

《昭和 57 年度海洋構造物委員会報告》

建造中の円形，正方形プレストレストコンクリート
海洋重力型構造物にかかる波漂流力と運動特性
ならびに底板，側板の作用波圧について
(その 2)

長 崎 作 治*

付録 建造中の海洋重力型構造物にかかる
波漂流力と運動特性について

(正方形，円形構造体と孔壁をもつ
円形構造体)

海洋プラットフォームは採油，備蓄その他のいろいろな目的を持って設計されている。最近まで石油の掘削は，浅海で行われており，この目的のためのプラットフォームは固定型であった。しかし，浅海から深海における採油が望まれ，固定構造物から浮遊プラットフォームに変わりつつある。固定構造物のうち，重力型コンクリート構造物は，北海油田の場合 70m～180 m に十数基既に設置されている。その基礎の寸法は安定上，水深とほぼ同程度で，その排水重量は 100 万トンにも達している。

重力型コンクリート構造物の建造方法は，まず，厚さ 3 m に及ぶいかだ基礎と一部の壁を建造し，波の静かなフィヨルドに引き出し，24 時間作業で，コンクリート打設を繰り返し，常に乾舷を一定にし，吃水深を深めていき，全構造体を 2 ないし 3 年間要し完成させ，造船所のドライドックで建造された鉄製の上部デッキを取り付け，原油田に 1 ないし 2 週間を要し曳航し，48 時間以内に据え付けている。

波の静かなフィヨルドにおける建造段階では，構造体はカタナリーチェーンにより係留されているが，波浪・流れ・風による漂流力を受けることになる。

本文の研究は，重力型コンクリート構造物の浅海における，2 ないし 3 年間に及ぶ建造期間中に作用するであろう波漂流力について，構造物の正方形・円形ならびに孔壁を持つ円形等の形状と，吃水の変化について研究を行ったものである。

JARLAN は 1961 年に，防波堤の反射特性に音響理

* 東海大学海洋学部海洋土木工学科教授，(社)プレストレストコンクリート技術協会海洋構造物委員会委員

論を適用し，孔壁により波浪エネルギーを減少させ，構造物を安全に，しかも，より経済的にすることができた。1973 年，北海油田に建設された EKOFISK 原油採油備蓄プラットフォームは，この孔壁を用いた重力型コンクリート構造物の代表的な例である。

本文の目的は，重力型コンクリート構造物の浅海における建造中に作用する波漂流力について研究することであり，その内容は次のとおりである。

- ① 浅海と深海における浮体の吃水深の変化による波漂流力と，作用波浪変数との関係を求め，それより浅海と吃水深に対する波漂流力係数を決定する。
- ② 構造体の形状による波漂流力について，吃水深と作用波浪を変数とし，正方形，円形，孔壁を持つ円形について比較する。
- ③ 正方形構造体の理論計算波漂流力は，Vol. 24, No. 4, Jul. 1982, pp. 55～60 の領域分割法を用いて計算し，その理論値と釣合い法により求めた漂流力を比較し，吃水深の深い重力型構造物にこの理論が適用できるか決定する。
- ④ 位相差による田才理論と，反射による丸尾理論から導かれた実測波漂流力を比較し，田才理論が応用できるか検討する。
- ⑤ 二次元水槽において喫水深を変えた浮体を置き，各波浪による入射波高と透過波高を測定し，漂流力係数を求める。なお，反射波高の最大値，最小値を実測し，その漂流力係数も求めた。
- ⑥ 吃水を変えた孔壁無しと，孔壁付きの円形浮体の上下揺れ (Heaving) と前後揺れ (Surging) と縦揺れ (Pitching) を測定し，孔壁の影響を研究する。
- ⑦ 吃水深を変えた孔壁無しと孔壁付きの波漂流力を測定し，孔壁の影響を研究する。なお，使用したモデルは 1/200 で，現場寸法は 100 m×100 m，吃水深 20 m・40 m・60 m と，直径 100 m，吃水深 20 m・40 m・60 m で，孔壁の開孔率は 30% と 40%

である。作用波浪は、周期6秒から35秒、波高4mから26mである。

1924年、末広は船の横漂流力を計測し、同調横揺れ時に最大になることを示し、渡辺はこの現象を示す理論を導き、入射波の作用力が動揺抵抗のため船体運動との間に位相差をもつために生ずるとした。丸尾は運動量理論を用い漂流力の理論式を導き、漂流力係数は1より大きくないことを示している。田才は、発散ポテンシャルを厳密に計算し、浮体の運動周期と作用波浪周期の同調時に最大漂流力係数が得られないことを示した。

以上の船舶の波漂流力理論が吃水深の深い海洋重力型構造物に適用できるのか、適用した場合、最大漂流力を生ずる波浪は共振時の波浪なのかモデル実験を行い、その実測値と理論値を比較した。

これより正方形の場合、田才の位相差による実測漂流

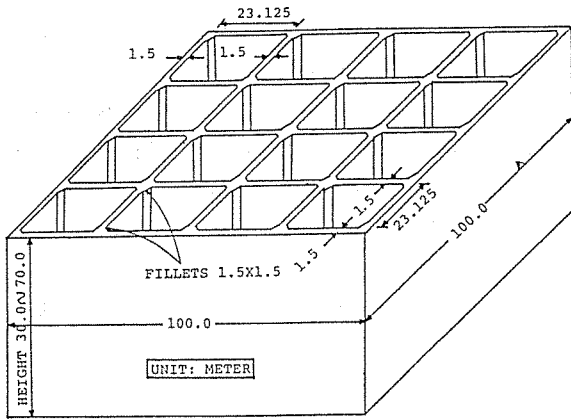


図-1.1 正方形構造体の現場寸法

表-1.1 正方形構造体の現場寸法

Sl. No.	Structure draft (m)	Total structure height (m)	Weight of structure (t)	Weight of water displaced (t)	Weight of water to be filled inside (t)	Height of water inside (m)
1	20	30	171 240	206 000	34 760	9.20
2	40	50	243 640	412 000	168 360	19.13
3	60	70	316 040	618 000	301 960	34.31

表-1.2 正方形構造体のモデル寸法 (1:200)

Size		Draft		Weight		GM		MB		GB		Distance of CG above the base	
Proto (m)	Model (cm)	Proto (m)	Model (cm)	Proto (t)	Model (kg)	Proto (m)	Model (cm)	Proto (m)	Model (cm)	Proto (m)	Model (cm)	Proto (m)	Model (cm)
100×100×30	50×50×20	20	10	206 000	25.75	0.80	0.40	41.67	20.84	42.47	21.24	9.20	4.60
100×100×50	50×50×40	40	20	412 000	51.50	3.65	1.83	20.83	10.42	24.48	12.24	16.35	8.18
100×100×70	50×50×60	60	30	618 000	77.25	5.65	2.83	13.89	6.95	19.54	9.77	24.35	12.18

