

波による消波ブロックの三次元振動について

名城大学 学 員 ○ 小川 浩司
 名城大学 正 員 伊藤 政博
 学 生 野口 悟

1. はじめに

海岸堤防及び防波堤の前面には、波の反射と波圧の軽減、越波及び洗掘の防止などの目的で各種の消波ブロックが設置されている。この消波ブロックは、波高が大きくなるにつれて静止状態から微動、振動、揺動、脱落といった過程を経て被害に至る。このような現象の中でも波による消波ブロックの微動、振動、揺動は砂質地盤内へのブロックの沈下や消波工の締め固めに大きく関係しており、現地海岸でも砂質地盤上に造られた消波ブロックが地盤中に数メートル潜り込んだり、締め固めにより不等沈下したりする事例が報告されている。しかし、この消波ブロックの微動、振動、揺動については十分な現地観測がされておらず、また現地観測も難しく、基礎的な研究もあまり行われていないのが現状である。そこで本研究は、波高の増大に伴う消波ブロックの振動といった点を取りあげ、消波ブロックの微動、振動及び揺動特性と被害率との関係を実験的に調べる。

2. 実験方法

実験は、まず、図-1のように、二次元造波水路内に碎石（7.5g、平均粒径27mm）で防波堤の模型を造り、その法面に1:4/3勾配でテトラポッド模型を二層乱積みとした。被害率は一定の周期、波高の規則波を600~1000波作用させ、波の作用に伴うテトラポッド模型の挙動をビデオカメラで撮影、記録した。順次波高を段階的に大きくして、被害率を積分値として評価することにした。

テトラポッド模型の振動測定は、模型に超小型加速度センサーを埋め込み、被覆層の静水面中央の表層と下層に設置した。この加速度センサーは、1軸方向のみの測定が可能であるので、3個のセンサーをX軸（法面に対して直角方向）、Y軸（波の遡上・流下方向）、Z軸（汀線方向）の3次元方向を測定出来るようにテトラポッド模型の中心部に埋め込んだ。振動測定時には法面方向の波の遡上及び流下を容量式波高計で測定した。この測定は、パーソナルコンピューターを用いて行い、その結果をフロッピーディスクに収録した。実験条件の概要は表-1のようである。

3. 実験結果

3. 1 被害率と波高の関係

テトラポッドの安定係数を $K_D=8.3$ とすると、実験に用いた模型の重量は $W=58.9\text{gf}$ であるから、被害率1%に対する波高は、Hudson式によると周期に関係なく $H=8.6\text{cm}$ となる。実験結果に基づいて、縦軸に被害率、横軸に波高をとって整理した結果が図-2に示してある。この図から被害率は、波の周期によって異なっていることがわかる。つまり、周期 $T=1\text{sec}$ の波の場合、被害率0.3%の波高は14cm、被害率1%の波高は16cmである。

3. 2 斜面方向の波（水面変動）と振動加速度

波の周期 $T=1\text{sec}$ で波高が $H=8(D=0\%)$ 、14($D=0.3\%$)、16($D=1\%$)、18cm($D=30\%$)のとき、汀線における斜面方向の水面

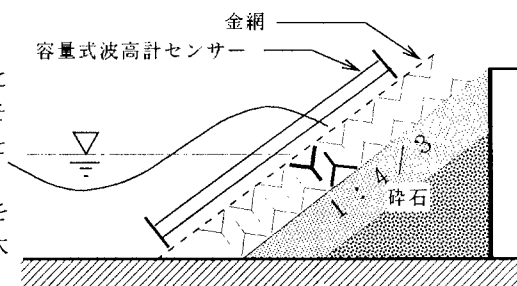


図-1 堤体断面

表-1 実験条件の概要

規 則 波	水深 h : 60cm 波高 H : ~18cm 周期 T : 1~3
テトラポッド模型	比重: 2.3 重量: 58.9gf 高さ: 4.52cm
2層覆被堤	法面勾配 1:4/3
海底勾配	水 平 床
被害率の測定	波の作用時間 15~50min (波数) (600~1000)
振 動 測 定	データ取り込み間隔 30msec データ総数 2048個
振動の測定方向	X方向: 斜面に垂直方向 Y方向: 波の遡上方向 Z方向: 汀線方向

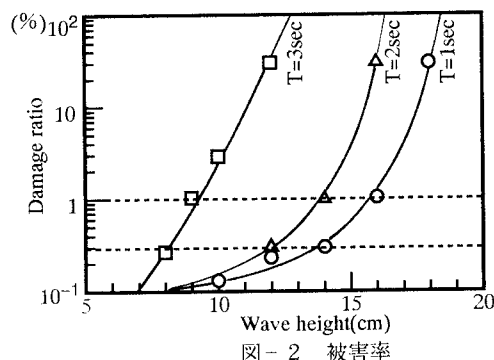


図-2 被害率

変動が図-3(a)に示してある。また、図-3(a)に対応させて、ブロックの振動加速度(X,Y,Z方向)が図-3(b),(c)及び(d)に示してある。振動加速度の経時変化は、周期 $T=1\text{sec}$ で、波高が $H=8, 14, 16, 18\text{cm}$ であるときのX(斜面に垂直)、Y(斜面)、及びZ(汀線)方向の加速度の変化が図-3(a)の水面変動と対応させて示してある。図-3(b),(c),(d)から、汀線に設置されたテトラポットの振動は、遡上波が汀線を横切った直後に、テトラポットの微動がみられる。被害率0.3%を越える波高 $H=14\text{cm}$ 以上で、振動が生じていることがわかる。

