

大阪工業大学 正員 久保弘一

1. 緒言

波浪が捨石、ブロック等で構成された透過層内部に侵入すると次第にそのエネルギーを減衰する。防波堤あるいは海岸堤防前面を捨石や消波ブロックで被覆した場合にも、上記の理由により透過層で被覆された壁体に働く波力は着しく減少することが期待されている。しかしながら、透過層内における波力の減衰現象は波の特性、碎波状況、透過層の空隙の大きさ、あるいは空隙率、層厚等によって複雑に変化し、簡単にその減衰量を算出する計算式を求めることは出来ない。また捨石堤などの透過性防波堤あるいは着堤の内部を透過するエネルギーによって、港内側に再生される波浪についても同様な理由から、その量的な判定はかなり困難である。筆者は一昨年より、透過層内における波力減衰の実態を出来るだけ簡単な形で把握すべく、垂直な砂利層を対象として若干の実験を継続実施しており、その成果の一部はすでにオ22回年次学術講演会で報告した。その結果を要約すると、

(a) 空隙内を伝達する波力の大きさは、ある範囲内の条件では空隙率にはあまり関係なく、空隙の大きさの影響を受ける。

(b) 波形勾配の増大に伴って、最大波圧強度の無次元量 $f_{max}/\rho g H$ は指数関数的に減少する。

(c) 被覆厚の小さい程、波圧強度の変動が大きい。すなわち、表面に近い程圧力変動の影響が大きくなる。

(d) ϕ/B が増加するに従って、最大同時波圧合力の無次元量 $P/\rho g B^2$ は指数関数的に減少する。

等の定性的傾向が明らかになった。その後、これらの関係とさるに明確にするため、垂直な透過層について出来るだけ広範囲にわたって多くの実験を行い、検討を進めている。本報告では、その後に得られた結果を前回の報告とも併せて明らかにしたい。

なお、この報告に用いた符号は下記の通りである。

H = 沖波波高, L = 沖波波長, T = 波の周期, η = 前面水深

B = 透過層の全幅, ϕ = 透過層表面から波圧計までの水平距離, すなわち被覆層の厚さ

S = 波力の減衰率, f_{max} = 最大波圧強度, P = 最大同時波圧の合力

d = 砂利の粒径

2. 実験設備および方法

実験には長さ 30^m, 幅 0.8^m, 深さ 0.9^m の二次元波浪水槽を用い、その中に両面を金網で囲った厚さ 1^m の垂直透過層を砂利で形造った。使用した砂利は粒径 10~20^{mm} (平均粒径 13.3^{mm}) および 20~30^{mm} (平均粒径 26.3^{mm}) の 2 種類で、その空隙率はそれぞれ 34.3, 38.3% である。波圧測定は砂利層内に前面(沖側)からそれぞれ 0, 15, 30, 45, 60, 75^{cm} の 6 断面に波圧計を設置したが、その設置高は各断面について、それぞれ底から 15, 25, 35, 45, 55, 65, 75 の 7 点で、これらの測定結果から各断面の波圧強度およびその分布を求めた。実験に用いた波の諸元および水深は表-1 に示す通

