

河口域에 設置된 離岸堤에 依한 河口地形變化에 關한 研究

釜山大學校 工科大學 教授 梁 崙 模
釜山大學校 大學院 李 文 贊

1. 序 論

海岸防災對策工法에 使用되어온 離岸堤를 河口閉塞防止工法에 適用해서 固定床水理模型實驗을 通하여 堤體背後의 흐름상태를 考察해본 結果 堤體의 길이, 堤體사이의 間隔 및 設置水深이 適切하면 河口閉塞防止工法으로서 採擇可能함을 알 수 있었으며¹⁾ 設置水深別로는 河川流의 有無에 關係없이 碎波帶近方이나 그 보다도 약간 岸側에 設置하는 것이 더욱 效果的이라는 事實도 알게 되었다.²⁾ 따라서 本 研究에서는 波가 傾斜져서 入射할 경우에 離岸堤設置에 따른 海濱流의 變動實態를 數值 및 水理實驗에 의해서 檢討하고 今後 河口閉塞防止對策으로서 離岸堤工法을 採擇할 경우 그 計劃樹立에 數值計算에 의한 方法을 適用하는데 目的이 있으며 또한 三次元移動床水理模型實驗을 通하여 河口近方 및 離岸堤周邊의 漂砂移動狀態를 調査해서 離岸堤工法의 效果에 대해 考察하였다.

2. 離岸堤周邊에 發生하는 海濱流의 數值解析

2-1 概 說

海濱流의 工學的인 重要性은 그 發生領域이 沿岸海城이라는 점이며 이러한 海城에서는 漂砂現象을 媒介로해서 이루어지는 地形變化와 人工的인 構造物(離岸堤, 潛堤 및 防波堤等) 設置에 따른 흐름상태의 변경 및 沿岸에 버려진 汚染物質의 擴散等 人間生活에 많은 영향을 미치는 곳이다. 따라서 이러한 地形變化 및 汚染擴散에 密接한 關係가 있는 海濱流에

(Radiation Stress)으로서 다음 식과 같이 表示된다.⁸⁾

$$\left. \begin{aligned} s_{xx} &= E \left[\left(2n - \frac{1}{2}\right) \cos^2 \theta + \left(n - \frac{1}{2}\right) \sin^2 \theta \right] \\ s_{xy} &= E/2 \cdot n \cdot \sin 2\theta \\ s_{yy} &= E \left[\left(2n - \frac{1}{2}\right) \sin^2 \theta + \left(n - \frac{1}{2}\right) \cos^2 \theta \right] \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

(4)식에서 $E = \frac{1}{8} \cdot \rho \cdot g \cdot H^2$ 이며 $n = \frac{1}{2} (1 + 2kh/\sinh 2kh)$ 이다. 碎波帶와 같이 水深이 아주 얇은 領域에서는 $n \simeq 1$ 이 되므로 (4) 식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\left. \begin{aligned} s_{xx} &= E/2 \cdot [3\cos^2 \theta + \sin^2 \theta] \\ s_{xy} &= E/2 \cdot \sin 2\theta \\ s_{yy} &= E/2 \cdot [3\sin^2 \theta + \cos^2 \theta] \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5)$$

(1) 및 (2)식에서 τ_x 및 τ_y 는 底部摩擦力이며 다음 식과 같이 表示된다.

$$\left. \begin{aligned} \tau_x &= \rho \cdot f \cdot u_b \cdot U \\ \tau_y &= \rho \cdot f \cdot u_b \cdot V \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (6)$$

(6)식에서 f 는 摩擦係數이고 u_b 는 底部에 있어서 渦입자속도의 振幅이며 波라고 假定하면 다음 식과 같다.

$$u_b = \sqrt{g(h + \bar{\eta})} \cdot \frac{H}{2(h + \bar{\eta})} \dots\dots\dots (7)$$

또한 (1) 및 (2)식에서 N_x 및 N_y 는 水平混合係數이며 Longuet - Higgins⁹⁾에 의하면 다음 식과 같이 表示된다.

$$N_x = \frac{N \cdot h \sqrt{gh}}{\tan \beta}, \quad N_y = \frac{N \cdot h \sqrt{gh}}{\tan \beta} \dots\dots\dots (8)$$

(8)식에서 β 는 海底傾斜이며 N 은 無次元定數이다.

