

大阪工業大学 正員 久保弘一

” ” 玉井佐一

” ” 井田保夫

1. 緒言

最近、港湾海岸構造物の消波工あるいは根固工として用いられる異型ブロックがかなり大型化の傾向にあるように思われるが、これら大型ブロックの安定性については従来あまり検討されていなかったようである。そこで筆者等は異型ブロック（特に中空三角ブロック）をマウンドの被覆層として用いた場合について、6~12 tonの大型ブロックをも含めた広範囲を対象として安定性に関する模型実験を行ない、得られた安定曲線およびHudson公式の K_D 値等を通して考察を進め、2,3の結果を得た。

次に消波を促進するために混成防波堤捨石部や海岸堤防前面に設置された消波構造物が *return current* のため、その前面を洗掘されるとブロックの転落・移動を生ずることが多い。特にこの洗掘が構造物の局所的崩壊に止まらず、構造物全体の破壊につながる場合には問題が大きい。構造物前面の洗掘現象に関する要素としては、波の特性、砕波形態、構造物の形状、前面水深等、非常に多くのものが考えられるが、特に構造物が *porous* な消波ブロック等で構成される場合には空隙を流過する *return current* の状況が非常に複雑な様相を呈するため、その解決が困難である。今回の実験では波の特性が一定の場合、種々の水深について洗掘の時間的变化を追跡し、洗掘現象の推移、法先水深が洗掘におよぼす影響について若干の成果を得た。同時に、同実験の範囲内で根固工による洗掘防止効果を検討するため、根固工を設置した場合の洗掘特性についても2,3の実験を行ない、根固工が効果を発揮する条件およびその限界についても一応の目安を得た。

さらに法先洗掘が *return current* によって直接支配されることに着目し、法面上で *return current* の変化を直接測定して、波の特性との関係、法先水深と流下限界との関係、被覆層の *return current* におよぼす影響についても検討すべく準備中である。

2. 実験設備および方法について

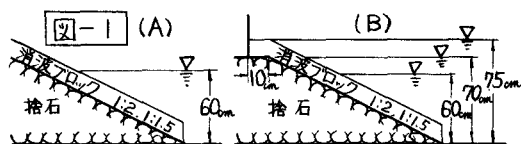
(a) 安定に関する実験

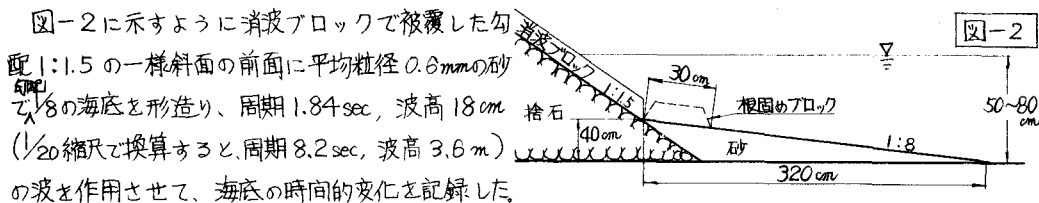
2次元波水槽（1.2m×1.2m×34m）の一端に図-1に示すような2種類のマウンド模型を設けた。

すなわち、直立壁と捨石部天端を持つ場合と一

様な勾配の斜面のみの場合である。また、実験波は周期 $T=1.12\sim3.30$ sec、波高 $H=6.7\sim24.7$ cm、波形勾配 $H/L=0.011\sim0.090$ の範囲であるが内海から外海までのできるだけ広範囲な波を包含し得るよう $1/20\sim1/36$ の範囲で適宜、縮尺を想定した。現地換算した波の範囲は波高 1.3~9.0 m、波長 30~210 m、周期 5~15 sec である。また、波浪作用回数は極めて安定なもの（揺れ、移動、転落全くなり）および極めて不安定なもの（転落多数、構造物全般にわたる破壊）は20波に止め、安定限界付近では反射波の影響を入れないように、10波毎、断続的に100波作用させた。

(b) 洗掘に関する実験





なお、波の作用時間は反射波の影響が入らないように断続して作用させた時間の累計である。

3. ブロックの安定に関する実験

斜面におかれた捨石またはブロックの安定重量の算出には従来、Oribarrenの改良公式、Hudson公式等が用いられているが、Oribarren式の μ は正確に決定することが困難であるため、急勾配斜面の場合には、その値のわずかの差によって K' の値が著しく変化する欠点を有している。

ところで μ の値であるが、筆者等も図-3のような簡単な装置を用いて、数種
の砂利および模型ブロックについて小規模な実験を行ない、模型ブロックと砂利層の間の摩擦係数を求めて見た。その結果は図-4に示す通りで、図から明らかなように、ブロックと砂利粒の大きさの相違によって、0.72~1.40
とかなり著しい変化を示す。なお、図の値は3回の平均値である。