表-1.5 一部30%の孔壁をもつ円形構造体の現場寸法

Structure draft (m)	Total structure height (m)	Weight of structure (t)	Weight of water displaced (t)	Weight of water in annular ring (t)	Weight of water to be filled inside (t)	Height of water in inner ring (m)
20	30	117 646	114 042	47 750	Floaters used	Floaters used
40	50	162 031	219 657	103 927	57 626	13.37
60	70	206 416	325 273	160 103	118 857	27.57

力と反射波による丸尾の実測漂流力とは、ほぼ一致し、上下ゆれと前後ゆれとの位相差のずれをモデル実験で測定することによって最大漂流力が求まることがわかった。なお、円形構造物は、正方形構造物より吃水深が深くなるにつれて、漂流力は一層小さくなる。また、孔壁円形構造物は孔なし円形構造物と比べ、上下ゆれはほぼ同じであるが、前後ゆれは少なく、漂流力は50%以下となる。

本文における構造体の最大波漂流力は、正方形で1696t、円形で903tであり、十分に建造が可能である。

1. 正方形と円形構造体のモデル

1.1 正方形構造体

図-1.1に正方形構造体を示す。モデルは1:200で、ベニヤ板で作り、重量、重心は砂と鉄板で調整した。なお吃水深20, 40, 60mを一つのモデルで相似させることはできないので3体製作した。

現場寸法とモデル寸法ならびにモデル実験条件を表-1.1, 表-1.2, 表-1.3に示す。

表-1.3 正方形構造体のモデル実験条件

Model scale	1/200		
Water depths	40 cm	110 cm	
Wave heights	2.0 cm to 13.6 cm	1.1 cm to 12.0 cm	
Wave periods	0.8 sec to 2.5 sec	0.5 sec to 2.0 sec	
Model drafts	10 cm	20 cm	30 cm
Natural periods in heaving	1.2 sec	1.5 sec	1.7 sec

表-1.4 ソリッドな円形構造体の現場寸法

Structure draft (m)	Total structure height (m)	Weight of structure (t)	Weight of water displaced (t)	Weight of water filled inside (t)	Height of water inside (m)
20	30	123 801	161 792	37 991	6.80
40	50	172 745	323 584	150 839	26.98
60	70	221 689	485 376	263 688	47.17

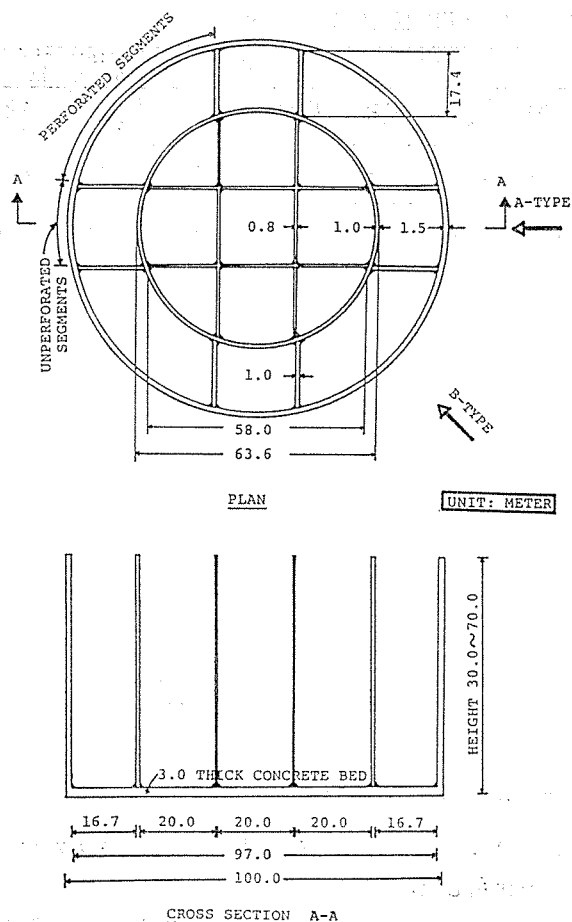


図-1.2 一部孔壁をもつ円形構造体

1.2 円形構造体と孔壁をもつ円形構造体

モデル実験ではソリッドな円形構造体、30%の孔壁を一部もつ円形構造体、そして40%の孔壁を全周にもつ円形構造体を用いた。ソリッドな円形構造体と30%の孔壁を一部もつ円形構造体の現場モデル寸法を図-1.2、表-1.4、表-1.5、表-1.6、表-1.7に、モデル実験条件を表-1.8に示す。

表-1.8 円形構造体のモデル実験条件

Model scale	1/200		
Water depth	110 cm		
Wave heights	1.08 cm to 12.00 cm		
Wave periods	0.41 sec to 2.00 sec		
Model drafts	10 cm	20 cm	30 cm
Natural periods in heaving	1.02 sec	1.35 sec	1.52 sec
Natural periods in Pitching	1.13 sec	1.35 sec	1.51 sec

なお全周に40%の孔壁をもつ円形構造体は、図-1.3に示されるように、吃水深は40m 1ケースのみとし、その現場モデル寸法をソリッド円形構造体とともに表-1.9に示す。この40%円形構造体を改造(revised)モデルと呼ぶこととする。

なお、孔壁構造体にかかる波浪の作用方向は、図-5.1と5.2に示されるように、シェル(cell)壁に対し、直角方向(A-タイプ)と45°方向(B-タイプ)の二方向をとり、モデル実験を行った。

1:200のモデルの材料はFRP(fibre reinforced plastic)で、20, 40, 60m吃水深について3体製作した。

表-1.6 ソリッドな円形構造体のモデル寸法

Size		Draft		Weight		GM		MB		GB		Distance of CG above the base	
Proto (m)	Model (cm)	Proto (m)	Model (cm)	Proto (t)	Model (kg)	Proto (m)	Model (cm)	Proto (m)	Model (cm)	Proto (m)	Model (cm)	Proto (m)	Model (cm)
100 dia 30 ht.	50 dia 15 ht.	20	10	123 801	15.48	22.47	11.24	21.25	10.63	1.22	0.61	8.78	4.39
100 dia 50 ht.	50 dia 25 ht.	40	20	172 745	21.59	18.26	9.13	15.63	7.81	2.63	1.32	17.37	8.69
100 dia 70 ht.	50 dia 35 ht.	60	30	221 689	27.71	13.46	6.73	10.42	5.21	3.04	1.52	26.96	13.48

