II-371　透過式離岸堤の先端部周辺における局所洗掘の特性について

大阪府立工業高等専門学校　正員　平山秀夫

1. はしがき： 近年，河川改修工事などの進展に伴って，土砂の海岸への流出が減少し，そのため，海岸線の侵食が激化の傾向にある。その防止対策として主として堆砂を目的とした離岸堤工法が各地で実施され，現在，それが急増の一途を辿っていることは周知のとおりである。しかしながら，その堆砂機構はもとより，堤脚部周辺の洗掘の実態やあるいは堤の沈下の原因などについてもまだ十分究明されておらず，さらに検討すべき余地も少なくない。

著者は，前報1)で，堤先端部形状が堤脚部周辺の洗掘に及ぼす影響を明らかにするため，先端部形状が異なる種々のモデル堤を用いて実験的に検討し，その洗掘特性について若干の知見を得ることができた。

本研究では，これに引き続いて，堤の設置に伴う海浜変形の実態を実験的に調べ，堤の維持と堆砂の促進を最も有効にする堤の諸元や堤の構造様式などの最適条件を系統的に明らかにしようとするもので，ここでは特に，堤の構造様式が透過性の場合について，堤幅，透過率および異形ブロックの積み方（整積・乱積）などの相違によって，堤周辺の局所洗掘・堆積特性やあるいは堤の沈下量がどのように異なるかを実験的に詳細に調べようとするものである。

2. 実験装置および方法： 実験装置はモデル堤として異形ブロック（テトラポッドと中空三角ブロック）と空隙孔を有する平板モデルを用いたことを除けば，前報1)と全く同様である。実験の方法は，水平可動床（底質は$d_{50} \fallingdotseq 0.20^{mm}$の標準砂）の中央部に各モデル堤を設置し，経過時間$t = 1/4, 1/2, 1, 2, 3$時間ごとに，種々の波浪条件下における堤先端部周辺の洗掘・堆積特性や水理特性あるいは堤の沈下量などを調べた。各時間ごとの洗掘深及び堆積高は，等高線法で表示できるように，堤先端を原点として波の進行方向にx軸，それに直角方向にy軸をとり，この両軸方向を約$5 \sim 10^{cm}$の間隔で砂面測定装置を用いて測定し，同時に抵抗線式波高計で波高分布も調べた。実験条件は，砂面上一様水深(h_0)を常に一定の30 cmとし，波浪特性は周期$T = 1.3, 1.5, 1.7$ secの各場合について，沖波波高$H_0 = 5.1 \sim 11.0$ cmの範囲で適当に変化させた。なお，本文図中の丸印（○,●），三角印（△,▲）および四角印（□,■）は，それぞれテトラポッド，三角ブロック及び平板モデル堤を用いた整積の場合の結果を示す。

3. 解析方法： 解析は，すでに作成された洗掘・堆積状況の実態に基づいて作成された等高線図から，洗掘堆積領域の各諸元や総洗掘・堆積量を求めた。それらの結果に基づいて，最大洗掘深及び堆積高をそれぞれZ_{min}，Z_{max}，全領域における総洗掘量及び堆積量をV_{max}，W_{max}，平均洗掘速度を$\Delta Z_{max}/\Delta t$（Δt：洗掘深の測定時間間隔，ΔZ_{max}：Δt時間における最大堆積高の変化量）で表わし，さらに堤の平均沈下量（堤の四隅角部地点での沈下量の平均値）をh_dで表わした。

4. 実験結果および考察： 1)モデル堤周辺の波高分布：図-1は堤の透過率K_Tと波形勾配(H/L)の関係を示したもので，図中には沼田2)の実験公式［$K_T = 1/\{1 + (B/d)^{0.67} \cdot (H/L)^{0.5}\}^2$，$B$：堤体幅，$b$：1個のブロックの高さ］も参考のために示した。この図から，本実験結果は沼田の式とは若干異なった分布傾向を示すことがわかる。なお，図-2はx軸に沿う堤の岸・沖側における波高分布の1例を示したもので，一般に，最大波高は堤の沖側5 cm前後で，最小波高は堤の岸側5 cm前後で発生するようである。

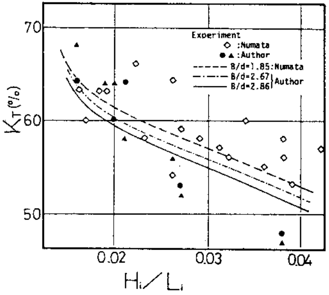

図-1 波の伝達率と波形勾配の関係

2)洗掘・堆積過程：a)異形ブロック堤の場合：この場合には，本実験結果によれば，堤周辺の局所洗掘・堆積状況は次の5種類に分類できるようである。すなわち，I) 堤先端部隅角部に砂漣のみが発生する場合，II) 最初，堤背後の岸側のみに発生した堆積領域が，徐々に堤先端部付近に広がる場合（侵食領域なし），III) 堤先端部が洗掘さ

