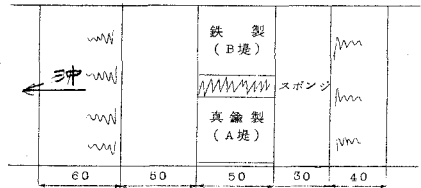


東北大学工学部 正員 工博 岩崎 敏夫
 同上 正員 沼田 淳
 同上 正員 ○長谷 直樹

1. 緒言 本実験は防波堤の基礎が洗掘されて、堤体が沈下する状況を、二次元水路に移動床の模型を設置しておこなった実験の結果に、検討を加えたものである。実験は縮尺を $1/20$ にとり、床材料としては小名浜港海底砂(比重2.6, 平均粒径 0.2mm)およびグリーンアッシュ(比重2.0, 平均粒径 0.1mm)を使用し、図-1



の断面についておこなった。実験は造波機の偏心量 a の小さい段階で周期 $8 \sim 14\text{sec}$ (原型)の種々の波による洗掘をしらべ、 a を 10cm から 45cm まで大きくしながら同周期の一連の波による洗掘沈下の機構をしらべた。

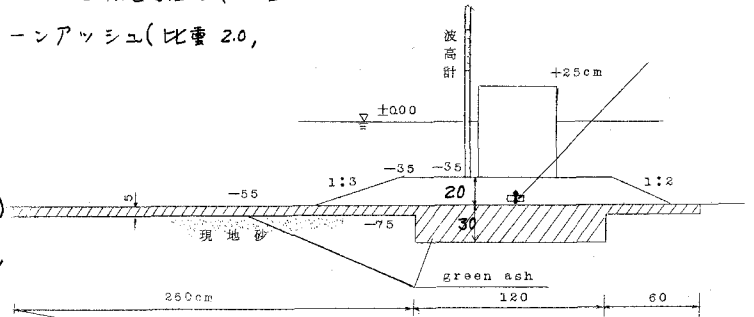


図-1

2. 実験

堤体の沈下の量と

図-2に示す。图中堤

体沈下量は、四隅の測定値

をとり、沖側二隅、岸側二隅について平均している。

i) 堤体下の洗掘曲線は、陸側より $1/3$ の附近に最大洗掘深を有する比較的フラットな形状であつて、全般的に序々に進行する。この砂は岸側に輸送され、この傾向は前面重複高さ $10\text{cm} \sim 20\text{cm}$ の測定番号11位までのもので、この間堤体の沈下量は着しくなり、

ii) 波高が $25\text{cm} \sim 35\text{cm}$ となつて、防波堤に破壊性の波があたりはじめると、堤体は、基礎地盤中に衝撃力によつてゆり込まれるようになり、沈下を始めてくる。その場合の堤体の傾きは、沖側に向つており、これは破壊波力の合力の着点の位置と方向によるものと考えられる。測定番号No.12において、堤前趾の下で急激な地盤の洗掘がみられており、これは破壊のまき込みが強い為と考えられる。勿論堤体のゆりこみは捨石のゆりこみを伴っている。B堤の沈下が大きいのは、A堤よりも重い堤体

T(分)	0	2	4	6	8	10	12	14	16			
Arm (cm)	10	14	16	20	25	30	30	35	45			
t (m)	6-9	8-12	16-18	14-18	10-26	10-23	10-30	25-44	26-38	20-44	22-33	18-20
T (Sec)	3.2	3.2-2.0	2.0	2.0	2.0-2.6	3.2-2.6	2.4-3.2	2.8-3.2	2.4-3.5	2.3-2.9	2.4-3.2	3.2-3.4

