

### Ⅲ - A 168 地震時の岸壁移動に起因する粒状体裏込め地盤の変位について

早稲田大学理工学部 赤木 寛一  
 同上 大学院 斎藤 大信

#### 1.はじめに

兵庫県南部地震において埋立地周辺の多くのケーソン式岸壁に滑动・前傾・沈下等のパターンのもとで変状が生じるとともに、背面地盤においても沈下等の現象が生じ甚大な被害をもたらした。このような被害の要因としてはいくつか考えられるが、慣性力や基礎の沈下によって岸壁が移動し裏込め地盤側方の境界条件が変化して、地震による加速度場で裏込め地盤の変位を生じることが主要な要因の一つと考えることができる。そこで本研究では、裏込め地盤の変形の要因を岸壁の変状によるものに限定して、粒状体裏込め地盤の振動台実験を行った。これにより地震による加速度場での岸壁移動に起因する裏込め地盤の挙動を調査するとともに、岸壁の移動モードの変化による影響についても検討した。また、個別要素法を用いてこの現象を解析することにより、個別要素法による裏込め地盤の変位予測の可能性について検討した。

#### 2.実験概要

実験は図 2.1 に示すような実験モデルを振動台上に載せて行った。表 2.1、に示すような全 36 ケースの実験条件のもと、正弦波で 20 秒間加振する。模型地盤材料として長さ 10cm、直径 1.6mm と 3.0mm のアルミ棒を重量比 3:2 で混合したものを用いて、これを 20cm 積み上げる(密度  $\rho=2.27 \text{ g/cm}^3$ )。またこの実験モデルには岸壁モデルとして移動速度( $v=1.12, 0.52 \text{ cm/s}$ )やパターン(平行移動: 30mm, 回転移動: 下端ヒンジで  $10^\circ$ )を変えることができる可動壁を設け、これを振動加振開始 10 秒後にエアシリンダーによって強制的に移動させることで地震による加速度場における岸壁の変状を再現した。

この時の模型と地盤の様子をデジタルビデオカメラで撮影し(シャッター速度 1/1000, 1 コマ 1/30 秒)、画像解析によりこの画像の歪を補正した後に模型地盤表面に一辺 20mm の格子線中心点の変位を求めた。

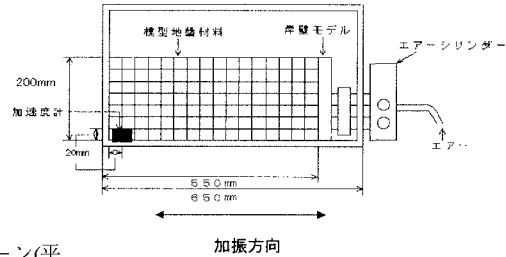


図 2.1 実験モデル

表 2.1 実験パターン

入力振動数 $f$ (Hz)	最大入力加速度 (gal)	移動速度 $v$ (cm/s)	可動壁の移動パターン
1	100	1.2	平行
2	200	0.52	回転
3	300		

#### 3.解析概要

解析では実験と同様なモデルを想定して、個別要素法を用いた計算シミュレーションを行う。解析に用いた地盤要素は可能な限り小さくし、要素径や重量比を実験と等しくした。直径 2.10cm と 1.12cm の要素を重量比 2:3 でランダムに配置し、要素間摩擦角  $\phi=0^\circ$  として重力により堆積させる(要素集合体の密度  $\rho=2.27 \text{ g/cm}^3$ )。

その後、正弦波による水平振動力を 20 秒加える。振動開始 10 秒後に岸壁モデルを 30mm 移動させる。解析で用いた材料定数を表 3.1 に示す。表 3.2 に解析条件を示す。

表 3.1 材料定数

	地盤要素間	地盤要素~壁面
法線方向バネ定数 $k_n$ (N/m/m)	$9.00 \times 10^3$	$1.80 \times 10^{10}$
接線方向バネ定数 $k_s$ (N/m/m)	$3.00 \times 10^3$	$6.00 \times 10^6$
法線方向粘性定数 $\eta_n$ (Ns/m/m)	$1.41 \times 10^5$	$2.81 \times 10^5$
接線方向粘性定数 $\eta_s$ (Ns/m/m)	$2.57 \times 10^4$	$5.14 \times 10^4$
摩擦係数 $\mu$	0.29	0.29
要素密度 $\rho$ ( $\text{kg/m}^3$ )	2700	
粒子の直径 $R_{\text{max}}, R_{\text{min}}$ (cm)	2.10, 1.12	

