

PIP杭の支持力機構に関する研究(その4)

—シルトと砂礫の2層地盤(人工地盤)における杭体強度の検討—

小 粥 庸 夫
黒 崎 富士美
(プレバクト部)
岡 田 武 二

§ 1. 序論

いままでの報告で1), 2), 3)などを明らかにした.

- 1)従来のようにピア基礎の場合に準じて求めたPIP杭の設計支持力は、載荷実験結果から求めたそれを非常に下回り、その原因は周面摩擦支持力が全く認められないことによるところが大きい²⁾.
- 2)その周面摩擦支持力が、粘性土地盤ではブロックサンプル試料の $qu/2$ に近似する³⁾.
- 3)同じく周面摩擦支持力が、通常の砂質土地盤ではおよそ Nt/m^2 となり、最低値でも $N/2.5t/m^2$ を下回ることがない⁴⁾.

これらの報告はいずれも“地盤と杭の相互作用による支持力”に関することであるが、本論では、これらの報告でとりあげなかった杭体の強度や弾性係数などについて検討した。杭体の強度や弾性係数などは“地盤と杭の相互作用による支持力”と同様に重要な要素であり、強度は杭が支持力を発揮するうえでの前提条件であり、弾性係数は杭の沈下を算定する時のなくてはならない値である。

PIP杭は、泥水を使わず、ケーシングを使わず、しかも他の場所打ち杭に比較して径の小さな杭を施工するなどの理由から、地中にでき上がった杭体の形状や強度に対する信頼性について疑問がある。なかでも上部層が軟弱なシルト、下部支持層が締った砂礫の場合は、オーガーによる掘削土の排出の良否や杭体強度のばらつきなどについての疑問が多い。

そこで、これらの疑問を解決するためにとくに軟弱なシルトと締った砂礫の2層地盤を人工的に作り、この地盤中に杭を施工し、施工状況を記録し、杭体を手掘りしながら地盤や杭の状況などを調査し、掘出した杭体を輪切りにして断面の状況を調査し、コアを採取して圧縮試験をし、おもに、

- 1)フレッシュモルタルの圧縮強度
- 2)杭径と杭の形状

3)杭体強度と深度の関係

4)杭体強度と地盤の関係

5)杭体強度を決める要因

6)圧縮強度と単位体積重量と弾性係数の関係

などについて考察した。

その結果、所定の杭体を施工するうえで最も条件が悪い地盤の一つであると考えられるこのような地盤でも、杭径はオーガーの実径以上で、杭体強度は設計強度を充分満足していることなどを確認し、杭体強度を決めるおもな要因はプレバクトモルタルの地盤への脱水現象による水セメント比の変化と、深さ方向の圧力差から生じる気泡率の変化であることを明らかにした。

§ 2. 実験計画

2.1 実験概要

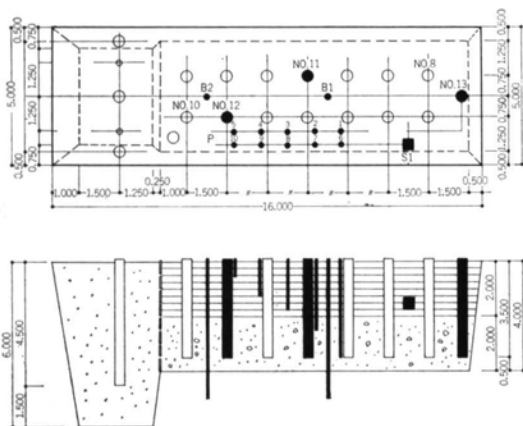
オーガーによる掘削土の排出がむつかしく、杭体強度のばらつきが大きいことなどにより、所定の杭体を施工するうえで最も条件が悪いと考えられる軟弱なシルトと締った砂礫の2層地盤について、杭体の形状や強度を検討した。

この2層地盤は現地盤である関東ロームを掘削し、その中に下部に砂礫、上部にシルトを投入し、シルトを強制圧密させて人工的に作った。この人工地盤中に杭を3体施工し、施工時のオーガーの掘削状況やプレバクトモルタルの性質を記録し、その後杭体を手掘りしながら地盤や杭径や杭の形状などを調査し、掘出した杭体を輪切りにして断面の状況を調査し、コアを採取して圧縮試験をし、圧縮強度や弾性係数などを測定した。

2.2 位置と地盤(自然地盤)

実験は清水建設相模機械工場内北西部(横浜市瀬谷区北町25番地9)で行なった。

試験杭の配置などは図-1に示すとおりである。



注1) この図は他の実験も含まれているため、本実験の部分
を黒塗りで示した。

- 注2) B1~B2ボーリング (GL-5.0m)
S1サンプリング (GL-1.5m)
P1~P5沈下計 (GL-3.5, 2.25, 1.75, 1.25, 0.5m)
P6~P10間隙水圧計 (GL-3.5, 2.25, 1.75, 1.25, 0.5m)

図-1 人工地盤，地盤調査位置，試験杭の配置

当地は相模原台地とよばれる洪積台地にあり，表面
(GL-8.5m以浅)は関東ローム層である。

2.3 人工地盤

人工地盤は，この関東ローム層を図-1，写真-1に示
すように深さ4.0mに掘削し，その中の下部(2.0m厚)
に砂礫，上部(2.0m厚)にシルトを投入して作った。

砂礫は相模川の川砂利で，粒度は礫分がおおよそ70%，
砂分がおおよそ30%で，均等係数は10~40である。この
砂礫を写真-2，3に示すように20cm厚ごとにランマ(パ
ッケルBS-150パイプロランマ)と振動ローラー(ダイ
ハツ0.8tパイプレジションローラー)で2回ずつ転圧
し，締固めた。