りである。

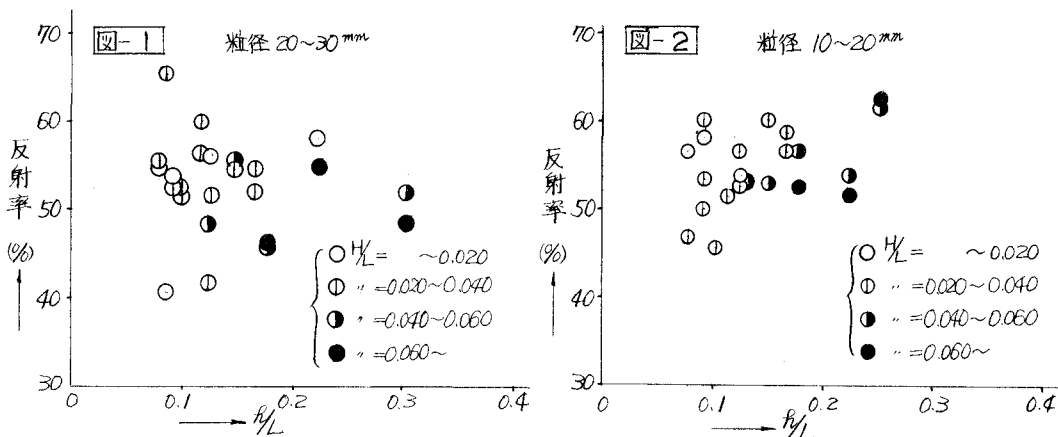
3. 実験結果

1) 前面の波浪について

波浪が砂利層の前面に到達すると、そのエネルギーの一部は表面で反射して部分重複波を生ずる。反射率は一般に波形勾配の関数と考えられているが、反射面が急勾配の場合には H/L の影響を受けることも大きいと言われている。図-1、2に H/L と反射率の関係を示す。図中の実験範囲内では次のような傾向が認められる。

表-1 実験の条件

周期 T (sec)	1.34, 1.79, 2.24, 2.68
波高 H (cm)	10, 12, 15, 18.
波長 L (cm)	225 ~ 635
波形勾配 H/L	0.0157 ~ 0.0700
水深 R (cm)	40, 55, 65.



- 反射率はほぼ 40~60% の間にある。
- H/L の増加に伴って、反射率はわずかに増大する。すなわち、水深が大なるほど、重複波的な要素を増して行く。
- 波形勾配の大きい程、反射率は大きくなる。これは固知の事実と一致する。
- 砂利の粒径の大きい方が反射率は多少、小さい。これは空隙の大きさが大なるため、透過するエネルギーが増大するためである。

波浪は不透過壁と異なり、透過層前面で部分的な砕波や重複波により複雑な現象を呈するので、以上の傾向はいつれもあまり明瞭には現われていない。

2) 波力型について

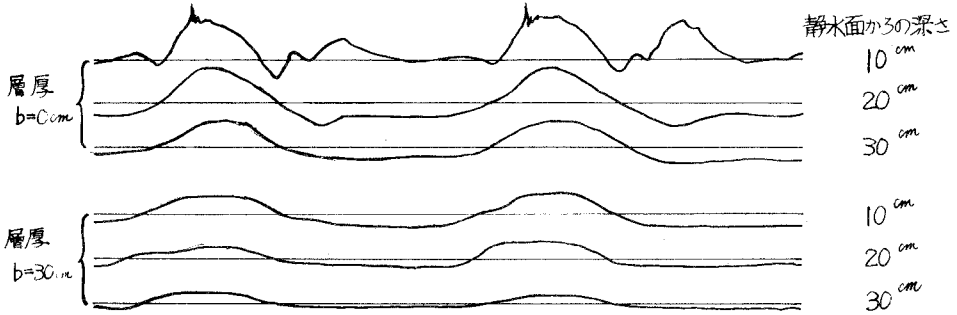
透過層内に侵入したエネルギーは空隙内における渦乱、摩擦等によって次第に減衰する。その状況は図-3の波圧測定記録例からも明らかなように透過層表面 ($\theta=0$) の水面に近しいところでは、部分的な砕波や擾乱によりかなり複雑な波圧型で、衝撃的な要素も記録されているが、 $\theta=30^\circ$ のところではかなり規則的な波圧型になり、かつ波圧もかなり減少している。すなわち、透過層は減勢と同時に整流の機能をも有することが観取される。

3) 波圧分布について

透過層内における波力の伝達を最大同時波圧の概念に従って整理した。その例を示すと図-4、5の通りで、最大波圧を水面から、5~10cm 付近に有する重複波型の波圧とほぼ同型の分布をなし、被覆

図-3

周期 $T = 2.68 \text{ sec}$, 波高 $H = 15 \text{ cm}$, 水深 $h = 55 \text{ cm}$



層厚が大きくなるに従って、波圧が次第に減衰して行き、かつその強度が均一化して行く状況が明らかに認められる。

次にこれらの実験結果から、最大波圧強度 P_{max} の無次元量 $P_{max}/\rho_0 H$ と b/h の関係を示すと、図-6, 7 のようになる。すなわち、 b/h の増大に伴って、 $P_{max}/\rho_0 H$

