

III-95 深層混合処理工法による盛土地盤の液状化対策に関する模型振動実験

— 改良体に作用する外力の検討 —

建設省土木研究所 正会員 古関 潤一 ㈱竹中工務店 正会員 鈴木 吉夫
 ㈱竹中土木 正会員 西岡 成 ㈱大林組 正会員 久保寺 家光
 不動建設㈱ 正会員 ○深田 久

1. はじめに

筆者らは液状化が予想される砂地盤に構築される掘削道路や盛土を対象に、深層混合処理工法による耐震対策の適用性について一連の模型振動実験を行い検討してきた。¹⁾この内、盛土の両脇を深層混合処理工法により改良した場合には、固化改良体の安定を保つことによって盛土と周辺地盤の大きなすべり破壊を防止できると考えられる。今回、大型土槽を用いた模型振動実験を行い、盛土の両脇を改良した場合の固化改良体に作用する外力や安定に対する検討を行ったので報告する。

2. 実験方法

実験は大型土槽（長さ8m×高さ2m×奥行1m）中に模型地盤を作製し、繰り返し加振を実施した。模型地盤は支持層50cm、液状化層80cmで、深層混合処理による改良体（幅80cm）を盛土両脇に設置し、支持層に20cm根入れさせた。模型の諸元と計測器配置を図-1に示す。支持層は碎石と標準砂を3：1に混合したものを用い、液状化層は標準砂で改良体には軽量コンクリートを用いた。模型地盤の諸特性を表-1に示す。加振は正弦波 5Hz20波で、加振レベルを次第に上げて行った。加振条件を表-2に示す。

3. 実験結果

(1) 改良体に働く外力

改良体に働く外力には、図-2に示すように、①慣性力、②盛土側からの側圧、③自由地盤側からの側圧、④改良体の自重・浮力、⑤改良体底面の抵抗力が働く。この内、慣性力としての改良体上面と底面の加速度、盛土側および自由地盤側の側圧の時刻歴の1例を図-3に示す。

(2) 改良体に働く外力の位相関係

図-3に示されるように側圧の振動成分はかなり大きいために、改良体に働く外力の位相関係を把握することは重要である。この検討を行った結果¹⁾、改良体が慣性力を受ける方向（改良体の変位する方向と一致する）の前面で側圧が減少し、背面において側圧が増加しており、側圧の振動成分の位相は剛体に作用する動水圧と同じ挙動を示すことがわかった。

(3) 側圧の振動成分の定量的検討

側圧の振動成分の振幅の評価式として、Westergaardの動水圧公式の適用が考えられるが、加振時には全ての深度で完全な液状化が生じているわけではない。そこで、計算に用いる単位体積重量として水圧計の計測値から過剰間隙水圧比 R_u ($\Delta u / \sigma'_{v0}$)を求め、過剰間隙水圧の上昇を考慮した単位体積重量 ($\gamma_w + R_u \gamma'$)を用いた拡張した動水圧公式を使用した。計算値と実測値との比較を図-4に示す。これより計算値は実測値よりも大きめの値を示す。

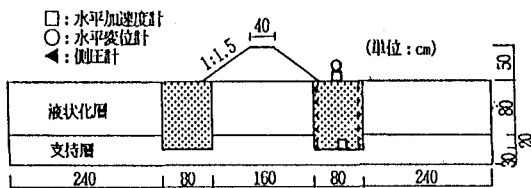


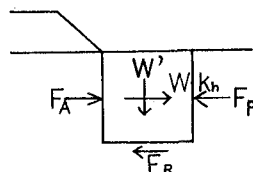
図-1 模型諸元

表-1 模型地盤の単位体積重量

	γ_d (gf/cm ³)	γ_s (gf/cm ³)	D_r (%)
液状化層	1.538	1.958	63.9
支持層	1.963	2.222	99.3

表-2 加振ケース

加振加速度 (gal)	25, 48, 73, 113, 165, 241, 341
----------------	-----------------------------------



W' : 改良体の有効重量
 $W \cdot k_h$: 改良体に作用する慣性力
 F_A : 盛土側の側圧合力
 F_P : 自由地盤側の側圧合力
 F_R : 底面摩擦力

図-2 改良体に働く外力

(4) 改良体の滑動に対する安定の検討

165gal、241gal加振を対象として、改良体の滑動の安定に対する検討を行った。側圧の計算には過剰間隙水圧の発生による有効土被り圧の減少と地震時の振動成分の両方を考慮した式が必要となる。

