

Ⅲ-A165 消波ブロックの非線形性を考慮した防波護岸の地震時変形解析

電力中央研究所 正会員 ○金谷守・河井正・栃木均
東京電力(株) 正会員 石川博之・武田智吉

1. はじめに

著者らは、前面が消波ブロックで覆われたケーソン式防波護岸の地震時変形を検討する目的で、遠心载荷装置などを用いた模型振動実験を行い、消波ブロックがケーソンの地震時変位を抑制する効果があることを指摘している¹⁾。従って、防波護岸の地震時変形を解析的に予測するためには、消波ブロック部の動的物性の評価が重要になるといえる。このような観点から著者らは、消波ブロック集合体の動的変形特性を調べるため、繰返し三軸試験装置を用いた動的変形試験を実施している²⁾。本報告では、消波ブロック模型の動的変形試験結果から動的変形特性のモデル化を行い、別途実施した防波護岸の遠心载荷模型振動実験の数値シミュレーションを行った結果について述べる。

2. 消波ブロック模型の集合体の動的変形特性

動的変形試験は、図-1に示す2種類の消波ブロック模型を用いて行った。試験より得られた主な結果は以下の通りである²⁾。

- ①消波ブロック集合体も一般の土質材料同様、ひずみの増加とともに変形係数 E が低下し、減衰定数 h が増加する傾向を示し、それらは拘束圧に依存する(図-2)。
- ②今回実施した模型サイズの間では、動的変形特性に及ぼすスケール効果は殆ど認められない。
- ③消波ブロック模型の初期変形係数 E_0 ならびに規準ひずみ ε_r と拘束圧の関係は、図-3及び図-4の関係で表現される。

3. 防波護岸の遠心模型実験の数値シミュレーション

(1)解析モデルと解析条件：図-5にUC.Davisの大型遠

心载荷装置を用いた防波護岸の模型振動実験(遠心加速度 $30G$)¹⁾の数値シミュレーション用解析モデルを示す。海底砂層の相対密度は約70%であり、背後地盤及びマウンド下の砂層は相対密度約90%に締固められている。解析では図に示す位置にジョイント要素(摩擦係数0.5)を配置した。海底砂層、背後地盤及びマウンド、裏込めについては、実験材料の液状化試験、動的変形試験の結果から推定し、これらの領域は有効応力解析領域とした。ケーソンはコンクリートの物性を与えた線形

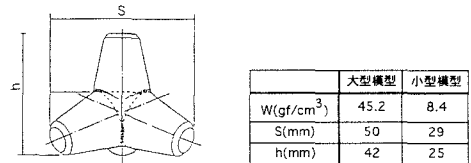
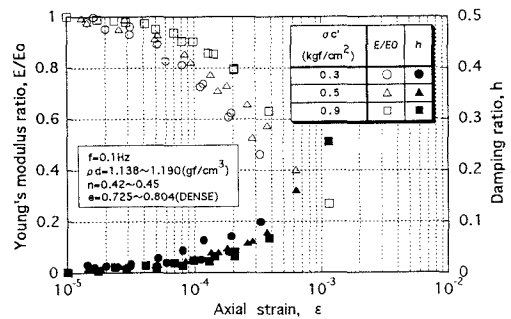
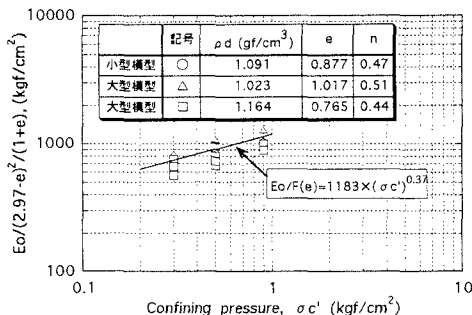
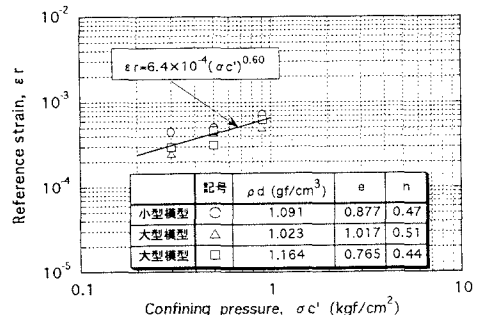


図-1 消波ブロック模型とサイズ

図-2 $E/E_0, h \sim \varepsilon$ 関係の拘束圧依存性の代表例図-3 E_0 と拘束圧の関係図-4 ε_r と拘束圧の関係

キーワード：防波護岸，消波ブロック，動的変形特性，遠心模型実験，数値シミュレーション
連絡先：〒270-1194 我孫子市我孫子1,646 TEL 0471-82-1181 FAX 0471-84-2941

