

直立および傾斜護岸への越波に関する比較検討

東北工業大学 学生員 ○千葉 裕介
東北工業大学 正 員 高橋 敏彦

1. はじめに

著者らは直立および 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^{1~4)}してきた。本研究は、これらの実験結果を用いて直立および傾斜護岸への越波や、直立護岸を基準にした各勾配護岸の越波流量の割合など、更に詳細に比較検討を行うことを目的とした。

2. 実験条件および実験方法

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、その上に直立護岸や傾斜護岸を設置した。模型堤体概略図を図-1 に示す。堤体は直立および 1/0.5, 1/3, 1/5 勾配を用いている。なお、堤脚水深は 5 種類である。波浪条件として、 $T \cong 1.26s$ 、波高 $H \cong 9.15cm$ とした。なお、全ケース共 $H_0'/L_0 \cong 0.04$ である。越波量、越波率は、 $hi/H_0' \cong 0.00 \sim 0.75$ は 100 波の波数で実験を行い、 $hi/H_0' \cong 1.00$ は越波量が増えるため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。表-1 に実験条件を示す。

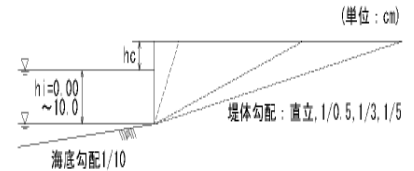


図-1 模型堤体概略図

表-1 実験条件

勾配	h(cm)	hi(cm)	hc(cm)	hi/H ₀ '	hi/L ₀	hc/H ₀ '
直立	30.0	0.0	15.0	0.00	0.00	1.50
	32.5	2.5	12.5	0.25	0.01	1.25
1/0.5	35.0	5.0	10.0	0.50	0.02	1.00
	37.5	7.5	7.5	0.75	0.03	0.75
1/3	40.0	10.0	5.0	1.00	0.04	0.50

3. 実験結果および考察

3-1 越波率 r_0 の比較

図-2 は、 r_0 と堤脚水深・換算沖波波高比 hi/H_0' の関係を表したもので、護岸勾配をパラメータとして図示したものである。図より、各勾配共全体的に hi/H_0' が大きくなるにつれて r_0 も大きくなっており、直立護岸で約 24~95%、1/0.5 勾配で約 52~90%、1/3 勾配で約 22~91%、1/5 勾配で約 10~87%となっている。ただし、 $hi/H_0' = 0.00$ においては 1/3、1/5 勾配で越波は発生していない。また、 $hi/H_0' \cong 1.00$ では各勾配の r_0 が 87~95% と同程度の値を示している。 hi/H_0' が小さい場合に直立護岸や 1/0.5 勾配の r_0 が大きいのは、入射波が堤体に衝突した際や入射波と反射波が堤体前面で衝突した場合にも飛沫が越波するためと思われる。

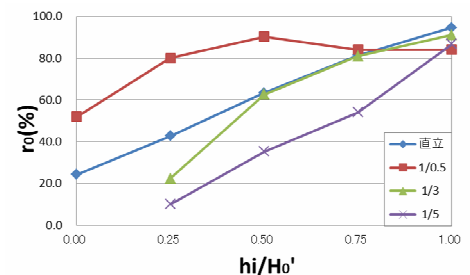


図-2 越波率の比較

3-2 無次元越波流量 $q/\sqrt{2gH_0'^3}$ と hi/H_0' の関係

図-3(a), (b) は、 $q/\sqrt{2gH_0'^3}$ と hi/H_0' の関係について護岸勾配をパラメータとして図示したものである。図-3(a) には、玉田ら⁵⁾の 1/3, 1/5 勾配に対する実験値を比較のために併記した。本実験条件の沖波波形勾配は $H_0'/L_0 \cong 0.04$ であるが、玉田らの実験条件は $H_0'/L_0 \cong 0.036$ である。ただし海底勾配 1/10 は同じである。図より 1/3 および 1/5 勾配共、本実験値と玉田らの実験値はほぼ同程度、または幾分本実験値の方が小さい値を示している。図-3(b) より、各 hi/H_0' において $q/\sqrt{2gH_0'^3}$ が最も大きい護岸勾配は 1/0.5 勾配で、以下 1/3 勾配、1/5 勾配、直立護岸となっており、直立護岸と 1/5 勾配の $q/\sqrt{2gH_0'^3}$ はほぼ同程度となっている。ただし、1/0.5 勾配から直立護岸までの

キーワード：不規則波，直立護岸，傾斜護岸，越波，相対水深

$q/\sqrt{(2gH_0'^3)}$ の差はそれほど大きくはない。なお、直立護岸については、本実験値 ($H_0'/L_0 \doteq 0.04$) とほぼ同条件である合田ら⁶⁾ ($H_0'/L_0 \doteq 0.036$) の $q/\sqrt{(2gH_0'^3)}$ は同程度の値を示している。また図-2 で示したように各 h_i/H_0' に対して r_0 が比較的大きい直立護岸と最も r_0 が小さい 1/5 勾配の $q/\sqrt{(2gH_0'^3)}$ が同程度の値を示しているが、直立護岸が飛沫型の越波形態に対して 1/5 勾配は越流型の越波形態であることが顕著に表れていると言える。

