

東京電力(株)地中線建設研究所 正員 ○ 大塚正博
 " " " 藤波富次
 基礎地盤コンサルタンツ(株) " 安田 進

◆ まえがき ◆

地表面下数mに地中管路を設置しこれを砂質土で埋戻す時、液状化がおきない程度に締固める事が困難なために、場合によっては埋戻し土が液状化し地中管路が何らかの被害を受ける事も考えられる。これに対し、埋戻し土にセメントなどの添加材を混ぜあわせて埋戻すと、地中管路に対する液状化の影響が防止できるものと予想される。そこで、砂質土に3種類の添加材(混合率は3種類)を加え、それぞれ2種類の密度の供試体を作成し、液状化実験を行ってみた。この結果 添加材 混合率、密度による液状化強度増加割合が求められた。

以下順を追って報告する。

◆ 実験方法 ◆

実験に用いた砂質土の物理特性を Table 1 に示す。これは埼玉県三郷市から採取したテウチ積砂質土である。この砂質土に混ぜる添加材として、セメント、ベントナイト、LWI(セメント+水ガラス)の3種類を用いた。それぞれの混合率は Table 2 に示した通りである。混合した試料を所定の密度(Table 2参照)に調整しながら内径5cm、高さ12cmのモールドに詰めていった。そしてその後両端面を切り落し、直径5cm、高さ10cmの供試体を作成した。なお、セメントおよびLWIを混合した試料は28日間水中養生を行なっている。

実験装置としては通常の振動三軸実験装置を用いた。これに供試体をセットし圧密($G_0 = 0.5 \text{ kg/cm}^2$)した後、注水や脱気を行ない、さらにバックアプレッシャを加え、間ゲキ圧係数 $B \approx 0.95$ となるまで完全飽和をさせた。その後非排水状態にし1Hzの正弦波荷重を加えて液状化実験を行なった。

なお、各試料とも4供試体を用いて液状化強度および大ヒズミ時の動的変形係数を求め、さらに2供試体を用いて小～中ヒズミ時の動的変形係数を求めた。

Table 2 実験条件および結果

供試体 作成時 (圧密前) 密度	改良方法		圧密後 相対密度	液状化応力比, R_L ($N_L=20$)	
	添加材	混合率 (%)	D_{rc} (%)	$E_a \pm 3\%$	間壁水圧 一定
0.8 γ_{dmax}	ナシ	-	36.6	0.155	0.155
	セメント	1	36.4	0.215	0.215
		2	23.9	0.460	0.455
		3	23.5	0.845	0.835
	ベント ナイト	0.5	35.5	0.167	0.163
		1.0	37.6	0.185	0.185
		1.5	35.4	0.155	0.155
	LWI	20	43.6	0.255	0.255
		30	47.2	0.250	0.250
		40	42.1	0.285	0.282
0.9 γ_{dmax}	ナシ	-	68.8	0.276	0.276
	セメント	2	63.7	1.01	0.980
	ベント ナイト	1.0	61.2	0.275	0.275
	LWI	30	64.3	0.363	0.370

$$\text{混合率} = \frac{W_m}{W_s} \times 100$$

$$\text{相対密度} = \frac{V_m}{V_v} \times 100$$

ただし
 W_m : 添加材重量
 V_m : " 体積

◆ 実験結果 ◆

各試料につき、20回の繰返しで丁度液状化する応力比 R_L を表にまとめると Table 2 のようになった。液状化時長の判断基準として、軸ヒズミ振幅(片振幅) $E_a = \pm 3\%$ となった時長と、間ゲキ水圧がほぼ有効拘束圧に対し一定値となった時長をとった。しかし表からわかるように両者での R_L はほぼ一致しているの、今後の整理は、 $E_a = \pm 3\%$ となる時長で行なった。

Table 2 をもとに圧密後相対密度と液状化応力比の関係をプロットしたのが、Fig. 1 がある。何も混合していない試料はきれいな乱した砂についての実験結果¹⁾とほぼ一致しているが、セメントやLWIを混合するとこれより R_L が大きくなる事がこの図

Table 1. 用いた砂質土の物理特性

D_{50} (mm)	74μ以下 (%)	U_c	G_s	γ_{dmax} (g/cm ³)	e_{max}	e_{min}
0.27	11	4.5	2.719	1.640	1.228	0.648

よりわかる。

そこで次に0.8 γ_{dmax} , 0.9 γ_{dmax} それぞれ
 のシリーズについて

ただし γ_{dmax} : 突固め試験(JISA1210)にて測定
 e_{max}, e_{min} : 土質工学会案にて測定

混合による液状化強度増加割合と混合率(LWIは填充率)の関係をプロットしてみると、Fig. 2 のようになった。ただし液状化強度増加割合とは、各試料の液状化応力比を何も混合しない試料の液状化応力比で除した値である。

