

7 界面活性剤添加によるソイルセメントパイルの強度安定効果

Effects of Surfactant Additive on Strength Stability of Soil Cement Pile

水谷羊介*, 巻内勝彦**

Yousuke MIZUTANI and Katsuhiko MAKIUCHI

本研究では、強度の均質性向上を図る目的で、従来から用いている攪拌機による機械的混合に併用して、界面活性剤を用いてセメントスラリーを均等分散させる方法を考えた。攪拌翼による分散化工程で界面活性剤を加えることより、分散媒による土粒子に対する濡れを良くし、攪拌機による凝集体の分散性を高めると同時に分散化した粒子が再凝集するのを防ぐことが可能となる。室内配合による安定処理土供試体および現場実験で採取したコア供試体について一軸圧縮試験を行い、ソイルセメントの混合性、強度分布特性に及ぼす界面活性剤の種類、添加量、添加時期、養生日数、土の種類の影響を調べるとともに、走査型電子顕微鏡等により界面活性剤の有効性を確認した。

キーワード：ソイルセメントパイル、柱状改良、深層混合処理、界面活性剤、強度のバラツキ
Soil cement pile, Improvement of soil column, Deep soil mixing method, Surfactant, Strength variation

1. はじめに

小規模構造物等の基礎地盤対策に用いられているソイルセメントパイル工法（深層混合処理の一種でソイルセメントコラム工法とも呼ぶ）は、物性定数等のばらつきが大きいことが、設計および施工における品質管理の際の障害となってきた。要因の一つとして、混合攪拌工程中において土粒子は界面で凝集しほぐれにくい団塊（アグリゲート）をつくり、土粒子同士が凝集体を形成していると考えられる。この改善方法として従来は先端攪拌翼形状（供回り防止翼等）、攪拌混合方法等の物理的な改良方策が主として試みられてきたがいずれも限界があった。

本研究では、攪拌機による機械的な力だけでなく界面活性剤を用いて水とセメントスラリーを媒体中に均質に分散させる方法を付加することが有効と考えられた。そこで攪拌翼による分散化工程で、界面活性剤による土粒子の分散媒への濡れを良くし、攪拌機による凝集体の分散性を高めると同時に、分散化した粒子が再凝集するのを防ぐことを試みた^{1)~3)}。過去に地中連壁工事、流動化処理工において分散剤を添加したソイルセメントとしての研究等⁴⁾が行われているが、H鋼等の鋼材の挿入のための流動化向上や残土処理時における土量の減少等が目的であり、強度の安定化（強度変動係数）に関しては解明されておらず、詳細な強度の安定性特性が不明であった。そこで本研究では室内配合による安定処理土供試体および現場実験で採取したコア供試体について一軸圧縮試験を行い、ソイルセメントの混合性、強度分布特性に及ぼす界面活性剤の種類、添加量、添加時期、養生日数、土の種類の影響を調べるとともに、走査型電子顕微鏡等により界面活性剤の有効性を確認した。

2. ソイルセメントスラリーの凝集と DLVO 理論

DLVO(Derjagunin, Landau, Verway, Over-beek)理論⁵⁾によれば、分散力(V)は分子間に働く引力(V_A)と斥力(V_R)の差として得られ、(1)式で表され V_A は負の値となる。

$$V = V_R + V_A \quad (1)$$

セメント系固化材に加水すると水和反応が始まりセメント粒子の表面には正の電荷が発生するため不安定な状態になる。このためセメント粒子は互いに凝集し、フロックを形成することで安定な状態を作ろうとする。同時に土中においても土粒子は凝集し、フロックを形成している⁶⁾。図-1にDLVO理論のポテンシャルエネルギー曲線⁷⁾を示す。図-1のようにV値は粒子間距離とセメント表面の(ζ電位)によってある値を示す。ζ電位が