3.3 振動加速度の最大・最小値の頻度分布

図-4は、周期 $T=1\text{sec}$ の波について、全記録(62波)から読み取った加速度の最大値及び最小値の頻度分布が、斜面方向の水位変化と波高の比 $R\eta/H$ と波の位相 t/T との関係で示してある。この図から、波高の大きさにあまり関係なく、最小と最大の振動加速度が発生する位相はだいたい同じであることがわかる。つまり、波が汀線を横切り遡上する間で、(最小と最大の)加速度が発生している。

3.4 スペクトル解析

周期 $T=1\text{sec}$ の場合について測定した振動加速度をスペクトル解析した結果が、X,Y,Z方向に分けて、図-5にまとめてある。この図によると、波高が大きくなってもしっかりしたスペクトルのピークは見られない。しかし、被害率0%の波高 $H=8\text{cm}$ と被害が0.3%になる波高 14cm とを比較すると、 $H=8\text{cm}$ の場合は振動スペクトル密度が非常に低いことがわかる。

4. まとめ

本研究では、表層に設置した場合について振動の特性を調べたが、現在、下層に設置した場合、及び比重を変えた場合の振動についても実験を進めているので、これらの結果を併せて、講演時に発表する予定である。

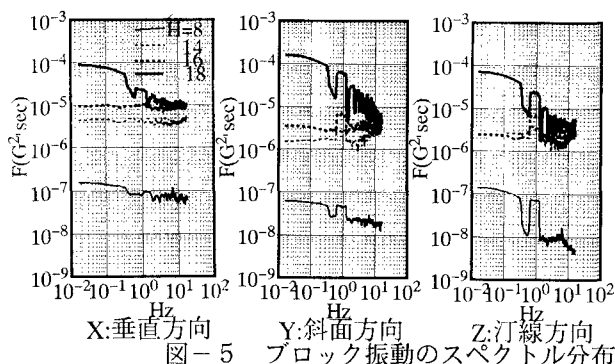


図-5 ブロック振動のスペクトル分布

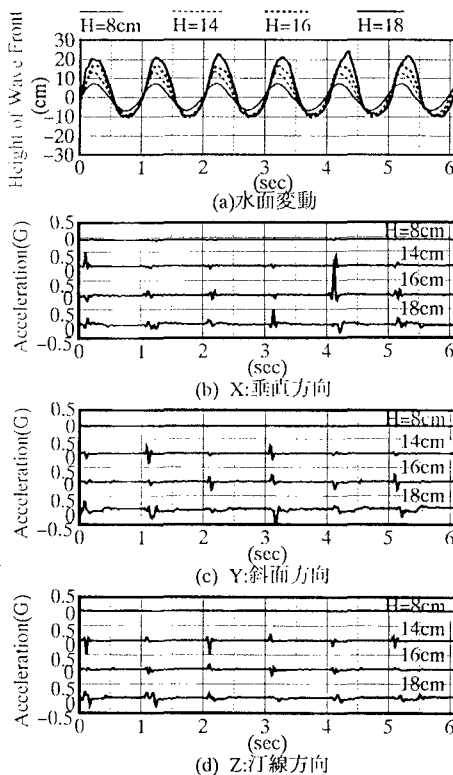


図-3 水面変動とブロック振動

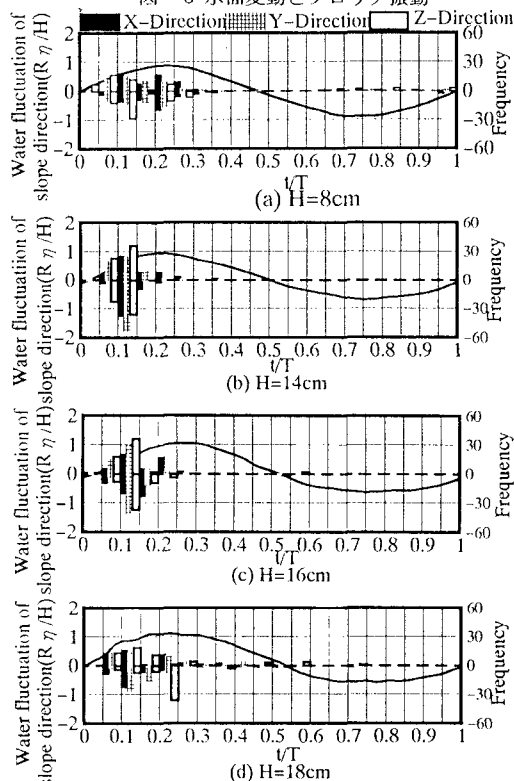


図-4 振動加速度の最大・最小と水面変動との関係