

不透過直立潜堤による洗掘の深さに関する実験的研究

名古屋大学大学院 学生会員 ○ 李 光浩
名古屋大学大学院 正 会 員 水谷 法美

1. はじめに： 海岸構造物の周りに発生する洗掘及び堆積は構造物の本来の機能を低下させるのみならず，構造物の安定性をおびやかす主な破壊原因の一つにもなる．これまで様々な海岸構造物に対して波や流れによって発生する洗掘について多くの研究がなされてきた．Xie(1985)は直立防波堤前面の洗掘を対象に 2 次元水理実験を行い，直立防波堤の洗掘と堆積の位置は堤体の前に形成される重複波と深い関係があることを明らかにした．Irie and Nadaoka(1984)は混成堤に対する実験と理論解析を行い，水平床における底質は重複波の腹から節に移動することを明らかにした．Sumer and Fredsoe(2000)は捨石式防波堤の前の洗掘に対して 2 次元水理実験を行い，Xie(1985)の直立防波堤前の地形変化と比較し，直立防波堤とは若干違うことを示した．しかし，波によって潜堤の前に引き起こされる洗掘に関しては利用できる実験データや情報などは少ないのが実情である．従って本文では，直立不透過潜堤における潜掘の実験データを提供すると同時にその特性を明らかにした．

2. 水理実験： 水理実験は名古屋大学の造波水槽(長さ 30m, 幅 0.7m, 高さ 0.9m)で行った．構造物は造波板より岸側 17m の位置にベニヤ板製の直立不透過潜堤の模型を設置し，潜堤の前面には中央粒径 $D_{50}=0.20\text{mm}$ の砂を用いて長さ 2m, 厚さ 0.2m の水平移動床を作製した．本実験では潜堤における洗掘の発生に着目しているので，洗掘によって引き起こされる構造物の変位と波が互いに干渉することを防止するため直立不透過潜堤の模型は水槽の底面上に直接設置した．水深は 20cm 及び 30cm の 2 種類とし，それぞれのケースで一定とした．波はフラップ型造波装置から規則波を発生させた．入射波高は構造物によって形成される重複波が安定する範囲で選

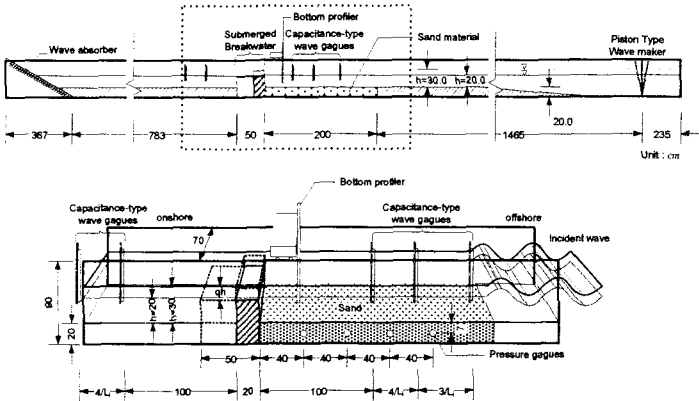


図-1 潜堤による洗掘実験の概略図

表-1 実験の条件

Test	Water depth $h(\text{cm})$	Submerged breakwater		T	H_i/L_i
		width $B(\text{cm})$	Submerged depth $qh(\text{cm})$		
1	30	20	4	1.20~2.05	0.022~0.052
2	"	"	14	1.30~1.80	0.030~0.038
3	20	"	4	1.10~1.90	0.020~0.037
4	"	50	"	1.20~1.90	0.019~0.037

択した．波の作用時間は入射周期の 5000 波とした．また，潜堤の反射率や透過率を求めるため前面に 3 本，背後に 2 本の電気容量式水位計を設置した．波によって引き起こされた潜堤の前面の移動床の変動は非接触式連続砂面計を用いて計測した．実験装置の詳細は図-1 に，実験ケースは表-1 に示す．

3. 実験結果及び考察： 図-2 は構造物の形態は異なるが，構造物の形式による潜掘の深さ S を調べるため，直立防波堤に対する Xie(1981)の提案式と捨石式防波堤に対する Summer and Fredsoe(2000)の提案式及び潜堤に対する本実験の洗掘の深さの結果を同時に示したものである．図中の α は捨石式防波堤の斜面傾斜角である．

