

緩傾斜護岸工法

豊島 修*

1. まえがき

近年全国的に海岸侵食の傾向が強まり、従来の砂浜上に設置された海岸堤防や護岸が、急激な前浜の消失や汀線の後退によって被災する事例が少なくない。このため筆者は数年前から「緩傾斜のり面被覆工法」を提唱して来たが、その後この工法は全国的に採用され始め、従来の直立型場所打ちコンクリート護岸に代ってブロック被覆護岸が急増し、のり面勾配も3割以上の緩勾配の施工例が年々倍増しつつある。これは、多少のり長が長くなっても、前浜の維持やシブキの減少など緩勾配によるメリットが現地関係者の間に次第に評価されて来たためと考えられる。しかし、施工例が増加する中で新たな問題点も顕在化して来た。

のり勾配を緩にすると、どうしてものり尻が前面に大きく突き出て海面下に突込むケースが多くなり、波のうち上げ高が大きくなることが予想される。

いま一つは、従来の直立型場所打ちコンクリート護岸の前浜が洗掘されて多くの消波ブロックが投入されている海岸では、大量の越波は免れてはいるものの時化時のシブキに悩まされるとともに環境面からの不満の声も少なくない。

これらに対する解決策の一つとして、筆者はかねてから、のり尻が水面下になるような海岸堤防や護岸の表のりは、思い切って5～6割の緩勾配のブロック被覆工法にしては如何かと考えて来た。その理由は、図-1（サビールの実験結果¹⁾を筆者が整理したもの）に見られるように、堤脚水深が大きくなると2割や3～4割勾配ののり面への波うち上げ高が非常に大きくなるのに対して、5～6割へのうち上げ高はあまり大きくなり、非常に有利であることが判っていたからである。

たまたま、建設省北陸地方建設局黒部工事事務所では直轄下新川海岸の朝日町赤川地先において、船揚場を兼ねた緩傾斜護岸を設置することになったので、筆者は5～6割勾配ののり面への波うち上げ高の水理模型実験を実施し、現地での緩傾斜堤への波うち上げ高観測値と比較してみることにした。

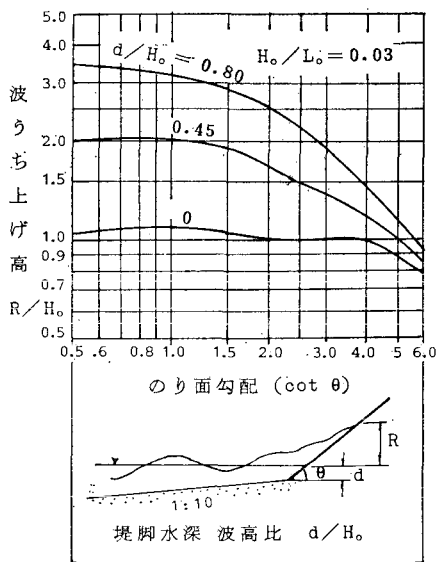


図-1 のり面勾配と波うち上げ高（サビールによる）

2. 緩傾斜のり面への波うち上げ高模型実験

従来の波うち上げ高に関する模型実験は、堤防のり勾配が3割までで、筆者が今後大いに推進したいと考えている5～6割勾配に適用できるものは殆んどないので、東海大学海洋学部においてこれらの実験を実施した。

実験概要は下のとおりである。

実験水路 長さ 52 m, 幅 1 m, 高さ 1.5 m, 鋼製
波機 変形フラップ型, 30 kW, 規則波
海底模型 木製, 勾配 1/20
堤防模型 木製, のり勾配, 2, 4, 5, 6 割の4種
実験水深 70 cm
実験波 波高 1～21 cm

