

飛鳥建設(株) 技術研究所 長谷川昌弘
同上 笹木 弘
同上 白井 勝

1 はじめに

深層混合処理工法(セメント系)による改良効果の判定については、従来、標準貫入試験や一軸圧縮試験などの試験結果により判定されている。しかし単にこれらの試験だけでは改良土の各位置での強度の評価だけでなく、地盤としての特性を把握できない。そこで今回改良効果の評価を数種の原位置試験及び室内試験によって行った。本報はそれらの結果に基づき各試験結果の相関性を調べ、改良効果も総合的に判定したものである。

2 施工概要

今回改良の対象となる地盤は、風化岩の上に堆積した層厚6.5mのシルト質粘土層で、強度定数としては $C = 0.2 \text{ kg/cm}^2$ 、 $\phi = 8^\circ$ の軟弱地盤である。その土質性状を表-1に示す。改良方法としてはセメント系硬化材を用いた深層混合処理工法で、4連のアースオーガー($\phi = 57 \text{ cm}$)により前孔しながら硬化材を注入し混合攪拌を行い、改良杭を造成する方法(多軸式、表-2参照)で改良巾は6m、深さは風化岩までの6.5mである。改良効果の目標値は一軸圧縮強度 $\sigma_u = 5 \text{ kg/cm}^2$ である。

表-1 土質性状

粒 度	硬分(2000 μm 以上)	%	0.6
	砂分(75~2000 μm)	%	14.5
特 性	シルト分(5~75 μm)	%	32.8
	粘土分(5 μm 以下)	%	52.1
最大粒径	mm		9.52
コレシメント特性	液性限界 w_L	%	77.7
	塑性限界 w_p	%	43.3
	塑性指数 I_p		34.4
分類	日本統一土質分類		VH
	土質名称		粘土
土粒子の比重 G_s			2.72
自然状態	含水比 w	%	73.2
	湿潤密度 A_s	g/cm^3	1.540
	間隙比 e		2.050
	飽和度 S_r	%	96.8
力学特性	一軸圧縮強さ q_u	kg/cm^2	0.53
	変形係数		0.27
	$\sigma = 50 \text{ kgf/cm}^2$		
特性	試験の条件 ¹⁾		UU
	粘着力 c	kg/cm^2	0.2
	せん断摩擦角 ϕ	度	8

表-2 施工仕様

土質硬化材	セメント系硬化材(UKC-D)
配合量 (kg/m^3)	200
W/C (%)	140
注入圧 (kgf/cm^2)	18
駆動部の回転数 (rpm)	18
改良タイの寸法 (cm)	$\phi = 57$ (4連)
改良率 (%)	1エレメント 90.6

3 調査概要

上記に示した地盤に於いて、改良前後にそれぞれ次の様な試験を実施した。

①原位置試験：平板載荷試験、衝撃式地耐力試験、孔内探査(P.S.検層法)

②室内試験：一軸圧縮試験、三軸圧縮試験、超音波試験(供試体寸法は $\phi = 5 \text{ cm}$ 、 $h = 10 \text{ cm}$ である)

改良後の原位置試験は施工後約2週間経った時点での試験であり、室内試験は施工後約週間経った改良土からサンプリングして、半年後試験を行った。

表-3 調査結果

4 調査結果

各試験結果を表-3、改良地盤に於ける各試験結果の関係を表-4に示す。

(1)改良前後の比較：改良後の一軸圧縮試験の結果は $\sigma_u = 10 \sim 30 \text{ kg/cm}^2$ であり、改良前に比べ20~50倍程度の強度増加があった。ここで注目されるのは改良杭の平面内強度分布の不均一性である(図-1参照)。軸心部、周辺部とも強度にバラツキが見られ、特に軸心部にそれが大きい。又平均強度は周辺部に比べ軸心部が1.6倍程度大きい(軸心部の平均 $\sigma_u = 21 \text{ kg/cm}^2$ 、周辺部の平均 $\sigma_u = 13 \text{ kg/cm}^2$)。一方、平板載荷試験の結果では変形係数(D値)で7倍、弾性係数

試験名		改良前	改良後
室内試験	一軸圧縮試験	QU (kg/cm^2)	0.55 軸心 12 ~ 28 (AV 21) 周辺 9 ~ 17 (AV 13)
		E50 (kg/cm^2)	0.27 軸心 3400~5200 (AV 4800) 周辺 2000~4500 (AV 3200)
	三軸圧縮試験	C (kg/cm^2)	0.2
		ϕ (°)	8 軸心 $C=0.7$ $\phi=47.5$ 周辺 $C=3.5$ $\phi=46.0$
	超音波試験	Vs (m/sec)	1.36~1.63 (AV 1.5)
原位置試験		Vp (m/sec)	0.71~1.15 (AV 0.9)
		Ed (kg/cm^2)	18000~32000 (AV 28000)
	平板載荷試験	D (kg/cm^2)	134 929
		Et (kg/cm^2)	200 1950
		Es (kg/cm^2)	216 3162
	衝撃式地耐力試験	K30 (kg/cm^2)	4~5 39 ~ 55 (AV 5)
	P.S.検層法	Vp (m/sec)	1.3 43 (AV 43)