シルトは，鶴見川沿いのシールド(横浜市港北区新羽
町816)の排土を写真-4に示すように敷きならし，図-
2に示すように2.0mの盛土(関東ローム)をして1カ月
余り放置し，強制圧密させた。圧密中の圧密沈下量と間
隙水圧の変化はおのおの図-3，4に示すとおりで，強
制圧密沈下量は最終圧密沈下量のおおよそ37%である。

人工地盤の土質常数などは図-5に示すとおりで，砂
礫層のN値は25~45であり，シルト層の土質常数は軟弱
なシルトの特性を示している。



写真-1 現地盤(関東ローム)の掘削

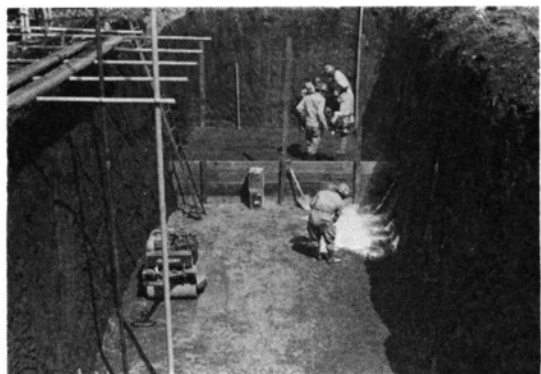


写真-2 人工地盤・下部砂礫層製作状況



写真-3 砂礫層締固め機械

2.4 試験杭

試験杭は表-1に示すように全部で3体作り，各々
No.11, No.12, No.13とよぶ。No.11とNo.12はφ350×ℓ3,500
で，つり上げ時の用心鉄筋として1-D19を挿入した。



写真-4 人工地盤・上部シルト層

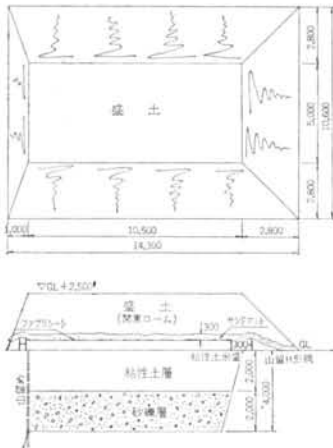
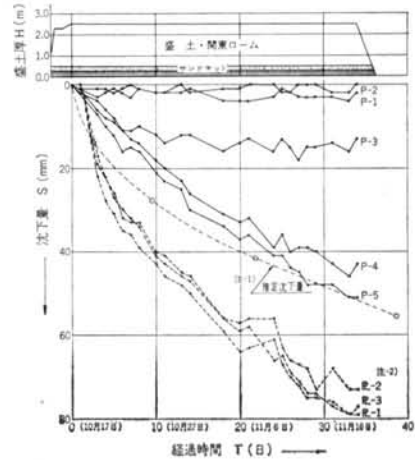


図-2 盛土計画

No.13は、No.11、No.12と同深度にあらかじめ埋設した鋼管φ355.6×t6.4×ℓ3,500にプレバクトモルタルを注入した。この鋼管はコア採取時の便宜を考慮して、写真-5に示すようにあらかじめ2等分しておき、これを組立てて接合部を充分防水して用いた。

プレバクトモルタルの配合とその材料試験結果は表-1に示すとおりで、4週設計基準強度は240kg/cm²であり、材料試験結果は良好である。

各試験杭の施工記録は図-6に示すとおりで、良好である。例えば、No.13のプレバクトモルタルの膨張率とブリージング率は、図-6に示すようにおのおの6.38%、3.00%で、膨張率がブリージング率を上回っており、杭頭一杯まで注入したプレバクトモルタルは、脱水がない場合は写真-6に示すように杭頭にあふれた状態になって固化する。No.12は、杭体中のプレバクトモルタルをより良質なものにするため再注入をした。



注1) 最終沈下量

$$S = \frac{c_c}{1+e_0} H \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0}$$

$$= \frac{0.40}{1+1.90} 200 \log \frac{1.4+3.2}{1.4}$$

$$= 14.3 \text{ (cm)}$$

注2) 凡-1,2,3は盛土上部に設置した沈下板

図-3 圧密沈下量測定結果

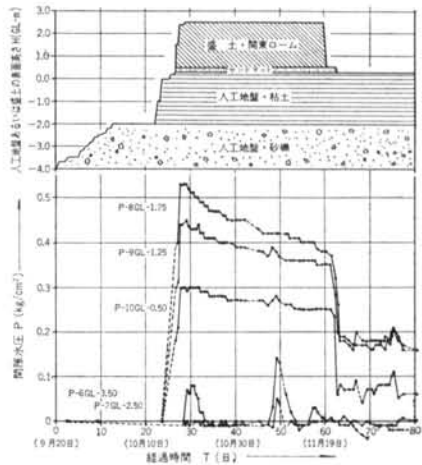


図-4 間隙水圧測定結果

2.5 コア-供試体

図-5に示すように、各試験杭について深度30cmごとに(11断面)各3個ずつ、合計99個のコア(φ100×ℓ200)を採取した。コア抜き作業とコア供試体は各々写真-7, 8に示すとおりである。

