

捨石防波堤安定実験における Scale effects

大阪大学工学部 正員 橋本 亨
 大阪大学大学院 学生員 〇柳 青貴
 愛媛県庁 正員 大西明徳

1. まえがき: 捨石堤の安定性を検討するための水理模型実験を行う場合, その縮尺率がある限界で実験結果のずれが生じる。その限界はフルド相似則によつて縮尺した場合, 粘性の影響によつて左右されるものと思われる。すなわち捨石防波堤の場合, 被覆層外部の流速と内部の流速を同時力学的に相似しにくいし, またそれらは防波堤構造の特性によつて変化するであろう。このほか捨石の形状及び積み方のちがいによる影響などが考えられるがここではそれを一定として縮尺比の変化による上記の二つの部分の状況と安定性における変動を明らかにして縮尺効果を論じようとするものである。

2. 実験装置及び方法: 実験は二次元片面がガラス張りの水槽を使用し, 防波堤設置前の入射波と斜面上の状況及び破壊状況を同時測定するため水槽を隔壁板により二分割した。碎石被覆工($W_p=20t$)に対する4種類の模型($1/26, 1/60, 1/80, 1/40$, 法面勾配1:2, $\frac{W_{core}}{W_{cap}}=0.5$)を対象とした。入射波は規則波とし, 原型波周期 $8^{sec} \sim 25^{sec}$ の各波に対してそれぞれ波高を徐々に増大させて反射率及び波高を測定し, 破壊が生じるケースにおいては破壊の進行を観測しながら破壊が完全終了して安定になるまでの動いた石の百分率をもつて破壊率を算出した。破壊率はもっともはげしい破壊を起した波によつて Core 部まで破壊が進んだ時の動いた百分率との割合から求めた。なお破壊が生じる時の流れの場所的な特性及び最大流速はミニプロベラ流速計を用いて測定し, さらに水の比重とほぼ等しいポリウレタン($\phi=3^{mm}$)を投入, 破壊する石の動きと同時に 16^{mm} 高速撮影($50コマ/sec$)写真解析を行い破壊がおこなわれた時の流速を求め破壊との関係を調べた。これらの実験を上記4種類の各縮尺モデルに対してくりかえしその結果をもつて縮尺効果を論議していくこととする。

3. 実験結果及び考察: ①反射率: 図1に示したように反射率は入射波の Surf Similarity Parameter ξ によつて変化する。これによると縮尺 $1/60$ と $1/80$ の場合にはほとんどその差がないが $1/26$ 縮尺模型においてはかなり変化を見せて縮尺 $1/60$ と $1/26$ の間で縮尺効果が明瞭にあらわれてきている。これは透過性構造物斜面での反射率が斜面上の碎波による Energy 逸散及びコア部の透過性差異によつて影響されるものと推定すると $\xi < 2.5$ では斜面上の碎波によるものが卓越し, $2.5 < \xi < 4.0$ では徐々に碎波が弱められて捨石堤の透過性の影響が主となり大きくなって反射率が大きくなると考えられよう。また $\xi > 4.0$ では斜面上で碎波しなため反射率はますます堤体の透過性の影響があらわれてきているものと思われる。すなわち捨石斜面に対する反射率における縮尺効果

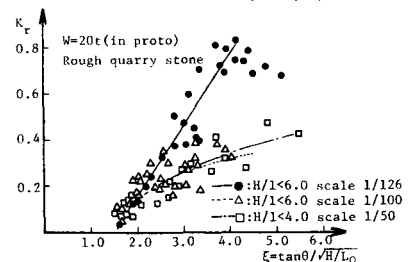


Fig.1. Reflection coefficient versus ξ

果は被覆工の粗度によるものよりも斜面上の破壊の有無及びそれにともなう内部の透過性の縮尺効果が大きく影響すると推定できる。

② Run-up と Run-down: Run-up, Run-down については図8のような結果がえられる。はらつきはあるがその最適曲線から見ると100及び50縮尺の場合に比して1/60縮尺模型において10%程度Run-upは高く、Run-downは小さくなっている。従来の研究によるとと上高について斜面上における波の粘性変化による影響は小さい事が報告されており、また透過部の流運は当然のことながら極めて低流運となることから本実験のようなかなりの透過性構造物において流況に関する縮尺効果は被覆工上の粘性よりも内部透過性においての粘性効果によるものが大きいと考えられる。

