

I - B277 地盤流動に関する遠心振動実験のシミュレーション解析

首都高速道路公団 正会員 小笠原政文* 角田 浩* 牧田篤弘*
 (株)建設技術研究所 正会員 五瀬伸吾**
 清水建設(株) 正会員 久保田年久*** 出羽克之*** 木全宏之*** 岩橋 輔***

1. はじめに 筆者らは、護岸近傍の高架橋基礎に及ぼす地盤流動の影響検討を行っており、地盤流動化現象の解明や対策工の効果確認のため、遠心場における液状化模型振動実験を実施している。本報は、地盤流動が高架橋基礎へ及ぼす影響に関し、基礎資料の提供を図るため、遠心振動実験に対するシミュレーション解析結果について示したものである。第一報として、鋼矢板・地盤系のみの遠心振動実験に対するシミュレーション解析結果について報告する。

2. 遠心振動実験 図1に実験モデルを示すが、遠心振動実験は、せん断土槽（長さ80cm、幅47.5cm、高さ31.5cm）を用い、実物との縮尺比1/30として実施している¹⁾。土層は、上層より非液状化層（珪砂8号、 $D_r=50\%$ ）、液状化層（珪砂8号、 $D_r=50\%$ ）、非液状化層（豊浦砂、 $D_r=90\%$ ）および支持層（珪砂3号）の構成である。間隙流体には、透水性の相似則を満足するため、水の30倍の粘性を有するシリコンオイルを使用した。護岸形式としては、控え式の鋼矢板護岸を想定した。護岸ならびに控え矢板はアルミニウムで作成したが、護岸法線方向の矢板幅は1cmとして分割し、ビニールテープで接続した。タイロッドには鋼線を用いた。計測は、図1に示すように、加速度計、変位計、ひずみゲージならびに間隙水圧計配置により実施している。加振外力（加速度）には、周波数60Hz（実物換算2Hz）、最大値4.5g（実物換算150gal）の正弦波を用いた。

3. シミュレーション解析

(1) 解析条件 遠心振動実験結果を模擬するため、平面ひずみ状態を仮定した2次元有限要素法による有効応力解析を実施した（プログラム「ALISS」²⁾）。土の応力・ひずみ関係には修正Ramberg-Osgoodモデルを用いることとし、ひずみ・ダイレイタンス関係にはおわんモデルを適用することとした。図2に解析モデルを示すが、解析は実物換算モデルに対して実施した。矢板と地盤とは、遠心振動実験結果を勘案し、基本的に水平方向連続、鉛直方向不連続とした。ただし、控え矢板と背面地盤とは、水平鉛直の両方向とも不連続とした。また、実験では最上層の非液状化層でも間隙水圧上昇が認められたため、地下水位面を地表面として解析を実施した。表1に地盤の解析定数を示すが、室内土質試験結果を基本として定数を設定した。また、表2に構造物の解析定数を示すが、構造物は線形弾性体と仮定した。

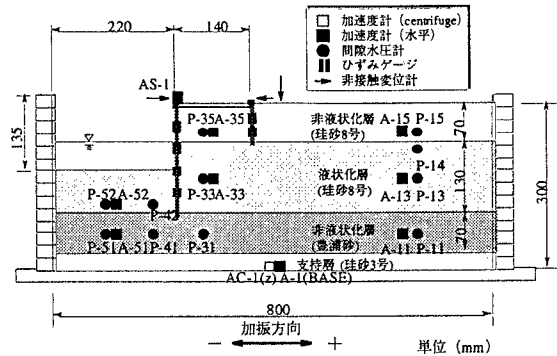


図1 遠心振動実験モデルおよび計器配置

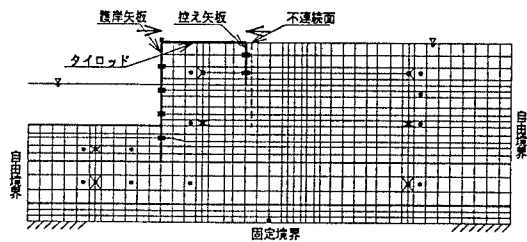


図2 解析モデル

キーワード：地盤流動，シミュレーション解析，遠心振動実験，有効応力解析

* 〒100 東京都千代田区霞ヶ関1-4-1 TEL(03)3502-7311 FAX(03)3502-2411
 ** 〒103 東京都中央区日本橋本町4-9-11 TEL(03)3668-0451 FAX(03)5695-1874
 *** 〒105-07 東京都港区芝浦1-2-3 TEL(03)5441-0598 FAX(03)5441-0511

（２）解析結果 有効応力解析によるシミュレーション解析結果を図３～図５に示す。加速度に関し、解析結果は実験結果と概ね良好な対応状況にあることが分かる。一方、変位に関して、有効応力解析結果は、実験結果に対して解析終了時点で60％程度と小さい。これは、本有効応力解析が無重力場での解析であり、重力場での影響が考慮されていないためであると考えられる。間隙水圧比に関しては、解析結果と実験結果の対応状況は良好である。

