

北海道開発局土木試験所 正員 近藤 徹郎

目的 混成防波堤は我が国でもっとも多く採用されている防波堤型式であり、その構造は不透過な直立部(ブロック積、ケイソンなど)とそれらを支持する基礎としての石積のマウンドがらなつてゐるのが通例である。この基礎マウンドへの波の作用に関する研究はこれまで乏しく、従来この部分の設計にあつては欧米諸国に例の多い石積の傾斜堤に関する研究成果をそのまま洋用して来た。

たとえばこの基礎マウンドの表層に用いる石の安定重量については、ごく最近 Brebner & Donnelly¹⁾ の実験による計算図表が発表されているが、これまでは傾斜堤を対象とした Iribarren の改良公式(1952)、Hudson 公式(1959)を用いて設計されてゐたし、それ以前は設計者の経験と勘に頼ることが多かった。

このような理由もあつて北海道開発局港務部²⁾が所管の港灣について建設後の経過年数 65 年以下の防波堤を対象として調査した結果、そのほとんどの基礎マウンドがかなり洗掘されてゐることが知られた。

この研究は作用する波に対して石の重量が不足してゐる、すなはち安定限界重量以下で移動するような場合を問題としてとりあげ、その際にマウンドの原地形が場所的、断面的にどのような変形をするか 2 次元の実験をおこなつて調べたものである。こゝでは底勾配から一様水深の固定床の上に設置した防波堤に非碎波が作用する場合を扱つてゐる。

実験方法 $0.8 \times 1.0 \times 19$ (m) の 2 次元造波水路の起波板から 12 (m) の位置に図-1 に示した防波堤模型を設置した。基礎マウンドは比重 S_r が 2.65、平均粒径 D が 1.5 cm (篩目法 10~20 mm のもの) の丸味のある砂利で作製した。サンプリングによる石の重量 W_r は 2.5~10 gr で平均重量は 5.3 gr であった。防波堤形状および水深は図-1 に示したものに固定し、波高 H が 10, 15, 20 cm、周期 T が 1.25, 1.8, 2.6 sec. の組合せからなる実験波を用いた。マウンドの断面地形は水路の中に長さ 1 m の垂直面が切れる線形で代表させることにし、その線上に直立堤脚から法尻へ $1/3$ の区間を等間隔に設け、7 個の測点について水深測量をおこなつて定めた。いま x, y 軸を図-2 に示すように原床を直立部堤脚下の固定床上にとつた座標系を採用するならば、波がその時間作用し、後の x におけるマウンド地形高 y の原地形高 $y_{t=0}$ からの変位は $\Delta y = (y - y_{t=0})$ で表わすことができる。 Δy の正は堆積高、負は洗掘量を表すことになる。

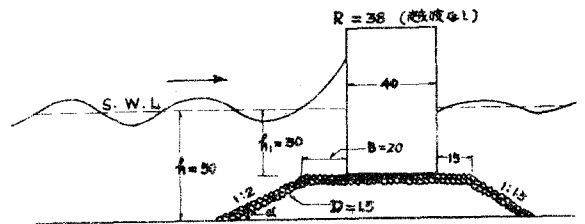


図-1 実験防波堤断面図 (単位 cm)

結果と考察 基礎マウンドの形状が作用時間とともにどのように変形してゆくか、その例を図-2 に示す。同図からマウンド天端部と斜面部から原地形の屈曲部とそれより少し下部の斜面上部付近で洗掘が著しく、法尻付近の斜面下部に堆積がおこることが知られる。波数 $1/4$ の増加にももたつて洗掘(堆積)量ははるかに増大し、洗掘箇所も堤脚部方向に進む傾向が知られてゐる。直立堤脚部分も洗掘されるはいるがその量は屈曲部付近に比べるとかなり小さい。いま図-1 に示したような混成防波堤の基礎マウンドについての地形高の変形量 Δy は、2 次元として扱うならば粘性の効果を著明して次

のように整理元の関数としてあらわされる。

$$\frac{\Delta y}{H} = f_1\left(\frac{H}{L}, \frac{h}{H}, \frac{D}{H}, \frac{x}{B}, \frac{h_1}{h}, \frac{B}{h}, \frac{R}{H}, S, \alpha, \Delta, R, \frac{t}{T}\right) \quad \text{----- (1)}$$