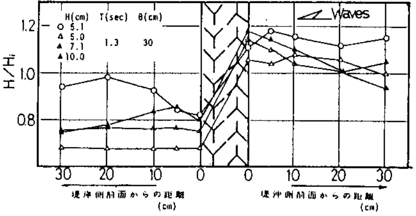

図-2 堤周辺の波高分布

れ，それが堤の岸・沖側に堆積する場合，Ⅳ）Ⅲ）型の特殊型で岸側のみに堆積領域が発生する場合，Ⅴ）Ⅱ）型の特殊型で堆積領域が堤の岸・沖側に発生する場合，である。　一般に，Ⅰ）型は波高が小さい場合に，Ⅱ）型は短周期波の場合に発生する。Ⅲ）型は周期・波高とも大きく，堤先端部に発生する渦が洗掘の主因を成す場合，Ⅳ）型はテトラポッド堤で，$T=1.5$，1.7 sec で $H \fallingdotseq 7.0$ cmの場合，Ⅴ）型は中空三角ブロック堤で，$T=1.5$ sec，$H \fallingdotseq 9.0$ cmの場合のみに見られた。　b）平板モデル堤の場合：これは，前報[1]の不透過堤の場合と同様に，一般に堤先端部付近が渦によって円形状に洗掘され，それが堤の両側に堆積するが，その程度は空隙率によって若干変化する（図-4参照）。

3）洗掘特性：　図-3および図-4は，それぞれ洗掘量に及ぼす周期の影響および平板モデル堤の場合における空隙率の違いによる洗掘量の変化特性の結果を示したものである。これらの図から，洗掘量は周期が大でかつ空隙が小さいほど逆に大きくなることが明らかであろう。

4）堆積特性：　図-5および図-6は，それぞれ堆積量に及ぼす堤幅の影響および平板モデル堤における空隙率の影響を調べた結果を示したものである。これらの図から明らかなように，一般に，総堆積量は，堤幅が広くかつ空隙率が小さいほど大きくなるようである。また，ここでは示していないが，一般に堆積量は乱積の場合が正積に比して若干有利なようである。一方，図-7は平均堆積速度 $\Delta Z_{max}/\Delta t$ の経時変化を示したもので，$\Delta Z_{max}/\Delta t$ は波の周期によって若干変化することが明らかである。

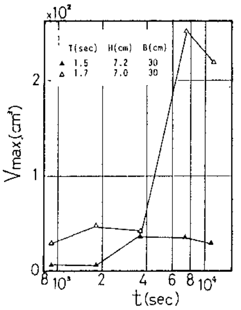

図-3　総洗掘量の周期による変化

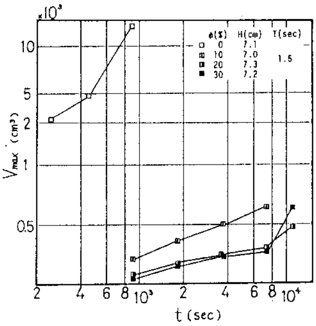

図-4　総洗掘量の空隙率による変化

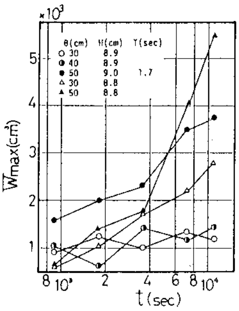

図-5　総堆積量の堤幅による変化

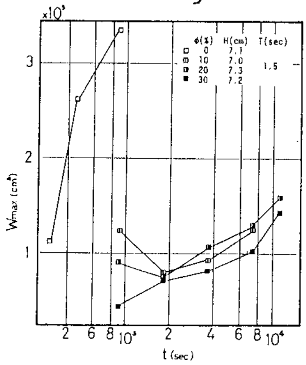

図-6　総堆積量の空隙率による変化

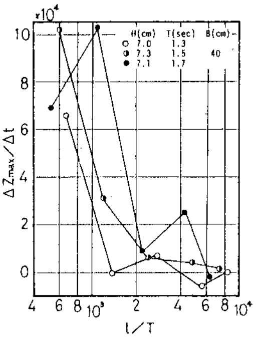

図-7　平均堆積速度の経時変化

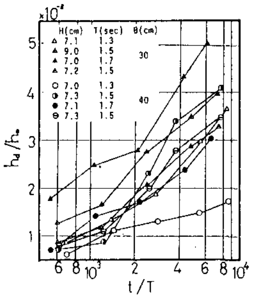

図-8　堤沈下量の周期による変化

5）堤の沈下量：　図-8および図-9は，それぞれ堤の沈下量に及ぼす周期および透過率の影響を調べたもので，一般に1部の場合を除いて，周期が長くかつ透過率が小さいほど，またここでは示していないが，波形勾配が大きいほど平均沈下量は大きいようである。一方，図-10は堆積量と沈下量の関係を示したもので，この図から堆積量の増大とともに沈下量は大きくなることが明らかであろう。これは堤の沈下に伴って排出する砂量が，堤周辺の総堆積量の変化に大いに関係していることによるものと思われる。　最後に本研究を実施するにあたり，暖かい御指導を賜った岩垣雄一京大教授，実験や解析に助力を得た稲田満・橋田龍二の両君に心から感謝の意を表する。

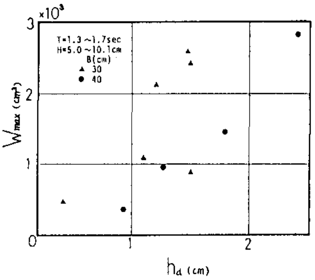

図-10　総堆積量と沈下量との関係

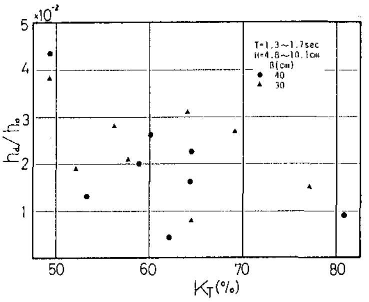

図-9　堤沈下量と伝達率との関係（t=60分）

参考文献：　1）平山・志鹿・中村：昭和56年度関西支部年講，P.Ⅱ78，1981.　2）沼田：第22回海講論文集，pp.501～505，1975.