表 3.2 解析パターン

周波数 $f$ (Hz)	最大入力加速度 (gal)	岸壁モデルの移動速度 $v$ (cm/s)
1	100	1.2
3	300	0.52

Key words: 地震, 岸壁, 裏込め, 変形, 模型実験, 数値解析

〒169-8555 新宿区大久保 3-4-1-58-205 早稲田大学理工学部(Tel.03-5286-3405, Fax.03-5272-0695)

4.実験と解析結果

(1) 実験結果

加振前と比較して模型地盤表面に描いた格子が1mm以上変形している領域の面積を影響範囲( $\text{cm}^2$ )として、この影響範囲と最大入力加速度との関係を図4.1に示す。最大入力加速度が大きくなるほど影響範囲が大きくなっている。また、可動壁の移動速度の遅い方、入力振動数の大きい方が影響範囲も大きくなっている。

これをもとに(入力振動数) $\times$ (可動壁の移動時間)を入力波数とし、これと影響範囲についての関係を示したものが図4.2である。最大入力加速度が大きい時には、入力波数が大きくなるほど影響範囲が大きくなっている。

(2) 解析結果

図4.3に実験と解析で得られた変形の様子を比較したものを示す。地表面形状は、実験結果と解析結果はよく対応したものになった。図4.4に入力波数と総変位(個別要素法解析における全要素変位ベクトル絶対値の総和)の関係を示す。最大入力加速度が大きい場合には、総変位も大きくなっている。300(gal)のときにはばらつきはあるが、入力波数が大きくなると総変位も大きくなっている。

5.まとめ

本研究では、地震時の岸壁移動に起因する粒状体裏込め地盤の変位について検討した。これにより、最大入力加速度のみだけではなく入力波数による影響が地震時の裏込め地盤の変位に影響を与えることがわかった。また、個別要素法により、条件が与えられれば地震時の岸壁移動による裏込め地盤の変位を予測することが可能といえる。

6. 参考文献

山本・松岡：DEMによるアルミ丸棒積層体の基礎の支持力試験シミュレーション，地盤の破壊とひずみの局所化に関するシンポジウム発表論文集，pp.43-48，1994

謝辞

本研究の実施に当たり、ケミカルグラウト(株)のご援助を得たことを付記し、謝意を表す。

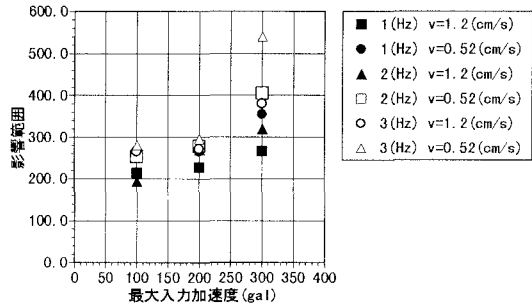


図 4.1 最大入力加速度と影響範囲の関係 (平行移動)

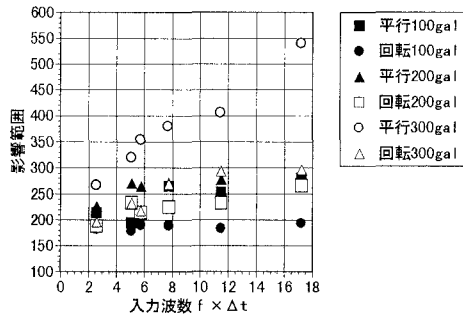
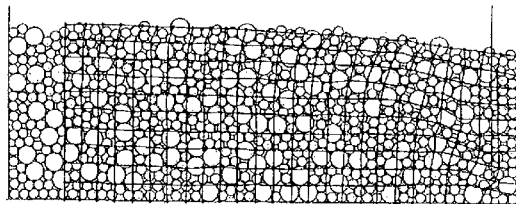


図 4.2 入力波数と影響範囲の関係



3(Hz), 300(gal), v=1.2(cm/s)

図 4.3 実験と解析の変形図

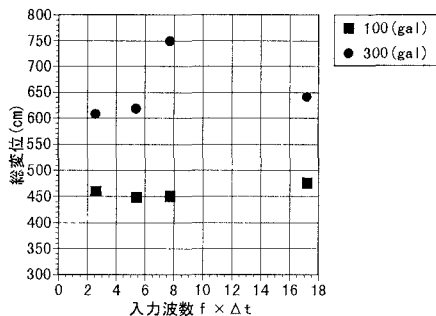


図 4.4 入力波数と影響範囲の関係