

直立護岸に設置した越波対策工に関する検討

東北工業大学 学生員 ○細川 将
東北工業大学 正 員 高橋 敏彦

1. はじめに

これまでに 1/0.5、1/3、1/5 勾配の堤体に、越波対策工を設置した実験を行い報告を行ってきた。一方、堤防や護岸を直立堤とした場合については合田らの越波流量推定図表なども作成され種々検討されている。前報¹⁾では、越波防止対策として直立護岸の天端に越波対策工を設置し、対策工の大きさや設置位置及び波浪条件等との関係を検討した。そこで本研究は、前報¹⁾の実験データを基に、現在設計等で用いられている合田らの越波流量推定図表²⁾、高山らの越波流量算定フロー³⁾等と比較、検討することを目的とした。

2. 実験条件及び実験方法、検討方法

実験水路は長さ 20.0m、幅 0.6m、高さ 0.7m 両面ガラス張りの造波水路を使用している。水路の一端にはピストン型反射波吸収制御付き造波装置、他端には合板で 1/10 勾配の海底地形を作成し、その上に直立護岸を設置している。実験水路及び模型堤体概略図を図-1(a)、(b)に示す。堤体勾配は直立を用いている。図-1(c)は、急傾斜護岸の天端に設置する対策工の概略図である。表-1 に実験条件を示す。なお、対策工の設置位置、波浪条件等の詳細については前報¹⁾で説明しているため割愛する。検討方法については昨年度の実験データの越波流量 q 、無次元越波流量 $q/\sqrt{(2gH_o')^3}$ 等を再検討し、その値を用いて合田らの越波流量推定図表²⁾、高山らの越波流量算定フロー³⁾等と比較及び検討した。

3. 実験結果および考察

3-1. $q/\sqrt{(2gH_o')^3}$ と堤脚水深・沖波波高比 h_i/H_o' の関係の比較

図-2 は、対策工無しの実験値 ($H_o'/L_o \approx 0.040$) 及び主な既往の研究結果における $q/\sqrt{(2gH_o')^3}$ と h_i/H_o' の関係を図示したものである。ただし、 h_i/H_o' と相対護岸天端高 h_c/H_o' は同一である。合田らの値は越波流量推定図表²⁾ ($H_o'/L_o \approx 0.036$) より、高山らの値は越波流量算定フロー³⁾ より求めたものである。図より、対策工無しの値と合田らの値はほぼ同程度となっている。一方、対策工無しの値と高山らの値は、 $h_i/H_o' = 0.00 \sim 0.50$ までの $q/\sqrt{(2gH_o')^3}$ は対策工無しの値が幾分大きい値を示しているが、 $h_i/H_o' = 0.75 \sim 1.00$ までの $q/\sqrt{(2gH_o')^3}$ はほぼ同程度の値を示している。

3-2. 対策工設置による $q/\sqrt{(2gH_o')^3}$ と合田らの $q/\sqrt{(2gH_o')^3}$ の関係

図-3 は $q/\sqrt{(2gH_o')^3}$ と h_i/H_o' の関係を対策工①～③ (h_c/H_o' が異なる) と対策工①～③に対応する合田らの $q/\sqrt{(2gH_o')^3}$ を越波流量推定図表から読み取った値を示している。ただし、今回の h_c/H_o' は越波流量推定図表

