

透過型防波構造物の水理特性に関する実験的研究

兵庫県 谷口 徳男
住友建設(株) 安藤 直文
八尾市 ○真田 洋
徳島大学工学部 正会員 三井 宏

1 はじめに 防波堤の主目的は、来襲波浪に対して内陸域や港内を静穏に保ち、波浪や高潮災害を防ぐことである。ところが現在では、港湾周辺の景観、環境などへの配慮が要請されだしており、消波、高潮防護機能に加えて、平常時における海水交換機能、容存酸素濃度増加機能などを有する多目的な透過型防波構造物が望まれている。本研究ではそのような多目的機能を持たせる意図で作成した混合用パイプを用いた模型堤体、および従来から用いられている消波ブロックや透過ケーソンに対して消波機能、海水交換機能および容存酸素濃度増加機能について実験を行い、それぞれの水理特性を解明し、相互に比較、検討する。

2 透過型防波堤の消波機能 実験に用いた模型堤体は、消波ブロックを2層積みした被覆傾斜堤、透過ケーソン直立堤、および混合用パイプを積み重ねた直立堤の3種類である。混合用パイプは図-1に示すような90°ひねられたアルミ板を挿入したパイプであり、単体パイプを軸方向に接続する場合は、接続端のアルミ板が直交するようにする。したがって、波が堤体内を通過する際、海水自体の混合および海水と表面大気との混合が起こり、通過波のエネルギー減少と同時に、海水中の容存酸素濃度の増加が期待される。

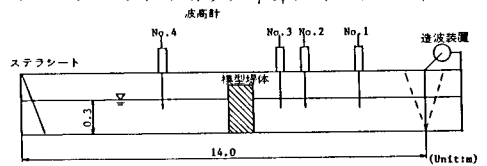
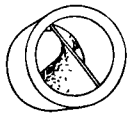


図-2 実験装置

図-2に示す実験装置を用いて、各実験ケースの入射波、反射波および伝達波を測定した。なお、反射波高は2本の波高計により合田らの分離推定法を用いて算定した。図-3に反射率 K_r と相対幅員 B/L の関係を、図-4に伝達率 K_t と B/L の関係をそれぞれ堤体形状をパラメータとして示す。相対幅員増加に伴って反射率は堤体形状ごとに独特の変化をする。消波ブロックの場合は減少し透過ケーソンの場合は極大値を持つ曲線となり、混合用パイプの場合は増加する。相対幅員の増加に伴って伝達率は堤体3種類とも減少する。また図示しないが、波の沖波波形分配の反射率、伝達率に対する影響は、相対幅員ほど強くない。3種類の堤体の消波機能を比較すれば、消波ブロック被覆傾斜堤が最も優れており、透過ケーソン混合用パイプは同程度である。

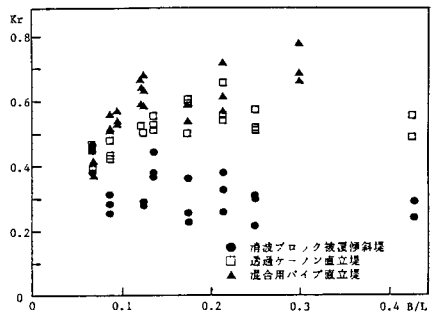


図-3 反射率と相対幅員の関係

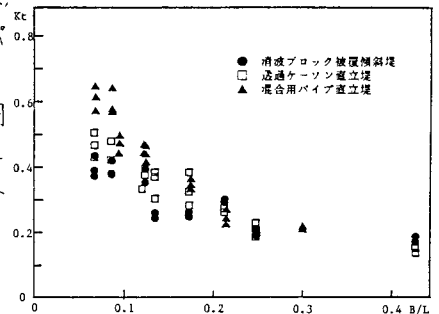


図-4 伝達率と相対幅員の関係

3 透過型防波堤の海水交換機能 図-5に示す実験装置を用い、水槽中に定常流を起こし、防波堤の抵抗係数とレイノルズ数との関係を調べた。本研究では、首藤の管抵抗モデルを改良し、各模型堤体はそのものの流体抵抗を対象とし、抵抗係数およびレイノルズ数を次式のように定義する。

$$f = \frac{1.48 h_1 (V_1^2 - V_2^2)}{B/h \quad V^2} \quad Re = \frac{V h}{\nu}$$