2.6 工程

工程は表-2に示すように、実動作業は9月より12月

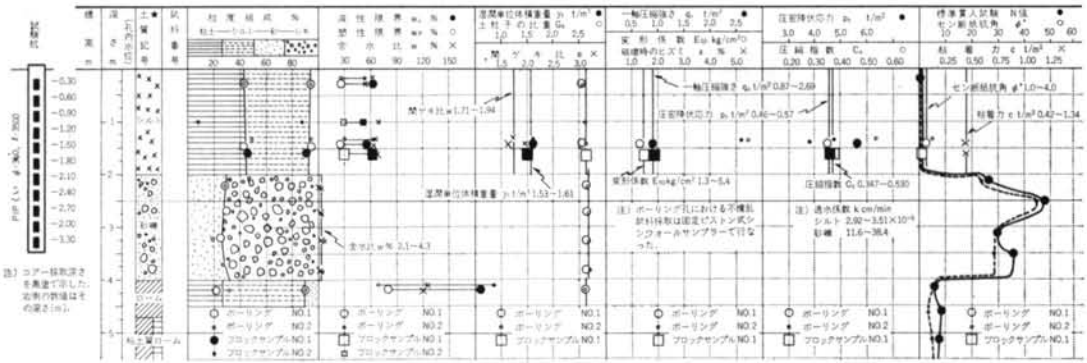


図-5 地盤調査結果(土性図)