3-3 直立護岸を基準にした各勾配護岸の無次元越波流量の変化の割合

図-4 は本実験の直立護岸の無次元越波流量 $q/\sqrt{(2gH^3)}$ を基準(分母)とした場合の各勾配の $q/\sqrt{(2gH^3)}$ の割合を図示したものである。本実験の L は、一様水深部の値であり、 $H/L \doteq 0.044 \sim 0.046$ となっている。図中には比較のため井上⁷⁾による実験値も併記しており、その 1/3, 1/5 勾配の割合は、井上の直立護岸の $q/\sqrt{(2gH^3)}$ を基準としている。なお、井上の実験条件は、海底勾配が水平で $H/L=0.04$ である。図より、1/0.5 勾配の割合が大きく、9 倍弱～2 倍程度となっている。次に 1/3 勾配の割合が 3 倍弱～2 倍程度の値となっている。1/5 勾配は、図-3(b) で示したようにほぼ同程度の 1 倍となっている。また、井上の 1/3, 1/5 勾配の割合は、2 倍～1 倍の間、および 3.0 ～0.4 倍程度の値となっている。井上のものと比較すると 1/3, 1/5 勾配共、本実験値の方が井上の値より幾分大きい値を示した。これは海底勾配の違いと井上の実験は $h_c/H=1.00$ で固定されているのに対し、本実験は h_i/L によって h_c/H の割合が変化しているためと思われる。井上の 1/3, 1/5 勾配共 $h_i/L=0.00$ を除き、 h_i/L が大きくなってもほぼ同程度の値を示しており、本実験の 1/3, 1/5 勾配と同様の傾向を示している。

3-4 堤脚水深 1.0m を基準にした各勾配護岸の無次元越波流量の変化の割合

図-5 は堤脚水深 1.0m(現地換算)を基準にした各勾配の $q/\sqrt{(2gH_0'^3)}$ の変化の割合を図示したものである。図より、堤脚水深 1.0m から見れば 0.0m の $q/\sqrt{(2gH_0'^3)}$ の値はほぼないものと言える。しかし堤脚水深が 1.0m から 2.0m になると、その $q/\sqrt{(2gH_0'^3)}$ は各勾配共約 6～10 倍ほど大きくなる。さらに水深が上昇すると各勾配共その割合は急激に大きくなり、護岸の越波防止機能が大幅に低下すると思われる。堤前面の洗掘や地球温暖化等で海面上昇が指摘されている昨今、潮位の上昇による越波対策を講じておく必要があると言える。

4. おわりに

直立および傾斜護岸の越波率や無次元越波流量について比較検討を行った。また直立護岸、堤脚水深に基準を置いて各勾配護岸の無次元越波流量の変化の割合を明らかにした。

<参考文献>

- 1) 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集，2007
- 2) 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概要集，2008
- 3) 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概要集，2009
- 4) 齊藤ら：直立および傾斜護岸への越波に関する検討，平成 21 年度土木学会東北支部概要集，2010
- 5) 玉田ら：緩傾斜護岸の越波流量算定図とその越波低減効果に関する実験的研究，海岸工学論文集，第 49 巻(2002)土木学会，641～645
- 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
- 7) 井上雅夫：親水性護岸における越波特性，1994 年度(第 30 回)水工学に関する夏期研修会講義集 B-6

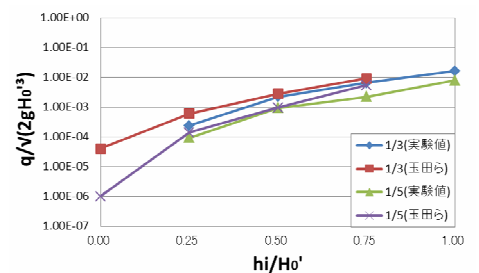


図-3 (a) 玉田らとの比較

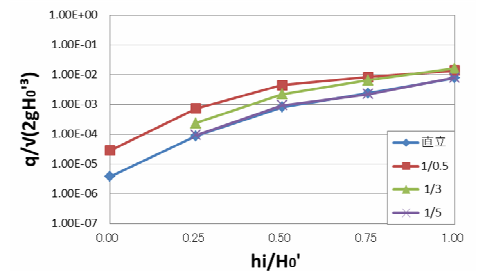


図-3 (b) 無次元越波流量の比較

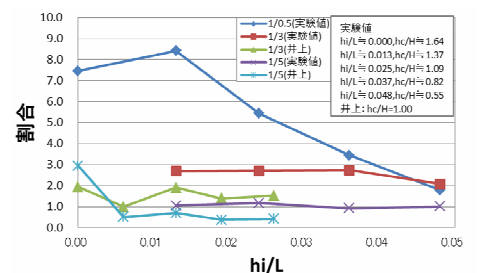


図-4 直立護岸を基準にした無次元越波

流量の変化の割合

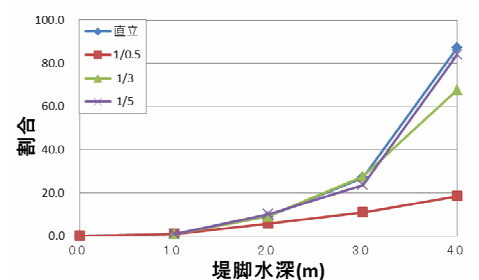


図-5 堤脚水深 1.0m を基準にした無次元越波

流量の変化の割合