

II-185 アンカーの水中落下速度の制御方法について

五洋建設(株) 技術研究所 正会員 ○道下 勲

五洋建設(株) 技術研究所 正会員 有富範伊

1. まえがき

浮消波堤、浮魚礁などのアンカーを投入する場合、アンカーおよびチェーンは海水の抗力を受け、水中における重力と抗力が釣り合うときある一定の速度(終速度)で落下する。アンカー沈設時にチェーンの終速度がアンカーの終速度よりも速い場合には、チェーンがたるむため、もつれたり最悪の場合には切断の恐れもある。本報告は、アンカーを水深1000m程度の深海域に沈設することを想定して、鋼製抵抗板を用いたアンカーの水中落下速度の制御方法について検討したものである。

2. 物体の水中落下の運動

物体の水中落下の運動方程式は、(1)式で表される¹⁾。

$$V \sigma \frac{d^2 x}{dt^2} = V(\sigma - \rho)g - \frac{1}{2} C_D \rho A \left(\frac{dx}{dt} \right)^2 - C_{MA} \rho V \frac{d^2 x}{dt^2} \quad \text{---- (1)}$$

ここに、 V : 物体の体積、 A : 流れ方向と垂直な面への投影面積
 σ : 物体の単位体積重量、 ρ : 海水の体積重量
 C_D : 抗力係数、 C_{MA} : 付加質量係数、 g : 重力加速度

(1)式を解くと、物体の水中落下速度は(2)式で表される。

$$U = U_0 \left\{ 1 - \exp \left\{ - \frac{2gx(\sigma/\rho - 1)}{(\sigma/\rho + C_{MA})U_0^2} \right\} \right\}^{1/2} \quad \text{---- (2)}$$

ここに、 U_0 は終速度であり(3)式で表される。

$$U_0 = \left[\frac{2gV}{C_D A} \left\{ \frac{\sigma}{\rho} - 1 \right\} \right]^{1/2} \quad \text{---- (3)}$$

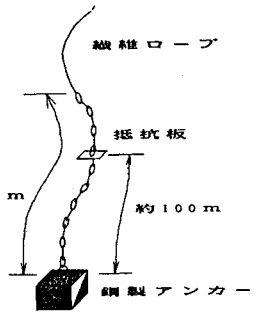


図-1 アンカーの概要

3. 検討方法

(1) 水平落下速度の制御方法

図-1にアンカーの概要を示す。アンカーは1.524 × 1.524 × 1.0mの鋼製で重量は14tである。チェーンは径36mm、全長約300mである。チェーンの落下速度を制御するため鋼製の抵抗板をチェーン100mごとに取り付けるものとした。

(2) 実験方法

実験水槽は、高さ4m、径33cmの亚克力製円筒を用いた。実験縮尺は1/18.6とした。模型チェーンは径2mmのツイストチェーンを用い、模型アンカーは寸法が8.2 × 8.2 × 5.4cm、重量が2.176kgである。抵抗板は一辺が2.7cmと5.4cmの亚克力板(2mm厚)を用い、チェーンに対して直角になるように固定した。また、(2)式の落下速度の適用性を検討するため、3種のコンクリート方塊についても実験を行った。なお、模型チェーン長は水槽の制約から2mとした。水中落下時間はストップウォッチで測定した。

表-1 実験結果一覧表

No	アンカー	チェーン	抵抗板	重量 (g)	体積 (cm ³)	単位体積重量 (kg/cm ³)	投影面積 (cm ²)	落下距離 (m)	落下時間 (s)				平均速度 (m/s)	計算 値		
									1	2	3	平均		時間(s)	終速度(m/s)	
A	10cm×9cm	—	—	2881	1000	2881	110.0	3.88	2.72	2.89	2.89	2.77	1.40	2.30	1.763	
B	8cm×9cm	—	—	502	201.9	2488	34.8	3.83	4.20	4.15	4.09	4.15	3.19	1.606		
C	4cm×9cm	—	—	124	48.0	2588	13.0	3.95	4.28	4.28	4.55	4.42	4.41	0.90	3.98	1.038
D	鉄	—	—	2185	383.1	6018	67.2	3.88	2.72	2.10	2.06	2.12	1.74	1.88	2.249	
E	—	2m	—	159	20.3	7850	—	2.00	2.41	2.80	2.44	2.48	0.81	—	—	
F	—	2m	5.4cm,2枚	89	11.3	7850	29.2	2.00	3.81	3.78	3.81	3.73	0.58	2.83	0.688	
G	鉄	2m	—	—	—	—	—	2.00	2.72	1.06	1.14	1.12	1.79	—	—	
H	10cm×9cm	2m	5.4cm,1枚	3059	1061	2829	140.6	2.00	1.51	1.50	1.42	1.48	1.35	1.32	1.621	
I	鉄	2m	5.4cm,1枚	2353	383.1	6080	68.3	2.00	1.29	1.31	1.24	1.28	1.58	1.14	1.944	
J	鉄	2m	2.7cm,1枚	2347	383.1	6084	74.9	2.00	1.13	1.17	1.25	1.18	1.86	1.03	2.224	