周期 1.3 秒, 1.5 秒, 1.8 秒の3種

波うち上げ高は、9波目から13波目までの5波を目視で読み取り、その平均値を計算した。

実験結果を図-2に示す。

堤防のり勾配4割及び堤脚水深0の場合に関する実験結果は本稿の主旨との関係から割愛した。また、比較の

* 正会員 工博 東海大学教授 海洋学部海洋土木工学科

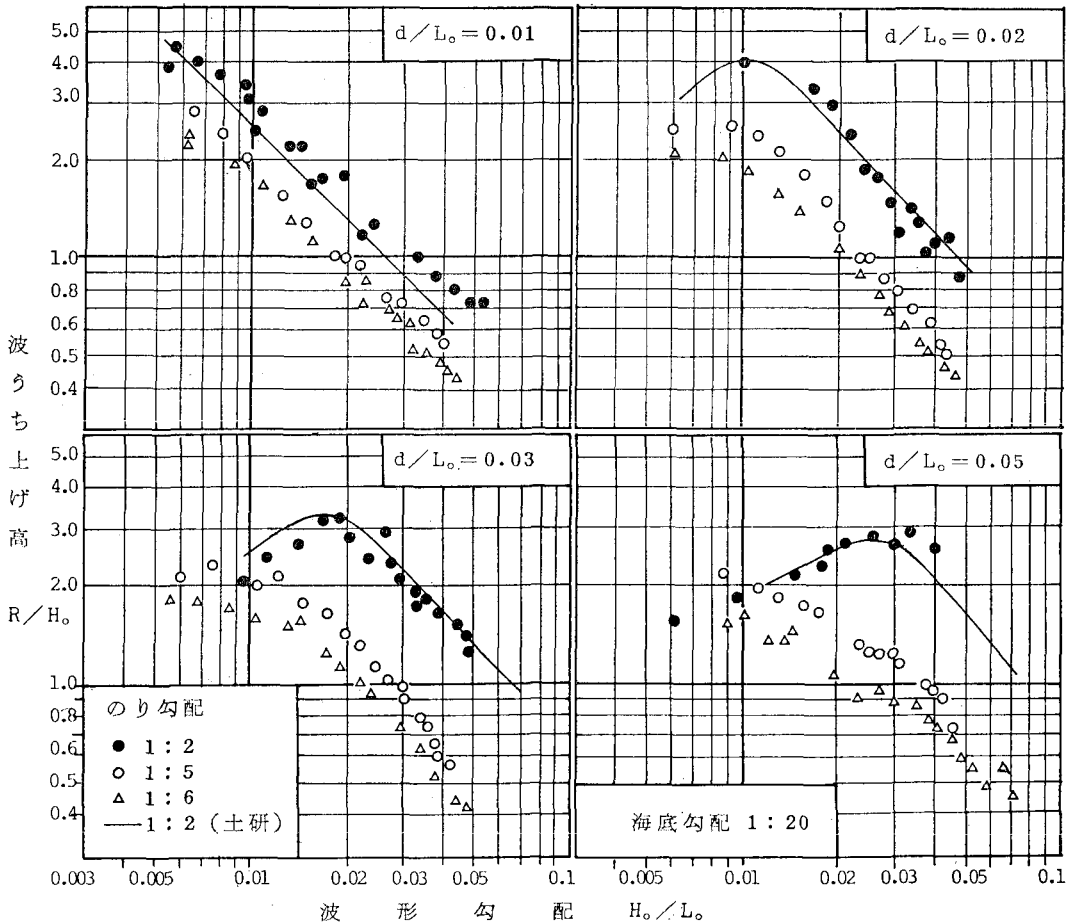


図-2 緩傾斜のり面への波うち上げ高模型実験結果

意味で2割勾配の実験結果及び土研²⁾の実験結果を参考のため記入してある。

これによって、次のような点が明らかになった。

- i) 2割勾配に比べると、5割及び6割勾配への波うち上げ高はかなり小さく、緩傾斜の効果は歴然としている。
- ii) 比水深 d/L_0 が大きくなる程、うち上げ高ののり勾配による差が大きくなる。このことから、堤脚水深が大きくなる程緩傾斜護岸の有利性が顕著になる。
- iii) 2割勾配では比水深が大きくなるとピークが現われ、次第に波形勾配の大きい方へ移っているが、5～6割勾配の場合は明確なピークの形が見られない。
- iv) 2割勾配の実験値は土研の実験結果とおおむね一致している。