G: Centre of gravity; M: Metacentre; B: Centre of buoyancy

表-1.7 一部30%の孔壁をもつ円形構造体のモデル寸法

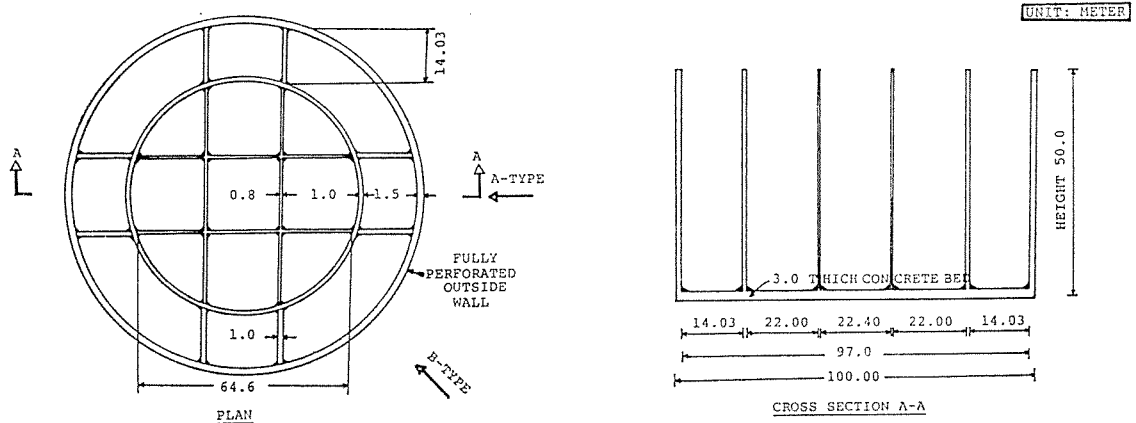
Size		Draft		Weight		GM		MB		GB		Distance of CG above the base	
Proto (m)	Model (cm)	Proto (m)	Model (cm)	Proto (t)	Model (kg)	Proto (m)	Model (cm)	Proto (m)	Model (cm)	Proto (m)	Model (cm)	Proto (m)	Model (cm)
100 dia 30 ht.	50 dia 15 ht.	20	10	117 646	15.48	19.44	11.24	18.93	10.63	0.51	0.61	10.33	4.39
100 dia 40 ht.	50 dia 25 ht.	40	20	162 031	21.59	12.75	9.13	9.83	7.81	2.92	1.32	20.36	8.69
100 dia 60 ht.	50 dia 35 ht.	60	30	206 416	27.71	11.14	6.73	6.64	5.12	4.50	1.52	30.36	13.48

G: Centre of gravity; M: Metacentre; B: Centre of buoyancy

表—1.9 40% の孔壁を全周にもつ円形構造体とソリッド円形構造体のモデル寸法

Model	Size		Draft		Weight		GM		MB		GB		Distance of CG above the base	
	Proto (m)	Model (cm)	Proto (m)	Model (cm)	Proto (t)	Model (kg)	Proto (m)	Model (cm)	Proto (m)	Model (cm)	Proto (m)	Model (cm)	Proto (m)	Model (cm)
Solid	100 dia 50 ht.	50 dia 30 ht.	40	20	176 329	39.27	19.47	9.74	15.62	7.81	3.85	1.93	16.15	8.08
Perfor	100 dia 50 ht.	50 dia 30 ht.	40	20	154 728	22.20	13.88	6.98	8.95	4.03	4.93	2.47	13.97	7.80

G : Centre of Gravity ; M : Metacentre ; B : Centre of buoyancy



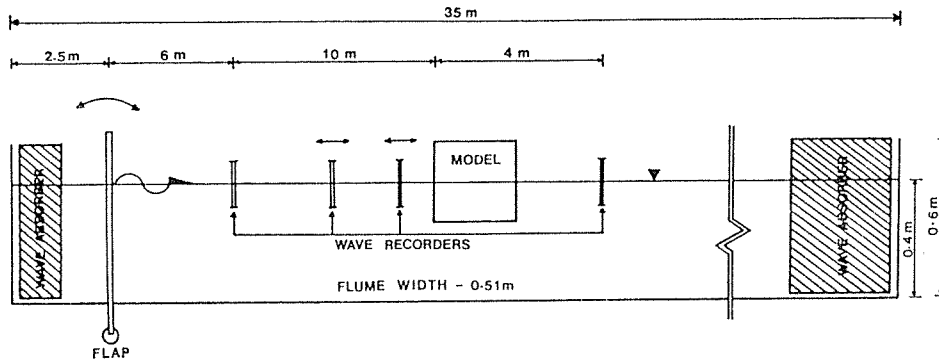
図—1.3 40% の孔壁を全周にもつ円形構造体（吃水深 40 m）

2. 実験方法と解析

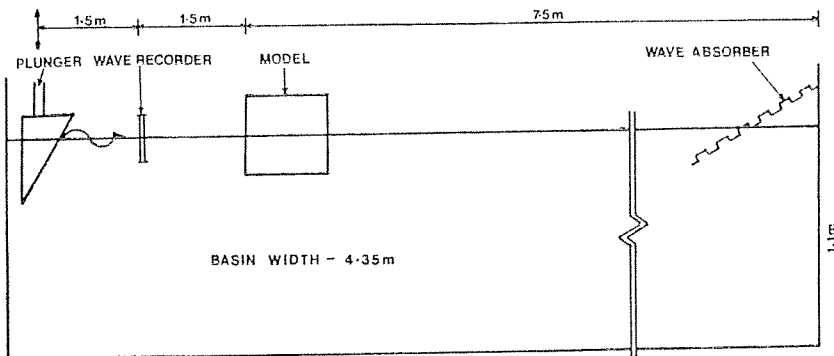
浮体の規則波による波漂流力を測定するため、長さ 38 m、幅 1 m、高さ 0.6 m の二次元水槽（浅海）と長

さ、10.8 m、幅 4.35 m、高さ 1.25 m の三次元水槽（深海）を使用した。

浅海と深海における実験装置は、図—2.1、図—2.2 に示されるとおりである。



図—2.1 浅海実験装置



図—2.2 深海実験装置

(1) 上下ゆれと前後ゆれとの位相差の測定

浮体の上下ゆれ (heaving) と前後ゆれ (surging) を加速度計を介し、図-2.3 に示されるように記録させ、両者の位相差 $\epsilon_y - \epsilon_x$ を求め、漂流力係数 $C_S = \cos(\epsilon_y - \epsilon_x)$ を算出した。