(E_s 値、 E_s 値)は9~10倍に増加している。衝撃式地耐力試験に於いては地盤係数(K_{90} 値)が9倍増加している。

(2) 改良後の各試験の相関性: 一軸圧縮試験と超音波試験の結果の関係及び原位置試験の結果と室内試験の結果からの推定値との関係をそれぞれ図-2、表-4に示した。

・図-2に於いて、各物性値の関係はバラツキが大きい。次の2点について推察できる。

① $q_u \sim E_{s0}$ の関係は、 $E_{s0} = (300 \sim 800) q_u$ の範囲に分布し一般に言われている $E_{s0} = 210 q_u$ の関係から外れる。

② $E_d \sim E_{s0}$ の関係は一般に、 E_d は E_{s0} に比べ1/4程度大きいと言われている。

1. 今回の結果でも $E_d = (5 \sim 15) E_{s0}$ の範囲になる。

・ $q_u = 10 \sim 30 \text{ kgf/cm}^2$ より V_p を推定すると $V_p = 1.3 \sim 1.6 \text{ km/sec}$ となり P・S検層の $V_p = 1.3 \text{ km/sec}$ 及び超音波試験の $V_p = 1.5 \text{ km/sec}$ と良く一致する。

・ $E_{s0} = 2000 \sim 5000 \text{ kgf/cm}^2$ であり平板載荷試験の結果の $E_s = 1950 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $E_s = 3162 \text{ kgf/cm}^2$ と一致する。超音波試験の $E_d = 18000 \sim 38000 \text{ kgf/cm}^2$ と平板載荷試験の結果の E_s 、 E_{s0} 値との関係は $E_d \approx 10 (E_s, E_{s0})$ であり上記した $E_d \sim E_{s0}$ の関係と一致する。

・ 衝撃式地耐力試験から求めた $K_{90} = (39 \sim 55) \text{ kgf/cm}^2$ は $\nu = 0.4$ と仮定した場合 $E = (770 \sim 1090) \text{ kgf/cm}^2$ と換算でき、平板載荷試験の結果の $D = 929 \text{ kgf/cm}^2$ と比較的一致する。

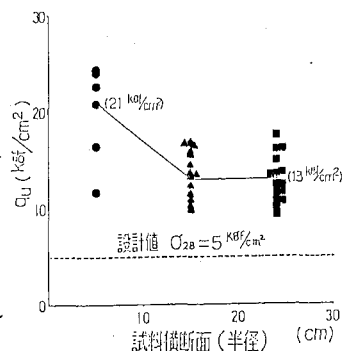


図-1 q_u と供試体採取位置

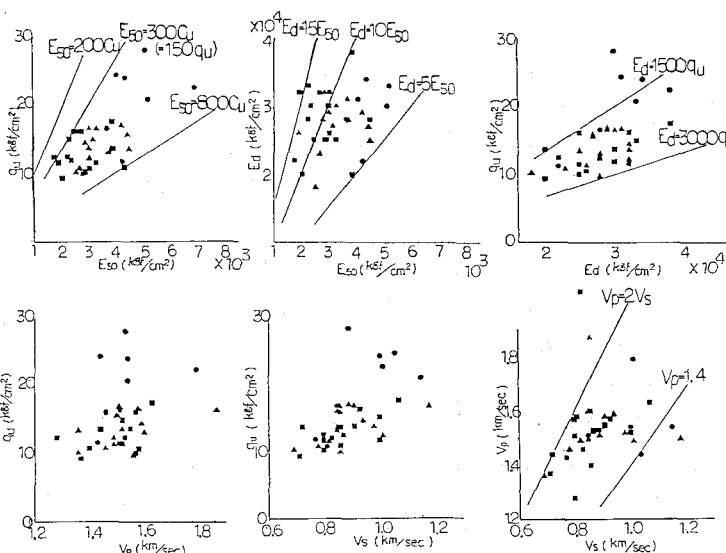


図-2 各物性値の関係

表-4 改良後の各試験値の関係

試験名	変形係数 (kgf/cm²)	弾性係数 (kgf/cm²)	P波速度 V_p (km/sec)	S波速度 V_s (km/sec)
原位置試験				
平板載荷試験	929	$E_s = 1950$ $E_s = 3162$		
衝撃式地耐力試験	770~1090			
P・S検層			1.3	
室内試験				
一軸圧縮試験		2000~5000	(1.3~1.6)	
超音波試験		(1800~3800)	1.36~1.63	0.71~1.15

() は推定値

5 あとがき

今回の調査の結果、改良後の原位置試験の結果と室内試験の結果からの推定値とは比較的一致している。一方、一軸圧縮試験の結果からは改良杭の平面的強度分布に違いがあることがわかった。今回の室内試験の結果からは各物性値との関係にはっきりした相関性が見付け出せず、若干の傾向を掴んだだけに留まった。今後この様な総合的な調査を数多く行いデータを集積して相関性を掴んで行きたい。

参考文献

- 1) 土質工学会編: 土と基礎の物理探査, 土質基礎工学ライブラリー No.21
- 2) 土木学会編: 原位置岩盤の変形およびせん断試験の指針
- 3) 総合土木研究所編: 加盤改良工法を探る, 基礎工, Vol.7-3, 1979年