대해서, 基本的인 認識과^{3),4),5)} 아울러 數值計算에 대한 方法을^{6),7)} 考察하고 離岸堤周邊 및 河口近方に 發生하는 海濱流의 흐름상태를 數值 및 水理 實驗에 의해서 檢討하였다.

2-2 海濱流의 基本方程式

Fig. 1 과 같은 座標系에서 水深을 h , 水位變動量을 $\bar{\eta}$ 그리고 x, y 方向으로 時間平均한 一定流速을 U, V 라 하면 海濱流의 基本式 및 連續 方程式은 다음과 같다.

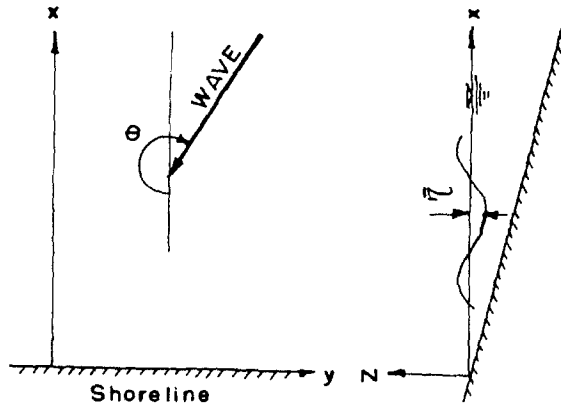


Fig. 1 Coordinates System

$$\frac{\partial}{\partial t} U(h+\bar{\eta}) + \frac{\partial}{\partial x} U^2(h+\bar{\eta}) + \frac{\partial}{\partial y} U \cdot V(h+\bar{\eta}) = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} N_x \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} N_y \frac{\partial U}{\partial y} - g(h+\bar{\eta}) \frac{\partial \bar{\eta}}{\partial x} - \frac{\tau_x}{\rho} \dots \dots \dots (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} V(h+\bar{\eta}) + \frac{\partial}{\partial x} U \cdot V(h+\bar{\eta}) + \frac{\partial}{\partial y} V^2(h+\bar{\eta}) = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial s_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial x} N_x \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} N_y \frac{\partial V}{\partial y} - g(h+\bar{\eta}) \frac{\partial \bar{\eta}}{\partial y} - \frac{\tau_y}{\rho} \dots \dots \dots (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (h+\bar{\eta}) + \frac{\partial}{\partial x} (h+\bar{\eta}) U + \frac{\partial}{\partial y} (h+\bar{\eta}) V = 0 \dots \dots \dots (3)$$

윗 식에서 $\bar{\quad}$ 는 時間平均을 나타내며 s_{xx}, s_{xy} 및 s_{yy} 는 레디에이션 應力

2-3 數値解析例

2-3-1. 入力資料 및 實驗裝置

本 研究에서는 레디에이션應力 (Radiation Stress)을 計算하기 위한 入力資料로서 實驗에 의해서 測定된 波高 및 波向을 使用하였으며 實驗에 使用된 水槽는 Fig. 3 과 같이 길이 20 m, 幅 4 m 및 높이 0.6 m로서 一端에 1/20의 一定傾斜模型海濱 (固定床)을 만들고 中央에 幅 0.5 m의 河川을 設置하였다. 또한 實驗波는 次后 移動床實驗을 고려하여 $H_0 = 6.0$ cm, $T = 0.8$ sec로 하였으며 河川流가 없을 경우에 波의 入射角을 20° 로 해서 波高 및 波向을 測定하고 離岸堤背后的 海濱流流速은 micro current meter 를 使用하였다.

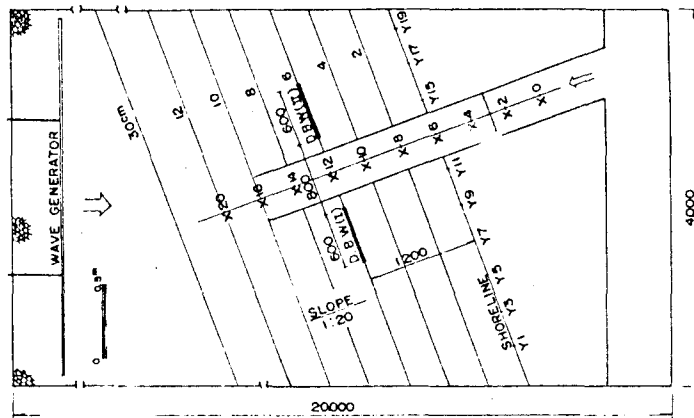


Fig. 3 Experimental Apparatus

2-3-2. 計算結果 및 考察

1) Fig. 6 에서 알 수 있듯이 오른쪽 離岸堤(II) 背后에 存在하는 沿岸流로 인하여 오른쪽 堤體 背后에 있는 漂砂는 河川쪽으로 어느 정도의 移動이 있을 것으로 판단된다.