ところで、Table 2 からわかるように、同一密度に供試体を作成しても圧密後には添加材、混合率によって少し強度が異なっている。Fig. 2 は実験値そのままをプロットしたものであるが、これに対して圧密後強度の相違を補正してプロットしてみると、Fig. 3 のようになった。この場合、液状化応力比 R_L と圧密後相対密度 D_{rc} に比例関係があると仮定 (Fig. 1 でもほぼこの関係となっている) し、 R_L (実験値) を同一の D_{rc0} (0.8 f_{dmax} では 36.6%、0.9 f_{dmax} では 68.8%) での R_L (換算値) にそれぞれ次式で換算し、さらに何も混合しない試料の液状化応力比で除した値を用いている。

$$R_L \text{ (換算値)} = R_L \text{ (実験値)} \times (D_{rc0} / D_{rc})$$

Fig. 2 または 3 を見て次の事が結論づけられる。
 (1) ベントナイトを混合した場合にはほとんど液状化強度は増加しない。
 これに対し、LWI を混合した場合には少し増加し、セメントを混合した場合には大幅に増加する。例えばセメントを 2% 混合すると 3~4 倍程度増加している。

(2) 0.8 f_{dmax} の試料と 0.9 f_{dmax} の試料では強度増加割合は類似している。
 次に、動的変形係数に与える混合の影響を見るため、等価弾性定数 E_{eq} ~ ヒズミ片振幅 ϵ_a ~ 混合率関係および履歴減衰 h_{eq} ~ ϵ_a ~ 混合率関係をまとめてみた。このうち 0.8 f_{dmax} でセメントを混合した場合の結果を示したのが Fig. 4 である。図からわかるようにセメントの混合率が多くなる程 E_{eq} は大きくなり、 h_{eq} は小さくなっている。
 なお、液状化強度と同様に LWI 混合の場合にはこの傾向が少しあらわれ、ベントナイト混合の場合にはほとんどこの傾向はみられなかった。

◆ あとがき ◆

砂質土にセメント、ベントナイト、LWI の添加材を混合した試料について液状化実験を行なった結果、これらの混合率と液状化強度増加割合との関係が求められた。なお、本研究を行なうにあたって、東京電力(株) 地引凡夫、林七郎の両氏ならびに基礎地盤コンサルタンツ(株) 熱田和敏氏の御協力を得た。末筆ながら感謝する次第である。

参考文献 1) 大橋昭光、岩崎敏男、龍岡文夫、宮田孝通 (1976)、“東京湾岸の隅橋および新辰に橋における地盤の履歴性調査、” 土木研究所資料 第 1170 号

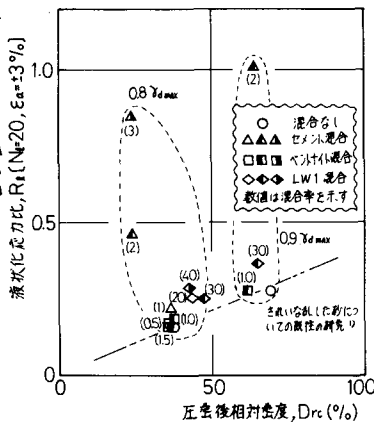


Fig. 1. 圧密後相対密度と液状化応力比

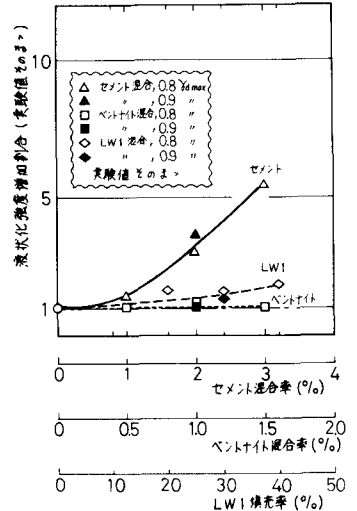


Fig. 2. 液状化強度増加割合(実験値)

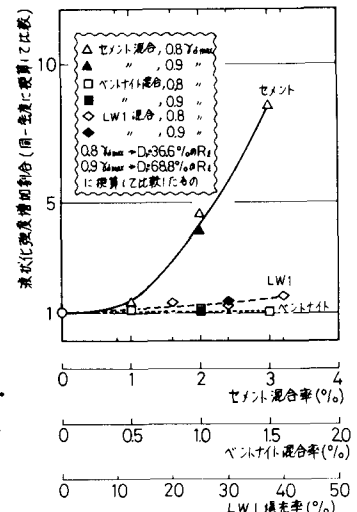


Fig. 3. 液状化強度増加割合(換算値)

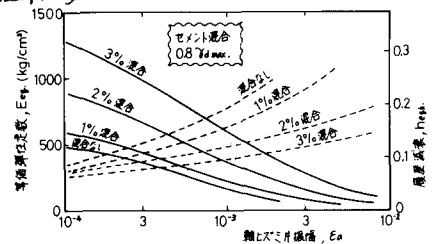


Fig. 4. セメント混合率と動的変形係数