そこで図-5に示す式で側圧を計算した。内部摩擦角は液状化層で $\phi=30^\circ$ 、支持層で $\phi=35^\circ$ とした。241gal加振時で用いた強度定数を表-3に示す。また過剰間隙水圧比を考慮して内部摩擦角 ϕ を低減させて計算した地震時土圧係数(K_{EA}' , K_{EP}')を用いた式でも側圧を計算し、主働側で大きく受働側で小さくなる安全側の側圧をとった。実際は地震時土圧係数を用いた式では土圧式の根号の中が負となり計算不能となる場合が多かった。滑動安全率は次式で計算した。

$$F_s = (F_R + F_P) / (W \cdot k_h + F_A)$$

(記号は図-2参照)

ここで $F_R = W' \tan \phi$

$$F_A = \Sigma \sigma_{hi} dz \text{ (主働側)}$$

$$F_P = \Sigma \sigma_{hi} dz \text{ (受働側)}$$

滑動安全率は165galで $F_s = 1.42$ 、241galで $F_s = 0.92$ となった。実験結果

においては、165galでは改良体の水平変位は生じていないが、241galでは改良体に水平変位が生じ盛土天端の沈下も大きくなっていたので、実験結果との整合性が得られたと考えている。

4. まとめ

今回の実験から、改良体に作用する外力の位相関係が把握できたとともに、改良体に作用する側圧の振動成分としてWestergaardの動水圧公式の適用性が確認された。これらの結果は、改良体の安定の検討などの設計法の作成において、重要な知見であると考えられる。本研究は建設省土木研究所、不動建設、大林組、竹中工務店および竹中土木の5者による”固化工法による耐震地盤改良に関する共同研究”の一環として実施したものである。実験にご協力頂いた関係各位に感謝いたします。

参考文献 : 1) 松尾・古関・久保寺・鈴木・西岡・深田: 固化工法による砂地盤の液状化対策, 地盤の液状化対策に関するシンポジウム, 土質工学会, 1991. 1

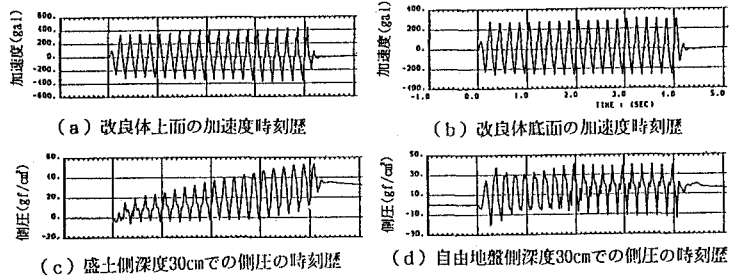


図-3 241gal加振時での改良体に働く外力の1例

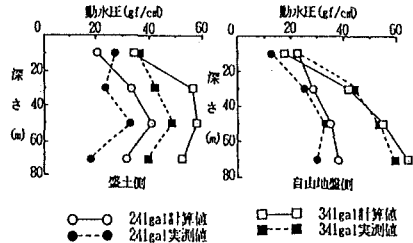


図-4 側圧の振動成分の評価

「常時の土圧係数と拡張した動水圧公式を組み合わせた式」

$$\sigma_{hi} = K_A (1 - R_u) (\Sigma \gamma' z + w_1) + \gamma_w z + R_u (\Sigma \gamma' z + w_1) + p_{av}$$

(受働側では K_P を用い、 $-p_{av}$ とする。)

K_A : 常時主働土圧係数

p_{av} : 動水圧 (tf/m²) $p_{av} = 7/8 k_h (\gamma_w + R_u \gamma') \sqrt{H \cdot z}$

H : 液状化層厚 (m) $\Sigma \gamma' z$: 有効土被り圧

w_1 : 上載荷重 (tf/m²) z : 地表面からの深度 (m)

図-5 側圧の計算に用いた式

表-3 241 gal 加振時の過剰間隙水圧と用いた強度定数

(a) 盛土側					(b) 自由地盤側						
地盤	深度	過剰間隙水圧比 R_u	$\gamma_w + R_u \gamma'$	K_A	地盤	深度	過剰間隙水圧比 R_u	$\gamma_w + R_u \gamma'$	K_P		
砂層	10 cm	1.0	1.0	1.958	砂層	10 cm	1.0	1.958	1.0		
	30 cm	1.0				20 cm					
	50 cm	0.88	30 cm	0.73		1.699					
	70 cm	0.35	40 cm	0.73							
支持層	90 cm	0.02	0.02	1.024	(0.24)	支持層	90 cm	0.48	0.48	1.587	6.33

支持層では $K_{EA}' = 1.01$ を用いた。