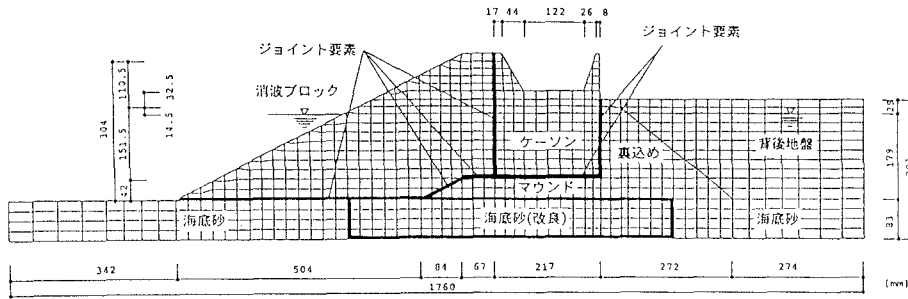


図-5 防波護岸の解析モデル

表-1 解析ケースと消波ブロック部の解析条件

解析ケース	物性の取り扱い	ポアソン比
CASE1	非線形	0.25
CASE2	非線形	0.15
CASE3	線形	0.25

解析領域としている。一方、消波ブロック部については、全応力非線形解析領域とし、図-6に示すように動的変形特性がR-0モデルで概ね表現可能であることから、R-0モデル(hmax=0.3)によって非線形性を考慮した。解析は表-1に示す3通りとし、CASE1と2はR-0モデルでひずみに依存した非線形性を考慮し、ポアソン比を0.25と0.15に変化させた。CASE3では消波ブロック部の非線形性を考慮せず、変形係数をE0の一定値、減衰定数を0.1の一定値とした線形物性で与えた。入力波は実験で計測された波形(正弦波, 90Hz, 振幅10G, 12波)を直接入力した。

(2)解析結果：図-7にケーソン海側天端の残留水平変位(DH1)の比較を示す。消波ブロックの非線形性を考慮した方が実験値に近い値を示しており、ポアソン比の違いによる差は小さい。それに対して、消波ブロック部を線形仮定した場合には、他に比べて変位が小さくなっている。図-8にはケーソン海側天端(DV1)、陸側天端(DV2)の残留鉛直変位の比較を示した。解析では海側変位が実験値に比べてやや小さく、陸側変位がやや大きめの値となっている。特にE0一定の線形仮定では、ケーソンが最終的に陸側に傾斜するモードを示しており、実験で得られたモードと異なる¹⁾ことから、消波ブロックに対して非線形性を考慮した方がより実験値と整合することが示唆される。

なお、本研究は電力9社と日本原子力発電(株)による電力共通研究の一部として実施したものであることを付記する。

参考文献：

- 河井他(1999):人工島防波護岸の耐震性に関する研究(その2),電中研研究報告,U98023.
- 金谷他(1999):繰返し三軸試験装置による消波ブロック模型の動的変形特性の検討,第34回地盤工学研究発表会.

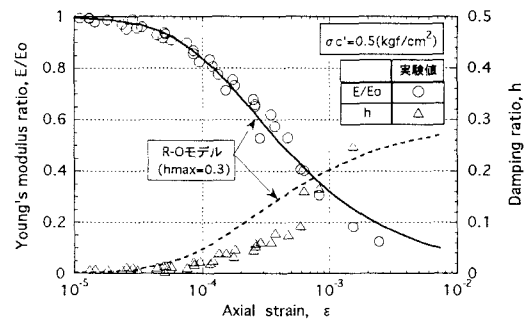


図-6 R-0モデルによるモデル化の代表例

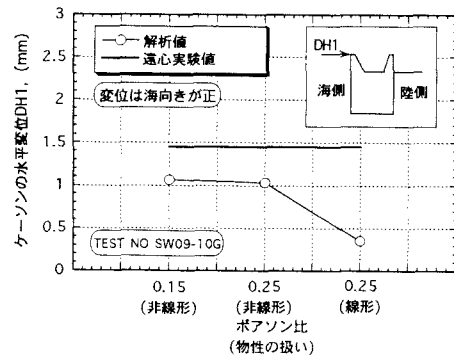


図-7 ケーソンの残留水平変位の比較

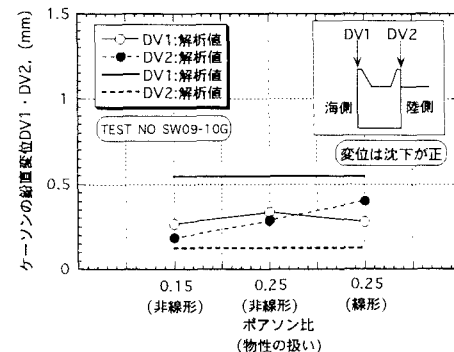


図-8 ケーソンの残留鉛直変位の比較