杭番号と形状	モルタル配合	材料試験結果																																																																																																									
		セメント C	フライアッシュ F	細骨材 S	混和剤 I.A																																																																																																						
		<table border="1"> <tr> <td>1バッチ 当り (kg)</td> <td>1 m³ 当り (kg)</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>120 603</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>40 201</td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>170 854</td> </tr> <tr> <td>W</td> <td>76.8 385</td> </tr> <tr> <td>I.A</td> <td>1.4 7</td> </tr> <tr> <td>W/(C+F)</td> <td>48 (%)</td> </tr> </table> <p>目標フロー値 19±3 (S)</p> <p>4週設計基準強度 $\sigma_{28} = 240$ (kg/cm²)</p>	1バッチ 当り (kg)	1 m ³ 当り (kg)	C	120 603	F	40 201	S	170 854	W	76.8 385	I.A	1.4 7	W/(C+F)	48 (%)	<table border="1"> <tr> <td>比重</td> <td>3.17</td> </tr> <tr> <td>比表面積(ブレン方法) (m²/g)</td> <td>3170</td> </tr> <tr> <td>養生温度 (°C)</td> <td>20.0</td> </tr> <tr> <td>水量 (%)</td> <td>27.5</td> </tr> <tr> <td>凝結 始発 (時分)</td> <td>2:43</td> </tr> <tr> <td>終結 (時分)</td> <td>3:56</td> </tr> <tr> <td>安定性(煮沸方法)</td> <td>良</td> </tr> <tr> <td>フロー値 (mm)</td> <td>257</td> </tr> <tr> <td>酸化マップ モジュール (%)</td> <td>1.2</td> </tr> <tr> <td>化学 三酸化イ オウ (%)</td> <td>1.8</td> </tr> <tr> <td>成分 強熱減量 (%)</td> <td>0.4</td> </tr> <tr> <td>物理 圧縮 強さ 3日</td> <td>145</td> </tr> <tr> <td>物理 強さ 7日</td> <td>243</td> </tr> <tr> <td>物理 的性質 (kg/cm²) 28日</td> <td>406</td> </tr> </table> <p>普通ポルトランドセメント</p>	比重	3.17	比表面積(ブレン方法) (m ² /g)	3170	養生温度 (°C)	20.0	水量 (%)	27.5	凝結 始発 (時分)	2:43	終結 (時分)	3:56	安定性(煮沸方法)	良	フロー値 (mm)	257	酸化マップ モジュール (%)	1.2	化学 三酸化イ オウ (%)	1.8	成分 強熱減量 (%)	0.4	物理 圧縮 強さ 3日	145	物理 強さ 7日	243	物理 的性質 (kg/cm ²) 28日	406	<table border="1"> <tr> <td>化学 成分</td> <td> 二酸化珪素 (%) 51.1 水分 (%) 0.3 強熱減量 (%) 0.9 比重 2.15 比表面積(ブレン方法) (m²/g) 2840 単位水量比 (%) 97.1 </td> </tr> <tr> <td>物理 的性質</td> <td> 圧縮強度 28日 69.1 比 (%) 91日 88.0 </td> </tr> </table>	化学 成分	二酸化珪素 (%) 51.1 水分 (%) 0.3 強熱減量 (%) 0.9 比重 2.15 比表面積(ブレン方法) (m ² /g) 2840 単位水量比 (%) 97.1	物理 的性質	圧縮強度 28日 69.1 比 (%) 91日 88.0	<table border="1"> <tr> <td>篩寸法</td> <td>通過率</td> </tr> <tr> <td>(mm)</td> <td>(%)</td> </tr> <tr> <td>5.0</td> <td>100.0</td> </tr> <tr> <td>2.5</td> <td>99.65</td> </tr> <tr> <td>1.2</td> <td>99.15</td> </tr> <tr> <td>0.6</td> <td>98.15</td> </tr> <tr> <td>0.3</td> <td>71.0</td> </tr> <tr> <td>0.15</td> <td>6.5</td> </tr> <tr> <td><0.15</td> <td>0</td> </tr> </table> <p>粗粒率 (f-mm) 1.265</p> <p>粒大 2.5mm以下</p> <p>比重 2.62</p> <p>吸水量 3.5</p>	篩寸法	通過率	(mm)	(%)	5.0	100.0	2.5	99.65	1.2	99.15	0.6	98.15	0.3	71.0	0.15	6.5	<0.15	0	<table border="1"> <tr> <td>IA/(C+F) (%)</td> <td>0.0</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>W/(C+F) (%)</td> <td>49.5</td> <td>47.5</td> </tr> <tr> <td>水量比 (%)</td> <td>100.0</td> <td>96.0</td> </tr> <tr> <td>フロー値 (S)</td> <td>18.2</td> <td>17.9</td> </tr> <tr> <td>保水性 測定値 (S)</td> <td>128</td> <td>229</td> </tr> <tr> <td>保水性 比率 (%)</td> <td>100</td> <td>179</td> </tr> <tr> <td>膨張率 時間</td> <td>1 E — 1.80</td> <td></td> </tr> <tr> <td>E (%)</td> <td>B 0.61</td> <td>0.35</td> </tr> <tr> <td>ブリー ジング 率</td> <td>2 E — 4.70</td> <td></td> </tr> <tr> <td>H (%)</td> <td>B 1.23</td> <td>0.65</td> </tr> <tr> <td>時間</td> <td>3 E — 7.19</td> <td></td> </tr> <tr> <td>縮上りモル タル温度 (°C)</td> <td>21.0</td> <td>21.0</td> </tr> <tr> <td>室温 (°C)</td> <td>21±2</td> <td>21±2</td> </tr> </table> <p>モルタル配合 (重量比) C : F : S = 2 : 1 : 3</p>	IA/(C+F) (%)	0.0	1.0	W/(C+F) (%)	49.5	47.5	水量比 (%)	100.0	96.0	フロー値 (S)	18.2	17.9	保水性 測定値 (S)	128	229	保水性 比率 (%)	100	179	膨張率 時間	1 E — 1.80		E (%)	B 0.61	0.35	ブリー ジング 率	2 E — 4.70		H (%)	B 1.23	0.65	時間	3 E — 7.19		縮上りモル タル温度 (°C)	21.0	21.0	室温 (°C)
1バッチ 当り (kg)	1 m ³ 当り (kg)																																																																																																										
C	120 603																																																																																																										
F	40 201																																																																																																										
S	170 854																																																																																																										
W	76.8 385																																																																																																										
I.A	1.4 7																																																																																																										
W/(C+F)	48 (%)																																																																																																										
比重	3.17																																																																																																										
比表面積(ブレン方法) (m ² /g)	3170																																																																																																										
養生温度 (°C)	20.0																																																																																																										
水量 (%)	27.5																																																																																																										
凝結 始発 (時分)	2:43																																																																																																										
終結 (時分)	3:56																																																																																																										
安定性(煮沸方法)	良																																																																																																										
フロー値 (mm)	257																																																																																																										
酸化マップ モジュール (%)	1.2																																																																																																										
化学 三酸化イ オウ (%)	1.8																																																																																																										
成分 強熱減量 (%)	0.4																																																																																																										
物理 圧縮 強さ 3日	145																																																																																																										
物理 強さ 7日	243																																																																																																										
物理 的性質 (kg/cm ²) 28日	406																																																																																																										
化学 成分	二酸化珪素 (%) 51.1 水分 (%) 0.3 強熱減量 (%) 0.9 比重 2.15 比表面積(ブレン方法) (m ² /g) 2840 単位水量比 (%) 97.1																																																																																																										
物理 的性質	圧縮強度 28日 69.1 比 (%) 91日 88.0																																																																																																										
篩寸法	通過率																																																																																																										
(mm)	(%)																																																																																																										
5.0	100.0																																																																																																										
2.5	99.65																																																																																																										
1.2	99.15																																																																																																										
0.6	98.15																																																																																																										
0.3	71.0																																																																																																										
0.15	6.5																																																																																																										
<0.15	0																																																																																																										
IA/(C+F) (%)	0.0	1.0																																																																																																									
W/(C+F) (%)	49.5	47.5																																																																																																									
水量比 (%)	100.0	96.0																																																																																																									
フロー値 (S)	18.2	17.9																																																																																																									
保水性 測定値 (S)	128	229																																																																																																									
保水性 比率 (%)	100	179																																																																																																									
膨張率 時間	1 E — 1.80																																																																																																										
E (%)	B 0.61	0.35																																																																																																									
ブリー ジング 率	2 E — 4.70																																																																																																										
H (%)	B 1.23	0.65																																																																																																									
時間	3 E — 7.19																																																																																																										
縮上りモル タル温度 (°C)	21.0	21.0																																																																																																									
室温 (°C)	21±2	21±2																																																																																																									

表-1 試験杭の仕様

項目	打設時期 (年月日)	温度 (°C)	材料温度 (°C)	砂表面水	モルタルの性質・ 注) 3時間後の値				オーガーによる掘削方法							
					モルタル 実驗室	C	F	S	W	(%)	フロー (S)	即 凝 固 (%)	ブリー ジ ン グ (%)	エヤーの 使用	上下運動	上昇方法
杭番号	NO. 11	50.12.13	17.0	16.0	18~24	13.0	14.0	12.5	12.5	6.1	20.2	6.03	2.74	有	有	断続
	NO. 12	50.12.13	12.0	16.5	#	18.0	17.0	11.8	11.5	10.0	20.5	6.08	2.73	#	#	#
	NO. 13	50.12.13	17.0	16.5	#	13.0	14.0	12.5	12.5	6.1	17.4	6.38	3.00			地中に埋設した鋼管φ355.6× t6.4×#3500にモルタルを注入。

