

緩傾斜護岸工法

その問題点と対策工法について

The gentle slope revetment method.

The trouble and a countermeasure method.

杉浦 国男

Kunio, Sugiura

Abstract

The present, a gentle slope revetment is construct at coast all over Japan. It is thinking that this revetment dissipate a wave energy at friction loss of a wave is slithering up it. But it is clearly that there is a trouble of higher wave run up the field observation compared with the hydraulic model test.

This thesis give a example and discusses the difference between the wave run up phenomem of the hydraulic model test and the field observation. A countermeasure method, this thesis propose the new type structure a gentle slope revetment.

Key words ; A gentle slope revetment, Wave run up, The hydraulic model test and the field observation. A countermeasure method.

1. はじめに

近年、全国各地の海岸で前法面を3～5割の緩勾配とした護岸が築造される事例が増加してきている。この工法は緩傾斜護岸工法と呼ばれ、従来の直立・傾斜護岸に比較して

- ① 緩傾斜面に波を遡上させることにより、そのエネルギーを減殺させるため、波の打ち上げ高が低くなる。
- ② 反射波の発生がほとんどなく護岸前面の侵食が少なくなる。
- ③ 親水性の高い沿岸域を創出することができる。

等々の利点があるとされている。しかし、この考え方のなかで①の部分については大きな問題があることに筆者は気づき一部指摘もしてきた。その要点は「緩傾斜護岸の現地での波の打ち上げ高は模型実験で予測したより大きくなり、同一天端高で設計・施工した場合、従来の直立護岸と消波工を組み合わせた工法に比べて越波量が多くなり、災害に対して有利な工法とは言えない場合がある。」というものである。

このため今回その実例を紹介し、その原因について述べると共にその対策として効果的な波浪制御効果を有する緩傾斜護岸用の消波型ブロックを提案する。

2. 緩傾斜護岸への波の打ち上げ高について

斜面上への波の打ち上げ高についてはSaville が広範な実験を行っている。図-1はその打ち上げ高 R 、沖波波高 H 、沖波波長 L 、法面勾配 $\cot\alpha$ などの関係についてSaville が示した図である。ただし h は構造物前面の水深で、その適用範囲は $1 < h/H_0 < 3$ となっている。この図によると通常の風波の波形勾配 $H_0/L_0 = 0.012 \sim 0.049$ では斜面勾配が1.5割で打ち上げ高が最大となり、3割以下の緩勾配では急速に打ち上げ高が低下することがわかる。

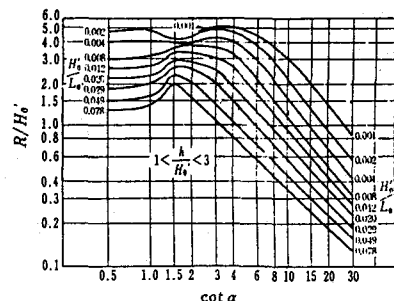


図-1 斜面上への波の打ち上げ高

正会員 香川県仲多度土地改良事務所 (〒765 善通寺市生野本町一丁目1番12号)

次に図-2³⁾は豊島が木製の模型縮尺1/30、前法面勾配1:5.0、海底勾配1/20の緩傾斜護岸への波の打ち上げ高の実験値と富山県下新川海岸赤川地先に施工された緩傾斜護岸への打ち上げ高の現地観測値を示したものである。

また図-3は現地施工の緩傾斜護岸の横断面を示し、写真-1～2は冬季風浪による図-3護岸への波の打ち上げ状況を現地で撮ったものである。

Savilleの示した図-1で、斜面勾配 $\cot\alpha=5$ について、図-2の模型実験値と比較してみると、波形勾配 $H_o/L_o=0.009\sim0.037$ の範囲において波の打ち上げ高 R/H_o は図-1が2.4～0.9を示しているのに対して図-2では2.6～0.9となっており、良く似た値を示している。ところが図-2の現地観測値を見ると R/H_o は3.6～1.3となっており、Savilleの示した図-1および図-2の実験値に対して R/H_o は40～50%程度大きな値を示している。この約5割という非常に大きな違いは