ここに h は堤体上下流水位差, u は上流側平均流速, u_b は下流側平均流速, u_m は上下流平均流速, B は堤体幅, h は上下流平均水深である。

図-5 に各防波堤ごとの抵抗係数 f とレイノルズ数 Re との関係を示す。レイノルズ数の全範囲で消波ブロック被覆傾斜堤の抵抗係数が他の堤体に比較して大きい。 Re が 10^4 より小さい範囲では、消波ブロック直立堤の通水性能が、混合用パイプおよび透過ケーソンよりも優れているが、混合用パイプと透過ケーソンの間には明確な差は現われていない。 Re が $10^4 \sim 2 \times 10^4$ の範囲では消波ブロック直立堤、混合用パイプ、透過ケーソンの順に通水性能が優れており、 Re が 2×10^4 以上では、混合用パイプの通水性能が優れている。

4 透過型護岸の溶存酸素濃度増加機能 図-7 に示す実験装置を用い、所定の採水点から採取した水の溶存酸素濃度を測定し、それぞれの実験ケースにおける護岸の再曝気係数を算定した。採水時間間隔は15分、実験継続時間は60分とした。

溶存酸素量の時間的変化は次式で表わされる。

$$dc/dt = k_2(C_s - C) \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 C は溶存酸素濃度、 t は時間、 C_s は飽和溶存酸素濃度、 k_2 は再曝気係数である。初期濃度 C_0 とし、無次元溶存酸素濃度を $C^* = (C - C_0)/(C_s - C_0)$ とすると式(1)は次式ようになる。

$$-\ln(1 - C^*) = k_2 t \dots\dots\dots (2)$$

本研究では、式(2)に基づき各採水点の再曝気係数と各採水点の体積比から、護岸の再曝気係数を次式で算定した。

$$\bar{k}_2 = \sum k_i V_i / \sum V_i \dots\dots\dots (3)$$

ここで k_i は各分割領域の再曝気係数、 V_i は各分割領域の体積である。

図-8 に比曝気係数 $\bar{k}_2/k_{2min}$ と波形勾配 H/L との関係を示す。波形勾配の増加に伴って、比曝気係数の値は増加する傾向を示す。護岸形状の相違により曝気能力は異なり、波形勾配が0.03以下では透過ケーソン、0.03以上では混合用パイプが優れている。

5 おわりに 以上の実験結果を要約すると、消波機能は消波ブロック被覆傾斜堤が最も優れているようである。溶存酸素濃度増加機能は低波形勾配では透過ケーソンが特に優れており、波形勾配の全域にわたって混合用パイプと透過ケーソンが優れているようである。海水交換機能は消波ブロック直立堤が最も優れているようである。

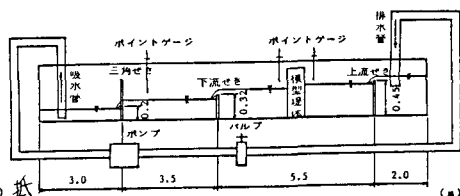


図-5 実験装置

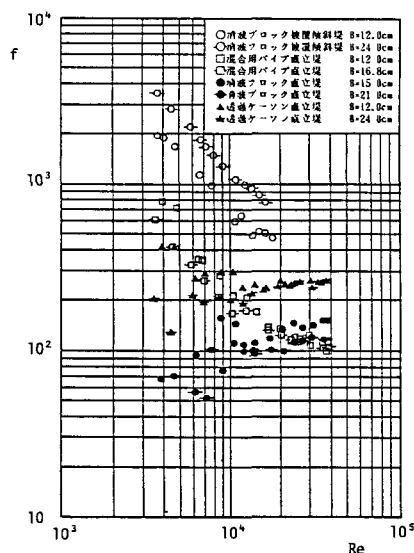


図-6 抵抗係数とレイノルズ数の関係

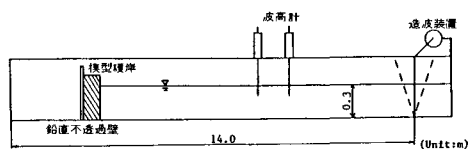


図-7 実験装置

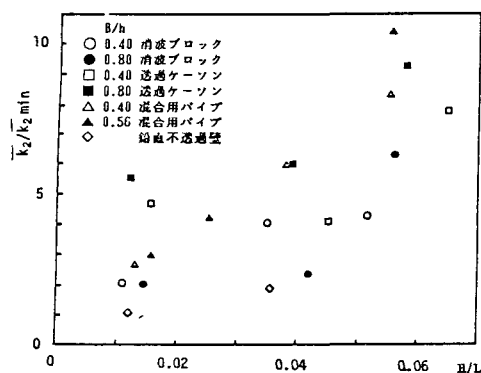


図-8 比曝気係数と波形勾配の関係