

鹿島建設技術研究所 正会員 永田 慧 ○正会員 志岐 明
正会員 中込 國喜 正会員 利穂 古彦

1. まえがき

大規模な海洋コンクリート構造物を建造する場合、構造物の一部をドック内で製作し、残りを海上に浮かして係留した状態で施工することがある。係留中の構造物の波浪に対する動揺特性を把握する事は、作業の安全性と移動率を評価する上で重要である。対象とした構造物は図-1のような箱型のケーソンであり、底板に張出しがあるのが特徴である。そこで張出しの有無の違いがある2種類の模型を用いて実験を行い、張出部の動揺に対する影響を調べた。

2. 実験内容、方法

実験は平面水槽(58×20×15(m))を用い、実験水深は1mとした。用いた模型は2種類で、その諸元を表-1に示す。2種類の模型はそれぞれ重心および吃水が同じになるようにバラストを用いて調節した。係留索としては水中重量125g/mのチェーン8本を用いた。これらのチェーンは図-1に示すようにケーソンの側壁重心高さに取付け、ケーソンから水平距離5mの位置で水底に固定した。ケーソンの動揺は側方からVTRで記録し、画像から鉛直振動(heave)、水平振動(sway)、回転振動(roll)に関する変位を読取った。

(1) 静水中での自由振動実験

模型の静水中における固有周期および減衰定数を求めるために、次の実験を行った。i). 自由浮体; 係留されていない状態。ii). 弱緊張係留; 索張力0.36kg/本でケーソンから2mの位置が水底に接する状態。iii). 強緊張係留; 索張力1.88kg/本でほとんどたろたろのない状態。

(2) 規則波中の動揺実験

係留条件は弱緊張係留とし、水深(100cm)、波高(3.3cm)および波向(長辺方向直角)を一定とした。波周期についてはheave、rollの固有周期を挟んで変化させた。

3. 実験結果と考察

(1) 静水中の自由振動実験

固有周期および減衰定数の実験値を図-2に示す。底板に張出しがある場合とない場合を比較すると、heaveとrollに関する固有周期については張出しのある方が大きい。swayに関する固有周期については張出しの有無による差は顕著ではない。また減衰定数についてはいずれの場合も張出しの有無による差は見られない。張出しがある場合にheaveとrollの固有周期が大きくなる原因について考察するため、両者の場合の付加質量および付加慣性モーメントを次の式(1)を用いて検討した。

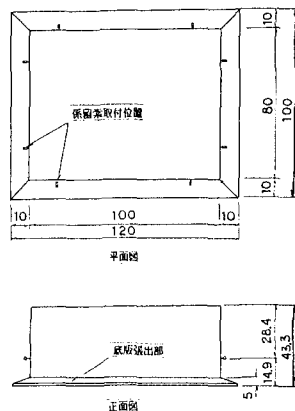


図-1 模型概要 (単位 cm)

表-1. 使用した模型の諸元

		フーチング 張出しなし	フーチング 張出しあり	備 考
ケーソン重量W(kg)		243	256	
重心(cm)		14.9	14.9	底板下端から
吃水(cm)D		30.4	30.4	
メタ センター高 MG (cm)	MGy	17.1	18.8	長軸回り
	MGx	26.9*	27.0	短軸回り
回転半径	Ky	26.3	27.7	長軸回り
	Kx	31.8*	35.9	短軸回り
慣性 モーメント I (kg·cm)	Iy	1.68×10^5	1.96×10^5	$I = K^2 W$
	Ix	1.76×10^5 *	3.3×10^5	

注*: 参考値

$$T = 2\pi \sqrt{m/k} / \sqrt{1-k^2} \approx 2\pi \sqrt{m/k} \quad (\text{実験より } k^2 \ll 1)$$

----- (1)

ここで、 m は見掛けの質量 (heave, $m = \frac{1}{2}(W+W')$) または見掛けの慣性モーメント (roll, $m = \frac{1}{2}(I+I')$) である。長母浮力による復元力であり、 $k = 2\sigma A$ (heave, σ : 水の単位体積重量, A : ケーソン水平断面積) または W/h (roll, W : ケーソン重量, h : マスター高さ) である。その結果は表-2 に示すように、張出しの存在により付加質量は 1.6 倍, 付加慣性モーメントは 3.7 倍に増加している。