- ① 現地では15m前後の風が吹いており、実験室の無風状態に比べて大きな打ち上げ高となった。
 - ② 現地施工の張りブロックは20%弱の表面空隙があるものの斜面下部は石詰がなされ、表面粗度の効果が失われ滑面となっていること。
 - ③ 模型実験では粘性の影響があらわれ、打ち上げ高が現地観測値より過小となって測定されていることが考えられること。
- 等々がそのおもな原因であると筆者は考えている。

波の打ち上げ高 R/H_o

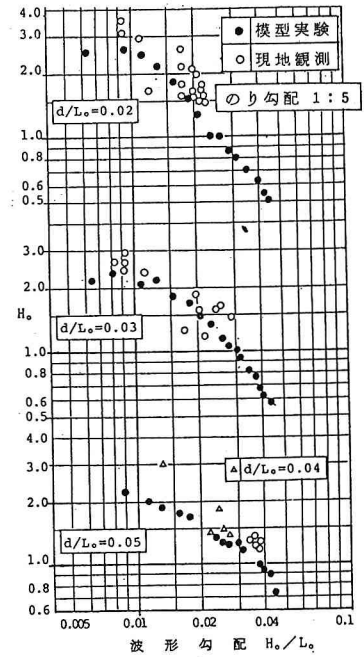


図-2 模型実験値と現地観測値との比較

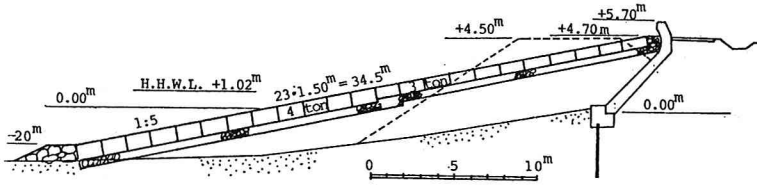


図-3 緩傾斜護岸横断面図(富山県下新川海岸赤川地先)



写真-1 緩傾斜護岸への打ち上げ状況(1)



写真-2 緩傾斜護岸への打ち上げ状況(2)

3. 山口県豊浦町本郷海岸の越波事例について

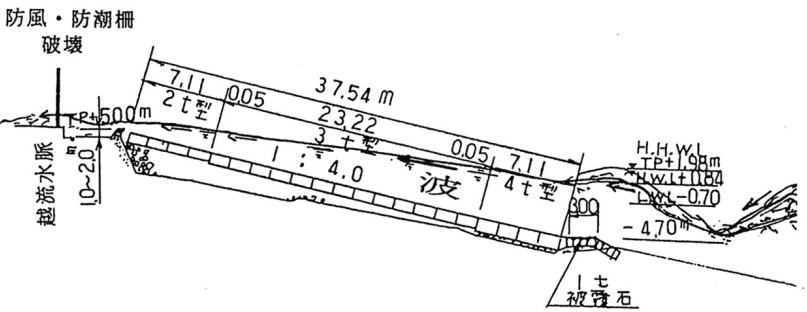
平成3年の台風19号は緩傾斜護岸工法に大きな試練を与えるものとなった。山口県豊浦町の日本海に面した本郷

海岸は従来の直立護岸と消波工を組み合わせた工法で築造されていたため、消波工が沈下するにつれ越波量が増大し、幾度となく背後の防風林を枯死させ農地にも越波被害を発生させていた。

このため、その対策工法として図－４の緩傾斜護岸工法を災害復旧の改良工法として採用し現地施工をしたものである。

この護岸天端高の算定は細井・石田の実験により作成された図に基づいてなされておりその設計諸元、算定・決定天端高は次の通りである。

- 設計潮位： $TP + 1.98\text{ m}$
- 主風向：WNW
- 沖波波高： $H_o = 5.06\text{ m}$
- 沖波波長： $L_o = 115.4\text{ m}$
- 沖波周期： $T_o = 8.60\text{ s}$
- 換算沖波波高： $H_o' = 5.67\text{ m}$
- 海底勾配：1：6～1：7、緩傾斜護岸の先端部水深： $h_o = 7.0\text{ m}$ 、法面勾配 1：4.0
- 緩傾斜護岸の算定天端高： $TP + 4.40\text{ m}$
- 緩傾斜護岸の決定天端高：既設護岸天端高に合わせ $TP + 5.00\text{ m}$ とする。