計算係数値; アンカー: $C_D = 1.05$, $C_{MA} = 1.0$
 抵抗板: $C_D = 1.12$, $C_{MA} = 1.0$
 チェーン: 無視

4. 結果と考察

(1) アンカーの水中落下現象

表-1に実験結果の一覧を示す。写真-1（ケースG）はアンカー，チェーンの場合であり、チェーンはたるんでいる。写真-2（ケースI）はアンカー，チェーンに抵抗板を取り付けたケースであり、チェーンは抵抗板の抵抗とアンカーの重力により緊張状態で落下した。

(2) 水中落下速度

表-1の落下時間の計算値は(2)式において、落下距離 X を1cm ピッチで増加させ、各ステップごとの落下速度 U から、1cm 間の平均落下時間を求めて水底に達するまでの全ステップを総和して算出した。ケースH～Jのアンカー，チェーンに抵抗板を取り付けたケースの場合、全体に作用する抗力が等価となるようにアンカーの投影面積を換算し、全重量がアンカーに集中するものとして計算した。また、ケースGのアンカー，チェーンの場合、チェーンがたるんだため計算は行わなかった。図-2はケースIの落下速度の変化を示したものである。終速度は0.7m落下したとき $U_0=1.94\text{m/s}$ となり、落下後早い時期に終速度に達することがわかる。図-3は実験値と計算値の落下時間を比較したものである。落下時間の実験値は計算値に対して $1.181(\text{平均}) \pm 0.066(\text{標準偏差})$ であり、平均落下速度は実験値の方が約20%遅いことがわかる。これは計算においてはアンカーは左右に振れずにまっすぐ落ちると仮定していること、およびチェーン部の抗力を考慮していないことによるものと考えられる。

(3) 抵抗板の諸元

上記のように水中落下速度の計算値は実験値よりやや大きい値となるが、抵抗板の諸元を計算値により検討した。図-4は原型アンカーの終速度の計算結果を示したものである。チェーンと抵抗板がアンカーに引っ張られて落下するには、アンカーのみの終速度よりもチェーンと抵抗板の終速度が遅いことが必要であり、この条件を満たす抵抗板の諸元は約 $80 \times 80\text{cm}$ となる。また、このときアンカー，チェーン，抵抗板全体の終速度は約 9.6m/s となり、抵抗板に作用する全抗力は約 3.5tf となる。

5. あとがき

アンカーを沈設する場合の水中落下速度の制御方法として、抵抗板を用いる方法について検討した。深海域でのアンカー沈設において有効な方法の1つであると思われる。

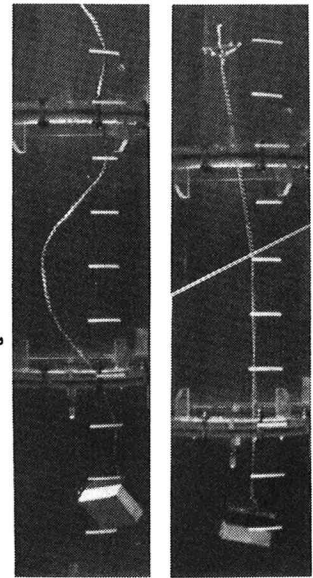


写真-1 ケースG 写真-2 ケースI

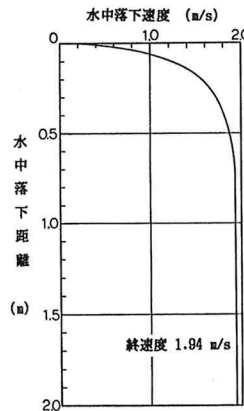


図-2 水中落下速度

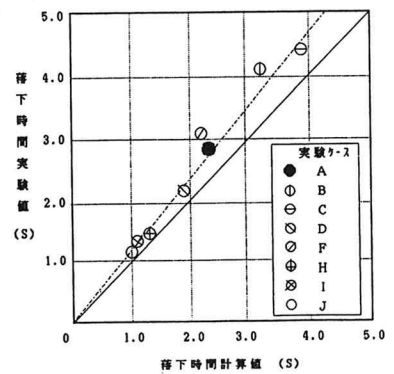


図-3 落下時間の比較

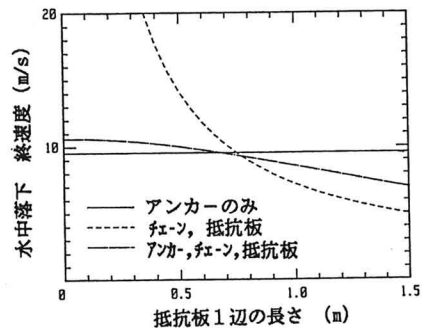


図-4 抵抗板諸元と終速度の関係

参考文献

- 1) 高橋英俊他: 捨石の水中落下速度について、港灣技研資料 No.249, pp4, 1976.