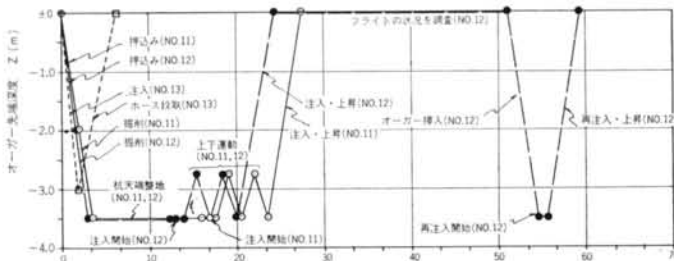


図-6 試験杭の施工記録



写真-5 No.13杭のケーシング鋼管ジョイント部の防水

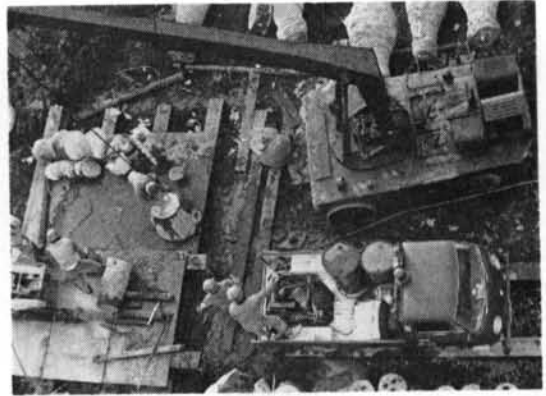


写真-7 コア-抜き作業

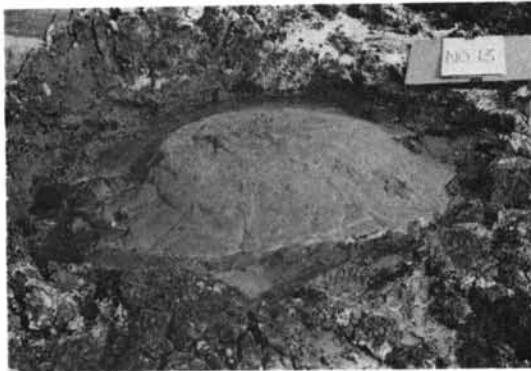


写真-6 No.13試験杭頭部



写真-8 コア-供試体：No.12杭，深度60cm

までおよそ4カ月間である。

NO.	工 事 項 目	数 量	5/29 9月	10月	11月	12月	5/31 1月
1	実 験 準 備						
	実 験 計 画						
	事務所設置						
2	モデル地盤造成						
	地内整地、測量						
	掘 削	350 m ³					
	砂、砂利入場、混合投入、転圧	砂 120 m ³ 砂利 115 m ³					
	粘性土入場、投入	115 m ³					
	H 鋼 設 置	YH-300, 36 m					
	フッゴットシート敷設	210 m ²					
	サンドマット土	20 m ³					
	盛 土	180 m ³					
	粘性土圧密						
	沈下量、開けき水圧測定						
	盛土撤去	180 m ³					
3	土質調査						
	ボーリング及びブロックサンプル	ボーリング4回(5m×2.7m×1.7m) ブロックサンプル(50.1.3.5m)1.5					
4	試験杭打設						
	掘入機、組立て、解体、退却						
	ブランク						
	杭 打 設	杭 φ350×3.5m 10本 ブランク(埋設) φ 4本					
5	排土機構調査						
	掘 削						
	調 査						
6	標準供試体調査						
7	モデル地盤掘り直し	350 m ³					
8	残土撤去及び場内整地、片付け						
9	データー整理						

表-2 工程

§ 3. 実験結果と考察

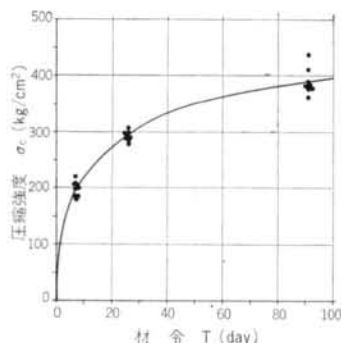
3.1 フレッシュモルタルの圧縮強度

各試験杭について9個ずつの標準供試体(φ50×h100)を採取し、材令7日、28日、91日に各3個ずつ圧縮試験をした。その結果は図-7に示すとおりで、いずれも良好である。例えば材令28日強度は平均291kg/cm²で、いずれも設計基準強度と調査強度を上まわり、平均変動係数も3.0%と小さい。

3.2 試験杭のでき上がり状況

杭体を手掘りしながら杭径や杭の形状などを調査し、掘出した杭体を輪切りにして断面の状況を調査した。

杭径は写真-9に示すように、上部シルト層でオーガー実径を300mm~500mm上回り、かなり太目になり、下部砂礫層でも同じく50mm~100mm上回る傾向を示す。シル



注1) 標準供試体は各試験杭について9個ずつ採取し、材令7日、26日、91日に各3個ずつ圧縮試験(JASS-5 T-703)した。

注2) 標準供試体の寸法は $\phi 50 \times h 100$ である。

図-7 $T \sim \sigma_c$ (標準供試体)

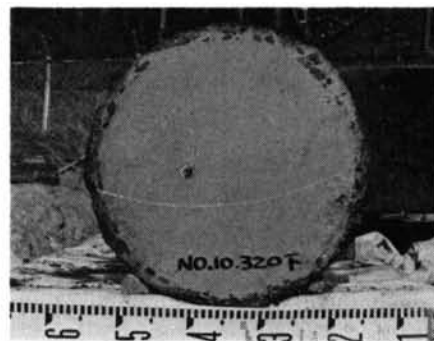


(この杭はNo.11~No.13杭ではないが、これと同一条件で施工した図-1に示すNo.8杭である)

