

Ⅱ－７ 港口部防波堤まわりの渦流れの抑制工法について

愛媛大学工学部 正会員 中村 孝幸
愛媛大学工学部 学生員 ○竹本 剛
立興建設（株） 正会員 川守 雄介

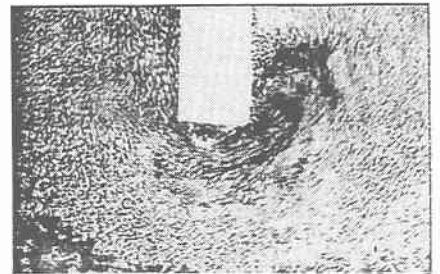
1. はじめに

中小の港湾では、港口部を底質移動の見られる水深域に設けざるを得ない場合もあり、港口埋没や港湾埋没など土砂堆積現象による被害を受けやすくなっている。その原因の一つとして、松岡ら¹⁾は、港口部での剥離渦の発生および発達、港内埋没を引き起こすような底質移動と密接な関係を有することを指摘している。そこで、本研究では、最初に現況を把握する目的から、矩形状の防波堤先端部まわりに形成される剥離渦の実態について明らかにする。引き続き、具体的な剥離渦の抑制工法として、防波堤先端部の形状を円筒型にする方法と防波堤表面に透過性の粗度を取り付ける方法の2種類を採用して同様に流況の観測実験を行い、上記の矩形堤に対する結果との比較から抑制工法の有効性を検討する。なお、理論的な側面より、剥離渦の実態およびその抑制工法を検討する目的から、離散渦糸モデルに基づく渦流れの数値シミュレーションについても実施する。

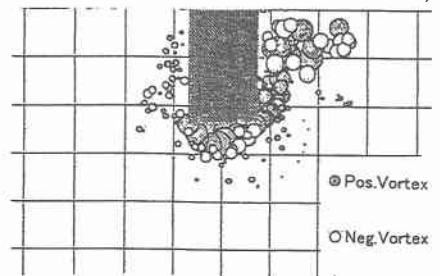
2. 矩形防波堤まわりの渦流れ

図－1、図－2は周期 $T=1.9\text{ s}$ 、波高 $H=5.0\text{ m}$ における矩形防波堤先端部で最も渦流れが発達した時の観測結果と同じ波条件における数値シミュレーションの算定結果を示したものである。なお、数値シミュレーションにおけるバブルの大きさは循環量の大きさに相当し、黒塗りのバブルは半時計回りである。これより、矩形状の防波堤まわりの剥離渦は隅角部から発生し、堤体後方で大きく発達している。なお、流況観測に基づく渦流れの特性は、数値シミュレーション結果においてほぼ再現されており、シミュレーション手法の妥当性が確認できる。また、本研究で、波高、周期、開口長なども変化させたところ、実験結果および数値シミュレーションの算定結果より、剥離渦の規模は、作用波の周期が長く波高が増大すると、より大規模なものに発達することや、港内側と港外側に形成される渦の規模は、長周期の条件になると異なるようになり、この非対称性は港口幅が狭くなると顕著になることなども確認した。

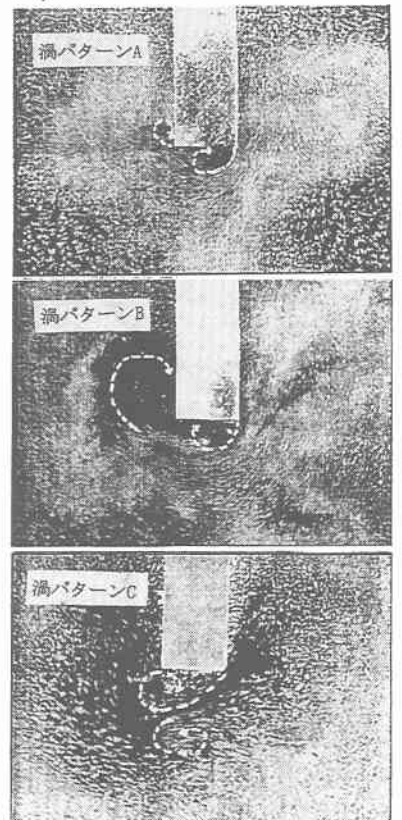
図－3は剥離渦のパターンを分類したものである。前後の隅角部より発生する渦の干渉程度や前半周期よりの残存渦の影響などに着目して、A B C のほぼ3種類に分類できた。そして、このような渦パターンの出現を、クーリガン・カーペンタ数(KC 数) $=U_m T/B$ (B :堤体幅、 U_m :水粒子速度の振幅、 T :波の周期)で分類してみた。図－4は U_m を進行波の水平水粒子速度振幅 U_{m1} として用いたときの KC 数による渦パターンの分類である。また、本研究では波高分布の測定も行っており、その結果より、堤体先端部付近に形成される波面パターンが進行波に近いものかもしくは部分重複波の節に近いものか判断し、 U_m を進行波の水平水粒子速度振幅



図－1 矩形防波堤先端まわりの流況 ($T=1.9\text{ s}$, $H=5.0\text{ m}$)



図－2 矩形防波堤先端まわりの数値シミュレーション
($T=1.9\text{ s}$, $H=5.0\text{ m}$)



図－3 剥離渦のパターン分類

U_{m1} もしくは重複波の節での水粒子速度振幅 $(1+K_r)U_{m1}$ と使い分けたKC数による渦パターンの分類も行った。これを図-5に示す。なお、横軸には水深と波長の比 h/L の変化で示す。これより、渦パターンの出現は、クーリガン・カーペンタ数(KC数)と高い相関関係を有し、堤体まわりに形成される部分重複波の波面パターンなどにも関係することが判明した。

