

直立および傾斜護岸への越波に関する検討

東北工業大学 学生員○齊藤和哉
東北工業大学 正 員 高橋敏彦

1. はじめに

親水性護岸(斜面勾配 1/3~1/5)は、親水性や景観面も考慮した工法として、近年多く築造されてきた。しかし、越波被害の実態に関する全国調査¹⁾によると、直立護岸を親水性護岸にしたことにより、越波被害が増大したため、親水性護岸の越波対策の必要性を指摘している。また、間瀬ら²⁾によると傾斜護岸の中で現場に多く築造されている急傾斜護岸は 1/0.5 勾配であると報告している。これらのことにより著者らは 1/0.5, 1/3, 1/5 勾配の傾斜護岸に対する越波や越波防止対策の実験を行い報告^{3~5)}してきた。本研究は、直立護岸を追加し直立護岸および傾斜護岸の越波や越波防止に関する検討を行うことを目的とした。

2. 実験条件及び実験方法

各実験条件は以下の通りである。実験水路は長さ 20.0m、幅 0.6m、高さ 0.7m の両面ガラス張りの造波水路を使用した。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、その上に傾斜護岸や直立護岸を設置した。実験水路及び模型堤体概略図を図-1(a)、(b)に示す。堤体は 1/0.5, 1/3, 1/5 勾配および直立を用いている。図-1(c)は各護岸の天端に設置する対策工の概略図である。対策工の種類は 3 種類である。なお、堤脚水深は 5 種類である。波浪条件として、 $T \approx 1.26s$ 、波高 $H \approx 9.15cm$ とした。越波量、越波率は、 $h_i/H_0' \approx 0.00 \sim 0.75$ は 100 波の波数で実験を行い、 $h_i/H_0' \approx 1.00$ は越波量が増える為に水深に変動が起きてしまうため 50 波の波数で行った。それぞれ同一条件で 3 回実験を行いその平均値を用いた。模型縮尺は、 $S=1/40$ とした。表-1 に実験条件を示す。

3. 実験結果および考察

3-1. 堤体勾配別反射率 K_r

図-2 は、反射率 K_r と堤脚水深・沖波波高比 h_i/H_0' の関係を対策工無しで堤体勾配をパラメータとして図示したものである。図より、最も K_r が高い値を示しているのは、直立及び 1/0.5 勾配で 20~60% とほぼ同じ値である。次に 1/3 勾配の 20~30% で h_i/H_0' が 0.5 以上では約 30% の一定値となっている。一方、1/5 勾配では h_i/H_0' に関わりなく約 20% とほぼ一定値を示しており、全体的に勾配の急な順に高い値を示している。また、直立と急勾配の 1/0.5 勾配をみると h_i/H_0' が大きくなるにつれて K_r も大きくなっていく傾向が認められるが、緩勾配の 1/3 勾配で $h_i/H_0' \approx 0.5$ 以上、1/5 勾配では $h_i/H_0' \approx 0.25$ 以上でほぼ一定値となっている。

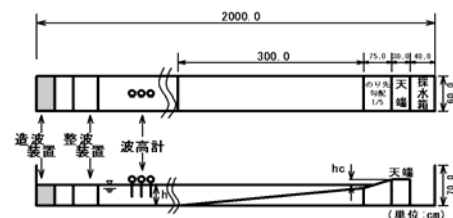


図-1(a) 実験水路概略図

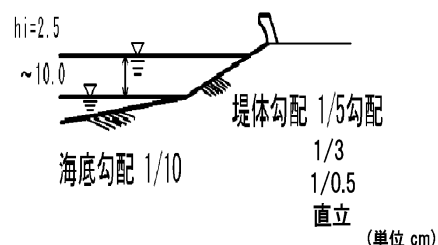


図-1(b) 模型堤体概略図

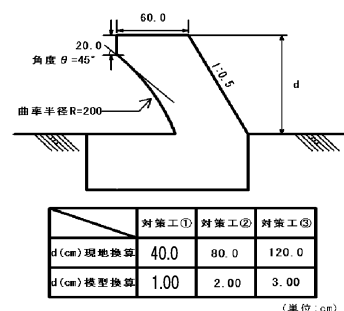


図-1(c) 対策工概略図

表-1 実験条件

勾配	対策工	$h_i(cm)$	$h_o(cm)$	$h(cm)$	h_i/L_0	h_i/H_0'
1/3	無	0	12.5	30	0	0
	対策工①②③					
1/5	無	2.5			0.01	0.25
	対策工①②③	10.0	32.5			
1/0.5	無	5.0			0.02	0.50
	対策工①②③	7.5	35.0		0.03	0.75
鉛直	無					
	対策工①②③	10.0	5.0	40.0	0.04	1.00

キーワード：不規則波，直立護岸，傾斜護岸，越波防止対策工，越波，相対水深，実験

〒982-8577 仙台市太白区八木山香澄町 35-1 東北工業大学 工学科 建設システム工学科 TEL：022-305-3539 FAX：022-305-3501

3-2.堤体勾配別越波率 r_0

図-3 は、対策工なしの場合の r_0 の各勾配をパラメータとして示した 1 例である。図より、各勾配共 hi/H_0' が大きくなるにつれて r_0 が大きくなっており大きい順に 1/0.5, 直立, 1/3, 1/5 勾配となっている。1/0.5 勾配では約 50~90%、直立護岸で約 25~95%、1/3 勾配で約 17~90%、1/5 勾配で約 10~86% となっている。ただし、1/3、1/5 勾配では $hi/H_0' = 0.0$ で越波は発生していない。また、 $hi/H_0' \div 1.0$ では各勾配共約 90% の r_0 の値を示し、ほぼ同程度の値を示している。1/0.5 勾配や直立護岸の r_0 が大きいのは、入射波が堤体に衝突した時に飛沫が越波したり、図-2 で示した通り、 K_r が大きいと反射波と入射波が堤体前面で衝突した場合にも前述の現象が発生するためと思われる。

