

## テトラポッドの沈降状態と抗力係数について

名城大学 正会員 伊藤 政博・岩垣 雄一  
 学生 〇松川 和義  
 日本テトラポッド(株) 正会員 根本 建治・山本 方人

1. まえがき 消波ブロックの安定係数は、波に対する所要重量の算定に非常に重要な意味を持つ。この安定係数は、いくつかの仮定の他に消波ブロックに及ぼす各種の影響を含んでいる。つまりブロックに作用する波力はMorrison式によると、抗力と慣性力からなるので、安定係数には、流体の加速度による慣性力や定常流成分による抗力に関係する抗力係数が含まれている。さらに、定常流成分による抗力についても抗力係数が乱積の場合、流成分に対してブロックの投影面積が一定でないので、抗力も当然変化すると考えられる。ブロックは比対称で3次元的な形であるので、その状態によって抗力係数が異なると予想される。安定係数に含まれる抗力係数が、ブロックのすえ付け方(沈降状態)によってどのように変化するかほとんどわかっていない。実験的に安定係数を求めるとその値はかなりばらつくが、本研究では、このばらつきの一因でもある抗力係数を実験的に調べる。

2. 実験方法 実験には、40cm×24cm高さ200cmの水槽(沈降塔)を用いて、各種の比重(1.82, 2.30, 2.77, 3.40, 4.27)のテトラポッドを水面よりわずか下がった水中より静かに放し、所定距離(120cm)を落下するに要する時間をビデオで撮影したデジタルタイマーで測定した。また、ビデオ画面から沈降状態を調べることにした。テトラポッドが同一投影面積で沈降するように、図-1のI・IIのようにビニールを付けた。IIIは何も付けておらず沈降を初めると自由に回転する状態である。測定は5回ずつ行った。

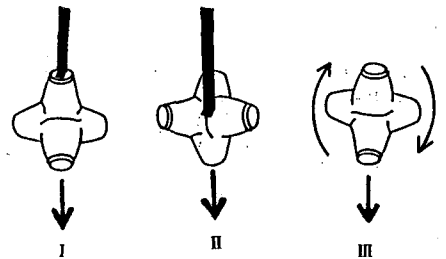


図-1 沈降状態

3. 実験結果 図-2のように、テトラポッドが沈降速度  $u$  で水中を落下するときかかる抗力  $F_D$  は、次式のように表わせる、

$$F_D = \frac{\rho}{2} C_D A u^2 \quad \text{----- (1)}$$

下向きの力すなわち水中重量  $F_W$  は、

$$F_W = V w_r = V (w_r - w) \quad \text{----- (2)}$$

式(1)と(2)より、抗力係数  $C_D$  は、次のように表せる。

$$C_D = \frac{2 F_W}{\rho A u^2} \quad \text{----- (3)}$$

またレイノルズ数  $Re$  は、

$$Re = \frac{u h}{\nu} \quad \text{----- (4)}$$

ここに、 $\rho$  ; 水の密度,  $w_r$  ; テトラポッドの単位体積重量,  $w$  ; 水の単位体積重量,  $A$  ; テトラポッドの投影面積,  $u$  ; 沈降速度,  $W$  ; 空中におけるテトラポッドの重量,  $V$  ; テトラポッドの体積,  $g$  ; 重力加速度,  $h$  ; テトラポッドの高さ,  $\nu$  ; 流体の動粘性係数である。

表-1には、使用したテトラポッド及びその沈降速度より求めた抗力係数

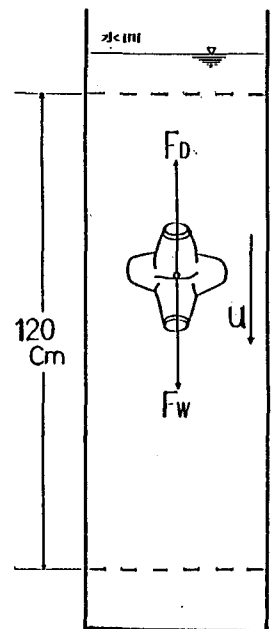


図-2 実験図

$C_D$ , レイノルズ数  $Re$  の一例がまとめてある。このようにして求めた実験結果が図-3, 4に整理してある。図-3は,  $K_D$  値と波高を一定にして, Hudson式を満足するブロックの重量と比重の異なる模型について, 実験結果を整理したものである。さらに, 沈降状態による違いを調べるため I, II 及び III に分けて示してある。また, 図-4は, テトラポッドの大きさがほとんど同じで, 比重 (2.30, 2.77, 3.40, 4.27) のみが異なる条件の結果が整理してある。また, この図中には, 榊山ら<sup>1)</sup>が実験的に求めたコンクリート (比重2.30) のテトラポッドの抗力係数が示してある。

