

## 防波堤基礎マウンドの荷重支持及び変形メカニズムに関する検討

東電設計株式会社	正会員	本田 中
国土技術政策総合研究所	正会員	長尾 毅
東京電力株式会社	正会員	興野 俊也
東電設計株式会社	正会員	中瀬 仁

### 1. 目的

混成式防波堤の捨石マウンドには偏心傾斜荷重が作用するため、その支持力照査は簡易 Bishop 法による円弧滑り解析を行うことを標準としており、支持力特性をよく表現できることが確認されている<sup>1)</sup>。しかし、捨石マウンドの破壊形態は、条件によりさまざまな形態をとると考えられるため、今後性能規定型の設計体系を採用し、信頼性設計法により照査していくためには、捨石マウンドの破壊形態を反映した支持力照査法について検討を行う必要がある。新しい設計法の構築のための第一歩としては、捨石マウンドの荷重支持メカニズムを把握する必要がある、その計算手法としては個別要素法が有力であると考えられている<sup>2)</sup>。本研究では、捨石マウンドの荷重支持及び変形メカニズムを把握することを目的に、既往の防波堤マウンドの破壊実験を対象とした個別要素法によるシミュレーションを行った。

### 2. 検討対象とした実験の概要

実験は、ケーソン式防波堤において捨石マウンド及び海底地盤に偏心傾斜荷重が作用した場合(図1)の地盤変形特性を定量的に評価する破壊実験である。実験模型は縮尺 1/8 であり、海底地盤、捨石マウンドおよび載荷ブロックにより構成される(図2)。図1に示すような三角形分布荷重を確実に載荷するために、実験では三角形の形状の載荷ブロックを用いている。実験ケースは、実防波堤断面を想定したとしたケース(case1:  $V=60\text{kN/m}$ )及び上載圧を case1 の 1.5 倍としてより確実に地盤破壊を生じさせるケース(case2:  $V=90\text{kN/m}$ )の2ケースである。載荷ブロック底版から捨石マウンド天端に、より大きな水平荷重を伝達させるために、ブロック底版には径 6mm の溶接金網を設置している。計測項目は、載荷ブロックに作用する水平荷重・鉛直荷重と載荷ブロックの変位、地盤側面に設置したターゲットによる地盤内部変位の経時変化である。

### 3. 個別要素法によるシミュレーション

2つの実験ケースについて、二次元個別要素法によりシミュレーションを実施した。シミュレーションモデルを図3に示す。図4の荷重変位関係によれば、case1では荷重傾斜  $H/V=0.6$  に至るまでの荷重段階においては、実験とシミュレーション結果の対応が良い。同様に、case2では荷重傾斜  $H/V=0.5$  に至るまでの荷重段階において両者の対応が良い。両ケースとも、それ以降の荷重段階においては、ブロックの変位が急激に増大している。そこで、ここではこの点を「折れ曲がり点」と称する。折れ曲がり点以降の荷重変位関係には実験とシミュレーションにおいて相違が見られるが、マウンド及び地盤の変形状況との対応は良い(図5)。図6に荷重傾斜  $H/V=0.5\sim 0.6$  および  $H/V=0.6\sim 0.7$  にあたる荷重段階において、シミュレーションモデル(case1)に生じた局所的せん断ひずみ増分の分布を示す。これによれば、荷重変

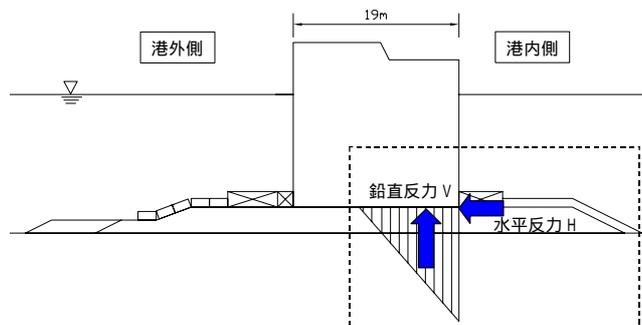


図1 実機防波堤における偏心傾斜荷重

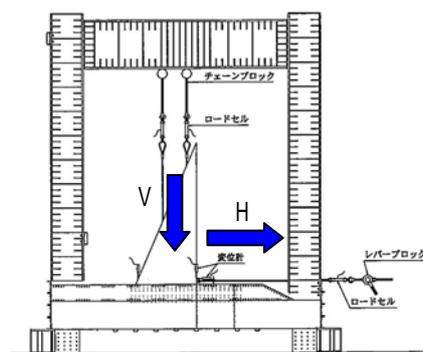


図2 実験模型

キーワード：捨石マウンド、個別要素法、荷重支持メカニズム、変形メカニズム

連絡先：〒110-0015 東京都台東区東上野3丁目3番3号 東電設計株式会社 TEL03-4464-5563

位曲線の折れ曲がり点（ $H/V=0.6$ ）に至るまでは、マウンドには部分的で小さい変形が生じるにとどまっている。折れ曲がり点以降、ブロック下部において、ブロック隅部を起点とした変形が急激に大きくなり、またその領域も拡大している。ちなみに、簡易 Bishop 法による円弧滑り安全率  $F_s$  が 1.0 となる際の荷重傾斜  $H/V$  は、実験 case1 では 0.58、実験 case2 では 0.46 である。すなわち、安全率が 1.0 を下回ると、マウンド部に重大な変形が生じることを示唆している。