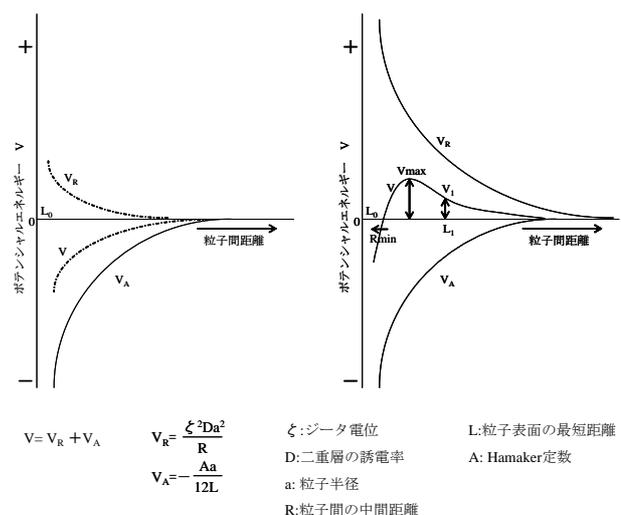


図-1 ポテンシャルエネルギー曲線

*日本大学大学院 理工学研究科 博士後期課程

Doctorate student, College of Science and Technology, Nihon University

**日本大学理工学部 教授

Professor, College of Science and Technology, Nihon University

ある程度大きくなると極大 V_{max} が表れ、粒子の分散は安定する。この V_{max} は分散状態が凝集状態へ移行する時のエネルギー障壁となるので、 V_{max} が大きいほど安定する。例えば、粒子間距離 L_1 で安定分散している2つの粒子を想定し、この粒子間には V_1 と云う斥力が働いていると仮定する。この2つの粒子を外力で距離 L_{max} まで近づけて行くと、この2粒子間に働く斥力は V_{max} に近づく。図-1のポテンシャルエネルギー曲線を見ると $V_{max} > V_1$ であるから粒子間には大きな斥力が働く事になり、外力を取り除けばまた元の L_1 の距離まで離れて安定な状態に戻ろうとする。次に、 V_{max} を上回る大きな外力が働いて2粒子間の距離が L_0 まで縮まったとすると、今度は外力を取り除いても元の L_1 の距離まで離れようとはしない。 V_{max} を乗り越えるよりも、逆に最大引力の働く R_{min} まで近づいた方が安定な状態になるので凝集を始めることになる。しかし、たとえば陰イオン性の界面活性剤を添加することにより、セメント粒子・土粒子の表面に界面活性剤が吸着して強い負電荷を帯びる結果、セメント粒子・土粒子間に強い斥力が働いて分散状態が得られると考えられる。

3. 室内試験

3-1 界面活性剤の種類による影響

今回の実験で用いた標準粘土(土粒子の密度： $\rho_s=2.73 \text{ g/cm}^3$ 、含水比 $w=75\%$ 、液性限界： $W_L=41.5\%$ 、塑性指数： $I_p=22.5$)に対する、界面活性剤の種類(表-1)による影響を下記に記す。界面活性剤の添加量はセメントの乾燥重量比とし、添加量の違いによるスラリーのベーンせん断抵抗の変化を図-2に示す。測定時期は、下記の2水準とした。

- ①：標準粘土のソイルスラリーに界面活性剤を添加・攪拌した直後のせん断抵抗値。
- ②：①のソイルスラリーにセメントスラリー(一般軟弱用セメント系固材使用、セメント重量比 10%, w/c :

表-1 使用した界面活性剤

	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5
組成	ポリカルボン酸系	ポリカルボン酸系	アルキルベンゼン系	ポリカルボン酸系	ナフタリンスルホン酸系
外観	淡褐色液状	淡褐色液状	黒褐色	淡褐色液状	黒褐色
pH	約8	約8	約9	約9	約9.9
比重	約1.29	約1.30	約1.27	約1.25	約1.28
分子量	約12000	約9000	-	約9000	核体数10~12
溶解性	水に透明に溶解	水に透明に溶解	水に淡褐色に溶解	水に透明に溶解	水に淡褐色に溶解

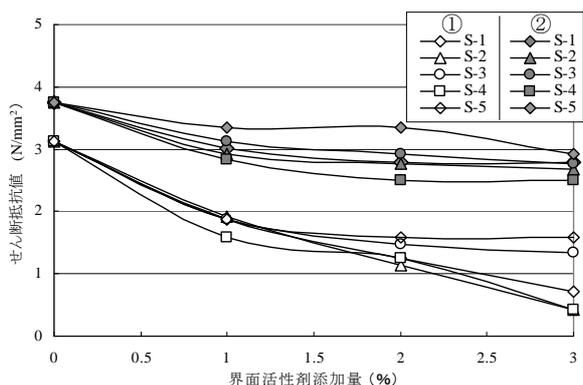


図-2 添加量とベーンせん断抵抗の関係

60%)を添加、混合攪拌した直後のせん断抵抗値。

図-2の実験範囲において、ソイルスラリーの①場合には、界面活性剤の成分により差異はあるもの添加量の増加とともにせん断抵抗値が減少する傾向にあった。しかしソイルセメントスラリーの②の場合、一定添加量以上になると、添加量の増加にともなう著しいせん断抵抗の低下がみられないことがわかる。これは、セメントスラリー添加によるせん断抵抗発現が支配的になったものと考えられる。つぎに②におけるソイルセメントスラリー試料の一軸圧縮強度特性(一週養生)を図-3に示す。図-2より添加量の増加とともにせん断抵抗値が低くなり、攪拌性能が向上すると考えられるが、図-3より添加量1%以上になると強度低下をもたらす場合があることや、界面活性剤の種類による性能の差が顕著になること、例えば、同じ化学構造であっても分子量の違いにより特性は変化するため、配合時には界面活性剤の種類における土質別の最適添加量を評価する必要がある。