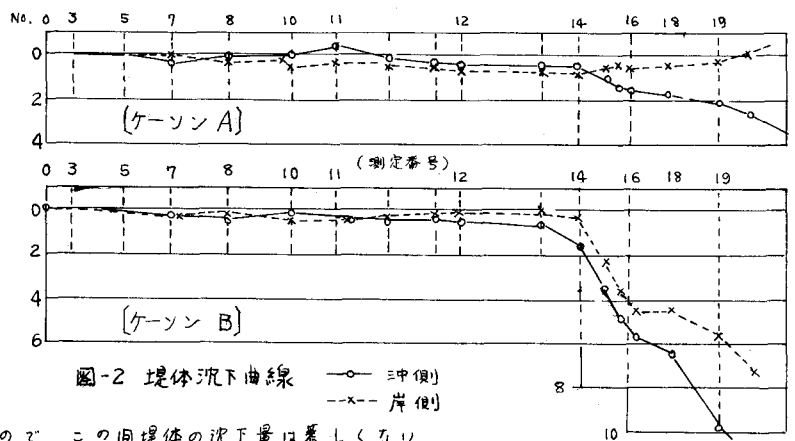


図-2 堤体沈下曲線 ○ 沖側 -x- 岸側

のためであり、また実験波の横振れにより砂の集中度が強かったことがあげられる。

iii) 測定番号 No 14 の $t=1200$ 分において、沈下は著しくなっている。砕波が起ころ直前高 35 cm 以上の波では、堤体自体が衝撃波圧により岸側へスライドする。これ以降の実験は、現地とは無関係であるが、沈下機構を知るためになお実験を継続している。

測定番号 No 19 以降では、スライドした堤体が極端に傾いてしまっている。実験の後期には、沈下して半ば潜堤状態に達し、越波を許したまゝ、実験が継続された。堤体上では入射波は 5~10 cm の水深で越流してくる。このため堤内水位は堤外より 5 cm 内外上昇し、基礎砂利層中には戻り流れが卓越して、砂が洗い出される。

iv) 実験終了後地盤を観察すると、グリーンアップシユは岸側地盤面に一様に移動していたが、これは実験の初期に岸側に輸送されたものと、後期に堤体の沖側でまき上げられて浮遊したものが、越流して岸側に堆積したものとあるようである。

3 考察

実験は二のほかに、波長の大小による洗掘の傾向を調べたもの、堤体間に隙間を残して透過を許したもの、さらに越波やポンプにより堤内水位を増減して強制的に基礎の流れを起した場合についておこなっており、これらの実験を通じて得られた結果について考察する。

1. 波浪によって防波堤が沈下する機構は図 2-(1), (2) に示すように、戻り流れによる後傾と進行流による前傾の二種類が実験でみられた。このことをさらに解析すると、来襲する波浪が直立防波堤にあたる形式は周知のように重複波、部分重複波、部分砕波および砕波に分けられ、これによつて沈下機構が異なることが考えられる。沖波の波形勾配と浜勾配によつて、相対砕波水深がきまるが、相対水深がこれより深いと重複波に、浅いと砕波になる。しかも沖波波形勾配と浜勾配によつて砕波の状態も異なる。

捨石マウンドと砂戸との境界における水粒子の運動は、その上下に比して著しく強大であつて、その流れがもっている剪断心力が海底砂床の剪断抵抗よりも大きるとき、この境界に沿って、砂の掃流あるいは浮遊を生じる。一般に浪高の小さな来襲波により重複波が全くなるときには、港内静水面との間の圧力差によつて生ずる上部水粒子の運動は、沖向および岸向きについて対称であり、砂粒子は原位置を中心として往復運動をしていて、洗掘はあまり起らず、したがつて堤体の沈下も生じない。

有限波中波のときは、質量輸送は海底において常に沖へ向う、砂は沖方に輸送される。故に Case No. 3, 5, 6 のように、波が重複波であれば沖向の輸送が行われると思われる。しかし輸送はほぼ一様であつて、洗掘面の曲線はフラットで著しい防波堤の傾斜を生じないものと思われる。