$$C_D = \sqrt{F_D / n \rho g \left(\frac{H_i}{2} \right)^2 l}$$

H_i ; 入射波高

l ; 浮体の受圧幅

$$n; \frac{1}{2} \left(\frac{2 \kappa h}{\sinh 2 \kappa h} \right)$$

h ; 水深

κ ; $2\pi/L$

L ; 波長

(2) 入射波高と透過波高の測定

浅海の場合、入射波高 H_i と透過波高 H_t を測定し、

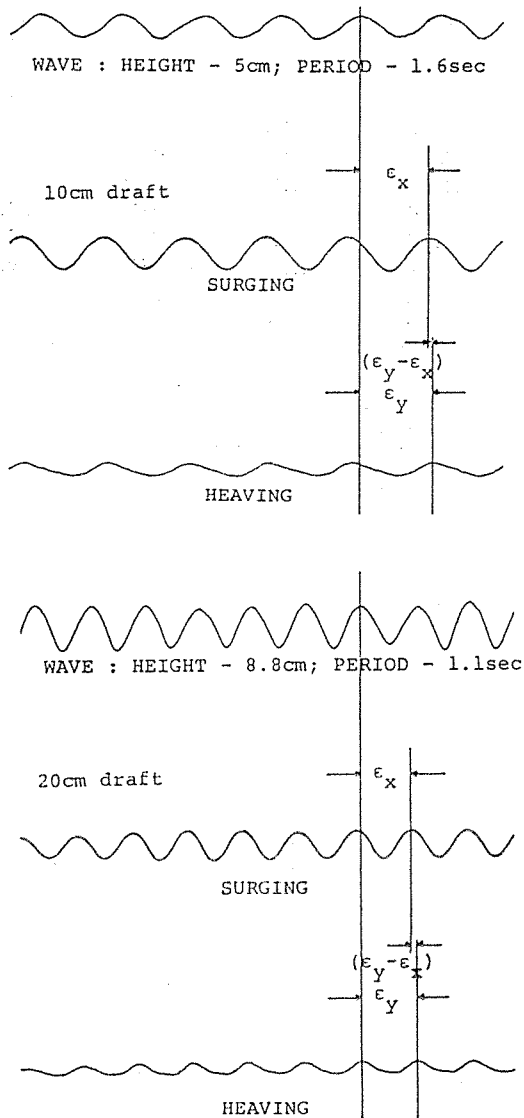


図-2.3 上下ゆれと前後ゆれ位相差 (水深 40 m)

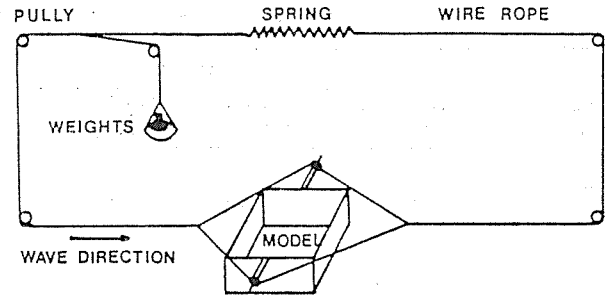


図-2.4 漂流力の測定装置

漂流力係数 C を次式から算出した。

$$C = \sqrt{1 - \left(\frac{H_t}{H_i} \right)^2}$$

(3) 反射波高の最大値と最小値の測定

浮体の反射波高の最大値 H_{Rmax} と最小値 H_{Rmin} を実測し、Healy の式から漂流力係数 C を算出した。

$$C = \frac{H_{Rmax} - H_{Rmin}}{H_{Rmax} + H_{Rmin}}$$

3. モデル実験結果値

3.1 正方形構造体

(1) 深 海

深海における、3 吃水深のカウンターウェイトによる実測漂流力 (actual measurement) から算出した漂流力係数 (C_D)、 $\epsilon_y - \epsilon_x$ の位相差 (phase diff) から算出した漂流力係数 (C_S) を $\kappa a \left(= \frac{\omega^2}{g} \cdot \frac{B}{2} \right)$ について 図-3.1, 図-3.2 に示す。

なお g は重力の加速度、 B は正方形浮体の波浪進行方向の長さである。

図-3.3 は領域分割法より理論的に計算した 表-3.1 の C_T と C_D , C_S を各吃水深について比較したものである。

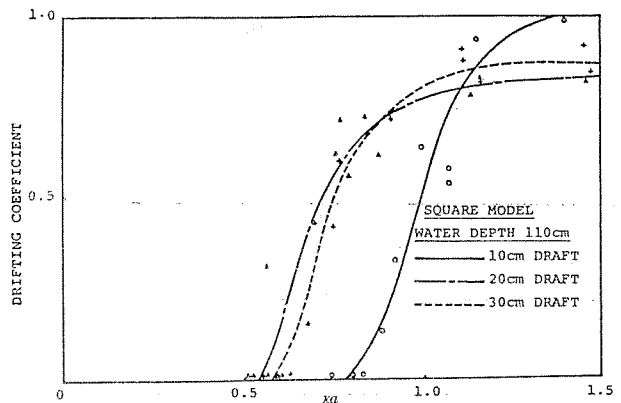


図-3.1 Relation between κa and drifting coefficient based on actual measurement in deep water

表-3.1 領域分割法による理論計算波漂流力係数 C_T (水深 110 cm, 吃水 20 cm)

Sl. No.	κa	Heaving				Surging			
		Added mass coefficient	Damping coefficient	Phase of heaving force	Phase of heaving motion	Added mass coefficient	Damping coefficient	Phase of surging force	Phase of surging motion
		K_{22}	N_{22}	ϵ_H	ϵ_y	K_{11}	N_{11}	ϵ_S	ϵ_x
1	0.04	0.94961	7.09112	-0.02001	1.5118	1.07782	0.03182	1.58609	0.0165
2	0.08	0.94778	3.57109	-0.08068	1.4757	1.09621	0.06736	1.60275	0.0337
3	0.12	0.94481	2.40711	-0.12220	1.4358	1.12599	0.11052	1.62215	0.0537
4	0.16	0.94117	1.83005	-0.16494	1.3937	1.16191	0.16485	1.64550	0.0777
5	0.20	0.93961	1.48575	-0.20902	1.3497	1.20170	0.23404	1.67394	0.1069
6	0.40	0.92284	0.77566	-0.44172	1.1131	1.19940	0.77196	1.88663	0.3245
7	0.60	0.94423	0.48484	-0.66468	0.8358	0.74895	1.06118	2.05214	0.4936
8	0.80	0.99599	0.30924	-0.86596	-2.4243	0.39544	0.98431	2.05869	0.5002
9	1.00	1.05772	0.19775	-1.05661	-2.6236	0.21569	0.83900	1.96865	0.4087
10	1.20	1.11677	0.12689	-1.24504	-2.8141	0.12601	0.70990	1.83120	0.2694
11	1.40	1.16846	0.08185	-1.43456	-3.0045	0.08017	0.60546	1.66902	0.1056
12	1.60	1.21178	0.05313	-1.62601	-3.1963	0.05709	0.52163	1.49286	-0.0718
13	1.80	1.24751	0.03473	-1.81936	-3.3899	0.04660	0.45367	1.30836	-0.2574
14	2.00	1.27683	0.02285	-2.01431	-3.5850	0.04344	0.39784	1.11866	-0.4479
15	2.20	1.30092	0.01512	-2.21053	-3.7812	0.04471	0.35131	0.92563	-0.6416
16	2.40	1.32077	0.01007	-2.40773	-3.9785	0.04866	0.31218	0.73040	-0.8374
17	2.60	1.33729	0.00674	-2.60565	-4.1764	0.05429	0.27890	0.53371	-1.0345
18	2.80	1.35114	0.00454	-2.80413	-4.3749	0.06090	0.25033	0.33601	-1.2326
19	3.00	1.36286	0.00307	-3.00301	-4.5738	0.06808	0.22571	0.13763	-1.4313
20	3.20	1.37288	0.00208	-3.20219	-4.7730	0.07554	0.20426	-0.06113	-1.6303
21	3.40	1.38149	0.00142	-3.40159	-4.9724	0.08304	0.18555	-0.26042	-1.8298
22	3.60	1.38898	0.00097	-3.60116	-5.1720	0.09053	0.16914	-0.45984	-2.0294
23	3.80	1.39552	0.00066	-3.80084	-5.3716	0.09785	0.15461	-0.65943	-2.2291
24	4.00	1.40131	0.00045	-4.00060	-5.5714	0.10501	0.14178	-0.85914	-2.4289
25	4.20	1.40644	0.00031	-4.20043	-5.7712	0.11193	0.13039	-1.05893	-2.6288
26	4.40	1.41103	0.00022	-4.40031	-5.9711	0.11852	0.12023	-1.25878	-2.8288
27	4.60	1.41516	0.00015	-4.60022	-6.1710	0.12510	0.11103	-1.45867	-3.0287
28	4.80	1.41889	0.00010	-4.80015	-6.3709	0.13104	0.10293	-1.65859	-3.2287
29	5.00	1.42229	0.00007	-5.00011	-6.5709	0.13696	0.09549	-1.85853	-3.4287

