

京都大学大学院工学研究科

京都大学防災研究所

京都大学大学院工学研究科

学生員 ○東良宏二郎

フェロー 高山知司

学生員 金 泰民

1. はじめに

現在、防波堤の設計法として堤体の期待滑動量に基づいた信頼性設計法が検討されている。しかしながら実際の防波堤の被災を調べてみると、単に水平に滑動被災を起こしているものだけでなく、傾斜した状態で滑動しているもの、滑動せずに回転しているもの、あるいは転倒しているものなど非常に複雑な被災形態となっている。(高山・東良; 2002) そこで、設計精度を向上させるためには、設計外力を超える波力が働いた場合の防波堤の挙動を正確に知る必要がある。本研究においては、構造物の大変形解析に適用が可能である個別要素法 (DEM) を用いて、数値シミュレーションモデルを構築し、ケーソン式混成堤の挙動計算を行った。また、水理模型実験の結果と比較することにより、モデルの適用性について検討した。

2. 研究の内容

個別要素法を用いた従来の研究では、簡便のため捨石を円形要素で表現していた。このため、波を作用させるとマウンドが崩れるといった欠点があった。本研究では宮田ら (2002) の提案した Superquadric DEM を用いることによって、捨石を楕円要素で表現した。ケーソン部は後藤ら (2001) の剛体連結モデルによって表現した。計算の対象とする防波堤の諸元は実験と同一にした。計算対象の防波堤を図-1 に示す。ケーソンに作用させる波力は谷本ら (1996) を参考に、図-2 に示すような時系列モデルで与えた。 P_{1max} は合田式において、波圧係数 α_1 に加えて高橋らによる波圧係数 α^* を考慮したときの水平波力であり P_{2max} は α_1 のみ考慮したときの波力である。 P_{3min} は港湾施設の技術上の基準による、壁面に波の谷があるときの水平波力である。揚圧力についても同様である。なお、本研究では、流体抵抗力和捨石に働く波力を考慮しなかった。

図-3(a)は $H=0.25m$ 、 $T=1.5s$ の波を作用させたときの滑動量の計算値と実験値を比較したものである。一波ごとの滑動量は概ね等しいが、計算では押し波のときに大きく岸側に滑動し、引き波のときに沖側に戻っている。実験でも同様な傾向はあるものの、このような大きな振幅はみられない。図-3(b)はケーソンの傾斜角を計算値と実験値で比較したものである。実験ではあまり傾斜が見られないのに対し、計算では傾斜角が大きく変動しており、ケーソンが前後に揺れている様子がうかがえる。流体抵抗力を無視したことが、これらの差のひとつの要因と思われる。

図-4は $H=0.1m$ 、 $T=1.0s$ の波が8波作用したと仮定して、ケーソンの重心の鉛直変位を計算した結果を示したものである。この条件ではケーソンは滑動していないが、ケーソンの重心が徐々に下がって