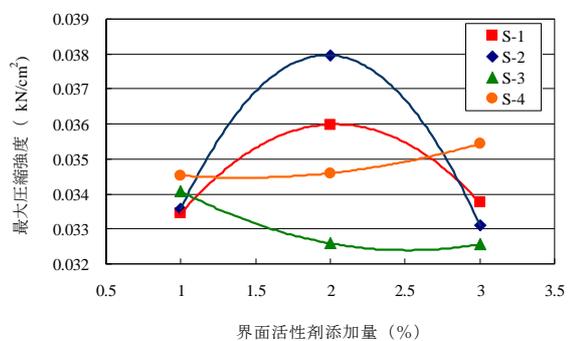


図-3 添加量と一軸圧縮強度の関係

3-2 土の種類による影響

代表的な4種類の土質材料(A~D)に対して主にポリカルボン酸系界面活性剤(S-1,分子量:約12000)を使用し、土の種類による影響を測定した。土試料A:山砂($\rho_s=2.73 \text{ g/cm}^3$)、土試料B:カオリン粘土と粗砂を質量比で1:1(カオリン粘土： $\rho_s=2.55 \text{ g/cm}^3$ 、粗砂： $\rho_s=2.67 \text{ g/cm}^3$ 、 $W_L=41.5\%$ 、 $I_p=22.5$)、土試料C:カオリン粘土とシルトを質量比で1:1(シルト： $\rho_s=2.63 \text{ g/cm}^3$ 、 $W_L=48.2\%$ 、 $I_p=28.9$)、土試料D:粘性土($\rho_s=2.84 \text{ g/cm}^3$ 、 $W_L=142.31\%$ 、 $I_p=66.7$)であり、各土試料の粒径加積曲線を図-4に示す。配合を表-2に示す。

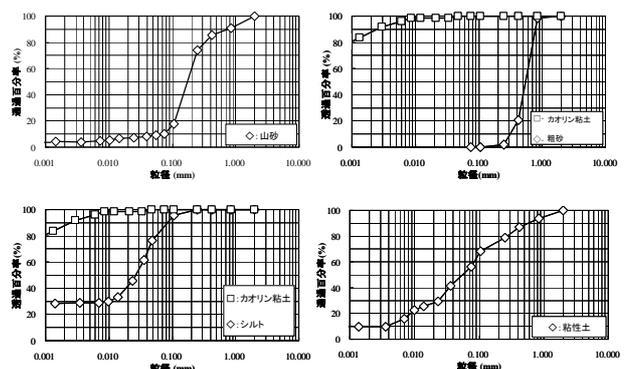


図-4 試料土の粒度

表-2 試料の配合

	試料A 砂	試料B カオリン+粗砂	試料C カオリン+細砂	試料D 粘性土
調整含水比	30%	40%	40%	130%
固化材添加量	10%	20%	20%	30%
水セメント比	100%	65%	65%	100%
混合時間	60秒	60秒	60秒	60秒

セメントは一般軟弱土用セメント系固化材(以下,“固化材”)というを使用した。混練ミキサー容器中の対象土に蒸留水を加え含水比を調整して5分間攪拌した。同時に界面活性剤を溶解した蒸留水と固化材を練り同時添加という、セメントスラリーとする(以下,“同時添加”)という。この添加時期に関しては後述)。このときの界面活性剤の添加率表示はセメントの質量比に対する百分率とした。次に対象土にセメントスラリーを添加し1分間混合攪拌した。混合された安定処理土をモールドに数層に分け軽打しながら気泡を除去充填し、空气中養生にて所定時間養生した後、一軸圧縮試験(軸ひずみ速度 1.0%/min)により評価した。図-5~図-8に各土質試料における、

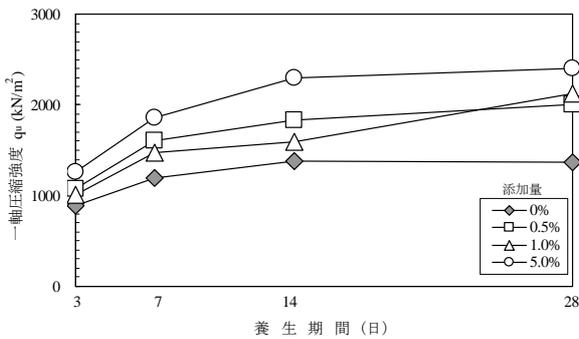


図-5 試料A(山砂)

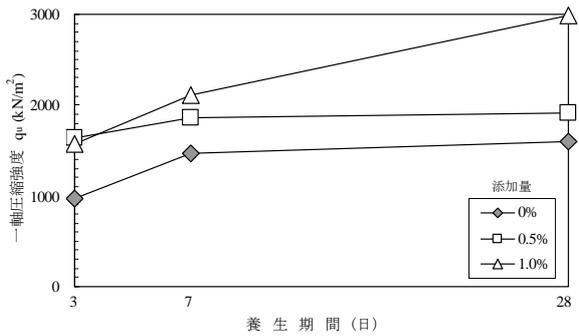


図-6 試料B(カオリン粘土+粗砂)