写真-9 杭体の形状

ト層の杭径の拡大傾向は、おもにオーガの掘削速度やプレバクトモルタル注入時のオーガー引上げ速度にも関係し、オーガの掘削速度や引上げ速度を速目にすればこの傾向をおさえることができることがわかった。

杭体内に土砂などの不純物が混入することはほとんど認められなかったが、砂礫層の部分では写真-10に示すように杭周に砂礫が付着し、杭先端からおよそ30cmの範囲には砂礫の混入が認められた。しかし、この砂礫はプレバクトモルタルと一体になり、コンクリート状になるので杭体強度に与える悪影響はほとんどないと考える。



(この杭はNo.11~No.13杭ではないが、これと同一条件で施工した図-1に示すNo.10杭である。断面中の黒点は鉄筋棒であり、弧状の線はカッターの歯の跡である)

写真-10 GL-3.2mの杭断面の状況

3.3 コア-圧縮試験結果

材令14日前後で試験杭を掘出し、コアを採取し、標準養生の後91日で圧縮試験をした。各試験杭のコアの圧縮強度、弾性係数、水セメント比(推定値)と杭体深度の関係を図-8に示す。図-8によれば、強度は各試験杭とも深度が深くなるにつれて増加する傾向を示し、GL-0.30mで270~390kg/cm²であるのに対し、最深部のGL-3.30mでは490~770kg/cm²にも達し、全値が設計基準強度を十分に満足する。

深度の増加ともなる強度の増加傾向はNo.11, No.12が大きく、GL-2.00m以深の砂礫層でとくに大きくなる。これに対して、No.13はこの傾向が緩やかでかつ直線的である。

このような傾向は単位体積重量、弾性係数についてもいえる。単位体積重量の値は、GL-0.3mでNo.11, No.12が1.92~1.95t/m³、No.13が1.89~1.92t/m³とほとんど同じなのに対して、GL-3.30mでNo.11, No.12が2.09~2.13t/m³、No.13が1.98~2.00t/m³とNo.11, No.12がおおよそ5%大きくなる。弾性係数の値は、GL-0.30mでNo.11, No.12が1.5~1.98 $\times 10^5$ kg/cm²、No.13が1.41~1.92 $\times 10^5$ kg/cm²とほとんど同じなのに対して、GL-3.30mでNo.11, No.12が2.31~2.88 $\times 10^5$ kg/cm²、No.13が1.72~2.00 $\times 10^5$ kg/cm²と、No.11, No.12がおおよそ40%大きくなる。

3.4 プレバクトモルタルの再注入の効果

No.11とNo.12のちがいは、図-6に示すようにプレバクトモルタルの注入に関してNo.11が従来と同様な方法であるのに対して、No.12が再注入を行なっているところにある。

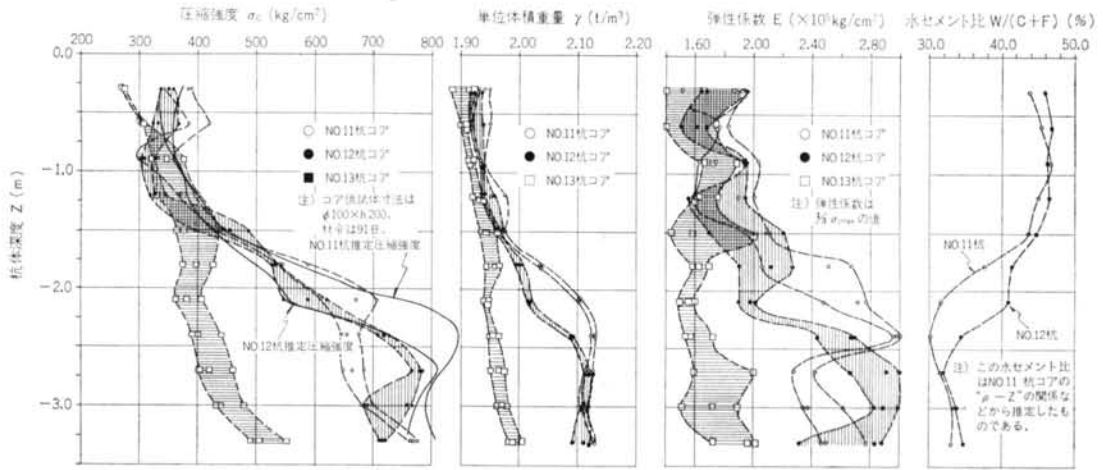


図-8 $\sigma_c \sim Z$, $\sigma \sim Z$, $E \sim Z$, $W/(C+F) \sim Z$ (Na11~Na13コア)

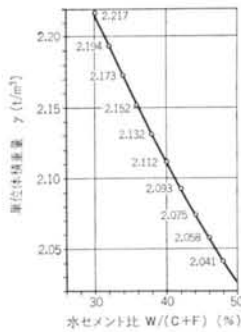


図-9 $W/(C+F) \sim \gamma$ (理論値)

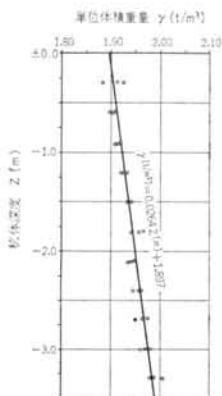


図-10 $\gamma \sim Z$ (Na.13コア)

一般に、杭体中のプレバクトモルタルには土砂や地下水やその他の不純物が混入しやすく、杭体強度に悪影響があるのではないかと考えられがちである。このような場合には、この杭体強度はフレッシュモルタルより低下し、Na12のように再注入すればそれだけ品質はフレッシュ