本実験のついでに、のり面被覆用コンクリートブロックの安定についての検討を行なった。模型は5割勾配の堤防模型の上に裏込栗石相当の小砂利を敷き、その上に模型縮尺 1/30 相当のモルタルブロック模型を敷き並べ

て補覆層とし、のり尻部にはこのブロック被覆層の厚さを一辺とし他の一辺が5割勾配となるような直角三角形断面の木製枕木を海底に固定した。

現地では、この木製枕木に相当する部分に捨石根固工が設置されていて、両者の条件は大きく異なるので、のり尻部の安定については模型実験結果で云々することは適当ではないが、のり面上のブロック被覆層については移動やのり崩れなどは見られず、最大級のうち上げ高を示す高波を当てても、ブロックは十分安定であった。

しかし、緩傾斜護岸の最大の問題点はこののり尻部の安定性とその工法如何にかかっていると思われるので、今後も実験方法をさらに検討する必要がある。

3. 波うち上げ高現地観測

3.1 緩傾斜護岸設置位置

緩傾斜護岸が設置されたのは、富山県下新川海岸の朝日町赤川地先(図-3)で、海岸線はほぼ北向きである。また、当海岸の波高計は図中に示すように田中観測所沖

合約 500 m の位置にあって、波高計設置の海底は -15 m、波高計の標高は -14 m となっている。

田中観測所と赤川地先との距離は約 5 km である。波高計位置での波と、赤川地先前面沖合での波は当然異なることが予想されるが、今回の場合、対応する波のうち上げ高の観測値の精度等の関係を検討した結果、一応そのままの値を用いることとした。

緩傾斜護岸の設置位置周辺は図-4に示してある。在来護岸の前面消波工を取り除いて緩傾斜護岸を2年にわたって施工するもので、今回の観測は東半分の61年度竣功分40 mの部分について実施されたものである。緩傾斜護岸ののり尻位置は既設の離岸堤の開口部に担当し、この開口部の正面には副離岸堤が計画されていて、これも今回は61年分40 mの部分が完成している。しかし、今回の調査期間中に来襲した高波はすべてN又はNNWであるので、本件の関係位置からみて、波の大部分は斜めやや左前方から来襲したことになり、離岸堤のしゃへい域となったケースは殆んどないと考えてよいと思われる。これについては、現地観測時間中フルタイムで撮影されたビデオの画面からも確認出来ている。

3.2 緩傾斜護岸の構造断面

図-5に構造断面を示す。のり尻には30~200 kgの捨石を置き、のり勾配は5割、のり面被覆ブロックの下側半分12個は厚さ1 mの4トン、上側半分は75 cmの3トンブロックで被覆、ブロックの下には厚さ50 cmの栗石層(150~250 mm)、その下に50 mm以下の碎石層20 cmが敷いてある。