2) 두 離岸堤 사이로 流入되는 흐름은 河口를 向하고 있으며 또 오

른쪽 堤體 背后에 存在하는 沿岸流와 合流되므로 왼쪽 堤體 背后에는 약간의 堆積現象을 예측할 수 있다.(Fig. 6)

3) 오른쪽 堤體의 영향으로 인하여 河川을 횡단하는 흐름이 발생해서 堤體옆 附近의 河川에 약간의 堆積現象이 일어날 것으로 생각된다. (Fig. 6)

4) Fig. 7은 離岸堤(II) 背后에서 測定된 X-方向의 海濱流流速 V와 計算에 의해서 구한 結果를 나타낸 것이며 이를 考察해 보면 海濱流의 흐름방향이 計算 및 實驗値가 定性的으로는 잘 一致하고 있음을 알 수 있다.

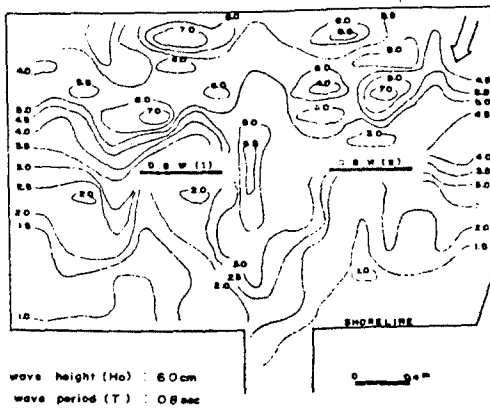


Fig.5 Distribution of Wave Height

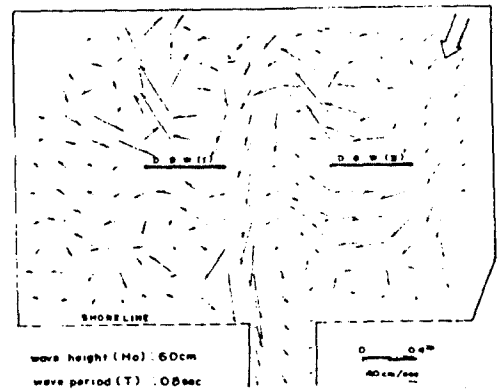


Fig.6 Flow pattern of Nearshore Current

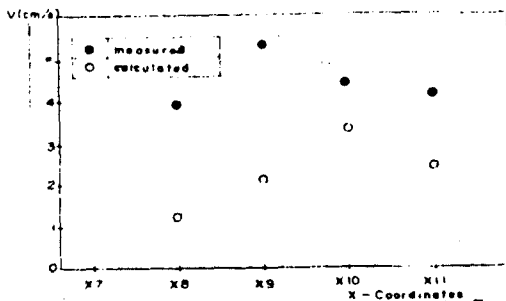


Fig.7 Velocity distribution behind detached breakwater(II) [Y16 - section]

3. 離岸堤에 依한 河口周邊의 地形變動

3-1 概說

河川이 自然流下에 의해서 砂濱海岸에 河口를 가지는 경우 波浪에너지에 비해서 河川流가 아주 작을 때에는波에 의한 漂砂移動이 현저해서 河口가 閉塞되는 경우가 많으며 이로 인하여 여러가지 社會的 經濟的인 손실을 입게 된다. 따라서 이러한 河口閉塞을 防止하기 위하여 現在까지 많은 工法이 使用되어 왔으나 本 研究에서는 종래 海岸侵蝕防止工法으로 使用되어온 離岸堤를 河口附近에 設置해서 i) 波만이 存在하는 경우와 ii) 波와 河川流가 共存하는 경우에 대해서 移動床水理模型實驗을 通하여 離岸堤 및 河口周變의 地形變動을 調査해서 離岸堤의 河口閉塞防止效果에 관하여 檢討하였다.