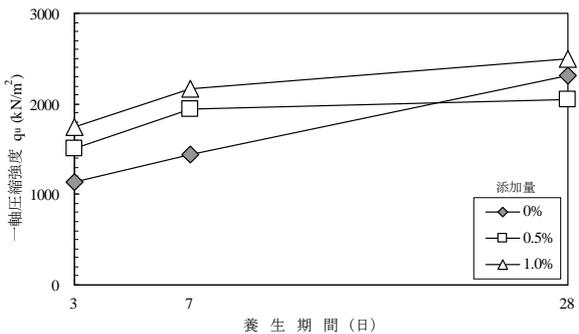


図-7 試料C(カオリン粘土+シルト)

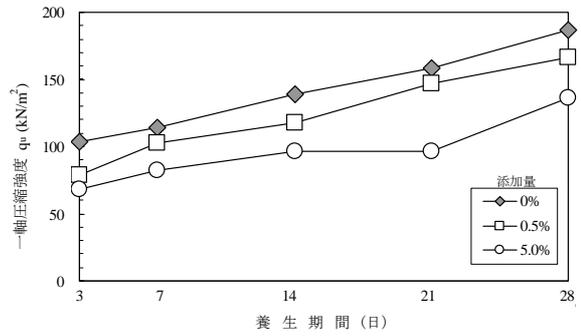


図-8 試料D(粘性土)

界面活性剤の添加量別に養生時間と一軸圧縮強度の関係を示す。いずれの試験ケースにおいてもセメンテーション進行が確認された。また図-5~図-7の山砂、粗砂を含むカオリン粘土、シルトを含むカオリン粘土の同時添加に関しては、界面活性剤を添加したことにより強度が増加する傾向が得られている。しかし、図-8の粘性土に関しては界面活性剤の添加量に比例して強度の低下を示す傾向になった。これらの理由として、土試料A, B, Cに関しては、界面活性剤無添加時(0%)においてミキサーによる土粒子と固化材の機械的攪拌が十分でなかったものの、界面活性剤添加によりフロックが界面活性剤の分散効果により壊され、固化材と土粒子が均一に分散され強度増加が見込まれたものと考えられる。一方、土試料D(粘性土)に関しては界面活性剤を添加することにより強度の低下が見られた。そこで、粘性土における安定処理の初期発生強度の低下状況の原因を調べるため、試料D(粘性土)の界面活性剤無添加(写真-1)と添加したもの(写真-2)をSEM(走査型電子顕微鏡)にて

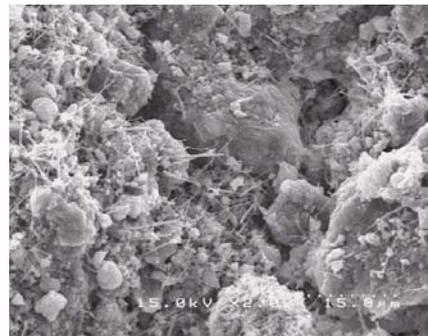


写真-1 試料D(粘性土)のSEM写真(界面活性剤無添加)



写真-2 試料D(粘性土)のSEM写真(界面活性剤添加)

観察した。両供試体とも全体的に類似な傾向を示していたが、写真-1と写真-2を比較すると、界面活性剤添加のサンプルのほうがエトリンタイトの生成が遅れていることが見てとれた。要因としていくつか挙げられるが、1つに、固化材の水和反応による安定処理は、①エトリンタイトの生成(初期)、②カルシウムシリケートの生成反応(中期)、③ポゾラン反応(長期)以上3つの生成反応⁸⁾によるものであるが、安定処理土の初期発生強度においてはエトリンタイトの針状の結晶によるものが支配的と考えられ、初期発生強度の低下の要因の一つとして、界面活性剤が水和反応を阻害して初期強度の発現を鈍らすことが考えられる。また、粘性土は粒径が小さく粒子間の凝結が強いため、土粒子の骨格構造がある程度支配的になると考えられるが、安定処理した場合、界面活性剤添加の粘性土は粘土の骨格を崩壊させる方向に働く要因があるものとも考えられる。

3-3 界面活性剤の添加時期による影響

添加時期の影響を調べるため、試料土とセメントスラリーを混合攪拌する工程は2通りとし、試料土自体に界面活性剤を添加する方法(以下、“前添加”という)、セメントの練ませ水に界面活性剤を添加する方法(以下、“同時添加”という)を用いた。現場における施工時間を考慮すると後者のほうが一般に工程上有利であるが、今回は試料土自体の流動性向上による一軸圧縮強度への影響も調べた3-2と同様な試験手順で、ミキサー容器中の対象土に蒸留水を加え含水比を調整して5分間攪拌した(前添加の配合は、この時点で界面活性剤を蒸留水に溶解する)。同時に界面活性剤を溶解した蒸留水と固化材を練り、セメントスラリーとする(前添加は蒸留水のみで練る)。このときの界面活性剤の添加率表示はセメントの質量比に対する百分率とした。次に対象土にセメントスラリー