③ 安定性における縮尺効果: 破壊実験結果から初期破壊 ($D=0\%$) 及び破壊率15%の場合に対する縮尺効果を調べたのが図3である。図中の N_s は Stability Number であり Re は $Re = u \cdot l / \nu$ (u : 斜面平行方向流速, l : 石の代表径, ν : 動粘性係数) で示される Reynolds 数である。この図から破壊が進んだ $D=15\%$ の場合には縮尺効果はあらわれていないが $D=0\%$ の初期破壊時には明瞭に1/60の模型は N_s が小さくなり他の縮尺模型とは異なった N_s の値をとっている。またその時の Re 値は他の模型の斜面上の Reynolds 数よりも小さい。その原因として Reynolds 数の変化による捨石個体の抗力係数 (C_D) の増大がまず考えられるが反射率及び Run-up, Run-down においてもその影響がみられた Core 部の透過性変化による影響もまた加わっているであろう。そこで本実験で使った各縮尺模型の透水係数 K の変化を調べたのが図5であり、図5中の l は捨石の代表径、前と同様 u は斜面平行方向の流速を用いている。これによると $Re < 10^4$ では K は小さい値を示しこれによって内部浸透水の効果が大きくなってくるためであろう。

4. まとめ: 以上、本研究は従来無視されてきた透過性防波堤の縮尺効果を浸透水の粘性の効果という面から論議、縮尺効果のあらわれる限界 Reynolds 数が 10^4 となることを明らかにした。しかし、なお今後内部浸透水の水理構造をさらに追究し上記の粘性効果を明らかにしていきたい。

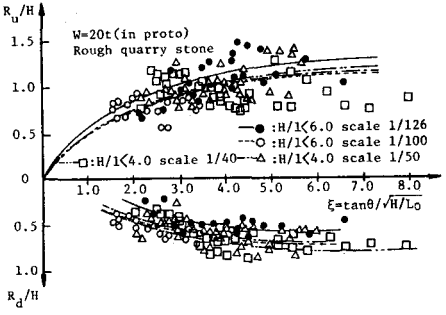


Fig.2. Relative run-up and run-down versus ξ

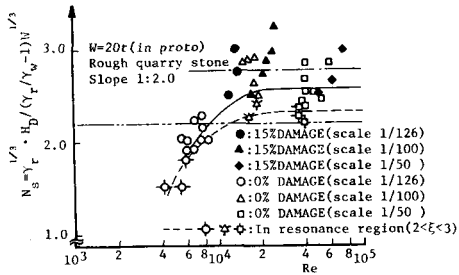


Fig.3. Stability scale effect

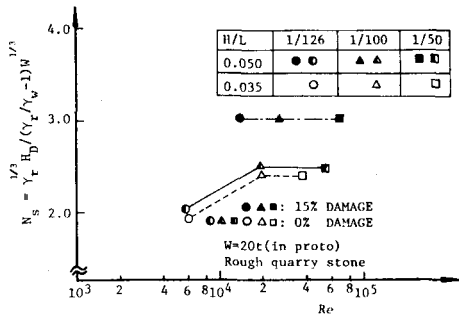


Fig.4. Stability scale effect on same wave steepness

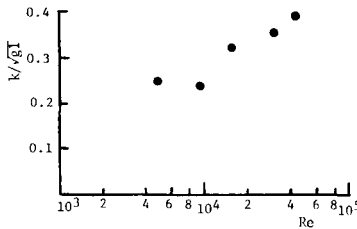


Fig.5. Permeability of core material