次に 実験結果を

$$\text{Hudson公式} \quad W = \frac{\gamma_r H^3}{K_b (S_r - 1)^2 \cot \alpha}$$

$$\text{簡易式} \quad W = K H^3$$

で整理し、 K および K_b を求めて見ると、表-1のようになる。

表から明らかなように、sect.(A)と(B)では安定度にかなり明瞭な開きが見られる。また、sect.(B)については天端水深と波高との関係によって、砕波形態が異なってくるのは当然であるが、特に天端が静水面下、ある深さ以内にある時は、砕波およびreturn currentが激しくなるため、必要な安定重量は上記の値を若干、上まわることもある。

以上の実験結果から、次のような問題点が提起される。

(a) 安定重量公式および K_b はブロックの大きさ如何にかかわらず、平均的な考え方から同一のものを使用しているが、この平均的な値を用いると小ブロックは安定度がやや高く、大きくなるにつれて次第に低くなる傾向を示し現地における現象も同じことを示唆しているように思われる。従って、経済的合理的設計を行なうには波高あるいはブロックの重量を適当なクラスに分け、その範囲で最も適した曲線あるいは K_b 値を求めるのが望ましい。

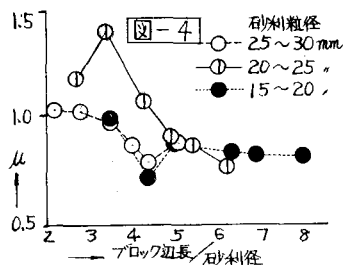
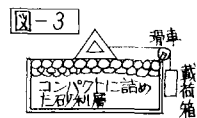
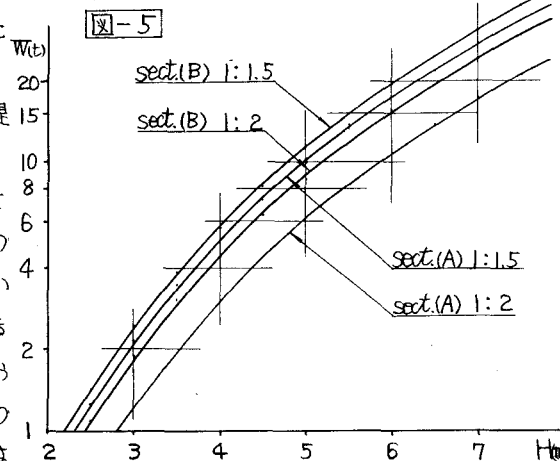


表-1 K および K_b の値

	K		K_b	
	1:1.5	1:2	1:1.5	1:2
sect.(A)	0.08	0.05	8.4	10.5
sect.(B)	0.09	0.07	7.5	7.8



(6) 公式には波高以外の波の特性が包含されていない。本実験においても、安定と *steepness* 等との関係について種々検討したが、明らかな相関関係は見出せなかった。しかし、この実験の範囲ではこれが安定におよぼす影響はあまり大きくないと考えられる。

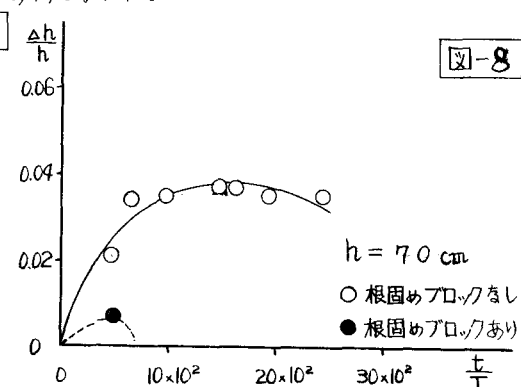
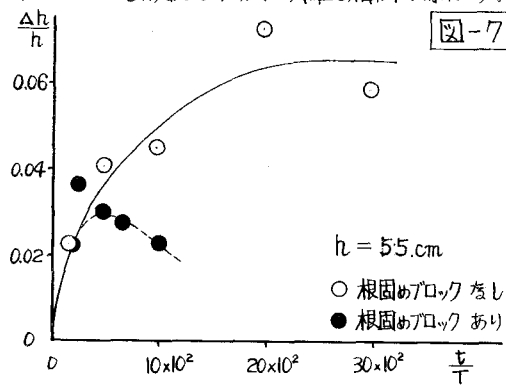
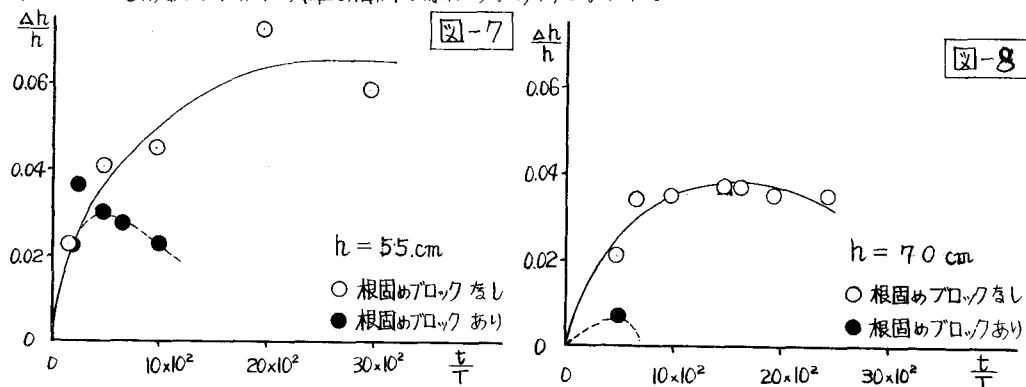
(7) ブロックの安定を検討する場合、ブロック自体の安定度と共に捨石の大きさがブロックの安定におよぼす影響も見逃せない。波力によってブロックが移動転落すると同時に、捨石が小さい場合には捨石層の洗掘あるいは戻り流れによる脱落が起り、ブロックの移動転落を助長する傾向が見られる。ブロックの大きさに対する捨石の大きさという問題についても充分、研究を必要があろう。