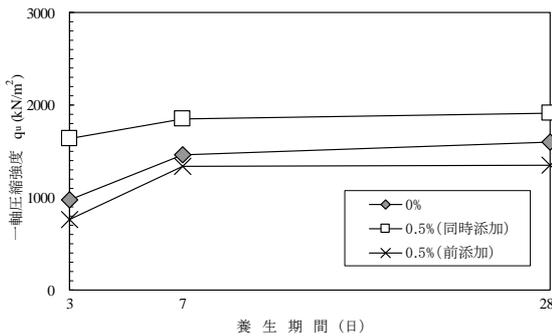


図-9 カオリン粘土+粗砂

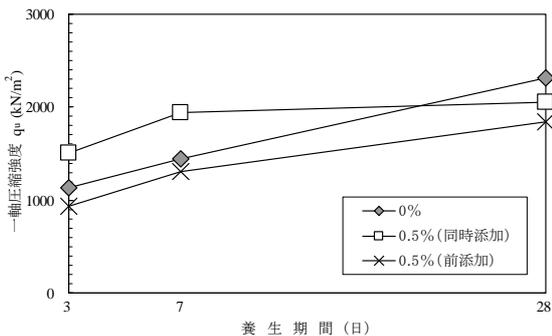


図-10 カオリン粘土+シルト

を添加し1分間混合攪拌した。界面活性剤の添加時期の影響を図-9、図-10で比較すると、図中より両試体とも先に土試料に界面活性剤を付着させた(前添加)のほうが10%程度の強度の低下が確認された。この原因として同時添加に比べ界面活性剤が固化材に対して付着する分が土粒子に過度に付着したため土粒子骨格を弛緩してしまったこと、セメントブロックの開放度が低かったことが考えられる。

4. 現場実験

代表的な4種類の土質地盤を関東圏内で選定し(図-11~図-14)、室内試験結果をもとに各現場において界面活性剤を添加したソイルセメントパイル工法の試験施工を行った。

4-1 地盤の選定と予備試験

各現場における安定処理土の最適な界面活性剤添加量



図-11 実験サイトA (砂混じりシルト地盤)



図-12 実験サイトB (関東ローム)



図-13 実験サイトC (砂質地盤)



図-14 実験サイトD (粘性土地盤)

を求めるため、対象現場（実験サイトA：埼玉県草加市のGLからN値2～3のシルト地盤(図-11)、実験サイトB：栃木県岩舟町のN値3程度のローム(図-12)、実験サイトC：新潟県燕市のGLからN値2～3の砂質土地盤(図-13)と実験サイトD：千葉県八街市のGLからN値2～3の粘性土地盤(図-14))における試料の含水比など試料調整をした後、固化材を使用し、練り混ぜ水、攪拌時間を一定にし、陰イオン界面活性剤（ポリカルボン酸系）をバッチ毎に0%から1%刻みで添加量を増し、ホバート型ミキサーにより攪拌し安定処理した。

1バッチ約20個のモールドを作成し、安定処理土をモールド(φ50mm×L100mm)に3層程度に分けて入れ、各層ごとに気泡除去を行って、供試体から水分が蒸発しないようにモールドを密封材で被膜し、7日養生した後、一軸圧縮強度を測定し強度特性を調べた。

4-2 現場試験方法

予備試験結果をもとにセメント系固化材の配合量と界面活性剤の添加量を決定し、一般的な供回り防止翼(写真-3)を用い砂混じりシルト地盤と粘性土地盤において無添加のパイル [Type A-1, Type B-1, Type C-1, Type D-1 (以下“A-1、B-1、C-1、D-1”と略す)] と界面活性剤を添加したパイル [Type A-2, Type B-2, Type C-2, Type D-2 (以下“A-2、B-2、C-2、D-2”と略す)] を地盤に打設した。施工条件を表-3、図-15 (各現場とも共通の施工サイクル)に示す。

施工後4週間養生した後、インティグリティー試験(以下“IT試験”と略す。IT試験とは、パイルの頭部を軽打し、反射波をピックアップにより計測する試験で測定状況を写真-4に示す。)によりパイルの健全性を検査した後、パイルの側面を全面掘り起こし(写真-5)、地中よりパ

