

固化処理土の微視的変形機構に関する考察

京都大学工学部 正 員 嘉門雅史
 京都大学大学院 学生員 前川憲治
 京都大学大学院 学生員 ○佐野陽一

1. はじめ 砂質土は従来良好な埋立材料とされてきたが、臨海部における過去の被災例からも明らかなように、液状化の危険性があるために必ずしも適当な材料とはいえない。そこで、近年では液状化抵抗の大きな材料を使用して耐液状化地盤を短期間に造成する、いわゆる事前混合処理工法の開発が進められている。本研究は、事前混合処理土の変形挙動を解明する研究の一環として、そのせん断変形機構を微視的に解明するとともに、微視的な粒子挙動と巨視的なせん断特性との関連について検討したものである。

2. 実験方法 固化処理土のせん断変形機構を直接観察するために、走査型電子顕微鏡(SEM)鏡体内に図1に示すような超小型せん断試験機(USSBT)を導入してせん断試験を行っている¹⁾。従来の試験機は垂直荷重荷重の荷重条件および計測された垂直変位(ダイレイタンス)に問題があったため、以下に示す2箇所について改良を行った。

(1) 従来の試験機は、垂直変位測定用のアームをせん断箱の奥板に取り付けていたが、それを垂直変位測定用ポテンシオメーターに剛結した。

(2) 従来の試験機は、SEM鏡体内を真空にした際に大気圧差により約2.3kgf/cm²の垂直荷重が不可避に作用していたが、垂直荷重載荷ベロフラムと同規模のカウンターベロフラムを取り付けることによって、SEM鏡体内を真空にした時の垂直荷重を相殺することを可能にした。

このようにして試験条件はかなり向上したが、SEMによりすべり面を観察する場合、観察面が解放されている必要があり、観察面には基本的に応力を作用させないために観察面の剥離が起こるという問題点はなお未解決のままである。

試料として用いた砂質土は、豊浦標準砂である。安定材には、セメント系固化材と、その細粒分としての役割に期待して石炭灰を用いている。供試体は、以上の試料を表1に示すような6種類の配合条件に乾燥状態で十分混合させた後、水中においた型枠容器中に静かに落下させ乾燥密度が1gf/cm³となるように供試体を作製し、その後容器のまま水中で28日養生した。なお、SEM鏡体内では高真空状態が要求されるため、養生後に乾燥して用いている。

またこれとは別に、本研究では非排水非圧密三軸試

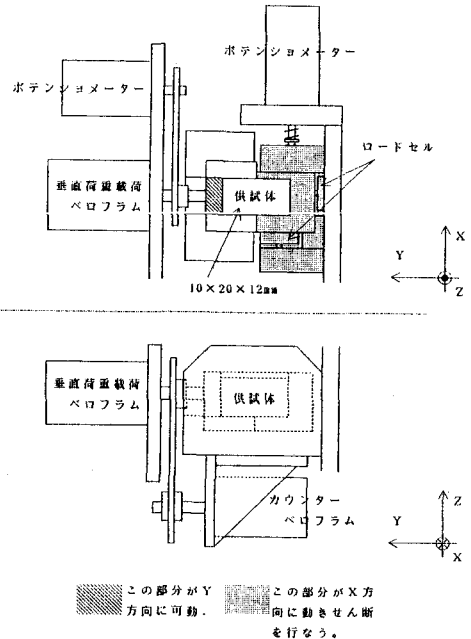


図1 せん断試験機 平面模式図

表1 試料の配合条件とUU試験結果

No	配合条件		破壊ひずみ (%)	せん断強さ $q_c/2$ (kgf/cm ²)	平均せん断強さ $q_c/2$ (kgf/cm ²)
	砂:石炭灰	固化材(X)			
1	7:3	6	2.5	3.53	3.68
			3.2	3.83	
2	7:3	5	1.9	4.35	4.81
			3.1	5.26	
3	7:3	4	2.3	2.78	3.38
			2.6	5.06	
4	5:5	6	1.4	5.12	5.58
			2.6	6.04	
5	5:5	5	2.0	5.16	4.86
			1.4	4.56	
6	5:5	4	3.1	2.19	2.47
			3.5	2.76	