表-3.2 Comparison of theoretical and experimental values of drift force in deep water

Wave freq. (Model)	Wave period (Proto)	Draft (m)	Theoretical (t)		Actual meas. (t)		Phase diff. (t)	
			per met.	100 met.	per met.	100 met.	per met.	100 met.
2.00	(sec) 44.43	20	0.25	25	0	0	0	0
		40	0.50	50	0	0	0	0
		60	0.41	41	0	0	0.02	2
3.00	29.62	20	1.36	136	0	0	0	0
		40	2.00	200	0	0	0.07	7
		60	2.59	259	0	0	0.32	32
4.00	22.21	20	4.50	450	0	0	0	0
		40	6.66	666	0	0	1.13	113
		60	7.22	722	0.05	5	1.45	145
5.00	17.77	20	9.46	946	0.05	5	0.85	85
		40	11.76	1176	2.31	231	3.13	313
		60	12.01	1201	1.45	145	3.25	325
6.00	14.81	20	11.28	1128	2.65	265	2.65	265
		40	12.25	1225	11.05	1105	4.65	465
		60	12.50	1250*	5.70	570	4.96	496
7.00	12.69	20	12.25	1225	12.25	1225	4.81	481
		40	12.50	1250	15.82	1582	6.13	613
		60	12.50	1250	10.13	1013	6.48	648
8.00	11.11	20	12.50	1250	16.96	1696*	7.03	703
		40	12.50	1250	16.39	1639	7.22	702
		60	12.50	1250	13.78	1378	9.03	903*

* Denotes maximum values of drift force

以上のモデル実験結果値を現場換算値に書き替えると表-3.2 のようになる。

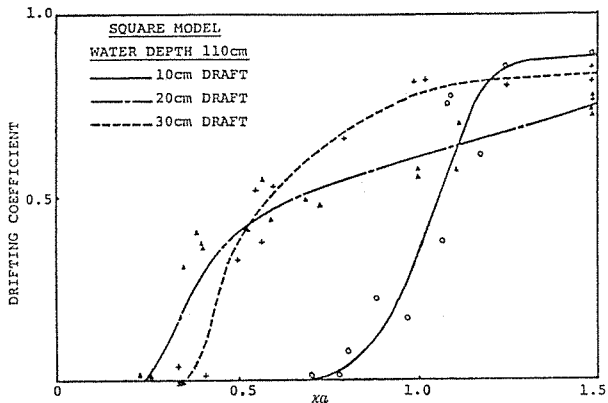


図-3.2 Relation between κa and drifting coefficient based on phase differences in deep water

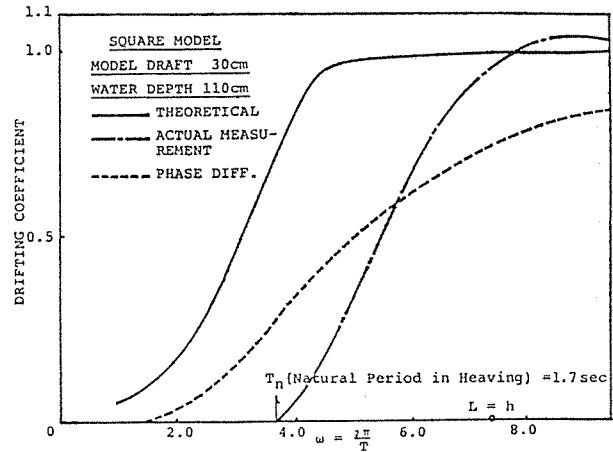


図-3.3 (c)

図-3.3 Comparison of theoretical and experimental values of drifting coefficient in deep water

(2) 浅 海

浅海における、3吃水深の C_D, C_S を κa について 図-3.4, 図-3.5 に、 C_T と C_D, C_S を各吃水深について 図-3.6 に、現場換算漂流力を 表-3.3 に示す。

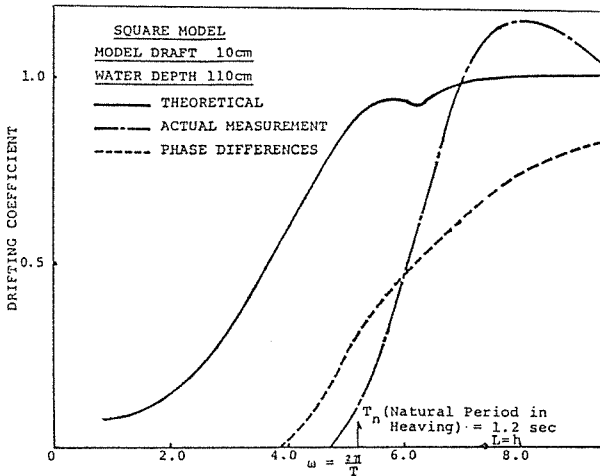


図-3.3 (a)

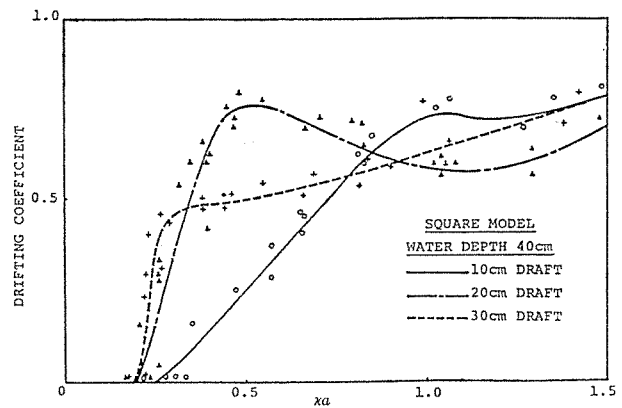


図-3.4 Relation between κa and drifting coefficient based on actual measurement in shallow water