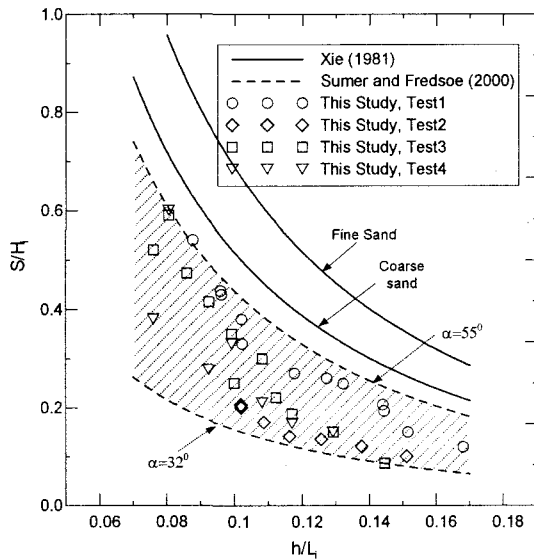


図-2 直立防波堤と捨石式防波堤との洗掘の深さの比較

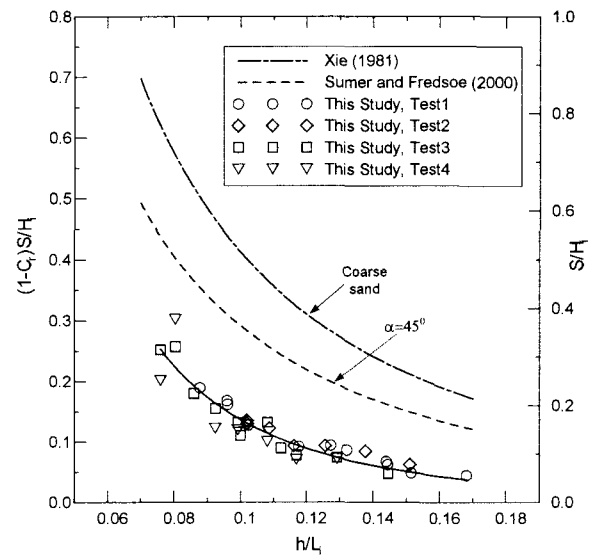


図-3 潜堤の反射率を考慮した潜掘の深さ

図-2 からわかるように水深波長比 h/L_i が小さくなると洗掘の深さ S は増加している。直立防波堤の場合、入射する波が完全反射するため潜堤や捨石式防波堤による洗掘の深さより大きくなる。潜堤に対する本実験値と Sumer and Fredsoe(2000)の経験式を比べると、潜堤による洗掘の深さは捨石式防波堤の傾斜が約 $32^\circ \leq \alpha \leq 55^\circ$ の範囲に対応することがわかる。このことは捨石式防波堤の反射率は防波堤の傾斜によって異なるが、一般的に $0.3 \sim 0.6$ の範囲で決められる(Sawaragi, 1995)ことから本実験で用いた潜堤の反射率と同様な範囲であることに起因すると考えられる。また、Test2 の洗掘の深さは Test1 に比べて小さい値を示している。これは Test2 の場合、相対的に深い天端水深による流水域の増加によって入射波の反射率が下がることに起因する。本実験で得られた潜堤の反射率は Test1 の場合 $0.62 \sim 0.68$ 、Test2 の場合 $0.28 \sim 0.38$ 、Test3 の場合 $0.46 \sim 0.63$ 、Test4 の場合 $0.47 \sim 0.64$ の範囲である。しかし、同一な静水深と潜堤の天端水深の場合(Test3 と Test4)、潜堤の幅の違いによる洗掘の深さの差はそれほど大きくないことが分かる。したがって、潜堤の反射率を含めて洗掘を評価する必要があると考えられる。図-3 は本実験で想定した各々の潜堤による洗掘の深さに対するすべての結果を潜堤の反射率 C_r まで考慮してまとめたものである。また、図-2 と同様に Xie(1981)の式と Sumer and Fredsoe(2000)の式を示すとともに、本実験のすべての結果に対して指数関数で近似した結果も実線で表した。この結果は式(1)で与えられるが実験値との対応はよく、本実験の範囲では潜堤による最大無次元洗掘深 S/H_i は式(1)で与えられるといえる。

$$\frac{S}{H_i} = \frac{0.06}{(1-C_r)[\sinh(kh)]^{2.04}} \quad (1)$$

ここで、 k は波数である。

4. おわりに：今回、不透過直立潜堤による潜堤前の洗掘の深さに関して水理実験を行った。その結果、潜堤による潜掘の深さは他の海岸構造物と同様に水深波長比の減少に伴って増加するが、潜堤の反射率の影響が大きいことが確認された。加えて、本研究では実験結果に基づいて潜堤の反射率の影響を考慮することができる新たな洗掘の推定式を提案した。

参考文献：[1] Irie, I., Nadaoka, K. (1984), Laboratory reproduction of seabed scour in front of breakwaters. Proc. 19th International Conference on Coastal Engineering, Houston, TX, ASCE, Chapter 116, vol.2, pp. 1715-1731. [2] Sumer, B.M., Fredsoe, J. (2000), Experimental study of two-dimensional scour and its protection at a rubble-mound breakwater. Coastal Eng. 40, pp.59-87. [3] Xie, S.L. (1985), Scouring patterns in front of vertical breakwaters. Acta Oceanol. Sin. 4(1), pp.153-164. [4] Sawaragi, T. (1995), Coastal Engineering-Waves, Beaches, Wave-Structure Interactions, Elsevier.