表-3 パイルの配合条件

杭の種類	土質	パイル径 (mm)	パイル長 (m)	固化材添加量 (kg/m ³)	水/固化材比 (%)	界面活性剤添加量 C _{sw} (%)	試験杭本数	コアボーリング採取数(個)
Type A-1	砂シルト	600	3.00	280	60	0.0	2	5個/0.33m毎
Type A-2		600	3.00	280	60	1.0	3	5個/0.33m毎
Type B-1	関東ローム	600	3.00	300	65	0.0	2	5個/0.33m毎
Type B-2		600	3.00	300	65	1.0	3	5個/0.33m毎
Type C-1	砂質土	600	3.00	250	65	0.0	2	5個/0.33m毎
Type C-2		600	3.00	250	65	1.0	3	5個/0.33m毎
Type D-1	粘性土	600	3.00	300	65	0.0	2	5個/0.33m毎
Type D-2		600	3.00	300	65	2.0	3	5個/0.33m毎



写真-3 使用した攪拌翼

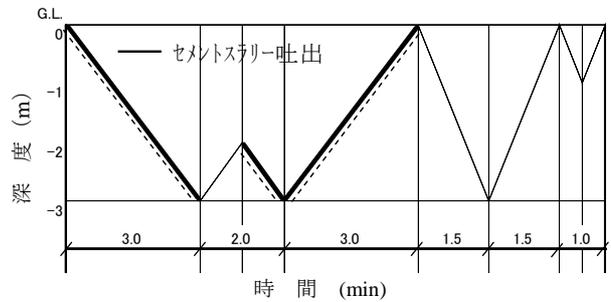


図-15 施工サイクル

イルを抽出し形状を観察し、抽出したパイルを水平方向に30cm毎に切断しパイルの断面を測定後一断面あたり5箇所のコアボーリングを行い(写真-6～写真-8)一軸圧縮試験によりコア供試体の強度特性を測定した。



写真-4 IT試験状況



写真-5 試験状況

4-3 現場試験結果

現場採取土の予備試験による界面活性剤の最適添加量の決定は添加量を増加していき、その安定処理土の1週間強度における、強度の標準偏差と強度の変動係数より決定した。ある添加量以上になると一軸圧縮強度が低下する傾向にあり、その変化点はセメント添加量の質量比で



写真-6 パイル切断状況



写真-7 パイル切断面・観察



写真-8 コアボーリング後

1%程度であった。砂混じりシルトと粘性土における添加量と圧縮強度の平均値例を表-4に示す。

これより、添加量1%前後をピークに圧縮強度の低下がみられる。圧縮強度低下の要因として、図-16に示

表-4 添加量別における一軸圧縮強度の平均値例

平均値 (kN/cm ²) \ 添加量	0%	1%	2%	3%	4%	5%
砂混じりシルト	0.4	0.63	0.39	0.25	0.22	0.22
粘性土	0.05	0.07	0.07	0.07	0.04	0.05

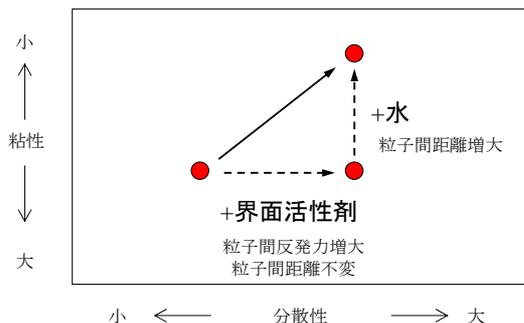


図-16 界面活性剤による流動化と粘性の関係

すように無添加と比較し界面活性剤添加の効果は流動化による分散と、界面活性剤によるみかけの単位水量の増加により土粒子の粘性抵抗が低下し材料分離が生じたことと、界面活性剤過添加による水和反応阻害作用が生じたことが考えられる。