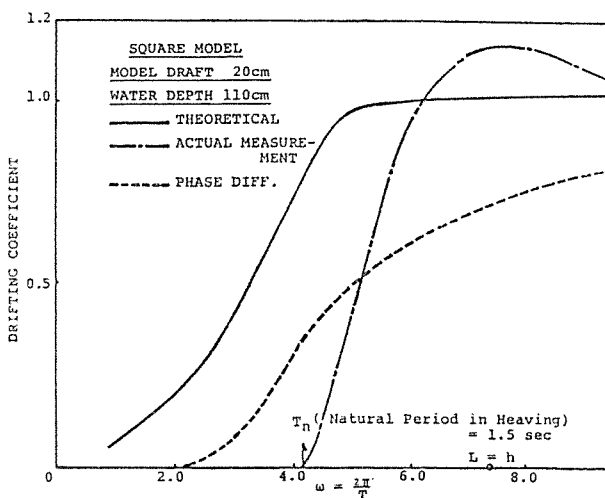


図-3.3 (b)

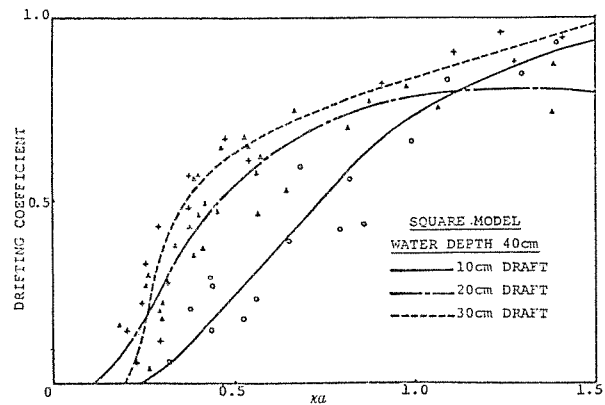


図-3.5 Relation between κa and drifting coefficient based on phase differences in shallow water

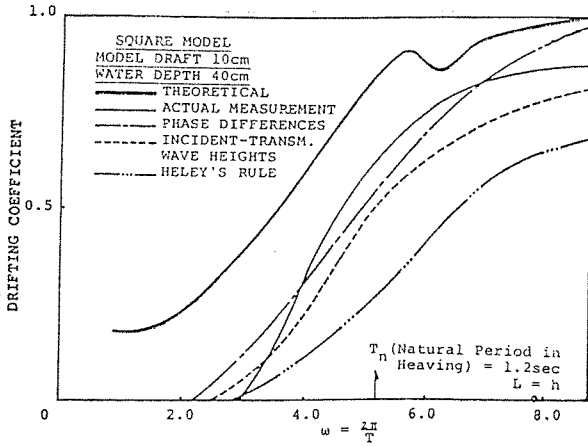


図-3.6 (a)

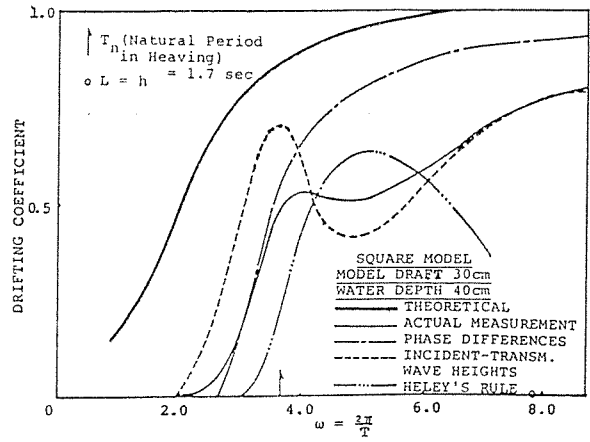


図-3.6 (c)

図-3.6 Comparison of drifting coefficients from different methods in shallow water

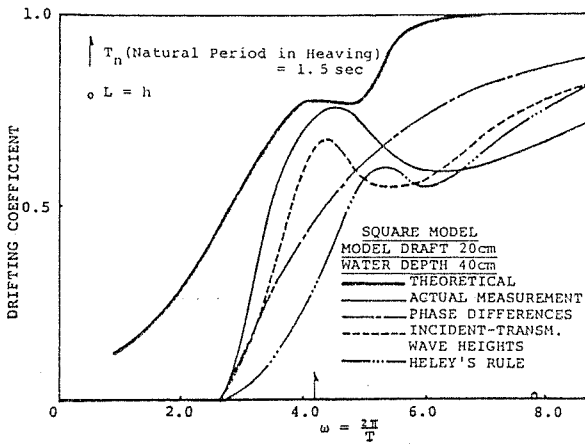


図-3.6 (b)

表-3.3 Comparison of theoretical and experimental values of drift force in shallow water

Wave freq. (Model)	Wave period (Proto) (sec)	Draft (m)	Theoretical (t)		Actual meas. (t)		Phase diff. (t)		Energy prin. (t)		Heley's prin. (t)	
			per met.	100 met.	per met.	100 met.	per met.	100 met.	per met.	100 met.	per met.	100 met.
2.00	44.43	20	0.61	61	0	0	0	0	0	0	0	0
		40	1.05	105	0	0	0	0	0	0	0	0
		60	3.13	313	0	0	0	0	0	0	0	0
3.00	29.62	20	1.81	181	0	0	0.15	15	0.04	4	0	0
		40	3.78	378	0.25	25	0.15	15	0.17	17	0	0
		60	7.61	761	0.25	25	0.32	32	2.70	270	0	0
4.00	22.21	20	4.50	450	1.13	113	1.13	113	0.66	66	0.13	13
		40	7.70	770	6.30	630	2.31	231	5.78	578	0.66	66
		60	10.13	1013	3.65	365	5.12	512	6.21	621	2.00	200
5.00	17.77	20	8.20	820	4.21	421	3.38	338	2.88	288	0.72	72
		40	7.60	760	6.57	657	4.88	488	3.99	399	4.21	421
		60	11.52	1152	3.45	345	8.00	800	2.31	231	4.96	496
6.00	14.81	20	9.46	946	7.22	722	6.13	613	5.28	528	2.00	200
		40	12.00	1200	4.50	450	7.03	703	4.21	421	3.78	378
		60	12.25	1225	4.50	450	9.68	968	4.06	406	4.06	406
7.00	12.69	20	11.28	1128	8.82	882	9.03	903	6.66	666	4.06	406
		40	12.25	1225	4.81	481	8.51	851	6.13	613	5.78	578
		60	12.25	1225	6.48	648	10.81	1081	5.78	578	1.76	176
8.00	11.11	20	12.25	1225	9.46	946*	10.81	1081	7.61	761*	5.28	528
		40	12.50	1250*	5.70	570	9.90	990	7.41	741	7.61	761*
		60	12.50	1250	7.80	780	11.28	1128*	7.03	703	—	—

* Denotes maximum values of drift force

3.2 円形構造体

ソリッドな円形構造体と一部 30% の孔壁をもつ円形構造体の 3 吃水深のカウンターウェイトによる実測波漂流力から算出した漂流力係数 (C_D) を 図-3.7, 図-3.8, 図-3.9 に示す。