表-1 テトラポッドの種類及び抗力係数, レイノルズ数

Run No.	Wr/W	W (g)	$C_D$			$Re (\times 10^4)$		
			I	II	III	I	II	III
A	5	186.4	1.42	1.23	1.20	4.56	4.88	5.00
	4	2.30	58.9	1.23	1.10	0.93	2.83	3.01
	3	2.77	27.7	1.05	0.99	0.89	2.02	2.17
B	5	372.7	1.45	1.21	1.23	6.32	7.03	6.88
	4	117.8	1.11	1.05	1.05	4.34	4.50	4.38
	3	55.4	1.10	0.88	0.93	2.94	3.32	3.20
C	4	294.4	1.06	1.03	1.07	7.01	7.27	7.06
	3	141.8	1.05	1.00	1.00	5.12	5.47	5.19
	2	68.0	0.90	0.84	0.87	3.79	3.89	3.84
	1	34.2	0.85	—	0.84	2.92	—	2.94
D	3	354.6	1.06	1.05	1.05	8.36	8.27	8.31
	2	174.1	0.98	0.97	0.96	6.20	6.19	6.27
	1	85.4	0.86	0.86	0.88	4.47	4.48	4.45
E	2	435.2	1.04	1.10	1.06	9.89	10.2	9.56
	1	218.6	1.01	0.96	0.96	6.83	7.17	7.06

4 考察 (1) Hudson式の  $K_D$  と, 抗力係数とは, 式(5)のような関係にあり, 抗力係数の微小な変化も大きな影響を受けることがわかる<sup>1)</sup>。

$$K_D \propto \frac{1}{C_D^3} \quad \text{----- (5)}$$

従って, 図-3には,  $K_D \approx 8$ , 波高  $H \approx 10.8\text{cm}$  として Hudson式を満足する比重とブロック重量による抗力係数が示してある。この図より, 比重が重く寸法が小さくなるにつれて  $C_D$  が小さくなる傾向にあることが I, II, III についてみられる。さらに, 同一の模型であっても  $C_D$  はかなりばらついている。これは, Hudson式の  $K_D$  値がばらつく原因の一つであると考えられる。

(2) テトラポッドの形状が同じで, 比重が異なる4種類のテトラポッドの抗力係数が図-4に示してあるが, この場合, 比重の違いによる  $C_D$  の相違はほとんど見られない。また沈降状態 (I, II, III) による相違もあまりないことがわかる。しかし, ばらつきはかなり大きい。

5 あとがき 限られた実験範囲であるが,  $K_D$  値と波高を一定にして, Hudson式を満足するブロックの重量と比重の異なるテトラポッドを対象にして沈降速度から求めた抗力係数は, 比重が重くなると, 小さくなる傾向がみられた。また抗力係数は平均値に対して  $\pm 30\%$  程度のばらつきが生じることがわかった。

【参考文献】

1) 榊山・鹿島: 消波ブロックに作用する波力に関する実験スケール効果, 海岸工学論文集, 第36巻; pp. 653~657, 1989.

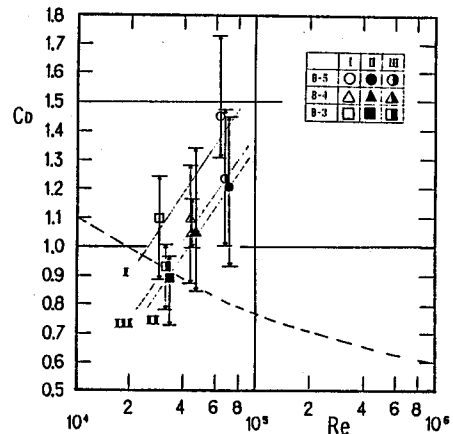


図-3  $K_D$  値が一定で比重が変化した場合の  $C_D$  と  $Re$  との関係

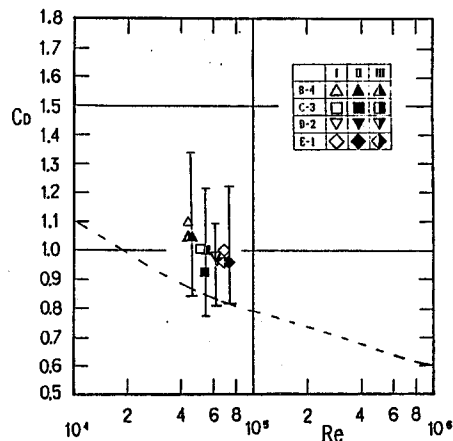


図-4 テトラポッドの形が一定で比重が変化した場合の  $C_D$  と  $Re$  との関係