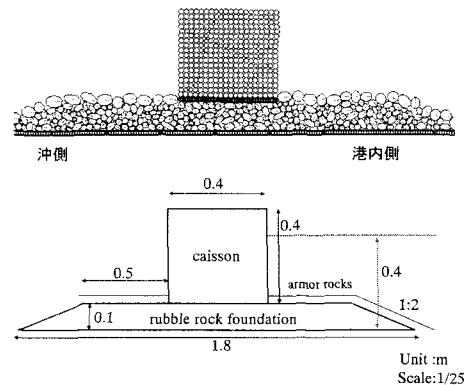


図-1 防波堤

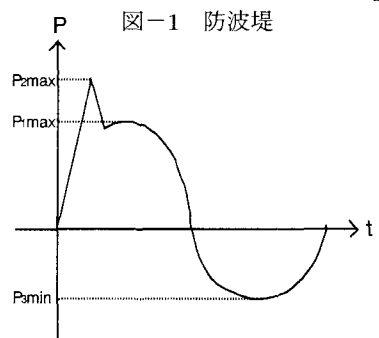


図-2 波力の時系列モデル

いることがわかる。これは波力が繰り返し作用することによりケーソンがロッキングし、マウンドが締め固まったものと考えられる。

ケーソン設置後すぐに大きな波力を作用させた場合とまず小さな波を作用させてから大きな波力を作用させた場合で滑動量に違いが出るか調べた。図-5 は $H=0.2\text{m}$, $T=2.0\text{s}$ の波をケーソン設置後すぐに作用させた場合と $H=0.1\text{m}$, $T=1.0\text{s}$ の波を 8 波作用させた後、 $H=0.2\text{m}$, $T=2.0\text{s}$ の波を作用させた場合の滑動量を比べたものである。図-6 は同様に $H=0.25\text{m}$, $T=1.5\text{s}$ の波について比較した結果である。どちらのケースにおいても設置後すぐに大きな波を作用させた場合の方が滑動量が多い。これは前述したように $H=0.1\text{m}$, $T=1.0\text{s}$ の波によってマウンドが締め固まり、捨石が噛み合うことによって滑動抵抗が増したものと思われる。

3. 結論

本研究によって得られた結論は、以下のようである。

- 1) 実験時のケーソンの動きをよく再現できなかった。
これは流体抵抗力を計算に考慮していないことが原因のひとつと思われる。
- 2) 堤体が滑動しない程度の小さな波でも繰り返し作用させることにより、マウンドが締め固まった。
- 3) ケーソン設置後すぐに大きな波を作用させた場合の方が、小さな波を複数作用させてから大きな波と作用させた場合よりも滑動量が大きかった。小さな波によってマウンドが締め固まり、捨石が噛み合うことによって滑動抵抗が増したものと思われる。

謝辞

本研究で用いた DEM プログラムは京都大学 後藤仁志助教授に提供していただいた MBS コードに著者らが手を加えたものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 高山知司・東良宏二郎(2002)：防波堤の被災特性に関する統計解析，海洋開発論文集，第 18 巻
- 2) 宮田正史・Graham G.W.Mustoe・Masami NAKAGAWA・菅野高弘 (2002)：国総研資料，第 33 号。
- 3) 後藤仁志・原田英治・酒井哲郎(2001)：風倒木の溪流斜面崩壊過程に及ぼす影響，水工学論文集，第 45 巻，pp.721-726
- 4) 谷本勝利・古川浩司・中村廣昭(1996)：混成堤直立部の滑動時の流体抵抗と滑動量算定モデル，海岸工学論文集，第 43 巻，pp.846-850

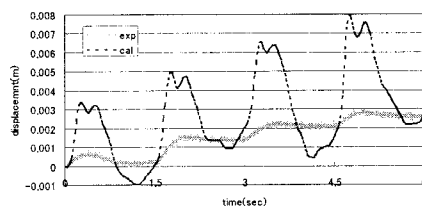


図-3(a) 滑動量の比較

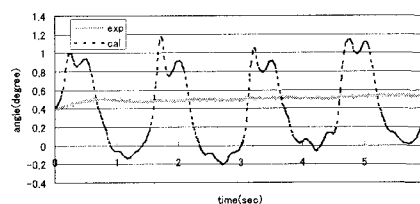


図-3(b) 傾斜角の比較

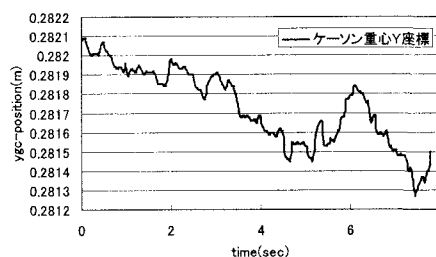


図-4 ケーソン重心の鉛直変位

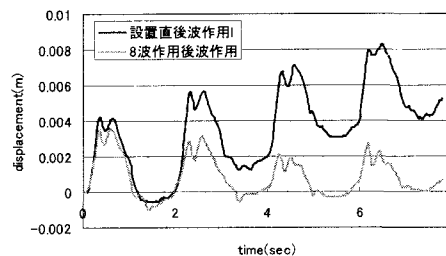


図-5 $H=0.2\text{m}$ $T=2.0\text{s}$

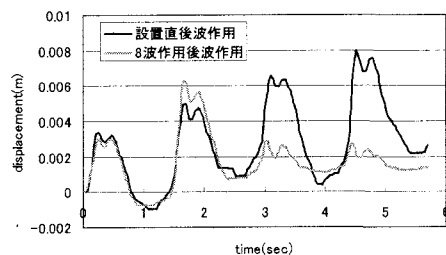


図-6 $H=0.25\text{m}$ $T=1.5\text{s}$