このように付加質量と付加慣性モーメントが大きくなっていることが heave, roll において固有周期が大きくなる原因であると考えられる。

(2). 規則波中の動揺実験

底版の張出しの有無による応答変位の周期特性の違いを図-3 に示す。張出しがある場合とない場合を比較すると次のことがわかる。

- (1) で述べたように heave, roll における固有周期は張出しのある方が大きくなり、共振周期も大きくなる。
- heave における応答変位のピーク値は、張出しの有無による差は見られないが、roll においては張出しがあるとピーク値が半減する。
- sway においては波周期に比べて固有周期が大きいいため張出部の有無にかかわらず共振せず、周期特性にも差は見られない。

なお ii) に述べたように heave と roll で現象が異なる一つの原因として波周期が変わると波長とケーソン長の比が変化し、同じ波高のもとでも波圧分布が変化するため揚圧力 (heave), モーメント (roll) の大きさが異なることが考えられる。

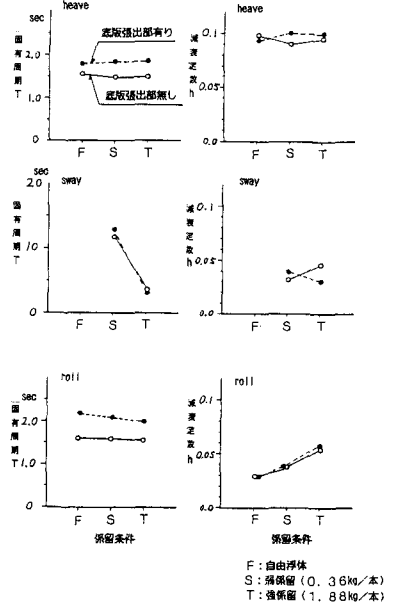


図-2 固有周期および減衰定数

4. まとめ

底版の張出しの有無は heave, roll に対しては付加質量, 付加慣性モーメントを増加させ固有周期を大きくする効果がある。その結果、特に roll に対しては共振時の動揺が半減している。この特性を利用する事により動揺を小さく抑える事が可能である。

表-2. 付加質量・付加慣性モーメント

動揺特性	模型形状 動揺成分	底版張出しなし		底版張出しあり	
		heave	roll	heave	roll
振動固有周期 (自由浮体) 実測値 (sec)		1.56	1.61	1.81	2.17
付加質量 (kg)	実測値 ($\frac{kg}{m^3}$)	280	0.99×10^3	395	3.67×10^3
		(0.99)	(0.59)	(1.54)	(1.87)
付加慣性 モーメント ($kg \cdot m^2$)	計算値 ($\frac{kg \cdot m^3}{m^3}$)	247	1.06×10^3	—	—
		(1.02)	(0.63)	—	—

* 伊藤の式

$$\text{heave: } W = \frac{2\omega_0^2 \ell B}{3(h-d)} \{ \ell^2 + (h-d)^2 \}$$

$$\text{roll: } I' = \frac{2\omega_0^2 \ell^3 B}{h-d} \left\{ \frac{\ell^2}{45} + \frac{(h-d)^2}{9} \right\}$$

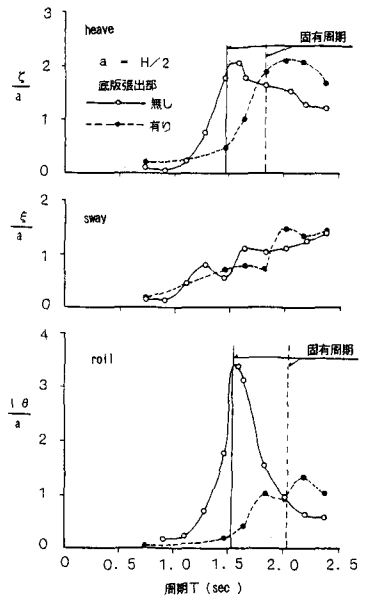
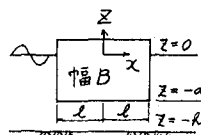


図-3 応答変異の周期特性

- [参考文献] 1) 伊藤, 千葉; 湾岸環境の水理に関する近似理論と応用, 湾研報告第11巻2号, 1972. 6
2) 小堀; 応用土木振動学, 森北出版