

III-114 根固めを含む盛土の二次元液状化解析

東京都土木技術研究所 正会員○阿部 博 草野 郁

1. はじめに 根固めシートパイルを設置した緩づめ飽和砂地盤上の盛土の振動台実験を対象として、著者らが開発している二次元平面ひずみ動的有効応力解析プログラム"EFFCTD"で解析した結果を報告する。

2. 解析手法 "EFFCTD"では、地盤の動的応力～ひずみ関係に修正 R-0モデルと呼ばれている関数型履歴曲線を使い、初期剛性法を用いたNEWMARK- β 法で直接積分し応答量を得る。有効応力解析では過剰間隙水圧変化をSeedら¹⁾の間隙水圧上昇実験式と国生ら²⁾が提案した不規則波への適用方法を用いた。なお、修正 R-0モデルはもともと一次元で表現されているため二次元化にあたっては、①一次元での鉛直応力 σ'_v は平面ひずみ条件下の平均主応力 σ'_m で表し、②二次元平面ひずみ弾性マトリックスでのせん断剛性率 G は一次元の応力～ひずみ関係から得られる接線剛性率 G_s で置き換え、地震時には発生間隙水圧により G_s だけを変化させ体積弾性係数 K を一定とする応力・ひずみマトリックスとした。また、過剰間隙水圧の発生は一次元での水平面上のせん断応力 τ に対応させて②から得られる水平面上のせん断応力 τ_{xy} のみで生じるとした。

盛土斜面とその基礎地盤には、地震前から初期せん断応力が作用しており、その大小が地震時挙動に影響すると考えられる。ここでは初期せん断応力が水圧発生に及ぼす影響が大きいと見え、相対密度 $D_r=60\%$ の飽和豊浦砂についての異方圧密平面ひずみ条件下で初期せん断応力 τ_0 を加えた非排水中空ねじり繰返しせん断試験結果を水圧評価サブプログラムに組入れた³⁾。

3. 振動台実験 せん断土槽(内幅350cm、奥行き80cm、高さ100cm)を用いた盛土地盤の断面と計測器配置を図-1に示す。地盤と盛土は豊浦標準砂($D_{50}=0.2\text{mm}$)で作成し、加振前の地盤の相対密度 D_r は約 60%であった。根固めとしてシートパイルを想定し、盛土の両側に2枚のアルミ板(厚さ3mm、高さ55cm、幅79cm)を25cmの間隔で置き上端を9本のアルミ棒で剛結(下端自由)して、法尻から5cm離し設置した。加振は土槽長手一方向とし、入力波形は1983年日本海中部地震の際、秋田港で記録された加速度波形のNS成分を、相似則から時間軸のみを1/4に圧縮し継続時間を14秒とした。入力最大加速度約80.7galの中規模加振実験の後に、排水してから最大入力179.1galで加振した実験を解析の対象とした。この実験結果の一部を図-2に示す。図から、盛土中央部での応答加速度時刻歴は、入力波形に似ており液状化時に見られる長周期化の傾向はない。ただし、別に行ったシートパイル無しの実験⁴⁾でも同様な結果となっており、この結果は改良の効果というより盛土の影響が強いと考えている。同図の過剰間隙水圧時刻歴から、発生水圧は盛土直下や斜面下では有効上載圧まで達せず、特に斜面下ではサイクリックモビリティと考えられる激しい振動が見られる。一方、水平地盤ならびにシートパイル間では水圧が有効上載圧に達し液状化していることがわかる。

4. 解析モデルと解析結果 2次元 FEM解析モデルを図-3に、解析土質パラメータを表-1に示す。ポアソン比 ν は解の発散を防ぐため、0.40とやや小さくした。初期応力の算定ではシートパイルを除いた盛土地盤の線形自重解析を行った。直接積分は時間増分を0.0005秒、解析時間を実験開始から5秒間とした。解析から得られた過剰間隙水圧と加速度の時刻歴を対応する計測値とあわせて図-4に示す。解析応答加速度の最大値は計測値に近いが、最大値が発生した後波形が喪失しており計測値と差がある。解析過剰間隙水圧は有効表示なので計測値と直接比較できないが、解析値は計測値よりサイクリックモビリティによる激しい水圧変動を示す。初期せん断応力が過剰間隙水圧に及ぼす影響を評価したが、応答動的せん断応力がかなり大きくなるため、斜面下の要素でも有効平均応力がほぼゼロとなり液状化しており、計測結果と差がでていく。最大せん断ひずみと最大水圧比、解析終了時の変形形状を図-5に示すが、各解析値は実験値に比べて液状化しやすい結果となっている。今後、浸透流の評価ならびに中規模加振の影響等を考慮した解析パラメータを設定し再度解析を行う予定である。最後に、振動台実験と解析業務を担当していただいた大崎総合研究所、清水建設技術研究所、C R C総合研究所の皆様に謝意を表します。