は指数関数的に減少するから、被覆層厚、小なる所では、 b/h が波力減衰におよぼす影響は非常に大きい。層厚が増大するに従って、 b/h の影響は次第に小さくなって行く。また、波形勾配 H/L の $P_{max}/\rho_0 H$ におよぼす影響は同図からも見られるように、波形勾配の小さいものほど減衰効果は小さく、勾配の増大に伴って減衰効果の増大することが、ほぼ明らかである。波形勾配と $P_{max}/\rho_0 H$ との関係については前報において、「波形勾配の増大に伴って、 $P_{max}/\rho_0 H$ は指数関数的に減少する。」と表現したが、

図-4

粒径 $20 \sim 30 \text{ mm}$
 $T = 1.34 \text{ sec}$
 $H = 15 \text{ cm}$

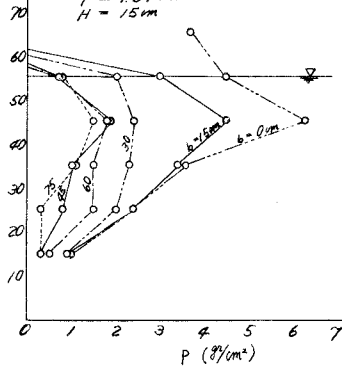


図-5

粒径 $20 \sim 30 \text{ mm}$
 $T = 2.68 \text{ sec}$
 $H = 15 \text{ cm}$

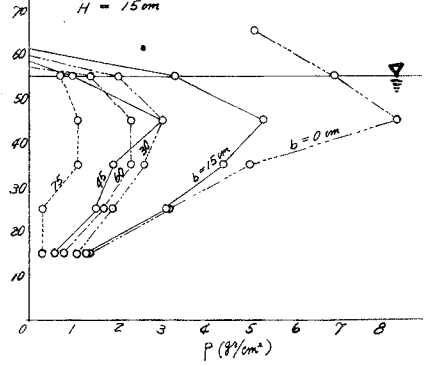


図-6

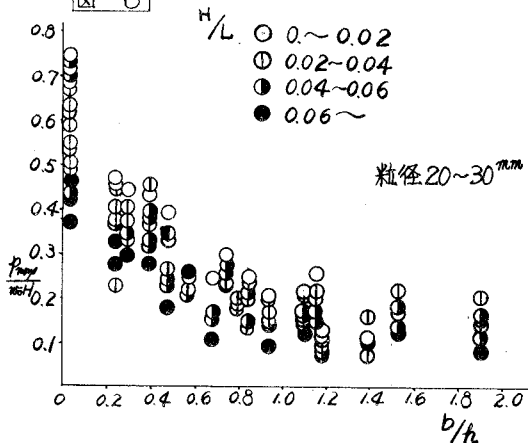
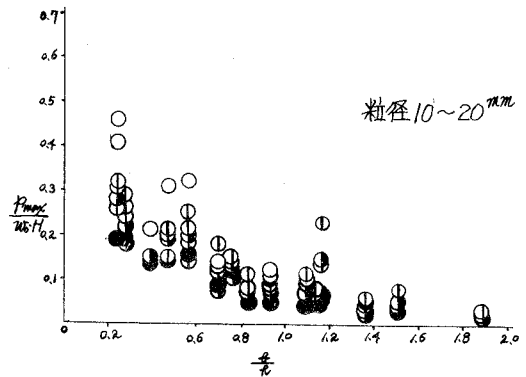