モルタルに近づき、従来と同様な方法で注入したNa11より大きくなるのが普通であると考えられる。はたしてどうであろうか。

図-4によれば、杭体強度、単位体積重量、弾性係数はNa11、Na12ともにほぼ同様な値を示し、砂礫層付近でもほぼ同様な傾向を示しながら大きくなる。若干の相違点といえば、GL-2.00m付近でNa11の値が大き目になり、GL-2.50m付近でその関係が逆転し、GL-3.30m付近で同じ値になることであるが、この相違点のおもな原因は、Na12は再注入をしたためにNa11、Na12に比較してプレバクトモルタルの脱水量が少ないこと、Na11はプレバクトモルタル注入時にオーガーの上下運動をしたため杭先端付近のプレバクトモルタルが攪拌されて比較的均質になっていることなどであると考えられる。

プレバクトモルタルの脱水については後述するが、図-8に示すように水セメント比がNa11、Na12ともに砂礫層付近で低下し、とくにNa11にその傾向が著しい。

このようなことから、杭体中には杭体強度に悪影響を与えるような不純物の混入はほとんどなかったと考えられ、プレバクトモルタルを再注入しても脱水の状態などが変化するだけで、従来の方で施工すれば十分な杭体強度が得られることがわかった。

3.5 杭体強度を決める要因と杭体強度の推定

図-8において、Na11とNa12の圧縮強度がNa13のそれと著しく異なるのはなぜであろうか。両者の条件の違いは、鋼管による地盤との遮断、すなわちプレバクトモルタルの脱水現象による水セメント比の変化だけである。

Na13の深度の増加による圧縮強度の増加を、深さ方向

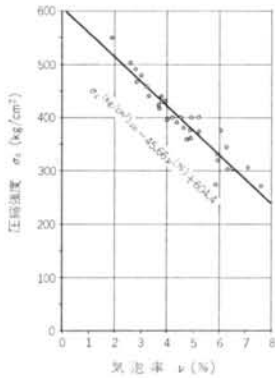


図-11 $v \sim \sigma_c$ (Na13コア)

による圧力差から生じる気泡率の変化であると仮定すれば、これらが杭体強度を決めるおもな要因であると考えられる。このような仮定により、Na11とNa12の杭体強度を推定しよう。

表-1の配合の水セメント比と単位体積重量の関係を、各々の材料の単位体積重量から求めて図-9に示す。脱水がない場合の深度と単位体積重量の関係を、図-8に示したNa13の両者の関係から求め図-10に示す。両者の関係は、この深度の範囲で直線であると仮定すれば式(1)となる。

$$\gamma(t/m^3) = 0.0264Z(m) + 1.897 \quad \dots\dots(1)$$

ただし、 γ ；単位体積重量、 Z ；深度

脱水がない場合の気泡率と圧縮強度の関係を、図-8に示したNa13の圧縮強度、単位体積重量から求めて図-11に示す。両者の関係は直線であると仮定すれば式(2)となる。

$$\sigma_c(kg/cm^2) = -45.66v(\%) + 604.4 \quad \dots\dots(2)$$

ただし、 σ_c ；圧縮強度、 v ；気泡率

この気泡率は、図-9の水セメント比48%の時の単位体積重量 $2.041t/m^3$ と、Na13の各コアの単位体積重量の

差から求めたものである。

Na11, Na12の杭体強度を、図-9, 10, 11などにより次の手順で求める。①図-9の水セメント比48%に対する単位体積重量と図-10の式(1)から求めた単位体積重量との差を気泡の発生によるものと考え、各深度の気泡率を求める。②その気泡を除いた真の単位体積重量と図-9に示した水セメント比と単位体積重量の関係から、各コアの水セメント比(図-8に示す)を求める。③その水セメント比と配合水セメント比48%の差を脱水現象によるものと考え、式(3)から各コアのそれによる強度増分を求める。

$$\sigma_{g1} = (352 - 0.1P)X - (4.2Pt + 280) \quad \dots\dots(3)$$

ただし、 P ；フライアッシュ混和率(%)

X ； $(C+F)/W$

④図-11の式(2)と①の気泡率から脱水現象がない場合の各深度の強度を求める。⑤最後に④の強度と③の強度増分を加えて各杭の杭体強度とする。

このようにして求めた値は、図-8に太線で示すように実験値と近似する。

3.6 圧縮強度と単位体積重量と弾性係数の関係

全試験杭について、圧縮強度と単位体積重量の関係、圧縮強度と弾性係数の関係、単位体積重量と弾性係数の関係を、各々図-12, 13, 14に示す。

圧縮強度と単位体積重量の間には、図-12に示すように明瞭な相関があり、それを直線で仮定して式(4)に示した。

$$\gamma(t/m^3) = 4.78 \times 10^{-4} \sigma_c(kg/cm^2) + 1.765 \quad \dots\dots(4)$$

ただし、 γ ；単位体積重量、 σ_c ；圧縮強度

圧縮強度と弾性係数、単位体積重量と弾性係数の間にも、図-13, 14に示すようにある幅をもった一定の関係があることを示した。

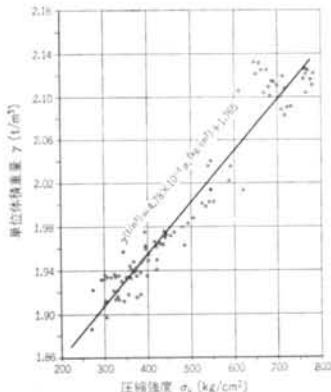


図-12 $\sigma_c \sim \gamma$ (Na11~Na13コア)