つぎに、図-17~図-20にIT試験結果を示す。横軸がパイル長さ、縦軸に速度を示している。

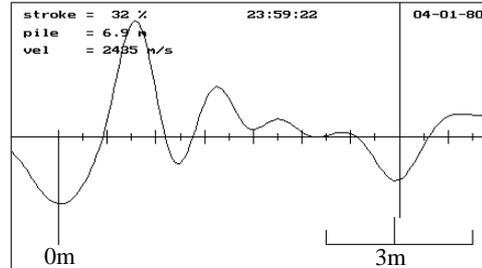


図-17 Type B-1 の IT 試験結果

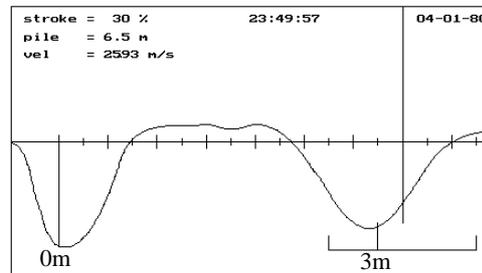


図-18 Type B-2 の IT 試験結果

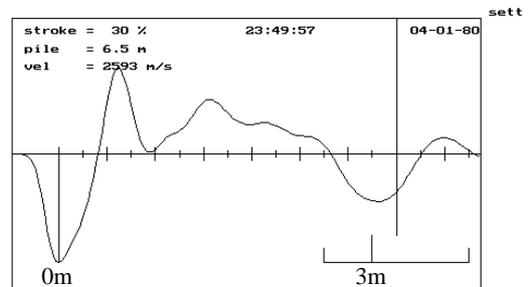


図-19 Type A-1 の IT 試験結果

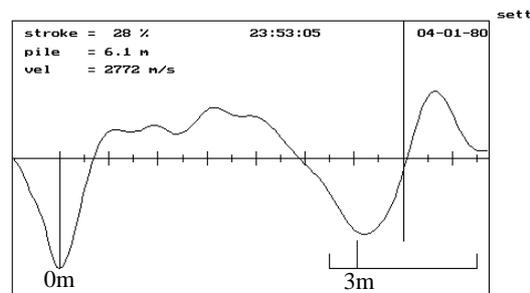


図-20 Type A-2 の IT 試験結果

この速度応答波形より、同地盤における A-1 と A-2、B-1 と B-2 を比較すると A-1、B-1 の波形は乱れており、パイル内の速度が一定でないことがうかがえる。こ

の速度が変化している部分は断面が欠損しているか、部材強度が一定でないことを示している。

図-21～図-24に深度毎に同一断面より採取したコアの材令28日における一軸圧縮強度を示す。また表-5に一軸圧縮強度の平均値および変動係数を示す。

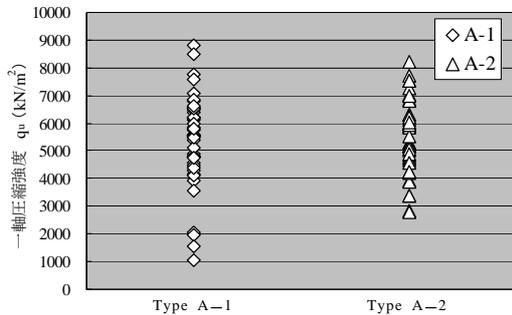


図-21 パイルの種類と圧縮応力関係 (砂混じりシルト地盤)

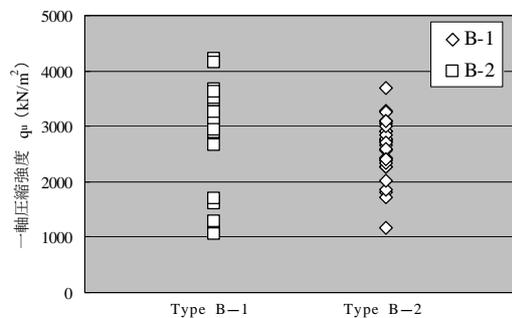


図-22 パイルの種類と圧縮応力関係 (ローム)

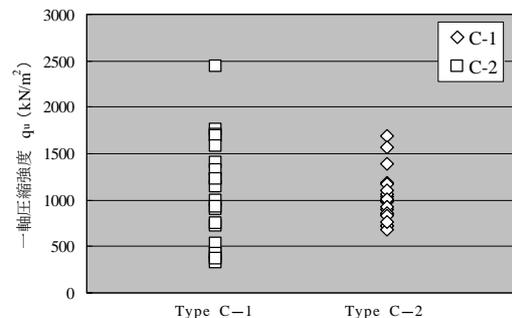


図-23 パイルの種類と圧縮応力関係 (砂質土地盤)

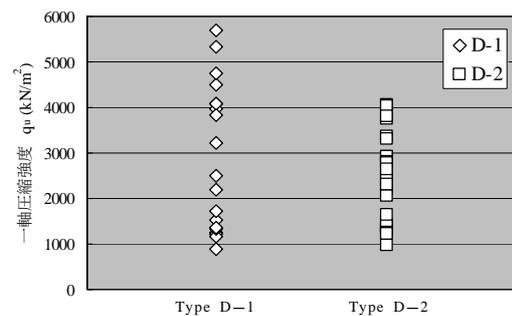


図-24 パイルの種類と圧縮応力関係 (粘性土地盤)

表-5 パイルの種類の一軸圧縮強度の変動係数

	Type A-1	Type A-2	Type B-1	Type B-2
平均値 (kN/cm ²)	5395.1	5520.1	2894.6	2610.6
変動係数 (%)	31.0	23.4	31.7	20.4

	Type C-1	Type C-2	Type D-1	Type D-2
平均値 (kN/cm ²)	1093.4	1024.1	2874.9	2477.0
変動係数 (%)	50.5	26.0	54.1	37.9