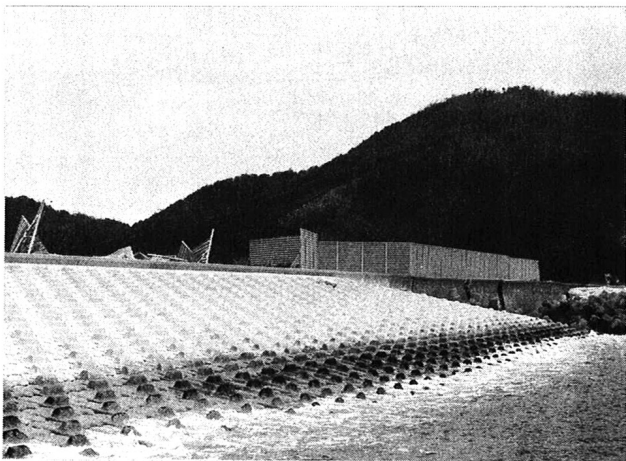


図－４ 緩傾斜護岸の断面と越波機構の説明図（山口県本郷海岸）

この緩傾斜護岸が台風１９号でどのような越波状況を示したかを述べてみよう。本郷海岸は法線が南北を走り、西方は日本海に面している。当時の気象・海象は台風１９号通過後のSW・W方向の風速 $19.6 \sim 22.5\text{ m/s}$ 以上の風と気圧降下（ 986 mb ）により、潮位は $TP + 0.5 \sim 1.0\text{ m}$ で沖波波高 $H_o = 4.5 \sim 5.0\text{ m}$ の波が護岸法線にほぼ直角に入射してきていたと推定される。この潮位、波高はいずれも設計潮位 $TP + 1.98\text{ m}$ 、設計沖波波高 $H_o = 5.06\text{ m}$ を下回るものである。

ところが現地では緩傾斜護岸上を多量の波が打ち上がり、背後の防風・防潮柵を完全に破壊し、保安林の流失、背後農地への塩害を発生させた。

この越波機構は図－４に示したようなものであったと推定される。すなわち設計段階で予測したより、現地の打ち上げ高ははるかに大きく護岸天端で越流水脈の厚さは $1.0 \sim 2.0\text{ m}$ におよび、これが 10 m/s 前後の高速で防風・防潮柵に激突し、基礎もろとも破壊したものと推定される。このことは現在の実験的研究成果に基づく緩傾斜護岸の天端高の算定方法は非常に問題があることを実証したものである。



写真－３ 緩傾斜護岸背後の被災状況（１）



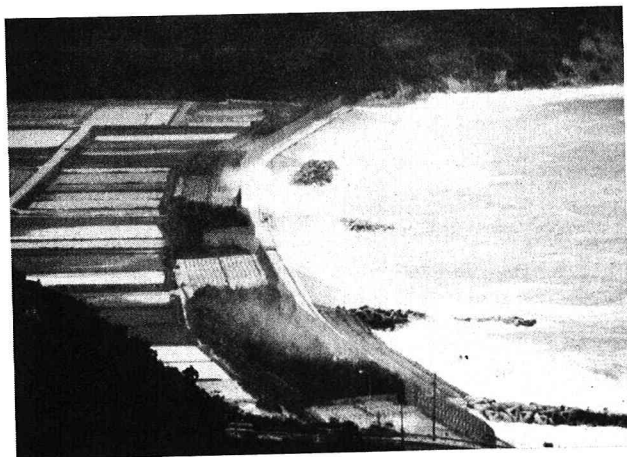
写真－４ 緩傾斜護岸背後の被災状況（２）

写真－３～４は護岸背後の防風・防潮柵が完全に破壊した状況を示している。この写真が現地の越波状況が設計段階で予測したよりはるかに大きかったことを雄弁に物語っている。

