

III-300 地盤の振動台実験と液状化解析

飛島建設(株) 正会員○森伸一郎 滝本幸夫
正会員 武藤正人 戸早孝幸
正会員 池田隆明

1. はじめに

我々は、地盤の液状化を解析的に評価する手法を開発することを目的として、地盤・構造物連成模型振動実験およびシミュレーション解析を行った。ここでは、このうち地盤の液状化に注目して、実験地盤モデルを3種類の液状化解析プログラムを用いて解析し、これらのプログラムの適用性を検討した結果を報告する。

2. 実験概要

地盤模型は、幅 150cm、奥行き 150cm、高さ 100cmのせん断土層内に作成されており、材料は豊浦標準砂である。相対密度は50%と80%の2種類である。地盤模型は、砂を空中落下させた後、脱気水を下部より注水し飽和地盤を作成した。¹⁾ 加速度計と間隙水圧計の配置を図-1に示す。実験は、地盤の相対密度が50%と80%のものに対して、それぞれ加振波を色々と変えて行った。ここでは、1983年日本海中部地震において秋田港で観測された波形(NS成分)²⁾を用いた2ケースの結果のみを示す。この場合の加振波は、相似則を考慮して原波形の時間軸を1/8に縮めたものを用いた。³⁾

3. 解析方法

地盤の液状化解析は①YUSAYUSA⁴⁾、②DESRA⁵⁾③、DIANA-J⁶⁾(構成則は Multi-Mechanismモデル)の3種類のプログラムを用いて行った。

解析モデルを図-1に、各プログラムで解析に用いたパラメータを表-1に示す。これらのパラメータの大部分は室内試験より求められたものである。⁷⁾

4. 解析結果

図-2に、相対密度が50%の場合の加速度と過剰間隙水圧についての実験結果と解析結果を比較したものを示す。加速度は地盤表面近くのもので、間隙水圧は中央付近のものである。加速度時刻歴を見ると、実験では液状化後に極端に振幅が小さくなっている。しかし、解析では波形が長周期化してはいるが、振幅はそれほど小さくなっていない。特にDIANA-Jによる応答加速度が大きいのが目立つ。

また、過剰間隙水圧の時刻歴について見ると、実験では2秒以前にほとんど間隙水圧が発生せず2.2秒付近で急激に立ち上がっているのに対し、解析ではいずれも実験に較べて加振後間もない時期からなだらかに上昇している。相対密度が80%の場合に対しても同様に、実験結果と解析結果を図-3に示す。加速度波形について比較

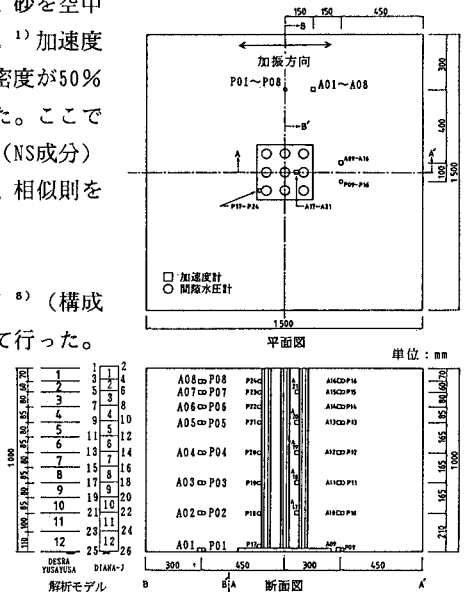


図-1 計器配置図及び解析モデル図

表-1 解析に用いたパラメータ

(a) 共通パラメーター			
パラメーター	Dr=50%	Dr=80%	
せん断弾性 G	上部30cm 309 tf/m ²	317 tf/m ²	
	下部70cm 1180 tf/m ²	1442 tf/m ²	
内部摩擦角 ϕ	37°	43°	
透水係数 k	1.0×10^{-4} m/s		
静止土圧係数 K0	0.40	0.32	
間隙比 e	0.787	0.674	
単位体積重量 γ_{sat}	1.92 tf/m ³	1.98 tf/m ³	
(b) DESRAパラメーター			
パラメーター	Dr=50%	Dr=80%	
体積ひずみ	C1 0.643	0.254	
パラメーター	C2 0.276	0.896	
	C3 0.012	0.057	
	C4 -0.004	0.036	
Rebound Modulus	k2 0.1199	0.1158	
パラメーター	m 0.337	0.327	
	n 0.421	0.395	
(c) YUSAYUSAパラメーター			
パラメーター	Dr=50%	Dr=80%	
体積圧縮係数 mv *)	a 6.398	6.037	
	b -0.579	-0.605	
入力用内部摩擦角 ϕ	24.3°	27.0°	
変相角 θ_s	21.4°	23.9°	
間隙水圧パラメーター Bp	13.22	7.59	
間隙水圧パラメーター Bu	3.66	0.62	
*) $mv = a (\sigma'v)^b$			
(d) Multi-Mechanismモデルパラメーター			
パラメーター	Dr=50%	Dr=80%	
SIN ϕ_f	0.602	0.682	
ダイクシ-パラメーター μ_0	0.636	0.774	
ダイクシ-パラメーター μ_{max}	1.254	1.176	
ダイクシ-パラメーター Sc	0.00147	0.00157	
硬化パラメーター am	0.0003	0.0004	
硬化パラメーター ac	0.00001	0.00005	

k2の単位系はtf/m

上がっているのに対し、解析ではいずれも実験に較べて加振後間もない時期からなだらかに上昇している。

相対密度が80%の場合に対しても同様に、実験結果と解析結果を図-3に示す。加速度波形について比較

すると、実験では密な砂の特性であるサイクリックモビリティによるものと思われる鋭くとがったパルスが現れているが、解析ではこのようなパルスは表せていない。また、間隙水圧の時刻歴を比較すると、相対密度が50%の場合と同様、解析によるものの方が実験結果より、間隙水圧が早くからなだらかに上昇している。