在来の消波ブロックは取除いた後、緩傾斜護岸本体の両サイドの小口止に流用してある。

堤体盛土用土砂は、付近海域の砂利混り砂の掘削流用材を利用した。細粒分は含まれないので、吸い出しに対してはやや有利と考えられる。

在来護岸の波返天端高 +5.70 m に対して緩傾斜護岸

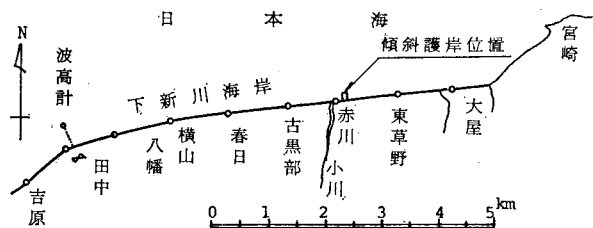


図-3 緩傾斜護岸設置箇所

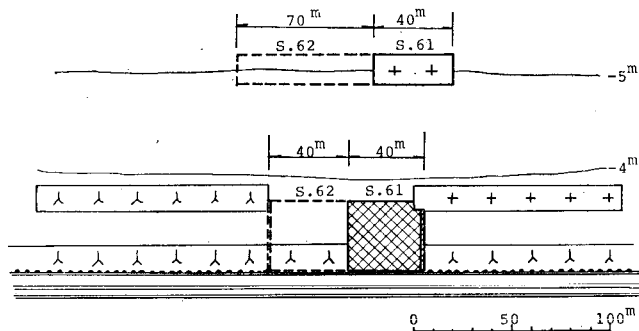


図-4 緩傾斜護岸設置位置平面図

の天端高は +4.70 m と 1 m 低くしてある。護岸完成後は波返工を除去して天端高 +4.70 m の上を船揚場として利用することを検討している。+4.70 m では波のはい上がりによる越波が当然予想されるが、越波水は背後の大容量の排水路に落して処理する計画になっている。

3.3 沖波と波うち上げ高

現地における波うち上げ高観測は、昭和61年11月15日から昭和62年2月27日までの間に都合10回実施されているが、このうち、波うち上げ高が3 m 未満で最大沖波波高が2 m 以下のものは省略し、合計8回分について整理し、とりまとめた。

波うち上げ高の観測は、午前10時から午後3時までの毎正時前後10分間づつ、合計20分×6回/日について実施されており、この間のうち上げ波の全波数について、現地でビデオ撮影によって観測されている。

うち上げ高の測定は、護岸のり面に0.50 m 毎にマー

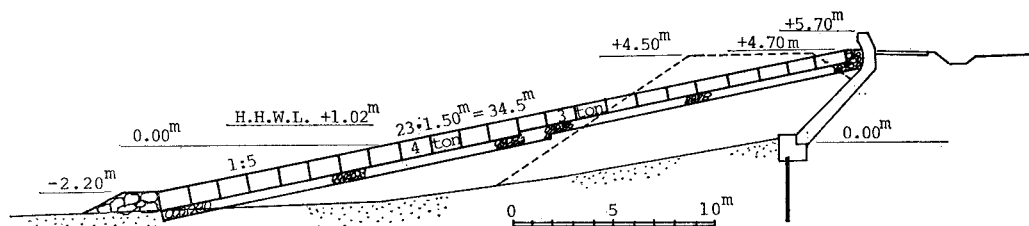


図-5 緩傾斜護岸構造断面図

キングを行ない、ビデオ映像から読み取り整理してある。

田中観測所の波高記録は、毎正時毎20分についてすべて記録し、 H_{max} , $H_{1/10}$, $H_{1/3}$, H_{mean} のそれぞれの値が計算され、波向きも同時に記録されている。

この波うち上げ高実測値と沖波波高との関係から、波うち上げ高 R/H_0 を算出しようとしたところ、両者の波数・周期に大きな差があることが判明した。毎回20分間の観測におけるうち上げ波の波数は70~120程度で、周期に換算すると10~17秒程度となるのに対し、沖波の方は、毎20分に対して150~260波で、周期換算すると5~8秒という値となる。このため、単純にそれぞれの記録から1/3最大波と1/3うち上げ高を計算したのでは有意義な関係は求められないと思われた。

いろいろ検討の末、沖波波高としては $H_{1/10}$ の値をとる。この波数が15~26となる。うち上げ高の記録からも上位からこの各正時毎の $H_{1/10}$ の波数と同じ波数を取り、そのうち上げ高の平均値を計算する。この両者によって R/H_0 を求めることとした。従って、前に述べたように、田中観測所波高計位置での波高と傾斜護岸の前面沖合での波高との関係や、傾斜護岸前面の離岸堤の影響も無視し、単純に $H_{1/10}$ とこれと同じ波数のうち上げ高の平均値とを対照させて比較してみることにした。