4. まとめ

偏心傾斜荷重による捨石マウンドの載荷実験について、2次元個別要素法によるシミュレーションを行った。設計荷重に至るまでの荷重変位関係、及びマウンドの変形状況を良好に再現することができた。

荷重変位関係における折れ曲がり点以降、マウンド部にはブロック隅部を起点とした変形が生じる。このことは、安全率が 1.0 を下回ると、マウンド部に重大な変形が生じることを示唆している。

参考文献

- 1) 小林正樹ら(1987)：捨石マウンド支持力の新しい計算法，港湾技術研究所報告，Vol.26，No.2，pp.371-411
- 2) 中瀬仁ら(2002)：個別要素法によるケーソン式防波堤の挙動解析，応用力学論文集，Vol.5，pp.461-472

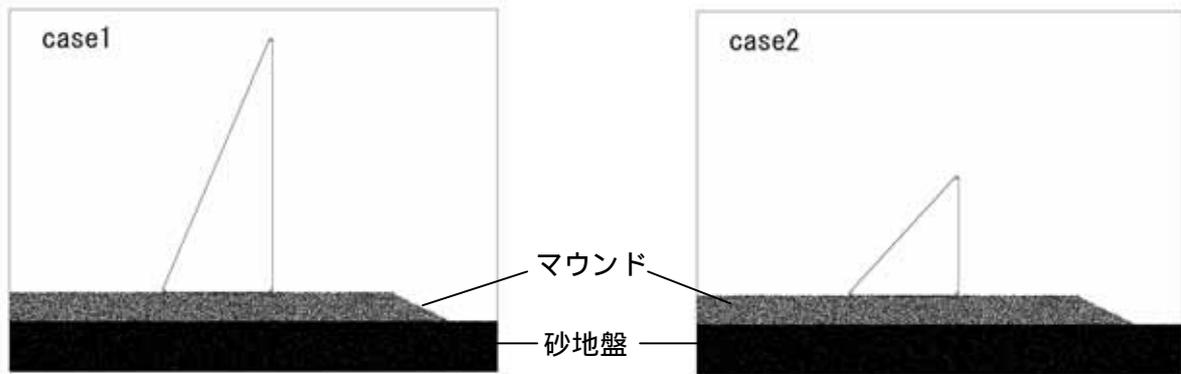


図3 シミュレーションモデル

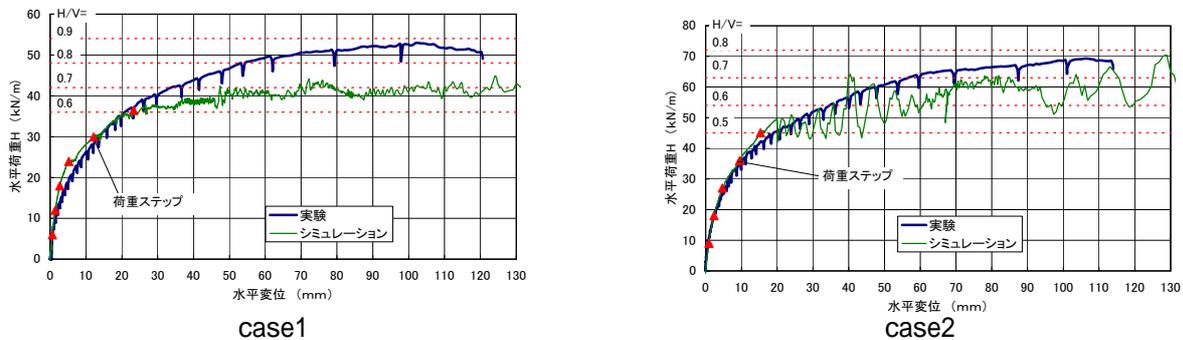


図4 荷重変位関係

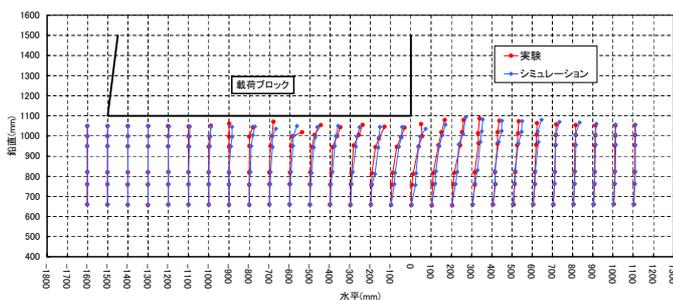


図5 マウンド変形状況  
(case1, ブロック変位 120mm 時)

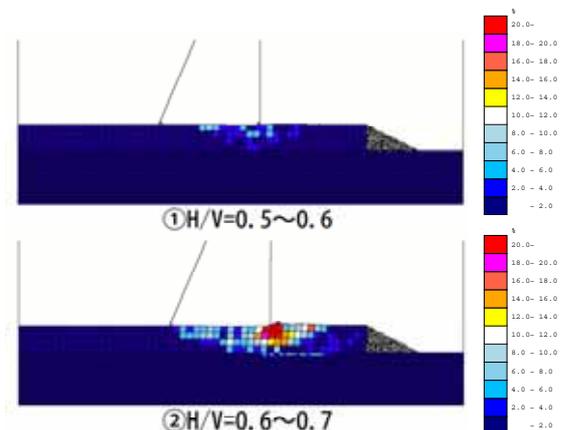


図6 せん断ひずみ増分分布(case1)