次に写真－５～６は平成５年６月の風浪による本郷海岸の越波状況である。写真－５では緩傾斜護岸への波の打ち上げ高が大きく、一部では護岸背後の防護柵を越え、小水塊・海水飛沫が農地内へ２０～３０ｍ程度侵入している。

これに対して写真中上部に直立護岸と遊水部付消波工を組み合わせた構造のところがある。この消波工は通常の消波工より天端高が低く横断幅が広いため、効果的な波浪制御効果を発揮しており越波はまったくない。また写真下部の直立護岸とこれに接続した消波工を設置した構造のところも越波が少なく背後の防潮林は順調に成育している。

以上のことから緩傾斜護岸は実験で予測したほどの効果がなく、また従来型の直立護岸＋消波工形式に比較して越波防止に必ずしも有利な工法とはいえないことがわかる。



写真－５ 本郷海岸の状況 その１ (H5. 6. 3)



写真－６ 本郷海岸の状況 その２ (H5. 6. 3)

４． 緩傾斜護岸用の消波型ブロックの開発

前述したように緩傾斜護岸は実験で予測した以上の打ち上げ高を示し、期待した効果が上がっていない。この原因としては

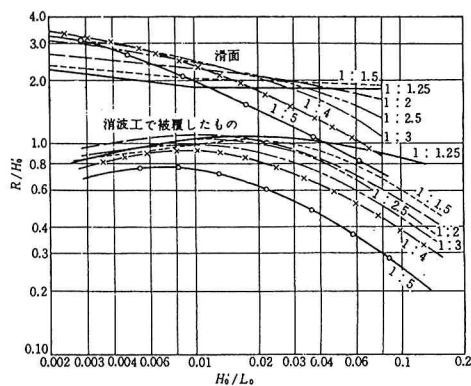
- ① 風の吹き上げ効果による打ち上げ高の増大があること。
- ② 緩傾斜護岸に使用されている張りブロックは表面粗度が小さく、また波を消波吸収する空隙が少ないこと。等々が考えられる。

図－５²⁾は滑面と石積み斜面の打ち上げ高についてSavilleが１９６０年に行った実験である。

この実験によると波形勾配 $H_0/L_0 = 0.09 \sim 0.037$ の範囲で法面勾配 $1:4.0 \sim 5.0$ の滑面と石積み斜面を比較してみると石積み斜面の打ち上げ高は滑面の４０～５０％以下となり、表面粗度の大きなことがいかに打ち上げ高の低減に有効であることを示している。

以上のことから、緩傾斜護岸への波の打ち上げ高を減ずるためには ①、表面粗度を大きくし、②、波吸収容量を増大する。消波型のブロックが必要となる。筆者はこの考え方に基づき効果的な波浪制御効果を有する緩傾斜護岸用の図－６¹⁾のブロックを考案した。

図－６のブロックは立方体を基本とし、中間部に空洞をつけレール型に成型している。この空洞はブロック表面の小突起で減速され、重力の作用で落下した水塊を一時貯留するためのものである。また図－７は表面開口部、高さを大きくし、波を面的な張りブロックに比較して非常に多量に消波吸収できる構造としている。そして多量に吸収された波は側面開口部から流失し、海側へ戻るのである。底面は開口部を設けていないため、多量に消波吸収された水塊が海側へ戻るときに底版上部を流れ下部に浸透することが