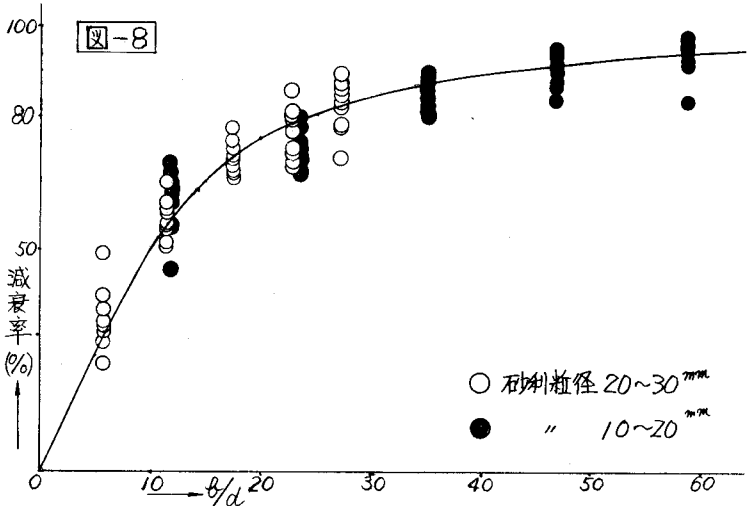
図-7



本実験においても結果がほぼ
確認できた。しかし、各点は
相当乱れており、波の特性を
も含めた定量的な波力減衰公
式としてまとめ上げることは
非常に困難である。

また、砂利の粒径が波圧強
度におよぼす影響が非常に大
きいことは図-6, 7を比較
してみると明らかである。両
方の砂利層の空隙率には、あ
まり大きな相異は認められな

いにもかかわらず、同一の B/R でも $P_{max}/\rho_0 H$ はかなり、著しく異なる場合が多い。 P_{max} ばかりでなく
他の水深の波圧強度についても同様の傾向が明らかである。すなわち、波力の伝達は、ある範囲内
では空隙率にはあまり関係なく、むしろ個々の空隙の大きさによって支配されるものであることが、前
の反射率の結果とも合せて確認できる。おそらく、*Reynolds*数にも関係すると考えられるが、現時点
では粒径の影響について明確にすることは困難である。



4) 最大同時波圧の合力

各断面について最大波圧合力 P を求め、波圧合力が被覆層厚によってどのように減少して行くかを
調べた。すなわち、各断面について波圧減衰率 $S = \frac{P_0 - P}{P_0} \times 100(\%)$ (P_0 は砂利層前面の波圧合力)を求
め、これと H/d の関係を求めた。 H/d を横軸にとったことは d を含ませることによって、空隙の大き
さを式中に含ませることが可能であると考えたからである。その結果は図-8に示す通りで、相当の
散らばりはあるが $S = \frac{(H/d)^n}{m + (H/d)^n}$ なる形の曲線上に分布するような傾向が認められる。この分布に適合す
る係数 m, n を求めると、 $m \approx 31.6$ 、 $n \approx 1.5$ で、図-8に示す曲線はほぼ実験の平均的な傾向を示し
ていると見なすことができる。

4. 考察と問題点

以上の実験結果と前回の報告を併せて、以下のような結論が得られる。

- (a) 波形勾配の大きい程、反射率は大きく、従って透過層内を伝達する波圧強度は小さくなる。波形勾配
の増大に伴って波圧強度は指数関数的に減少する。
- (b) 砂利の粒径の大きい方が反射率は小さく、従っ
て透過層内に伝達する波力は大きくなる。この実験ではあまり空隙率の変わらない2種類を用いた結
果であるが、波力の減衰如何は空隙率よりも、むしろ空隙の大きさに支配される。
- (c) 透過層についで
も水深の大きくなる程、反射率は増大し、重複波的な要素を増す。
- (d) 透過層表面に砕波その他の擾乱によ
て生ずる波圧強度の変動は層厚の増大に伴って減少し、静的な圧力に転化する。
- (e) 最大波圧強度は被
覆層の増大に伴って、指数関数的な減衰を示す。
- (f) 最大同時波圧合力も被覆層の増大に伴って減少
する。この傾向を明瞭にし、かつ数式を適合させるため、 H/d と減衰率の関係に統一したところ、平均
的な値として、 $S = \frac{(H/d)^{1.5}}{31.6 + (H/d)^{1.5}}$ を得た。なお波力が水平透過層内を伝達する時の減衰形態につ
いても実験中であり、また砕波形態の波力の伝達現象についても今後検討を進めて行くつもりである。