

II-169

開口突出管付透過式防波堤の水理特性に関する実験的研究

— 開口突出管出入口部における流速の基本特性について —

西松建設株式会社 正会員 橋本 剛

西松建設株式会社 正会員 多田 彰秀

東京水産大学 正会員 糸刈 長敬

1. はじめに

閉鎖性の高い港湾や漁港では、海水交換が円滑に行われず、港内の水質が悪化して大きな問題となっている。特に、港内の一部を蓄養場として利用することの多い漁港では、出荷待ちの魚介類への影響が懸念されている。このため、近年、港内での海水交換の重要性が認識され、潮汐エネルギーを利用して海水交換を促進する透過式防波堤¹⁾や波浪エネルギーを港内外の水位差に変換して港外の海水を港内に供給する導水式防波堤²⁾等が港湾・漁港の建設に積極的に導入され、それらの有効性が現地実証実験より報告されている。しかしながら、前者の透過式防波堤では港内の静穏度を保持するために直立堤より広い堤幅を必要とすること、後者の導水式防波堤では海水の安定供給を図るため港外側に遊水部等の構造物を必要とすること等、建設コスト削減の観点などからは解決すべき課題が数多く残されている。

以上のような現状を踏まえ、著者らは港外と港内の海水交換を促進する技術の開発を最終ターゲットとして、新しい「開口突出管付透過式防波堤」を提案³⁾している。ここで「開口突出管付透過式防波堤」とは、従来の直立防波堤から大口徑の開口管が港外側あるいは港内側に突出した形状の防波堤であり、適切な開口突出管の方向、設置場所、設置水深および本数などによって波浪エネルギーを有効に利用して港内の海水を効率よく交換させる機能を有したものである。この種の新型透過式防波堤を開発することは、港内の静穏度を保ちながら良好な水質の保全を可能とするばかりでなく、堤幅のスリム化等による建設コスト削減にも貢献するものと考えられる。このようなことから、開口突出管付透過式防波堤に関する基本的な水理特性を明らかにする目的で規則波による水理模型実験を行った。本報では、得られた実験結果の中から開口突出管の形状（口徑や突出長）変化等に伴う出入口部における流速の基本特性について報告する。

2. 実験方法

実験は2次元造波水槽（長さ65m×幅1.0m×高さ1.6m）を用いて行った。アクリル製の水理模型は、想定した実験スケールの1/20の大きさとした。表-1に水理模型の諸元を示す。図-1は水理実験の概要を示したものである。水理模型は造波板より30mの地点に設置し、模型前面（港外側）と背後（港内側）との水の交換は開口突出管を通してのみ行われている。また、波の透過に伴う港内側の著しい水位上昇を防止するため、越流の可能な遮水壁を模型より後方25mの位置に設置し、その前面に消波材を配置した。表-2に実験条件を示す。実験は、一定水深($h=40\text{cm}$)の下で開口突出管の口徑、設置水深、突出長および設置方向（港内側か港外側のいずれか）並びに入射波の条件を変化させて実施した。港外側に設置した波高計のデータから合田の方法（入射分難法）を用いて入射波の波高(H_i)を算定するとともに、港内側に設置した波高計で透過波の波高(H_t)を計測した。また、2本の電磁流速計を用いて、開口突出管の出入口部中央における流速を計測した。さらに、開口突出管内に波圧計を埋込み、圧力分布の計測も行った。データ収集は、サンプリング周波数50Hzで90秒間行った。

表-1 開口突出管付透過式防波堤水理模型諸元 縮尺(1/20)

	実機諸元	模型諸元
高さ (H)	14.0 (m)	70 (cm)
横幅 (L_s)	20.0 (m)	100 (cm)
奥行 (B)	4.0 (m)	20 (cm)
口 径 (d)	2.0~3.2(m)	10~16(cm)
突出長 (l)	0~6.0(m)	0~30(cm)

表-2 実験条件

	実機諸元	模型諸元
設定水深 (h)	8.0 (m)	40 (cm)
設置水深 (h_s)	2.6~4.6(m)	13~23(cm)
設定波高 (H_i)	0.5~1.0(m)	2.5~5.0(cm)
設定波長 (L)	29.5~73.4(m)	146.25~369.28(cm)
設定周期 (T)	4.5~8.9(s)	1.0~2.0(s)
設定波速 (C)	6.6~8.2(m/s)	146.3~184.6(cm/s)