4. 消波構造物前面の洗掘に関する実験

構造物前面の洗掘のために、ブロックの沈下、移動、転落の状況、あるいはこれが構造物全体の崩壊におよぼす影響等を検討する前の基礎的段階として、図-2に示すような断面で洗掘状態を調べた。洗掘状態は0~100分まで波を作用させ、15分間隔でスケールによる測定を行ない、同時に5分毎の写真観測も併せ行ない観測データに加えた。

構造物前面の海底地形の時間的変化の一例を示したのが、図-6である。この図から、15分後に堤脚部より沖側30cm付近に起った最大洗掘箇所が、時間の経過とともに沖側に移動する傾向が見られ、100分後には、ほぼ65cm付近に達するが同時に、洗掘量も最大となることから知れる。

次に、最大洗掘深(Δh)と作用時間(t)との関係を求めたのが、図-7、図-8である。この図より、法先水深(h)によって多少の違いはあるが、 $t = 60 \sim 75$ 分で定常状態に達し、波数($\frac{t}{T}$)がある値、即ち、1500~2000に達すると洗掘深は最大になり、それ以後は、むしろ、堆積傾向にあることがわかる。また、法先水深の大小が最大洗掘深を起す波数におよぼす影響についても検討したが、明確な相関関係はつかみ得なかった。



また、相対水深(h/L)と最大洗掘深の関連を調べたのが、図-9である。図によれば、 h/L の増大に伴う $\Delta h/h$ の単純な増加または減少等の相関関係は見出せない。これは洗掘を支配する *return current* が直接には碎波状態に、間接的には波高と水深との関係に微妙に支配されることによるもので、一義的な相関関係を見出し得ないのは当然かも知れない。

次に、同じような実験範囲、方法で堤脚部に幅30cmの根固工として、6 ton型中空三角ブロックを3

列に置いた時の洗掘状態の時間的变化を示したのが、図-10 ($R/H=4.12$)である。この場合は15分後に根固工前面で極めて小さい洗掘現象が見られるだけで、時間の経過と共に根固工先端付近に堆積が見られ、ブロックによる根固め効果が顕著に表われている。また、この場合は、根固工のために、砕波臭が相当、沖側に移動する。ただし、明瞭な洗掘箇所は認められない。水深がこれより浅い場合と図-11 ($R/H=3.06$)に示すと根固工の効果は若干、異ってくる。この場合、根固工による堆積効果はかなり著しい。洗掘箇所はあるが、約50cm沖側へ移動し、最大洗掘深もかなり小さくなる。

しかしながら、根固工取付部には時間の経過と共に、洗掘現象が現われてくる。これは、水深の減少により根固付根部が *return current* の到達距離以内に入ったことによる根固工付近の砂の吸出しが主原因と思われる。

法先洗掘の現象は R/H によって、大きく支配され、 R/H がある程度以下になると如何に根固めを施しても、洗掘を防止することは困難である。

また、 $\Delta R/H$ と t の関係については、図-7、図-8 に示す通りで、根固工の存在により砕波形態が異なって来、極めて短時間で、即ち、 t/T が 200~500 で最大洗掘深が現われ、その深さも20~50%に減少する。

最後に、 $\Delta R/H$ と R/H の関係について見ると、根固工の存在により、 $\Delta R/H$ は一般に著しく減少するのは明らかである。