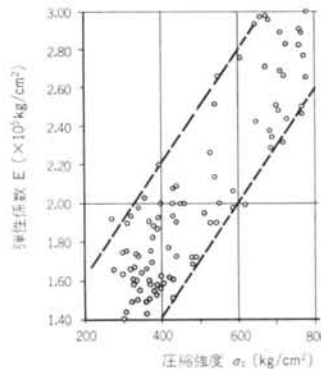


図-13 $\sigma_c \sim E$ (Na11~Na13コア)

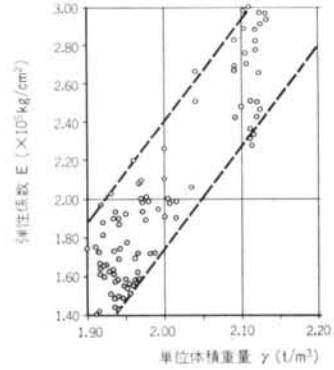


図-14 $\gamma \sim E$ (Na11~Na13コア)

§ 4. 結論

以上の検討の結果、およそ次のようなことを明らかにした。

- 1) 本実験に用いたフレッシュモルタルは、その強度、膨張率、ブリージング率などがいずれも良好であった。
- 2) 上部が軟弱なシルト層、下部が締った砂礫層の地盤では、杭径はシルト層で太目になり、砂礫層でもオーガー実径を50~100mm上回る傾向がある。杭体内に土砂などの不純物が混入することはほとんどないが、杭先端からおよそ30cmの範囲には砂礫の混入がある。しかし、この砂礫はプレバクトモルタルと一体になり、コンクリート状になるので、杭体強度に与える悪影響はほとんどない。
- 3) 杭体強度は深度が深くなるにつれて増加する傾向を示し、GL-0.30mで270~390kg/cm²であるのに対して、最深部のGL-3.30mでは490~770kg/cm²にも達し、全値が設計基準強度を十分に満足する。単位体積重量と弾性係数も同様な傾向を示し、GL-0.30mで各々1.89~1.95t/m³、1.41~1.98×10⁵kg/cm²となり、GL-3.30mでは各々の1.98~2.13t/m³、1.72~2.88×10⁵kg/cm²となる。
- 4) プレバクトモルタルを再注入すると脱水の状態など

が変化するが、従来の施工方法に比較して杭体強度に関して顕著な差はない。従来の方法で施工すれば十分な杭体強度が得られる。

5) 杭体強度を決めるおもな要因は、プレバクトモルタルの地盤への脱水現象による水セメント比の変化と、深さ方向による圧力差から生じる気泡率の変化である。

6) 圧縮強度と単位体積重量の間には、明瞭な相関がある。圧縮強度と弾性係数、単位体積重量と弾性係数の間にもある幅をもった一定の関係がある。

§ 5. おわりに

本報によって、軟弱なシルトと締った砂礫の2層地盤におけるPIP杭の杭強度について知ることができた。今後は、種々の地盤における杭体の強度や弾性係数、先端支持力、沈下量の算定などについて検討する予定である。

末筆ながら、ご指導、ご協力下さった陶浪貞彦主席、坪沼義雄主席（以上技術開発部）、百瀬涉次長（プレバクト部）、根本宏工場長（相模機械工場）と現場作業を分担して下さいの上村一義氏（プレバクト部）、田口弘氏（土木部）、作田尚志氏（研究所助手）に深くお礼申し上げます。

<参考文献>

- 1) 堀口寛、山城幸治：“プレバクトモルタルの配合設計方法に関する実験的研究” 清水建設研究所報 Vol.20 (1975.10)
- 2) 小粥庸夫：“PIPくいの支持力機構に関する研究(その1)——従来の設計支持力についての検討——” 清水建設研究所報 Vol.20(1973.4)
- 3) 小粥庸夫、大内雅典：“PIPくいの支持機構に関する研究(その2)——粘性地盤と砂礫地盤における周面摩擦支持力の検討——” 清水建設研究所報 Vol.25(1975.10)
- 4) 小粥庸夫、黒崎富士美：“PIPくいの支持力機構に関する研究(その3)——砂質土地盤と砂礫地盤における周面摩擦支持力の検討——” 清水建設研究所報 Vol.28(1977.10)
- 5) 小粥庸夫：“PIPクイ(Pakt-in-Place Pile)の支持力機構に関する実験的研究” 日本建築学会九州大会(1972)
- 6) 小粥庸夫：“PIPクイ(Pakt-in-Place Pile)の支持力機構に関する実験的研究(周面摩擦応力度と先端応力度)” 日本建築学会東北大会(1973)
- 7) 小粥庸夫：“PIPクイ(Pakt-in-Place Pile)の支持力機構に関する実験的研究(関東ローム層におけるPIPクイと泥水を使った場所打ちコンクリートクイと打込みクイの周面摩擦支持力と、それを決める要因)” 日本建築学会東海大会(1976)
- 8) 小粥庸夫：“関東ローム層におけるPIPくいの周面摩擦支持力と同層の強度特性” 第11回土質工学研究発表会(仙台)(昭和51年6月)
- 9) 小粥庸夫：“緩い砂層(人工砂層)におけるPIPくいの支持力” 第12回土質工学研究発表会(高松)(昭和52年6月)
- 10) 小粥庸夫、黒崎富士美：“シルトと砂礫の2層地盤(人工地盤)におけるPIPくいのくい体強度” 第13回土質工学研究発表会(名古屋)(昭和53年6月)