うち上げ波の中には現波返天端を越えるものもかなりあったので、ビデオを再生し、越波時の水量や、はい上がり波の速度、あるいははい上がり水塊の傾斜護岸総幅に対する割合なども考慮に入れ、護岸のり面を無限高と考えた場合の想定うち上げ高を、実測値として平均値を求めた。なお、うち上げ高は潮位を考慮してある。

3.4 模型実験値と現地観測値との比較

上に述べた方法で得られた現地観測による R/H_0 とそれぞれの時刻の波の周期及び潮位から求めた堤脚水深を用いて、 H_0/L_0 及び d/L_0 を計算し、先に図-2に示した実験値の中の勾配5割の値と比較してみたのが図-6である。

これによれば、一般的に現地観測値の方が大きい値を示してはいるが、現地観測の波形勾配も比水深もすべて四捨五入の値であることを考慮すると、両者は割合よく合っているといえるのではないと思われる。

うち上げ高のデーター処理や、沖波波高のとり方については、またいろいろと別の考え方や意見があると考えられるが、筆者が以前から予想し、期待していた緩傾斜護岸のメリットは十分発揮されていると思われる。このことは、うち上げ波記録のビデオの記録の中で、周辺部の既存の消波工への越波やシブキが、緩傾斜護岸に比べてかなり大きいことからうかがわれる。

表-1は、3.3で説明した沖波と波うち上げ高の計算値の中から、比較的に波高の大きいもの、うち上げ高の

大きいもの及び R/H_0 の値が大きいものを適宜抽出し、並べて示したものである。

波高やうち上げ高は比較的小さいのに R/H_0 の値が大きいものもあれば、波高がかなり大きいと思われるものの中に予想外に R/H_0 の値の小さいものもある。

これらの点については、データー処理の方法からみてある程度予想されることで、止むを得ないと思われる。ただ、これを一覧していえることは、波高の大きいものでも R/H_0 の値はそれ程大きくなく、この点からみて、先に述べた緩傾斜護岸の効用がある程推測されるのではないと思われる。