3-2 實驗波浪 및 底質粒徑

海濱은 一般的으로 波浪條件, 海底傾斜 및 底質粒徑에 따라서 侵蝕型 및 堆積型으로 나눌 수 있으며 이러한 海濱의 平衡斷面限界에 대해서 2次元水理實驗을 通하여 堀川·砂村¹⁰⁾은 다음과 같은 식을 提案하였다.

$$\left. \begin{array}{l} \text{侵蝕型} : \frac{H_o}{L_o} \geq 7 (\tan \theta)^{-0.27} \left(\frac{d}{L_o}\right)^{0.67} \\ \text{堆積型} : \frac{H_o}{L_o} \leq 4 (\tan \theta)^{-0.27} \left(\frac{d}{L_o}\right)^{0.67} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (15)$$

단, H_o : 深海波高, L_o : 深海波長
 d : 底質粒徑 $\tan \theta$: 初期海底傾斜

따라서 固定床에서 使用한 波浪條件 ($H_o = 6 \text{ cm}$, $T = 0.8 \text{ sec}$) 및 海底傾斜 ($i = 1/20$)에 대해서 (15)식을 利用하면 底質의 粒徑을 바꾸므로써 侵蝕

型 ($d_{50} = 0.02\text{ cm}$ 以下) 및 堆積型 ($d_{50} = 0.05\text{ cm}$ 以上)의 實驗이 모두 可能하나 本 研究에서는 우선 底質粒徑 $d_{50} = 0.059\text{ cm}$ (比重: 2.60)인 모래를 使用하여 堆積型斷面에 대해서만 實驗하였다.

3-3 實驗裝置 및 方法

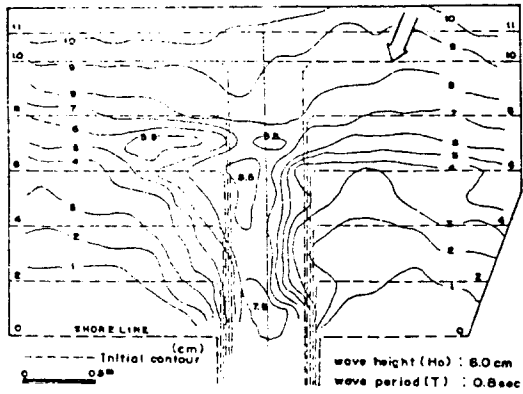
Fig. 3 과 같이 固定床海濱에 1/20의 傾斜로 모래를 깔아서 移動床模型海濱을 만들고 固定床에서와 같이 幅 0.5 m의 河川을 設置해서 波의 入射角을 20° 로 하여 造波開始 30分 後에 波를 멈추고 point gauge 로서 海底地形을 測定하였으며 離岸堤의 設置水深, 배치간격 및 河川流量에 따른 實驗種類는 Table 1과 같다.

Table 1. Experimental Case

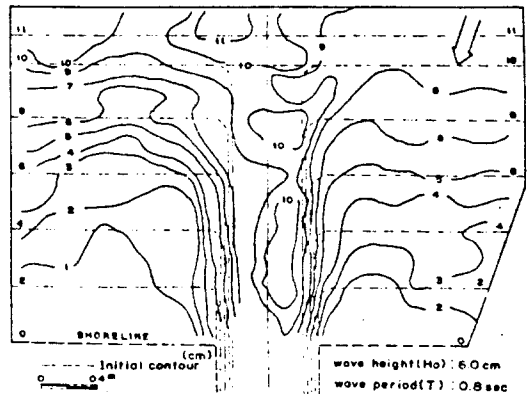
Exp. Case	Detached breakwater			River discharge		Wave	
	Water depth (cm)	Interval (cm)	Length (cm)	Q (l/s)	Fr. No	T (sec)	Ho (cm)
1-1	-	-	-	-	-	0.8	6.0
2-1	4	80	60				
3-1	6						
1-2	-	-	-	11	0.2	0.8	6.0
2-2	4	80	60				
3-2	6						

3-4 實驗結果 및 考察

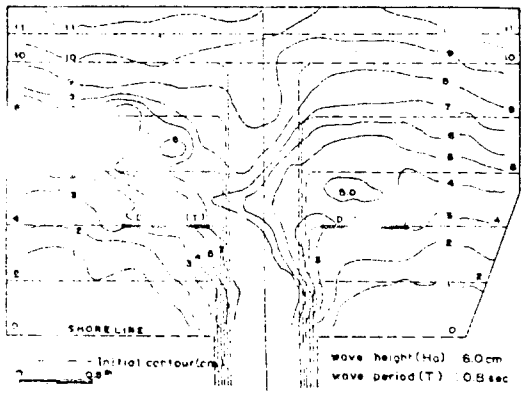
河口 및 離岸堤 周邊의 地形變化에 대한 平面分布와 河口中心線 및 離岸堤前後의 縱斷變化를 나타내면 Fig 8~11과 같다.



