期成分 EH(3)	0.13倍長周期成分 EH(2+3)	EMX	EMX(P)	EMY	EMY(P)	全エネルギー ピーク成分	ピーク成分		
	cm	#/cm/s	(UNIT)	cm ² × 10 ⁻²			(UNIT)				Nm × 10 ⁻⁵			
大波.1	5.1	3.1	209(1)	4.7(1)	13.0(2)	17.7(2)	62.9(2)	14.8(2)	83.6(1)	39.3(1)	36.7(2)			
大波.2	5.4	4.8	196(2)	3.8(2)	22.5(1)	26.3(1)	78.5(1)	22.3(1)	71.1(2)	35.7(2)	36.7(2)			
中波.2	4.2	4.5	129(3)	1.7(4)	11.9(3)	13.6(3)	48.9(3)	13.9(3)	49.8(3)	24.6(3)	24.6(3)			
中波.1	4.1	2.1	114(4)	1.8(3)	5.0(5)	6.8(5)	32.1(5)	8.5(5)	9.1(4)	4.0(4)	4.0(4)			
小波.2	3.1	2.3	69(5)	0.6(6)	7.0(4)	7.6(4)	34.7(4)	9.3(4)	6.7(5)	3.4(5)	3.4(5)			
小波.1	2.7	1.2	54(6)	0.8(5)	1.8(6)	2.6(6)	14.2(6)	3.3(6)	1.7(6)	0.6(6)	0.6(6)			

(表-1) 不規則波作用下の柔円柱構造物の動的応答の解析結果

2). 次に、共振度合の大きさを支配する要因を検討する。まず、表-1は、年々た不規則波のエネルギーの大きい順より並べ

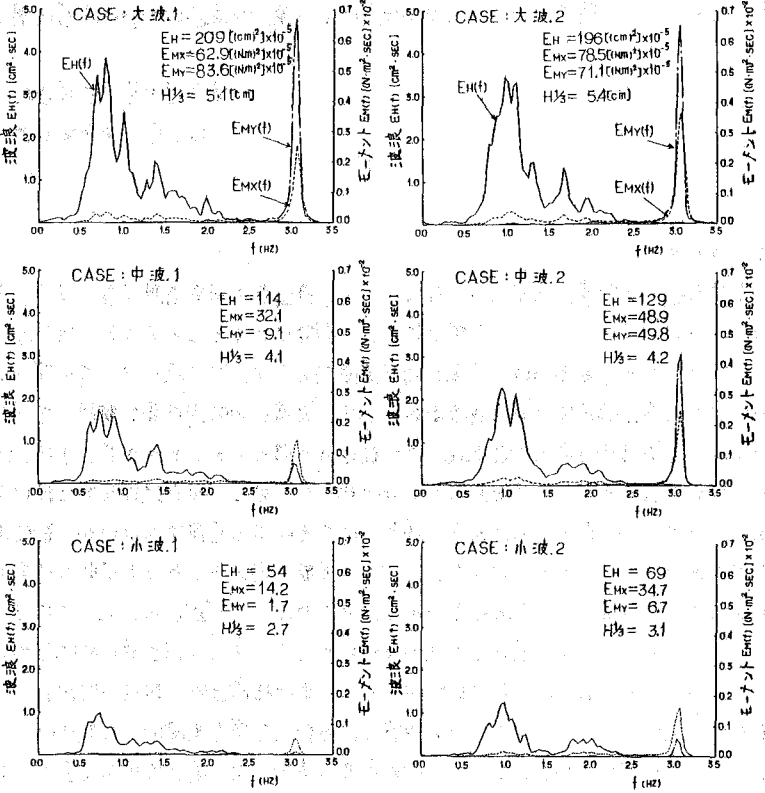
各々に対応する底部モーメントのスペクトル解析結果を整理したものである。そこで、波の進行方向のピーク近傍のエネルギー ($E_{MX}(P)$: ピークの前後に0.08Hの幅に含まれるエネルギー(以下同じ))の順位および大きさの割合は、波浪の全エネルギー(全EH)に対応していないことがわかる。そこで、

各々の波浪スペクトルにおける柔肉柱構造物の固有周期の2倍長周期に相当する周期($f=1.54$ Hz)近傍の含有成分エネルギー ($E_H(2)$) と倍長周期に相当する周期($f=1.03$ Hz)近傍の含有成分エネルギー ($E_H(3)$) の両者を合成した含有成分エネルギー ($E_H(2+3)$) の大き

さとの対応をみると、順位および $E_{MX}(P)$ の大きさの割合とほぼ対応していることがわかる。(表-1, 図-4) すなわち、波の進行方向の共振の度合については、合成した含有成分エネルギーの大きさに依存すると考えられ、また、統計的に、規則波作用下の結果を適用できる可能性を示唆しているものと推察される。一方、波と直角方向のピーク近傍のエネルギー ($E_{MY}(P)$) について、順位は波浪の全エネルギーに対応しているが、大きさの割合が対応していない。また、波浪の合成した含有成分エネルギーもオーダー的に大きく、しかも、 $K-C$ 数レベルも比較的高い上位ケース(大波.1, 大波.2, 中波.2)の場合とそれ以外の3ケースと大別はできるが、波の進行方向ほどの対応はしていない(図-4) 波の進行方向の動的応答

ない。これは、柔肉柱構造物の固有周期の非整数倍の波浪成分も関与していると考えられる。すなわち、波と直角方向の応答については、波の進行方向の応答に対する評価方法が適用できず、波浪の時系列特性との関連性の解明が必要であると考えられる。また、波と直角方向が波の進行方向に比べ卓越する上位ケース(大波.1, 大波.2, 中波.2)の場合の評価についても上記と同様のことがいえる。

4. 結論
波の進行方向も直角方向も共振度合が大きくなる危険な不規則波とは、柔肉柱構造物の固有周期は無論であるがその整数倍(特に2.3倍長)に相当する周期成分を合成した含有成分エネルギーが大きく、 $K-C$ 数レベルも大きい場合といえる。しかし、今後、波と直角方向の共振度合同様、最大底部モーメントの発生を決定づけると考えられる時系列特性との関連の解明が必要である。最後に、実験に協力いただいた日本海洋計測(KK)の吉田直人氏に謝意を表する。(参考文献) 1) 森橋蔵・田中寛好・和田明・竹内出; 不規則波に対する肉柱構造物の動的応答, 第26回海議, 1979.



(図-2) 波浪スペクトル型(a)に対する動的応答

(図-3) 波浪スペクトル型(b)に対する動的応答