上式における記号のうち、 L は水深係における波長、 Δ は石の形状とあらわす係数、 R は石の組成とあらわす係数である。防波堤構造が一定で波の諸元と t/T の値が変った本実験の場合には(1)式は次のように簡略化できる。

$$\frac{\Delta y}{H} = f_2\left(\frac{H}{L}, \frac{h}{H}, \frac{D}{H}, \frac{x}{B}, \frac{t}{T}\right) \quad \text{----- (2)}$$

これらの式において D/H は
Stability Number $N_s = \frac{1}{4} \frac{H}{W_s (S-1)}$

と入れ替えることができる。図

3は $\Delta y/H$ と x/B について t/T をパラメーターとしてあらわしたもので、 $H=15\text{cm}$ とし3種の T についてのものをかいてある。

この場合 W_s として最小重量 2.5gr を用いて計算した N_s 値は $N_s \approx 9$ であり、Irribatten の改良公式において仮想波高を用いる場合の値とほぼ等しい。なお Brebner さんのグラフによる N_s 値は上値の約 $1/3$ である。図-3には既述の洗掘、堆積の場所的特性が明らかにあらわれておるが、 x/B の各点における $|\Delta y/H|$ は必ずしも t/T とともに増大している。これは個々の石に作用する波力は洗掘、堆積のいずれをももたらす働きをすることによって考えられる。マウンド全体についての $(\Delta y/H)_{\min}$ はいずれの T についてともほぼ -0.1 程度で H/L による効果は少ないが洗掘面積は、 H/L の大きい波ほど大きくおる傾向がみられる。 $(\Delta y/H)_{\min}$ に及ぼす t/T の効果は t/T が小さい領域で著しいが、 $t/T=50$ と 100 の場合とではこの値はほぼ等しくおる傾向にある。

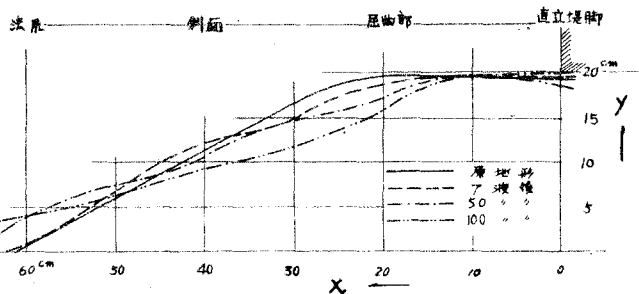


図-2 マウンドの洗掘状況 ($T=1.25\text{sec}$, $H=20\text{cm}$)

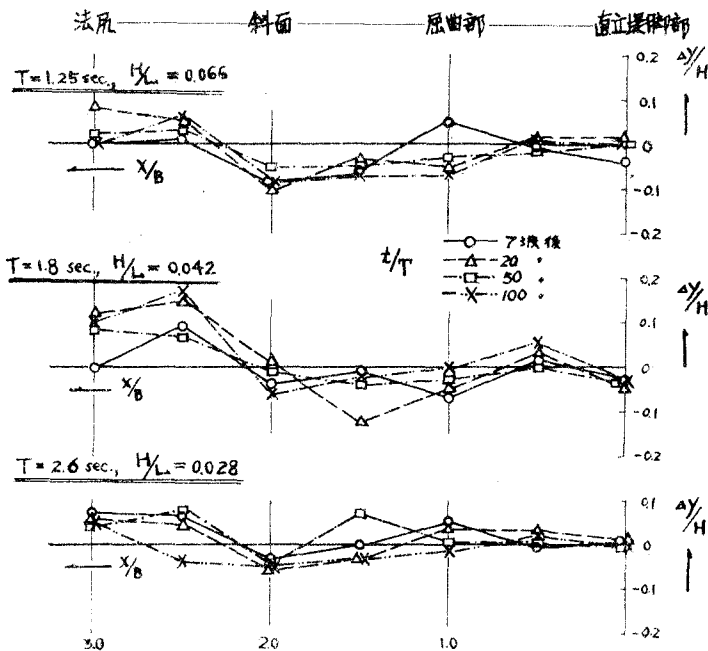


図-3 マウンドの各位置における洗掘(堆積)高 ($H=15\text{cm}$)

- 1) Brebner A. and P. Donnelly; Laboratory Study of Re-
-lie Foundations for Vertical Breakwater, Proc. of 8th
-Conference on Coastal Engng. pp. 408-429, 1963
- 2) 北海道庁港湾建設部; 防波堤の洗掘防止工法について,
第16回道庁港湾技術研究会資料 昭40.11月