Masashi KAMON, Kenji MAEKAWA, Youichi SANO

験(UU試験)を行った。その供試体は、上記と同様の方法で混合・作製した。

USSBT中のせん断変位とせん断応力・ダイレイタンスーはX-Yレコーダーで連続的に記録し、SEMの観察像はビデオ録画し必要に応じて写真化している。

3. 実験結果及びその考察 まず、USSBTにより得られた巨視的なせん断データの代表例を図2に示す。これより、垂直載荷荷重が大きい程処理土のせん断強さも大きく、またせん断応力がピークに達した時点でダイレイタンスーの変化率が急変していることがわかる。こうした傾向は他の試料についても見られることから、USSBTの巨視的せん断データの再現性はあるものと思われる。

次に、ここには記載していないが、両試験より求めたせん断強さを比較してみると、多少のばらつきもあるが全体的にみてUSSBTより得られたせん断強さの方が、UU試験より求めたせん断強さよりも大きい。これは、USSBTの供試体が乾燥したものであることや、一面せん断試験とUU試験という試験方法の違いの影響とともに、供試体の大きさの違いによる寸法効果の影響が考えられる。

また、SEMにより捉えた微視的なせん断挙動は、一連の観測画像をビデオで録画したものから連続写真を撮り、土粒子の相対変位を図にプロットすることにより解析している。その代表例として、粒子の微視的な相対変位図を図3に示す。以下に微視的な観点から処理土のせん断特性に関して述べる。

1) 事前混合処理土は各粒子が単体として存在するのではなく、安定材の固化作用により粒子同志が凝着して粒子団を形成していることから、処理土のせん断抵抗は、固化作用によって発揮される粘着力によるところが大きいといえる。

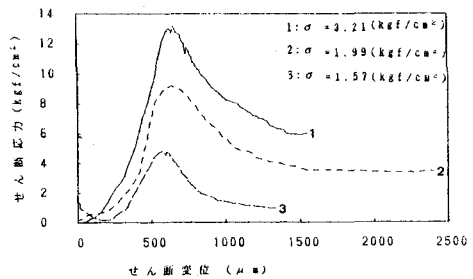
2) せん断試験全般を通してすべり面以外では、大きな構造変化は観察されず、せん断による構造変化はすべり面にのみ起こっている。また、微視的ダイレイタンスーと巨視的ダイレイタンスーとは非常によく対応しており、巨視的ダイレイタンスーの発生はすべり面の幅に依存しているものと思われる。

3) 残留強度域においては、すべり面の凸部同志が互いに接触しあうことによって微視的インターロッキングが作用している。これは、せん断の進行を遅らせたり、巨視的なせん断応力やダイレイタンスーにも影響を与えており、残留強度域における処理土のせん断特性を大きく左右している。

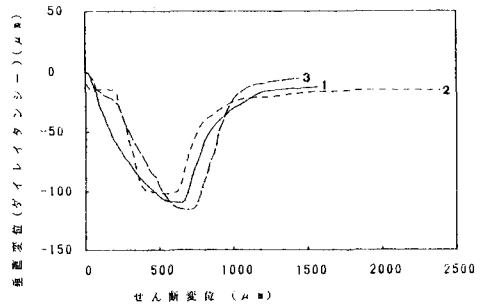
4. おわりに 本研究から事前混合処理土のせん断特性は、安定材の固化作用によって大きな粘着力を有していることが明らかになり、すべり面以外は剛体として挙動するとみなすことができる。

参考文献

1) 嘉門ら；第44回土木学会年講, 3, 1989, pp.408-409



(a) せん断強さ特性(試料番号5)



(b) ダイレイタンスー特性(試料番号5)

図2 巨視的せん断特性

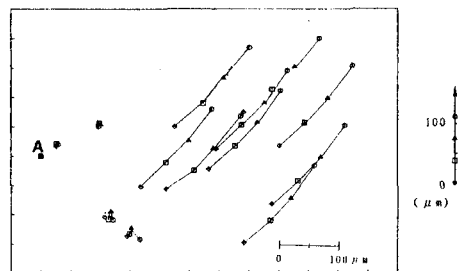


図3 すべり面内の微視的相対変位