3. 渦流れ抑制工

本実験では繊維状の透過性粗度を堤体の隅角部付近およびその周囲に貼り付けることにより、堤体表面近くの速度勾配を緩くし、境界層厚を厚くすることで、結果的に渦の発生を抑制しようと考え、図-6(a)に示すような先端形状にした。また、剥離渦の発生原因となる境界層の剥離は、矩形堤体ではその両隅角部から生じる。これは、矩形形状物体で流速の最大となる隅角部頂点で圧力が最低に、後面側で高くなる逆圧力勾配の状況が狭い範囲で現れるためである。ここでは、このような逆圧力勾配が比較的広範囲にわたり拡大され、剥離点がより後流側に移動する円形の先端形状をもつ堤体に形状を変化させてみた。用いた先端形状は、図-6(b)に示すように、①堤体幅と同一の直径をもつ半円形堤体と、図-6(c)に示すように②堤体幅の2倍程度の直径をもつ円筒を先端部に取り付けた円筒型堤体の2種類である。図-7は、矩形堤体において比較的大きく渦が発達していた周期 $T=2.5$ sの時の各先端形状まわりの流況を現したものである。堤体先端に粗度をつける工法ではあまりよく渦を抑制することはできなかったが、先端形状を半円形や円筒形にすると、効果的に剥離渦の発生が抑制でき、特に、本実験の範囲内では、それを円筒形にすると剥離渦の発生はほぼ完全に抑制できた。

参考文献：1) 松岡道男(1999)：環境圏の新しい海岸工学、「第6章第3節港湾埋没」、榎木亨監修、pp.315-320。

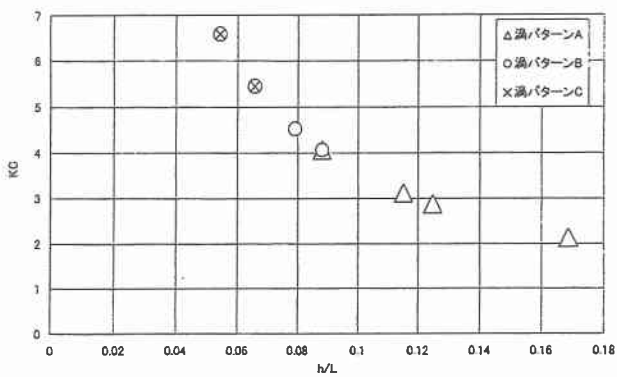


図-4 進行波としてのKC数による渦パターンの分類

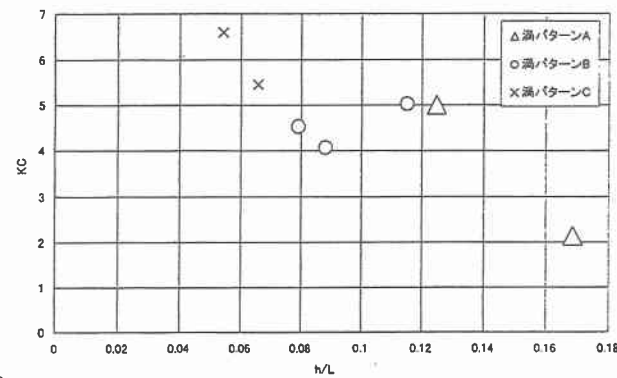


図-5 部分重複波としてのKC数による渦パターンの分類

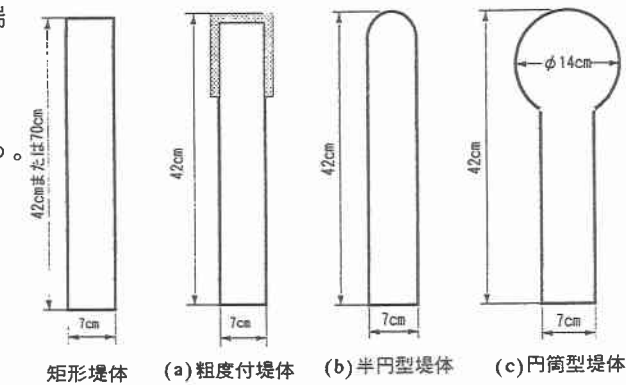


図-6 堤体の種類

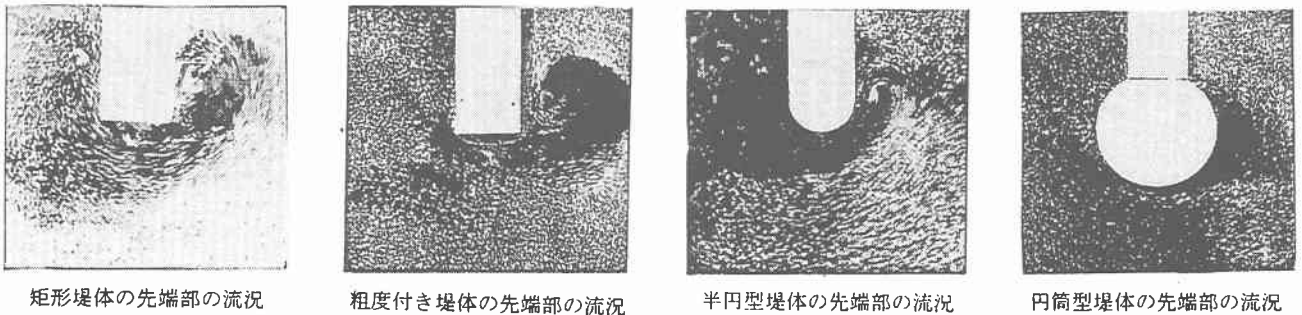


図-7 各堤体先端部の流況 (T=2.5s, h=25cm, H=5.0cm)