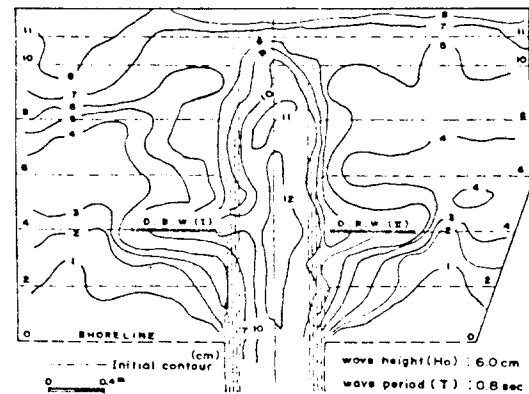
(a)



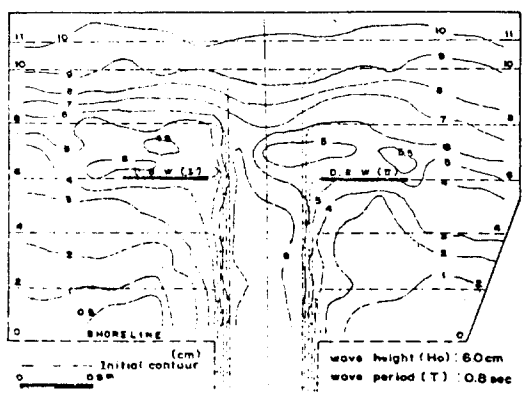
(a)



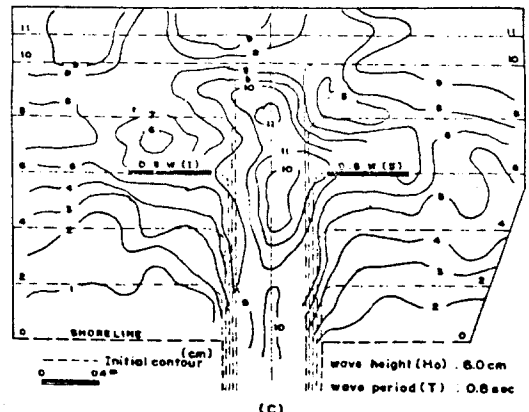
(b)



(b)



(c)



(c)

Fig.8 Plan of deformation of topographic feature (with wave only)

Fig.10 Plan of deformation of topographic feature (with wave plus river discharge)

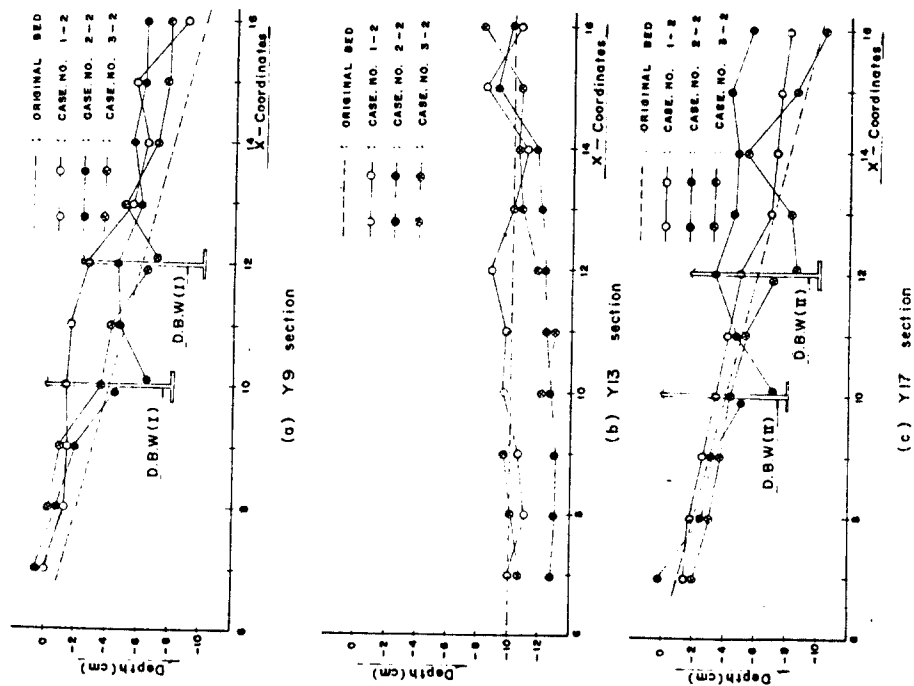


Fig.11 Profile of deformation of topographic feature
(with wave plus river discharge)