なお、ソリッドと全周に 40% の孔壁をもつ円形構造体の吃水深 40 m のカウンターウェイトによる C_D を 図-3.10 に、現場換算漂流力を 表-3.4 (ソリッドと

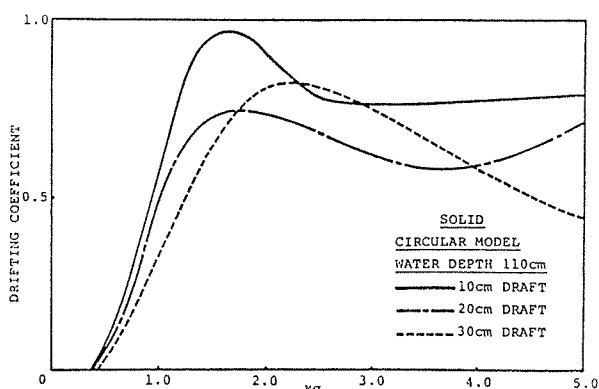


図-3.7 Comparison of drifting coefficients for solid circular

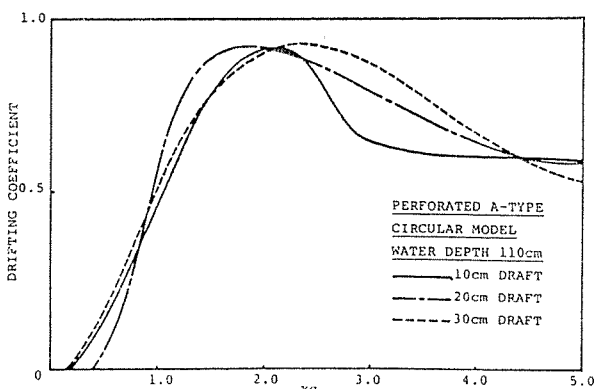


図-3.8 Comparison of drifting coefficients for perforated A-type models

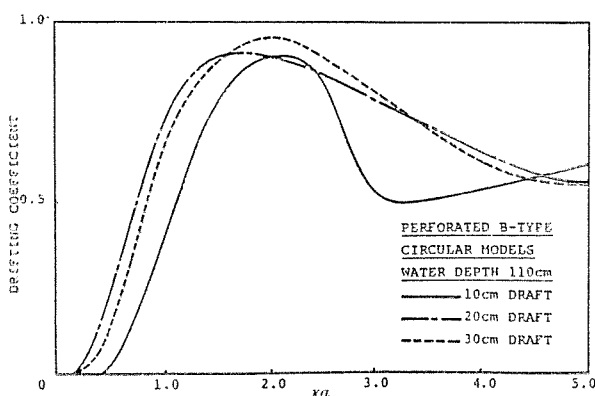


図-3.9 Comparison of drifting coefficients for perforated B-type models

30% 孔壁) と 表-3.5 (ソリッドと 40% 孔壁) にそれぞれ示す。

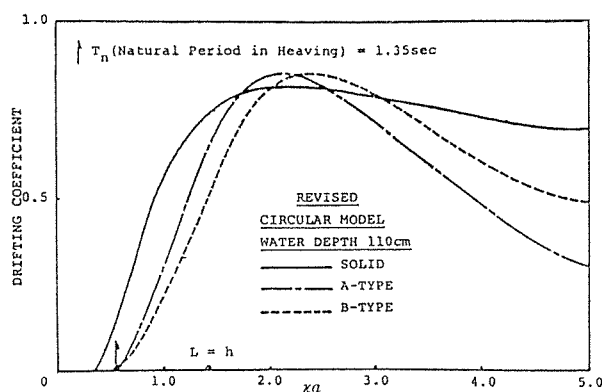


図-3.10 Comparison of drifting coefficients for solid and perforated circular model (revised) with 20 cm draft

表-3.4 Comparison of drift forces on solid and perforated structures for different drafts

Wave freq. (Model)	Wave period (Proto) (sec)	Draft (m)	Solid structure (t)	Perfor. A-type (t)	Perfor. B-type (t)
4	22.21	20	10.13	10.13	0
		40	0	0	16.53
		60	0	15.13	6.53
5	17.11	20	40.50	55.13	8.00
		40	21.13	21.13	153.13
		60	12.50	84.50	84.50
6	14.81	20	276.13	200.00	105.13
		40	200.00	215.28	480.50
		60	81.28	220.50	364.50
7	12.69	20	882.00	512.00	406.13
		40	528.13	741.13	871.53
		60	276.13	512.00	760.50
8	11.11	20	1 152.00*	840.50	800.00
		40	684.50	1 023.78	1 035.13*
		60	578.00	800.00	1 012.50
9	9.90	20	990.13	1 046.53*	1 012.50
		40	666.13*	1 058.00*	1 012.50*
		60	810.03*	1 012.50	1 128.13*
10	8.91	20	741.13	800.00	800.00
		40	561.13	946.13	903.13
		60	800.00	1 058.00*	1 001.28
11	8.06	20	712.53	536.28	351.13
		40	472.78	800.00	760.50
		60	675.28	946.13	810.31
12	7.35	20	722.00	457.53	325.13
		40	420.50	612.50	595.13
		60	496.13	703.13	561.13
13	6.79	20	760.50	442.53	378.13
		40	472.78	480.50	435.13
		60	344.53	496.13	399.03
14	6.36	20	780.13	435.13	435.13
		40	630.13	450.00	364.50
		60	236.53	357.78	357.78

* Denotes maximum values of drift force

表-3.5 Comparison of drift forces on circular and circular (revised) structures with 40 m draft

Wave freq. (Model)	Wave period (Proto) (sec)	Solid (t)		Perfor. A-Type (t)		Perfor. B-Type (t)	
		Circular	Circular (Revised)	Circular	Circular (Revised)	Circular	Circular (Revised)
4	22.21	0	0	0	0	16.53	0
5	17.77	21.13	66.13	21.13	3.13	153.13	1.13
6	14.81	200.00	312.50	215.28	66.13	480.50	36.13
7	12.69	528.13	595.13	741.13	331.53	871.53	180.50
8	11.11	684.50	760.50	1023.78	693.78	1035.13	496.13
9	9.90	666.13*	820.13*	1058.00*	903.13*	1012.50*	820.13
10	8.91	561.13	820.13	946.13	780.13	903.13	882.00*
11	8.06	472.78	760.50	800.00	612.50	760.50	760.50
12	7.35	420.50	684.50	612.50	378.13	595.50	544.50
13	6.79	472.78	612.50	480.50	200.00	435.13	364.50
14	6.36	630.13	595.13	450.00	112.50	364.00	288.00

* Denotes maximum values of drift force

3.3 正方形と円形両構造体の漂流力の比較

表-3.6 の特性をもつ正方形と円形両構造体のカウンターウェイトによる C_D から換算した波漂流力を比較すると表-3.7 のようになる。

4. 結 論

モデル実験より導かれた結論を要約すると

- ① 正方形構造物の場合、構造物の長さの4倍以上の波長を持つ波浪については、浅海の漂流力は深海の漂流力より大きくなる。また、浅海では、構造物の吃水深が水深の25%より大きくなると浅海の影響が見られ、漂流力は大きくなる。
- ② 円形構造物は、正方形構造物の場合より漂流力は少ない。吃水深が深くなると、円形の方が正方形よ