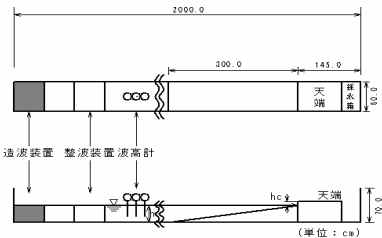


図-1(a) 実験水路概略図

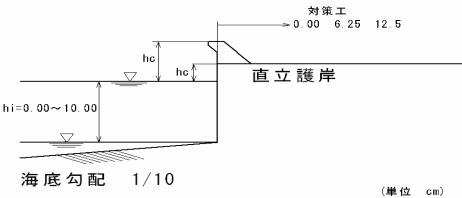


図-1(b) 模型堤体概略

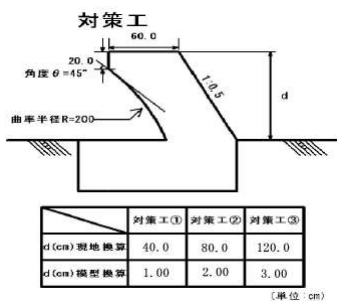


図-1(c) 対策工概略図

表-1 実験条件

勾配	実験名	対策工の種類	h_i (cm)	h_c (cm)	h/L_o	h_i/H_o'	h_c/H_o'	h_c/H_o'
直立	不規則波①	無し	0.00	15.00	30.00	0.00	0.00	1.50
		対策工①						
		対策工②						
		対策工③						
	不規則波②	無し	2.50	12.50	32.50	0.01	0.25	1.25
		対策工①						
		対策工②						
		対策工③						
	不規則波③	無し	5.00	10.00	35.00	0.02	0.50	1.00
		対策工①						
		対策工②						
		対策工③						
	不規則波④	無し	7.50	7.50	37.50	0.03	0.75	0.75
		対策工①						
		対策工②						
		対策工③						
	不規則波⑤	無し	10.00	5.00	40.00	0.04	1.00	0.50
		対策工①						
		対策工②						
		対策工③						

キーワード：不規則波，直立護岸，越波防止対策工，越波，相対水深

より内挿して求めている。図より、対策工①～③は現地換算 40cm、80cm、120cm と 40cm ずつ高くなっているため、合田らの越波流量推定図表より求めた値(破線)は、わずかずつ $q/\sqrt{(2gH_0'^3)}$ が減少している。実験値においては変動はあるが、図-2 の対策工無しに比べて $q/\sqrt{(2gH_0'^3)}$ は大きく減少しており、対策工①～③へと対策工が大きくなるにつれて、その減少量は大きくなっている。特に、 h_i/H_0' が 0.50～0.75 の範囲でその傾向が大きいようだ。実験値の $q/\sqrt{(2gH_0'^3)}$ が小さい値を示すのは、波返し工の形状による効果が大きいためであると思われる。

3-3. 合田らの $q/\sqrt{(2gH_0'^3)}$ を基準とした本実験値

図-4(a)、(b)は合田らの $q/\sqrt{(2gH_0'^3)}$ を基準として、対策工無し及び対策工①～③の $q/\sqrt{(2gH_0'^3)}$ の割合を示したものである。 h_i/H_0' と h_c/H_0' は同一で比較している。対策工が無い場合の図-4(a)の $h_i/H_0' = 0.25$ では、実験値は約 4 倍の値を示しているが、 $h_i/H_0' = 0.50 \sim 1.00$ ではほぼ 1 となっており、図-4(a)で示しているように同程度となっている。図-4(b)では、対策工①～③(現地換算 40.0cm、80.0cm、120.0cm)をのり肩 0.00cm に設置した場合と、合田らの $q/\sqrt{(2gH_0'^3)}$ の割合を示したものである。

$h_i/H_0' = 0.25$ では 0.60～1.00 程度の割合が認められるが、他の h_i/H_0' のほとんどのケースでは 0.50 以下を示している。特に越波流量の多い $h_i/H_0' = 1.00$ において対策工を設置したケースではその割合が 0.50 程度と小さい値を示している。これは、合田らの直立護岸に対して図-1(c)に示した対策工の形状により波をよく返すためと思われる。