3-3.勾配別越波流量 q と無次元越波流量 $q/\sqrt{2gH_0'^3}$

図-4 は、各勾配の単位幅・単位時間当たりの越波流量 q と hi/H_0' の関係を図示したものである。図より、 hi/H_0' が大きくなるにつれて q は大きくなっていく傾向にある。勾配別では、1/3 勾配が最も q が多く、次に直立及び 1/5 勾配がほぼ同程度で、最も少ないのが 1/0.5 勾配となっている。図-5 は、 hi/L_0 と $q/\sqrt{2gH_0'^3}$ の関係を図に示したものである。図中には、合田ら⁹⁾の直立護岸に対する値($H_0'/L_0 \div 0.036$)も示してある。本実験の $H_0'/L_0 \div 0.04$ であり、合田らの実験条件とほぼ同じである。今回の直立護岸の実験値と合田らの値は同程度の値を示している。 $q/\sqrt{2gH_0'^3}$ と hi/L_0 の関係は、図-4 で示した q と hi/H_0' の関係と同様である。図-3 で、 r_0 の小さい 1/3、1/5 勾配が、 $q/\sqrt{2gH_0'^3}$ 等で大きい値を示していることは、直立護岸や 1/0.5 勾配の急勾配の場合、飛沫型の越波形態に対して越流型の越波形態であることが認められる。

3-4. 各勾配による対策工無しに対する対策工③の越波流量 q の割合

図-6 は、各勾配の対策工無しの q に対する対策工③の q の割合を勾配をパラメータとして示したものである。対策工③は、現地換算で 120cm の大きさでありこの対策工を設置することにより、何も設置しない各勾配の q をほぼ 0~30% 弱まで減少することができる。ただし、対策工③を設置することにより 1/3、1/5 勾配の $hi/H_0' \div 0.25$ までは越波量は 0 となっている。また、 $hi/H_0' \div 0.0 \sim 0.25$ までは、直立及び 1/0.5 勾配共 q が少ないことを考えれば、各勾配共 $hi/H_0' \div 0.5$ から hi/H_0' が大きくなるにつれてその割合も大きくなっていく傾向にある。全体的に最も大きい値を示しているのが 1/3 勾配、最も小さい値を示しているのが 1/5 勾配で、その間に直立護岸と 1/0.5 勾配が同程度の値となっている。

4.おわりに

直立及び傾斜護岸の反射率や越波率及び越波量について比較検討を行った。また、それらの天端に越波防止の対策工を設置して、越波量の減少率の割合等も明らかにした。

<参考文献>

1)加藤ら:越波被害の実態に関する全国調査、海洋開発論文集、第 15 巻、pp.31-36,1999. 2)間瀬ら:汀線近傍の護岸への不規則波の打ち上げに関する研究—算定打ち上げ高と不規則波の代表打ち上げ高の関係—、土木学会論文集、No.726/II-62, pp99~107, 2003. 3)鈴木ら:親水性護岸の越波防止に関する対策工の検討、平成 18 年度土木学会東北支部概要、'2007 4)工藤ら:親水性護岸の越波防止に関する不規則波実験、平成 19 年度土木学会東北支部要集,2008 5)渡邊ら:急傾斜護岸の越波防止に関する不規則波実験、平成 20 年度土木学会東北支部講演概要集,2009 . 6)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.

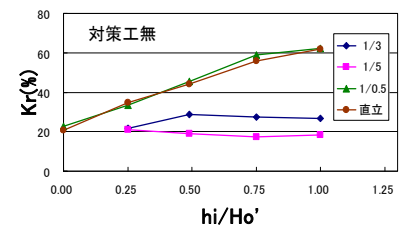


図-2 hi/H_0' と K_r の関係

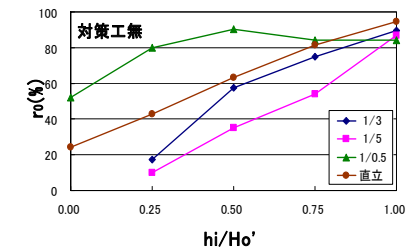


図-3 hi/H_0' と r_0 の関係

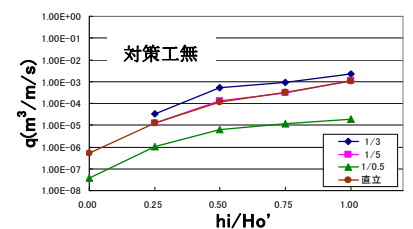


図-4 hi/H_0' と q の関係

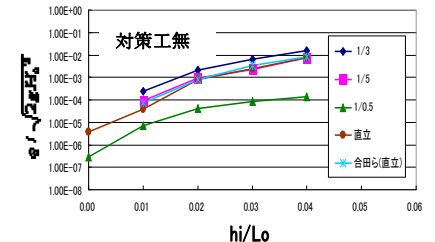


図-5 hi/L_0 と $q/\sqrt{2gH_0'^3}$ の関係

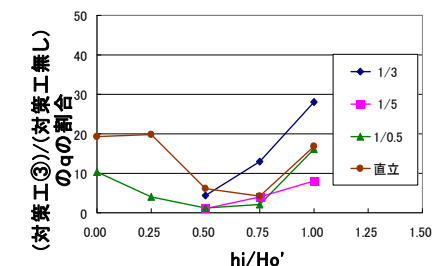


図-6 各勾配の対策工無しに対する
対策工③の q の割合