り、吃水深 20 m で 20%, 40 m で 59%, 60 m で 60% も少なくなる。

- ③ 正方形構造物の場合、船形による領域分割法より求めた電算機による漂流力理論計算値は、すべての波について、浅海では丸尾の方法による実測漂流力より大きく、深海では構造物の長さの2.6倍以上の波長についてのみ大きくなる。
- ④ 正方形構造物の場合、田才の方法で位相差より求めた実測波漂流力と、丸尾の方法の反射波による実測波漂流力とはほぼ一致した。これより、上下ゆれと前後ゆれとの位相差のずれによる田才の方法で、漂流力を求めることが充分できることがわかった。
- ⑤ 正方形構造物の場合、入射波高と透過波高の実測値から求めた漂流力係数と、反射波の極大、極小波高から求めた漂流力係数は、船形による領域分割法から求めた理論計算漂流力係数と、田才、丸尾両方法から求めた漂流力係数より小さい。なお、吃水深 20m の場合、周期が 10.5 秒より少なくなると 83~67% となり、周期 10.5 秒から 14.8 秒では 83~40% となる。
- ⑥ 孔壁円形構造物の場合、孔無し円形構造物と比較すると、上下ゆれ運動はほぼ同程度であるが、前後ゆれ運動は大きく、縦運動 (Pitching) は少なくなる。
- ⑦ 40% の開孔率を持つ孔壁は、孔無し壁に対して、吃水深 40 m の場合、波長が構造物の直径の 1.5 倍より大きくなると、波漂流力は -93% となり、波長が構造物の直径 1.12 倍より小さくなると、波漂

表-3.6 Particulars of square and circular structures

Structure draft (m)	Total structure height (m)	Weight of structure (t)		Weight of water displaced (t)		Weight of water to be filled inside (t)	
		Square	Circular	Square	Circular	Square	Circular
20	30	171 240	123 801	206 000	161 792	34 760	37 991
40	50	243 640	172 745	412 000	323 584	168 360	150 839
60	70	316 040	221 689	618 000	485 376	301 960	263 688

表-3.7 Comparison of drift forces on square and circular structures for different drafts

Wave freq. (Model)	Wave period (Proto) (sec)	20 m draft (t)			40 m draft (t)					60 m draft (t)		
		Square	Circul.	Percent +/-	Square	Circul.	Percent +/-	Circul. (Rev.)	Percent +/-	Square	Circul	Percent +/-
4	22.21	0	10.13	--	0	0	--	0	--	5.00	0	--
5	17.77	5.00	40.50	--	231.00	21.13	-90.85	66.13	-71.37	145.00	12.50	-91.38
6	14.81	265.00	276.13	+ 4.20	1105.00	200.00	-81.90	312.50	-71.72	570.00	81.28	-85.74
7	12.69	1225.00	882.00	-28.00	1582.00	528.13	-66.62	595.13	-62.38	1013.00	276.13	-72.74
8	11.11	1696.00*	1152.00	-32.08	1639.00*	684.50*	-58.24	760.50	-53.60	1378.00*	578.00	-58.06
9	9.90	1300.50	990.13	-23.87	1404.50	663.13	-52.57	820.13*	-41.61	1313.28	810.03*	-38.32
10	8.91	1069.53	741.13	-30.71	1225.13	561.13	-54.20	820.13	-33.06	1300.50	800.00	-38.49
11	8.06	946.13	712.53	-24.69	1152.00	472.78	-58.96	760.50	-33.98	1250.00	675.28	-45.98
12	7.35	990.13	722.00	-27.08	1200.50	420.50	-64.97	684.50	-42.98	1188.28	496.13	-58.25
13	6.79	1081.13	760.50	-29.66	1250.00	472.78	-62.18	612.50	-51.00	1152.00	344.33	-70.09

* Denotes maximum values of drift force

流力は -75% となった。

本文中の表—3.5 と 3.7 に示されるように、最大波漂流力は、正方形の場合、吃水深 20 m で 1696 t、円形の場合、吃水深 40 m で 903 t となり、前者は波高 10 m、周期 11.1 秒、後者は波高 10 m、周期 9.9 秒である。なお、正方形構造体の吃水深 20 m の固有振動周期は 17 秒、円形構造体の吃水深 40 m の固有振動周期は 19 秒である。

以上のことから、北海油田における波の静かなフィヨルドでなくても、1700 t から 900 t の係留ができれば建造は可能である。

参 考 文 献

- 1) The Wave-Drift Force on and Oscillations of offshore Gravity Structures During Construction Stage. 東海大学大学院 昭和 56 年度博士論文, P.S. RENUKARA-DHYA.

【昭和 58 年 8 月 22 日受付】

◀刊行物案内▶

第 23 回 研究 発表 会 講 演 概 要

体 裁 : B 5 判 62 頁

定 価 : 1500 円 送 料 : 250 円

内 容 : (1) 高強度 PC 鋼より線の諸特性について、(2) PC 鋼材定着部の終局強度設計法に関する基礎的研究、(3) 逆対称曲げをうけるアンボンド PC 梁の曲げ解析、(4) アンボンド PC 梁断面の曲げ破壊耐力略算法について、(5) 横拘束コンクリートによるアンボンド PC 部材の力学的性質改善、(6) PC III 種の鉄筋応力の測定、(7) 緊張管理に関する統計的考察(1)、(8) 同前(2)、(9) プレストレストコンクリート部材の変形性状に関する研究(その IV 変形性状の定量化)、(10) 同前(その V 既往の設計式との比較検討)、(11) 矩形開口を有するプレストレストコンクリート部材の強度と変形性状に関する実験的研究(その 1 無補強部材の性状)、(12) 同前(その 2 補強部材の性状)、(13) PC 版の耐衝撃性向上に関する研究、(14) 円形スパイラル補強筋を用いたプレストレストコンクリート住宅(その 1 設計について)、(15) 同前(その 2 実験的検討)、(16) PCR 工法の結合部に関する実験、(17) PRC はりの長期曲げ性状について、(18) 「特別講演」設計者の意図と PC の基本(省略)、(19) 滑りゴム沓及びソールプレートの各種確認試験、(20) SPC 合成構造による三郷浄水場、(21) プレストレストコンクリート造円筒壁の水平加力実験、(22) 長大ケーブルのグラウト注入試験、(23) 低温下に於ける RC および PC 円環体の熱応力に関する研究、(24) セグメントによるトンネルライニングの緊張システムの開発、(25) バイプレ方式による PC 桁の設計について、(26) 400 t ディビダークストランド工法の開発、(27) PC ボックスカルパートの設計施工、(28) 門崎跨道橋の設計施工の概要とたわみの測定結果、(29) 豊後橋の施工について