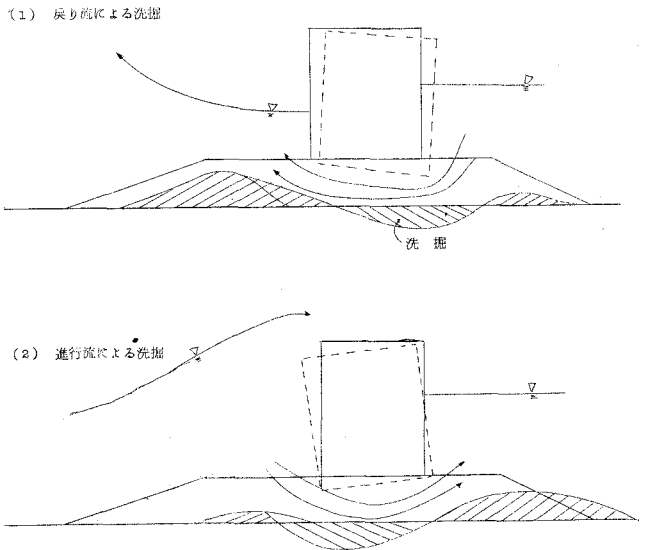


図-2

砕石の場合には、崩れおちる水粒子の垂直方向への強い運動が、一方で堤体に沿って空中に水を噴射するが、必ずその反力が強く下方に作用する筈であり、ケーソンの前趾に加わる圧力は強大となる筈である。これが砂戸とマウンド面の境界に沿って強い岸向きの流れをつくり、砂を岸側に輸送するようになる。この場合の砂地盤の変形は、マウンドの変形が起らなくとも、砂地盤は前趾側ではほぼどしく洗掘されていると思われる。海浜において、砕石によって強い潮上浜が生じることを考えると、このことは理解されるであろう。

図-4 のように実際の現象では流速が掃流限界流速より大きいときに沖向輸送と岸向輸送が交互に生じ、そのあがなアンバランスの集積として海底が変化する。そして岸向き強制流を生ずる海面上昇が、港外側に発生する可能性は有りことではない。すなわち 1) 質量輸送による水面上昇、2) 風の吹寄せ、3) 防波堤の活版による影響などである。

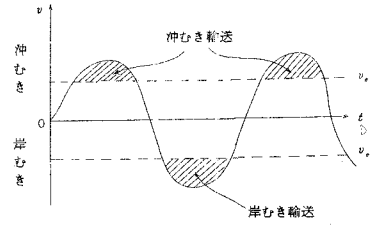


図-4

2. マウンド内の流速として定常流の状態を考えると次の式を得る

$$U = \sqrt{\frac{\Delta H}{\Delta S} \times \varepsilon^5 \times g \times d \times 10}$$

U: 平均流速, ΔS: 仮想流路長(捨石層の長さ)と厚さ

ΔH: 堤内外の水位差, ε: 捨石空隙率, d: 捨石粒径

この関係が振動流に対して適用できるものとして、実験流速に合わせて抵抗係数に相当するεを調整し $U = \sqrt{\frac{10 \cdot \Delta H \cdot \varepsilon^2 \cdot g \cdot d}{\Delta S}}$

を得る。いまこれを現地に適用してΔHと流速との関係を

ΔSをパラメータとして示すと図-5のようになる。これは

よりマウンド内流速は、ケーソン埋幅の大小よりも前面浜

島の大小に大きく左右されることかわかる。なお図で砂移動の限界線は $d_{lim} = 2.5 U^2$ により計算したものであり、堤下の砂は小さく高潮の波浪で前進後退の運動をおこなっているものと思われる。

3. このようにして基礎地盤の砂の移動が始まると、これよりかなり遅れて堤体の沈下が始まる。しかしこの沈下は砕石による衝撃力によるゆりこみによって起るものようである。この際マウンドの礫も地盤の沈下量の0.5~1.0倍の割合で沈下する。

4. このようなる沈下を防止する方法としては、砂面にマット状のもの敷くことが著効があり、またマウンド上方に被覆用のブロックを設けることも効果がある。前者は砂の移動を防止するものであり、後者は、圧力の伝播を緩和するものである。マウンドの厚さを増すことは、堤脚の水深を変化させ、堤にあたる波浪を砕け易くさせるという意味で上げた方がよいように思われる。

本実験はオーストラリアの名海工事務所(内田所長)の西防波堤の沈下現象について、現地で行われた資料と差におこるたものであり、正確な資料を提供していただいた事務所の各員に感謝する。

参考文献

- オーストラリア建設局 : 名石屋港高潮防波堤透水模型実験報告
- 吉村芳男 : 「ケーソン防波堤の急速施工例」 土木学会誌 Vol.51, No.9, 1966.
- 内田剛夫 : 「小名浜港の風波せつりて」 オ14回海洋工学講演集, 1967.

4、伊藤喜行：「砂浜の安定性に関する研究」 港湾技術研究所報告 Vol.5 No.10 1967