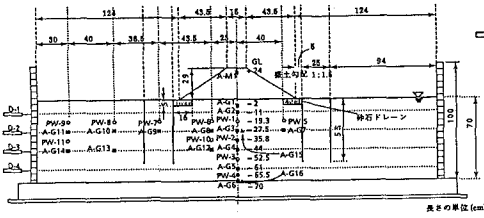


図-1 模型地盤

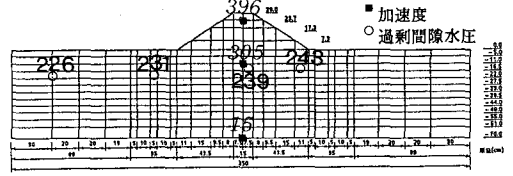


図-3 解析モデル

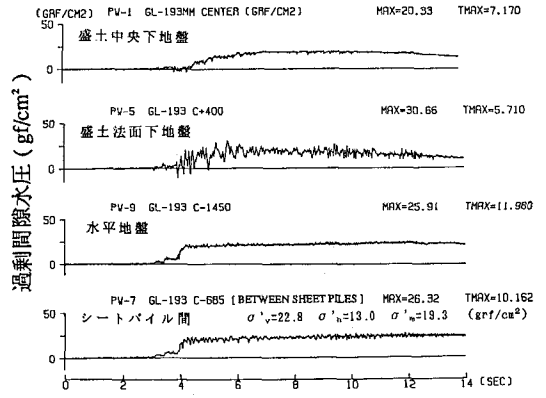
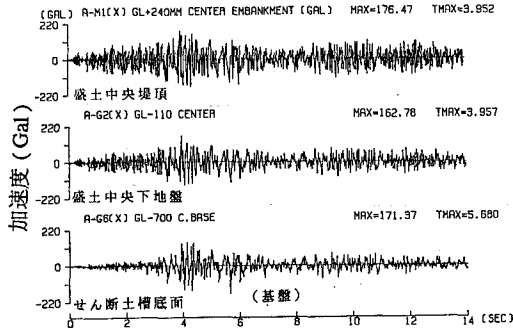


図-2 加速度と過剰間隙水圧の時刻歴

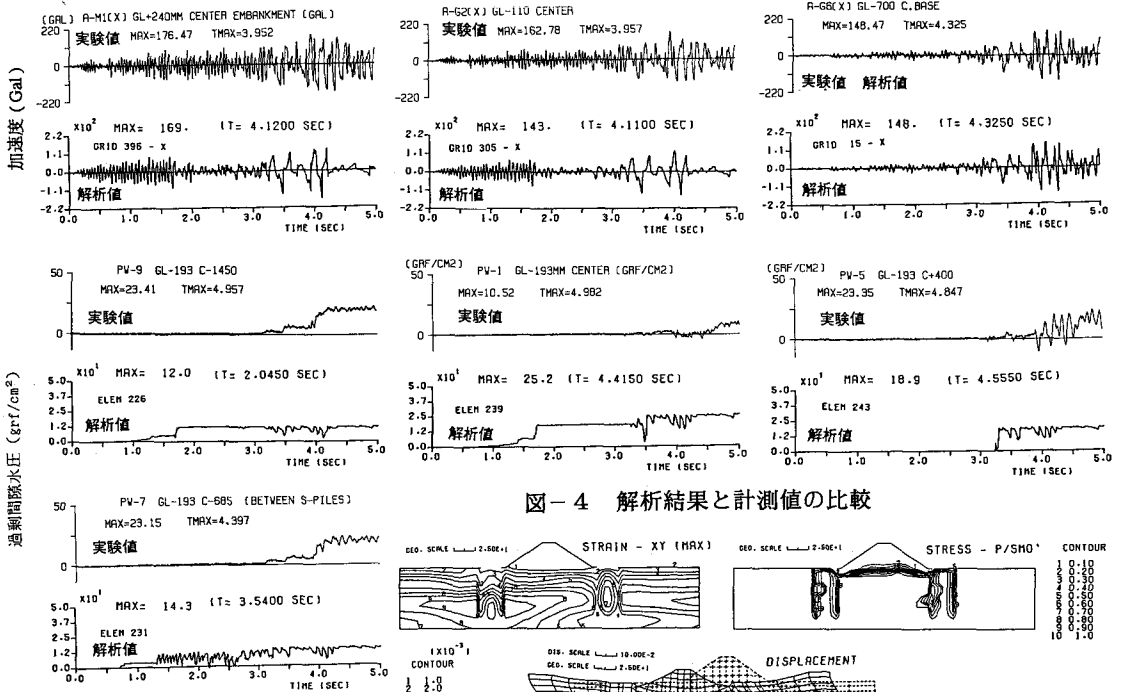


図-4 解析結果と計測値の比較

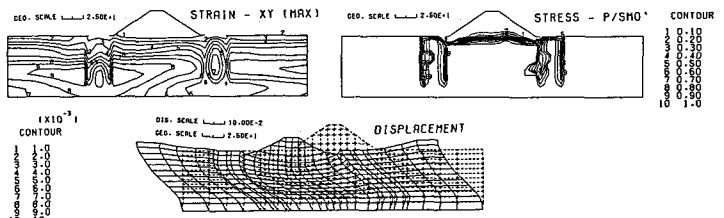


図-5 最大水圧比、せん断ひずみと解析終了時の変形形状

表-1 解析パラメータ

		EFFCTD									
		修正R-0モデル					水圧λ'パラメータ				
		h_{max}	α'	β	ϕ' 度	ϕ_{cm} 度	γ_v (τ_v/σ_v)	R_{L20}	η	E	
CASE2-2	1 陸地地盤	29	3.18	1.67	39	28	0.000391	0.165	-9.8	0.5	
	2 盛土材料	32	4.05	2.02	39	28	0.000336	-	-	-	

参考文献1)Seed, H.B. et al (1976): Pore-Water Pressure Changes during Soil Liquefaction, Proc. ASCE, Vol. 102, GT4 2)国生剛治、江刺靖行、桜井彰雄(1982): 砂層の液状化現象についての数値シミュレーション、電中研報告, NO. 381023 3)阿部博、草野部(1990): 土構造物の液状化解析、平2、都土木技研年報 4)阿部博、草野部(1992): 盛土を含む砂地盤の液状化対策振動台実験、第27回土質工学研究発表会(投稿中)