図－５ 表面の打ち上げ高に及ぼす効果

ない。このため、吸い出しによる基礎破壊はなくブロック基礎は碎石等を30～50cm程度、敷き設するなどの簡単なものでよい。

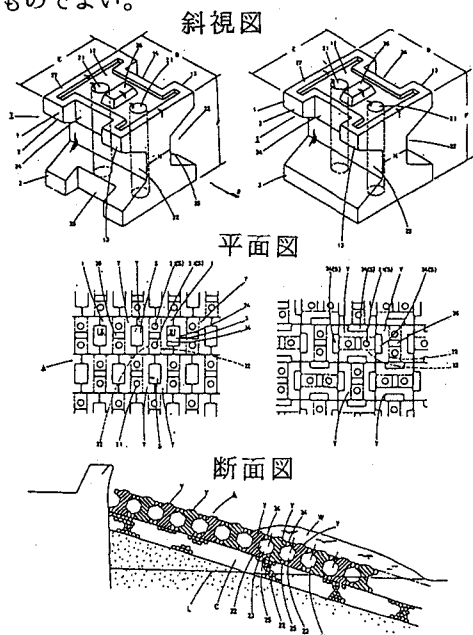


図-6 緩傾斜護岸用の消波型ブロック (1)

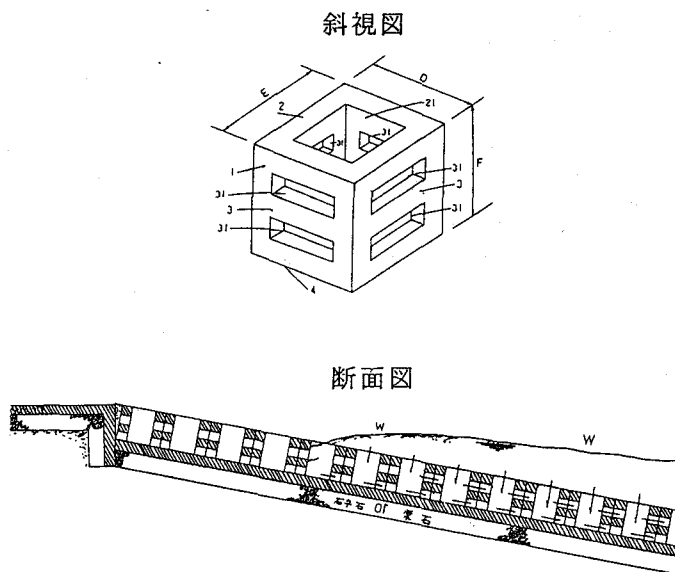


図-7 緩傾斜護岸用の消波型ブロック (2)

図-6～7の立体的なブロックの波エネルギー減殺の考え方は現在、緩傾斜護岸築造に使用されている面的な張りブロックが「波浪エネルギーを位置エネルギーに変換する過程で摩擦損失によるエネルギー減殺を主体としている。」のに対して「波浪エネルギーを位置エネルギーに変換し、重力により水塊を下方に落下・吸収させ、エネルギー損失を図る。」という考え方に基づいている。

図-6～7の立体的なブロックは面的な張りブロックに比べ

- ① 表面粗度が大きく
- ② 波の吸収容量が著しく増大している。
- ③ 水中では魚等の海生生物の棲家にもなり、生体系に優しい工法となる。

等々の特徴があるため、このブロックを使用して緩傾斜護岸を築造すれば図-5の石積み斜面が滑面に対して著しい波の打ち上げ高の低減を示したのと同様の効果を期待することができ、また環境面にも良好な構造物となろう。

5. おわりに

現在、全国各地の海岸で前法面を3割以下の緩勾配とした緩傾斜護岸が多く築造されるようになってきた。そしてこの設計は模型実験およびそれによって作成された指針に基づいて行われている。ところがこの設計手法は今回述べたように現地にあまり適合しているとは思えない。

このため、現在適用されている設計手法が一般化すれば実験的研究成果として作成された消波工の築造基準の指針が現地の消波機構を適確に表現しておらず効果的な波浪制御効果が得られていない構造物を全国各地の海岸に築造したのと同様な失敗を再び繰り返すことになる。

参 考 文 献

- 1) 橋田・小川・窪田・杉浦・香西：第43回農業土木学会中国・四国支部講演会 p p 167～169 1988
- 2) 久宝雅史・竹沢三雄：海岸工学要論 1986
- 3) 豊島 修：第34回海岸工学講演会論文集 p p 447～451 1987