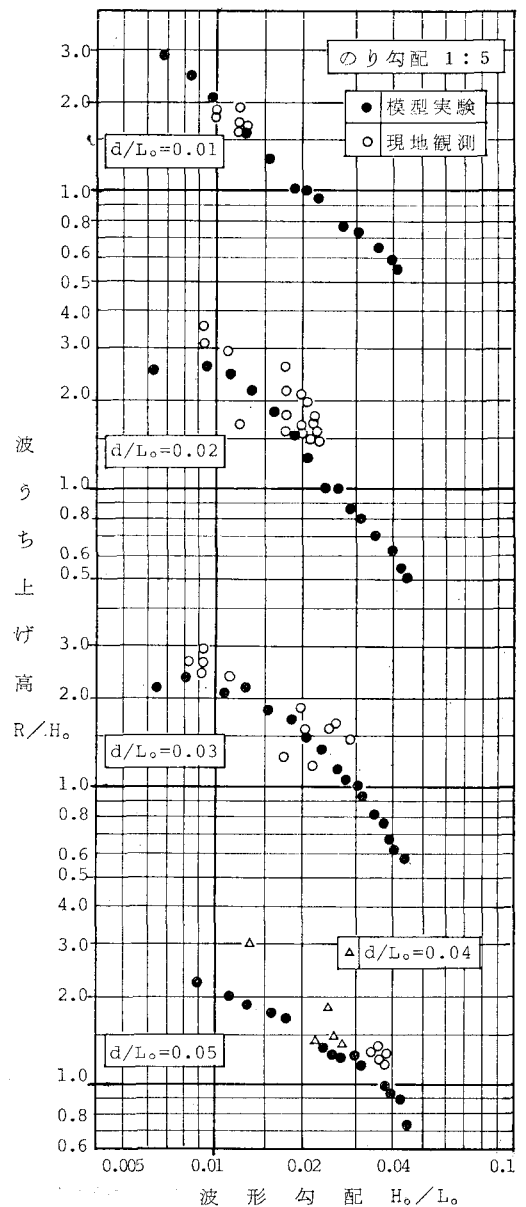


図-6 模型実験値と現地観測値の比較

表-1 現地観測波うち上げ高計算表

月 日	時	沖波数	うち上げ波数	対象波数	$H_1/10$ m	$T_1/10$ s	潮位 + m	うち上げ高 R m	波形勾配 H_0/L_0	比水深 d/L_0	うち上げ高 R/H_0
61年11月26日	14	223	108	22	2.25	8.6	0.31	3.49	0.020	0.030	1.55
11 27	14	199	99	20	1.32	9.5	0.15	4.68	0.009	0.024	3.55
12 15	12	218	131	22	2.73	6.9	0.30	3.48	0.037	0.047	1.27
12 20	11	159	92	16	3.66	9.2	0.26	5.29	0.028	0.026	1.44
"	13	164	95	16	3.45	10.2	0.23	5.12	0.021	0.021	1.48
"	14	147	99	15	3.70	10.3	0.23	5.42	0.022	0.021	1.46
62年1月14日	12	260	107	26	1.16	7.6	0.15	3.43	0.013	0.037	2.96
2 4	10	161	88	16	3.33	10.5	0.12	5.36	0.019	0.019	1.61
"	11	164	82	16	3.06	9.6	0.07	5.46	0.021	0.023	1.78
"	13	161	87	16	2.59	9.4	0.13	5.42	0.019	0.023	2.09
"	14	173	91	17	2.25	9.3	0.04	5.81	0.017	0.024	2.58
2 26	11	212	105	21	2.79	8.7	0.19	4.45	0.024	0.029	1.59
"	14	196	90	20	2.58	9.8	0.31	4.50	0.017	0.023	1.74
2 27	10	141	77	14	2.82	12.5	0.12	5.37	0.012	0.014	1.90
"	11	145	75	15	3.03	12.9	0.16	5.12	0.012	0.013	1.69
"	14	194	72	19	2.29	12.5	0.34	4.61	0.009	0.015	2.01

3.5 ブロックの安定

上記に示すような冬季風浪に見舞われたが、目下のところ、緩傾斜護岸構造について特段の異状は認められていない。

4. ま と め

この緩傾斜護岸は前面の堤脚水深が 3.6m 程度とかなり深く、荒天時には 4m あるいはそれ以上となっていることは容易に想像出来る。このような深い位置に、特段の消波工も根固工も設置せずに、いわば裸の護岸を新設してみて、思ったより低いうち上げ高と構造上の安定が一応認められたことになる。今回の工事は一つの試験堤ともいうべきもので、引きつづき前面に離岸堤を設置することによって、この傾斜護岸の構造上の安定とうち上げ高の減少が計画されているものと思われる。

たまたま離岸堤が未完成のために、前面における消波作用の助けを借りることなく、緩傾斜護岸が直接冬季風浪を受ける機会が与えられたことになった。

少々堤脚水深が深くても、消波工なしの海岸堤防や護

岸で対応出来るとすれば、シブキ対策のみならず、海岸環境の面からも、極めて有利な工法と考えられる。

今後は、さらにのり尻回りの構造上の安定について検討を進め、5～6割の緩傾斜堤のメリットが関係者に十分理解され、評価されて、単に侵食性海岸のみならず、高潮対策堤防を含め既存の堤防・護岸についても見直しが行なわれるよう期待するものである。

なお、現地での波うち上げ高がこのように大量かつ詳細に記録されたことは大きく評価すべきであり、関係者のご努力に讃辞を惜しまないものである。

謝辞：現地調査の記録を快く提供頂き資料整理に御協力を頂いた建設省黒部工務所調査課長吉村敏明氏並びに調査第二係長岩田茂和氏に厚く御礼申し上げる。

参 考 文 献

- 1) Saville, T. Jr.: Wave run-up on composit slopes, Proc. 6th Conf. on Coastal Eng., 1958
- 2) 豊島 修・首藤伸夫・橋本 宏：海岸堤防への波うち上げ高—海底勾配 1/20—, 第 12 回海岸工学講演会講演集, pp. 180~185, 1965.