図-21と表-5より砂混じりシルト地盤において、界面活性剤無添加の改良体の圧縮強度の平均値は5395kN/m²、範囲1046～8797kN/m²に分布し変動係数は31%である。それに対し、界面活性剤添加をスラリーに添加した改良体を比較すると、平均値は5520kN/m²、範囲2791～8199kN/m²に分布し変動係数は23%であり、8%程度ばらつきが抑制された。粘性土地盤(図-24、表-5)においても、界面活性剤無添加の改良体の圧縮強度の平均値は、2875kN/m²、範囲875～5680kN/m²に分布し変動係数は54.1%であるのに対し、界面活性剤添加を添加した改良体は、平均値2477kN/m²、範囲990～4042kN/m²に分布し変動係数は37.9%であり、16%程度ばらつきが抑制された。築造パイルの品質性状は向上していることがうかがえる。このことから平面的に均質な混合攪拌ができたものと考えられる。

5. まとめ

今回、界面活性剤を添加したセメント安定処理土の強度特性について、界面活性剤の種類、添加量、土の種類、固化剤の添加量、養生日数などの要因について室内および現場試験を行った。今回の実験において得られた主な知見は以下の通りである。

- 1) シルト、砂系安定処理土においては、物理的攪拌だけでなくセメントスラリーに界面活性剤を添加し混合攪拌した方が高い強度発現が見込まれる傾向にある。
- 2) ポリカルボン酸系界面活性剤を添加した粘性土系安定処理土は界面活性剤無添加に比べ初期強度発生が鈍い。
- 3) 土の分散効果は低かったが、セメントの分散効果により、土と種類にかかわらず、効果が伺えた。
- 4) 粘性土に関しては界面活性剤添加により強度の低下がみられたが、ソイルセメント深層混合処理工等の固結工法のような現場打ちにおいて指摘されている改良体自体の強度のバラツキに関して、変動係数の低下、セメントの単位水量の減量化等の効果が得られる。

「建築物のための品質管理指針」⁹⁾では、機械式混合攪拌処理工法の場合、 $V=20\sim45\%$ (V : 変動係数)程度と記されている。今回の現場における試験施工で平均強度の向上は期待できなかったが、シルト地盤において無添加ソイルセメントパイルの変動係数が31%に対し添加ソイルセメントパイルが23%と減少し、また粘性土地盤に関しては無添加ソイルセメントパイルの変動係数が54.1%に対し添加ソイルセメントパイルが37.9%に減少するなど、強度の連続性が向上した。ソイルセメントパ

イルをさらに信頼できる深層混合処理工法とするために、供回り防止翼や土の供回り防止装置などの改良とともに、界面活性剤等を使用した化学的分散手法も今後有効な手段と考えられる。

謝辞: 本実験にあたり協力いただいた、本学助手の峯岸先生、大学院生の山下君、兼松ケミカル(株)湯沢氏、三洋化成工業(株)の森氏および(株)設計室ソイルの若命氏には謝辞を申し上げます。

参考文献

- 1) 卷内勝彦・峯岸邦夫・水谷羊介・水上学(2002):「ソイルセメントコラムの混合性能に及ぼす界面活性剤の効果」土木学会全国大会, III-659.
- 2) 水谷羊介・卷内勝彦・峯岸邦夫(2003):「界面活性剤を添加したソイルセメントコラムの評価」, 土木学会関東支部, III-52.
- 3) 山下太郎・水谷羊介・卷内勝彦(2003):「ポリカルボン酸系とナフタリン系分散材を添加したセメント安定処理度の強度特性」, 土木学会関東支部, III-53.
- 4) 松居克・稲田弘二・堀井宏謙(1999):「分散剤を添加したセメントスラリー攪拌混合土の諸物性」, 日本建築学会大会, A-1 分冊, pp.773.
- 5) 森山登(1995):「分散・凝集の化学」, 産業図書, pp.29-33.
- 6) 藤井正彦(1987):「界面活性剤ハンドブック」, 工学図書, pp.496-497.
- 7) 竹内節(1999):「界面活性剤」, 米田出版, pp.137-142
- 8) セメント協会(1987):「セメント・コンクリート化学とその応用」, セメント協会, pp.86-92.
- 9) (財)日本建築センター(2002):「建築物のための地盤改良の設計及び品質管理指針」, (財)日本建築センター, pp.38.

In this study a blending method of surfactant with a cement slurry is employed together with a conventional mechanical soil mixing method for the purpose of improving even more its strength uniformity. Adding a surfactant in the wind-mixing process is capable to get moist to the surface of soil particles with the effect of improving its dispersing efficiency of a soil mixer and to prevent to re-condensation of the dispersed particles. A series of unconfined compression tests was carried out using stabilized soil specimens prepared in a laboratory and core specimens sampled from several field testing sites. Effects of surfactant, mixing rate, timing of addition, curing time and soil kind on mixing performance of soil cement, strength characteristics were investigated, and moreover an effectiveness of adding surfactant was confirmed according to the observation of a scanning electron microscope.