表１ 地盤の解析定数

土層名	単位体積重量 γ (tf/m ³)	初期せん断弾性係数 G_{0i} (tf/m ²)	規準ひずみ $\gamma_{0.5i}$	最大減衰定数 h_{max}	液状化抵抗 下限値 X_l
液状化層(珪砂8号)	1.78	1443	2.14×10^{-4}	0.25	0.15
非液状化層(普通砂)	2.00	2460	4.92×10^{-4}	0.25	0.30
支持層(珪砂3号)	1.90	1550	3.00×10^{-4}	0.25	—

注) 初期せん断弾性係数 G_{0i} 、規準ひずみ $\gamma_{0.5i}$ は、有効拘束圧 1.0 tf/m^2 での値である。
ポアソン比 ν は一律 0.33 とした。

表２ 構造物の解析定数

構造物	仕様	単位体積重量 γ (tf/m ³)	ヤング係数 E (tf/m ²)	断面積 A (m ²)	断面２次モーメント I (m ⁴)
護岸矢板	76ミニウム、 $t=45$	2.70	7.0×10^6	4.500×10^{-2}	7.590×10^{-6}
控え矢板	76ミニウム、 $t=30$	2.70	7.0×10^6	4.500×10^{-2}	2.250×10^{-6}
タイロッド	鋼、 $\phi=24$	7.85	2.1×10^6	4.500×10^{-2}	3.429×10^{-8}

注) 断面積 A 、断面２次モーメント I は、奥行方向解幅 1.0m 当たりの値である。

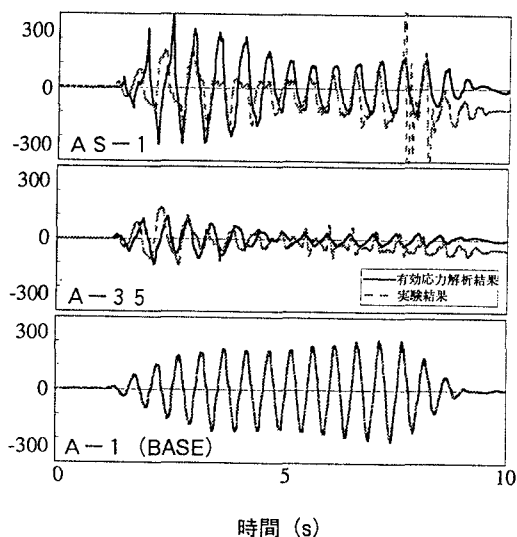


図３ 加速度波形

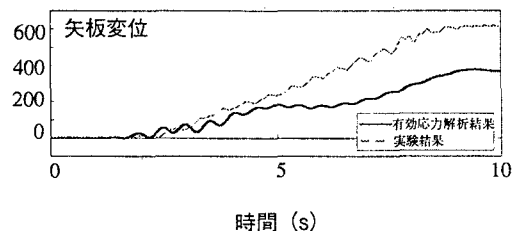


図４ 変位波形

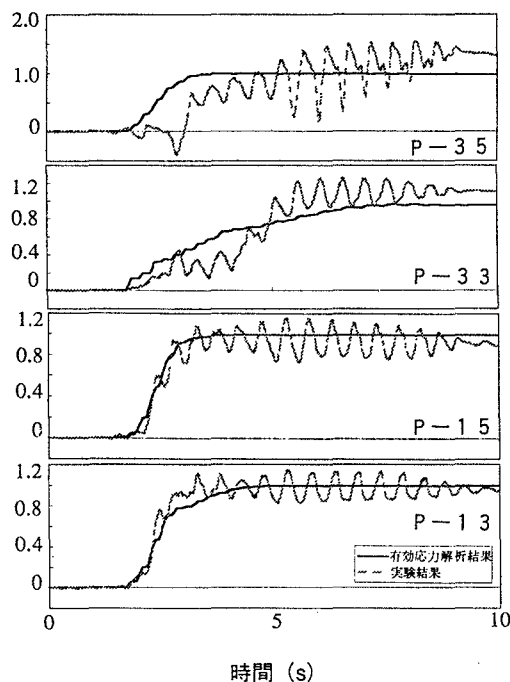


図５ 間隙水圧比波形

４．まとめ 概観すると、本解析により、遠心振動実験結果をある程度の精度で模擬することができたと考えられる。ただし、変位に関しては小さめの解析結果となっており、現在、液状化前と液状化後の地盤物性を用い、それぞれの静的自重解析より求められる変形量の差として評価する解析（残留変形解析）を実施している³⁾。今後、より詳細な解析を行う予定であり、さらに高架橋基礎を配置した遠心振動実験に対するシミュレーション解析を実施し、地盤流動が高架橋基礎へ及ぼす影響を明らかにしていく計画である。

参考文献 1) 角田他：地盤流動とその対策工の効果に関する遠心振動実験、第32回地盤工学研究発表会、平成9年7月。

2) Fukutake, S., Ohtsuki, A. et al.: Analysis of saturated dense sand - structure system and comparison with results from shaking table test, Earthquake Eng. and Struct. Dyn., Vol.19, 1990 3) Yasuda, S., H. Kiku and Y. Uchida: The Mechanism and a Simplified Procedure for the Analysis of Permanent Ground Displacement due to Liquefaction, Soils and Foundations, pp.103-109, No.1, 1989.