3-4. h_i/H_0' の増加に伴う $q/\sqrt{(2gH_0'^3)}$

ここでは、海面上昇や洗掘等によって堤脚水深が増加した場合について検討を行った。図-5 は、 h_i/H_0' の増加に伴う $q/\sqrt{(2gH_0'^3)}$ の割合を図に表したものである。図には、対策工なしの値及びそれに対応する合田らの越波流量推定図表から読み取った値を併記している。図より、 h_i/H_0' が増加した場合、全体的に合田らの増加割合より本実験値の方が小さい値を示している。また、 h_i/H_0' が 0.25 から 0.50 へ増加した場合は、合田らの値が約 35 倍と大きく増加することが認められる。 h_i/H_0' が 0.50 から 0.75 及び 0.75 から 1.00 に増加した場合については、本実験値及び合田らの値共に約 4 倍前後の値となっている。割合は、他のケースに比べて小さい値となっているが、 $h_i/H_0' = 0.50$ から 0.75 及び 0.75 から 1.00 の $q/\sqrt{(2gH_0'^3)}$ は比較的大きいので注意が必要であると思われる。

4. おわりに

直立護岸の越波防止対策として、天端に今回提案した越波防止対策工を設置することで、大幅に越波流量 q が減少することが明らかになった。このことから、越波防止対策工の効果が高いことがわかった。

<参考文献>

- 植松ら: 直立護岸に設置した越波対策工に関する実験, 平成 21 年度土木学会東北支部概要, ' 2010
- 合田ら: 不規則波による防波護岸の越波流量に関する実験的研究, 港湾技術研究所報告, 第 14 巻, 第 4 号, pp3～44, 1975
- 高山ら: 各種消波工による越波流量の減少効果, 港湾研究所報告, 第 21 巻, 第 2 号(1982, 6)

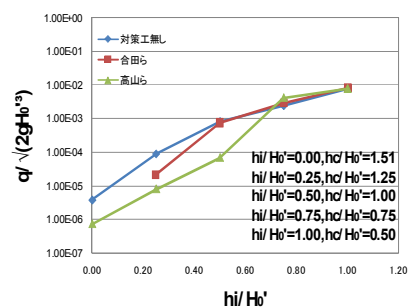


図-2 h_i/H_0' と $q/\sqrt{(2gH_0'^3)}$ の関係

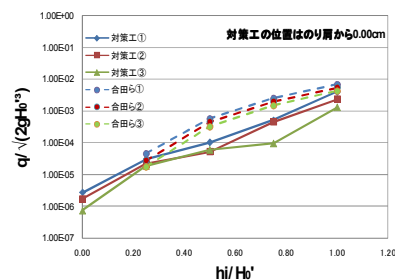


図-3 h_i/H_0' と $q/\sqrt{(2gH_0'^3)}$ の関係

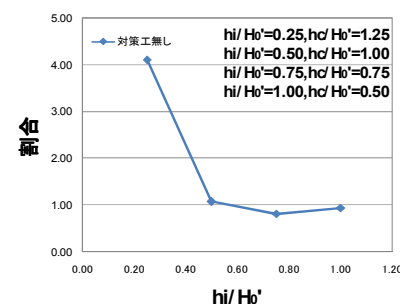


図-4(a) h_i/H_0' と割合の関係

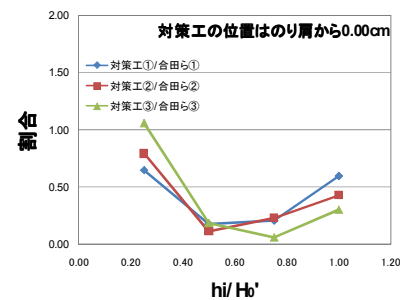


図-4(b) h_i/H_0' と割合の関係

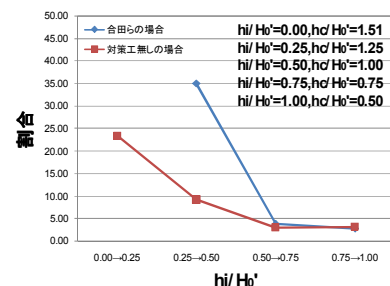


図-5 h_i/H_0' の増加に伴う $q/\sqrt{(2gH_0'^3)}$