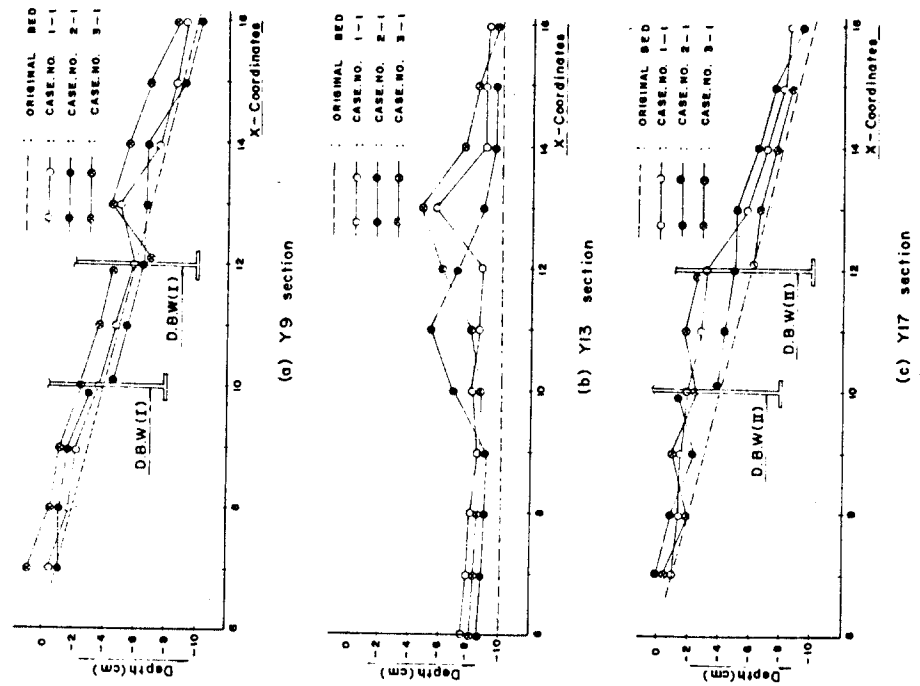


Fig. 9 Profile of deformation of topographic feature
(with wave only)

4. 結 論

1) 河口 및 離岸堤周邊의 波高 및 波向이 既知일 때 離岸堤 背後에 發生하는 海濱流의 흐름상태에 대해서 數值計算하는 한 方法을 開發하였으며 數值計算에 의한 結果와 實驗値가 定性的으로는 거의 一致됨을 알 수 있었다. 따라서 數值計算에 의한 結果를 利用하여 漂砂移動의 卓越方向을 推定하면 河口附近에 일어나는 地形變動을 定性的으로는 예측할 수 있을 것으로 생각된다.

2) 河川流가 없고 波만이 存在하는 경우에 移動床水理 實驗의 結果에 의하면 河口前面에서의 堆積現象은 離岸堤가 없을 때 보다도 있을 때가 적었으며 또한 하도내에 發生하는 砂州의 크기 및 位置도 堤體의 設置水深에 따라 상당히 달라짐을 알 수 있었다.

3) 數值計算에 의한 海濱流의 흐름상태로 부터 推定한 漂砂移動의 卓越方向과 移動床水理 實驗의 結果値를 比較해 보면 定性的으로는 잘 一致됨을 알 수 있었다. 따라서 河口閉塞對策樹立에 離岸堤工法을 採擇할 경우 數值計算에 의한 方法을 利用하면 많은 도움이 될 것으로 판단된다.

4) 河川流와 波가 共存할 경우 離岸堤가 없을 때에는 河口 및 하도내의 地形이 거의 變化가 없었으나 離岸堤를 設置했을 경우에는 河口 및 하도내의 어느 정도의 侵蝕現象을 보였으며 그 크기 및 位置도 堤體의 設置水深에 따라 달라짐을 알 수 있었다.

그러므로 堤體의 設置水深이 適切하면 河口閉塞防止 對策으로서 離岸堤工法의 效用성이 높을 것으로 생각되며 波浪特性, 底質粒徑 및 河川流量의 다소에 따른 河口地形의 變化特性에 대해서는 다음 기회에 研究하기로 한다.