図-4に、相対密度が80%の場合の有効応力経路について、実験と解析で比較したものを示す。ここで、実験結果におけるせん断応力は、地盤の加速度に質量を乗じたものを地表から考えている深さまで積分することによって近似的に求めた。実験結果から描いた有効応力経路は、サイクリックモビリティの状態を良く表している。また、YUSAYUSAとDIANA-Jによる解析でもサイクリックモビリティの状態になっているのがわかる。DESRAについてはその計算理論上サイクリックモビリティは表せないで、有効応力経路に限って言えば不自然なものとなっている。

5. まとめ

振動台を用いた模型実験とそのシミュレーション解析を行い、以下の結論を得た。

- ① 1次元の液状化解析プログラムYUSAYUSAとDESRAは、そのパラメータを室内試験などから適切に与えれば、実験結果と解析の結果は良く一致した。また、今回行った模型振動実験のシミュレーション解析の結果は、液状化後の加速度を除いて実験結果を良くシミュレートできており、比較的簡便な有効応力解析プログラムとしてこれらの2つのプログラムは十分に実用に耐えるものである。
- ② DIANA-Jは、今回の解析の構成則としてMulti-Mechanismモデルを用いた。このモデルは、サイクリックモビリティを表すことができる、2次元問題に適用できるなど優れた点を有するが、硬化パラメータをはじめとする各種パラメータの設定が非常に難しいという難点がある。

<参考文献>1) 森他：液状化解析の適用性に関する研究（その1）、第25回土質工学研究発表会（投稿中）、1990、2) 土田他：港湾地域強震観測年報、港湾技研資料、3) 武藤他：液状化解析の適用性に関する研究（その3）、第25回土質工学研究発表会（投稿中）、1990、4) Kabilany, K.; Doctor Thesis, University of Tokyo, 1986、5) Finn et al.; J. GED, ASCE, Vol. 103, No. G16, 1977、6) Ishihara et al.; Journal of the Faculty of Engineering, University of Tokyo (B), Vol. 35, No. 4, 1980、7) 境野他：液状化解析の適用性に関する研究（その2）、第25回土質工学研究発表会（投稿中）、1990

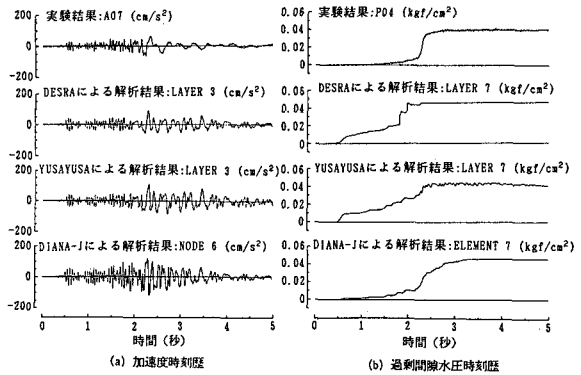


図-2 解析結果の比較(Dr=50%)

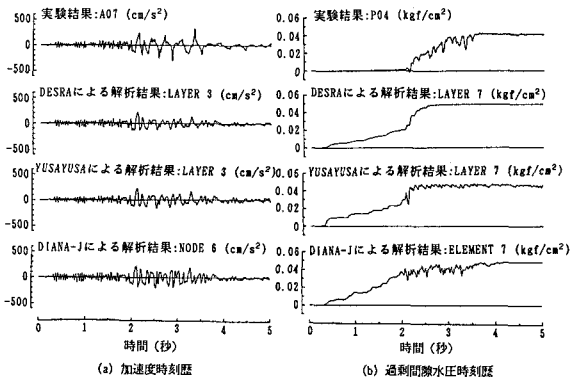


図-3 解析結果の比較(Dr=80%)

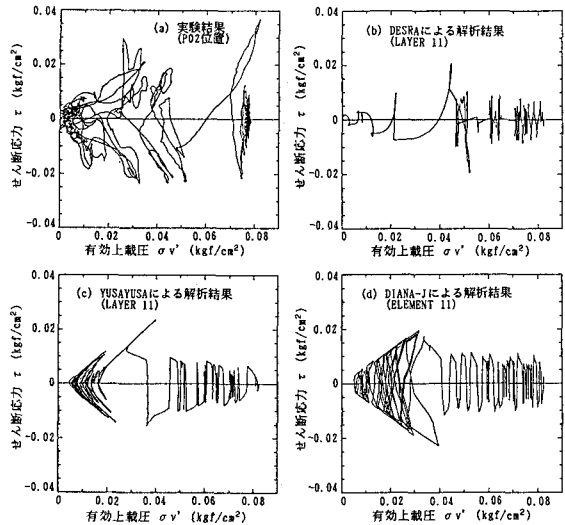


図-4 有効応力経路(Dr=80%)