Key word: 透過式防波堤, 海水交換, 流速特性, 規則波実験, 波浪エネルギー

連絡先: 西松建設(株)技術研究所 〒242-8520 大和市下鶴間2570-4 TEL:0462-75-1135 FAX:0462-75-6796

3. 実験結果および考察

図-2の(a)は、開口突出管の形状および設置条件をパラメータとして変化させた場合の港内側開口部における流速の最大値(V_x)と入射波の波形勾配(H_i/L)との関係をプロットしたものである。 V_x は、造波板からの再反射波の影響を受けないデータを対象に、波周期(T)で移動平均処理したものの中の最大値である。図より、 H_i が一定の場合には H_i/L の値が小さいほど、すなわち入射波の波長 L が大きくなるほど V_x は増大することが確認できる。また、 H_i が大きいかほど V_x の値も増加しており、港内側開口部の流速は入射波の水粒子が有するエネルギーに依存していることもわかる。開口突出管形状の違いに着目すると、その直径(d)並びにその全長($=1+B$, 従来の透過式防波堤では堤幅に相当する)が小さくなる場合に V_x の値は増大している。このことは、同一条件の入射波では、開口突出管内を通過する際の摩擦損失並びに管内海水の体積に依存して流速が減少しているものと解釈できる。以上の H_i/L に対する V_x の定性的な傾向は、図-2の(b)に示された無次元流速 U_t (V_x を微小振幅波理論に基づく進行波の港外側開口部中央における水粒子の水平最大流速(U_{mx})で除した無次元量)と H_i/L との関係でも同様に確認できる。特に、 H_i/L が0.02より小さな長周期側の入射波に着目すれば、港内側開口部の最大流速 V_x は U_{mx} の1.10~1.35倍程度まで大きくなっており、 V_x の特性は微小振幅波理論に基づく U_{mx} だけでは説明しきれない要因も含まれているものと考えられる。さらに、開口部の設置水深(h_s)の増大に伴い、図-2の(a)より V_x は減少することが分かる。これは、設置水深が大きいかほど港外側の開口部における U_{mx} も減少するためと考えられる。

図-3は開口部の形状および設置条件を一定にした場合の V_m と η/h との関係を示したものである。ここで、 V_m は港内側開口部の流速を入射波1波毎に平均した流速、 η は港外側の静水面から自由水面までの高さを入射波1波毎に平均した水位である。入射波の周期が実験パラメータとして採用されている図-3に基づけば、 V_m は η/h の増大および波周期の減少に伴って増加する傾向を有していることがわかる。

ここに、管内流速(v)は、(1)式として表現でき、解析的に解くことは困難であるが周期性が既知とすれば容易に v と入射波並びに管の諸元との関係式が求まる。現在、 v の周期特性を解析中である。

$$dv/dt = \varepsilon (S_i + S_r) / \{ \rho \cdot A \cdot (1+B) \} + \eta_j \cdot g / (1+B) - f \cdot v |v| / 2d \quad (1)$$

A: 管の断面積, ε : 開口率, f : 管内の摩擦損失係数, η_j : 港外側平均水位, S_i, S_r : 入射波および反射波のエネルギーフラックス, ρ : 流体の密度

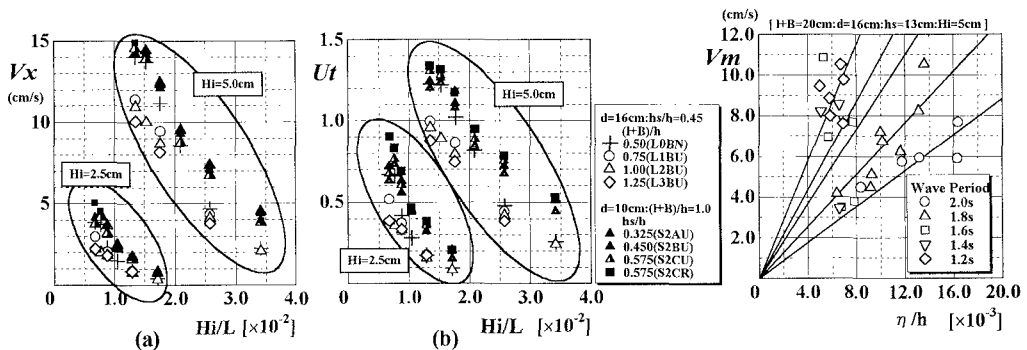


図-2 H_i/L に対する港内側開口部の最大移動平均流速 V_x と無次元流速 U_t 図-3 無次元平均水位 η/h に対する V_m

参考文献

- 1) 小田・長尾・大東・田中: 狭窄部を有するパイプ式透過堤の水利特性に関する研究, 海洋開発論文集, Vol. 4, PP. 189-194, 1988.
- 2) 山本・中山・中村: 波浪エネルギーを利用した海水交換機能付き防波堤の開発, 平成9年度日本水産工学会学術講演会講演論文集, PP. 129-132, 1997.
- 3) 橋本・多田・糸淵: 開口突出管付透過式防波堤の水利特性に関する研究—開口突出管の形状変化に伴う波の透過率について—, 平成10年度日本水産工学会学術講演会講演論文集, PP. 57-58, 1998