

## セメント混合により改良した飽和軟弱粘性土の強度変形特性 V

## ——破壊の仕方と強度特性——

Mechanical Properties of Saturated Soft Clay Improved by Cement-Mixing V

——Failure Modes and Strength Properties——

小 林 晃\*・龍 岡 文 夫\*\*

Akira KOBAYASHI and Fumio TATSUOKA

## 1. 緒 言

これまでに、筆者らはセメント改良土のピーク強度特性、残留強度特性は排水条件（排水または非排水）によって大きく異なり、特に排水状態においては拘束圧の大きさの影響を強く受けることを示してきた。<sup>1a)</sup>したがって、一軸圧縮試験は、必ずしも原位置の状態をよくシミュレートしている試験ではない。この点を特に明確にするために行った実験の結果について今回報告する。

## 2. 残留強度特性から見た一軸試験の評価

これまでに、セメント改良土の場合、わずかの値でも有効拘束圧があると、ある程度の残留強度が発揮されるが、一軸試験では残留強度が全くなくなることを述べた。この2つの異なる現象の関係を明らかにするため、 $a_w = 20\%$ で45日から50日間、大気圧下で水中養生した供試体で次のような比較実験を、境界条件、ひずみ速度など他の条件は全て同じにして実施した。三軸試験の場合で、背圧  $\sigma_{BP}$  を  $2 \text{ kgf/cm}^2$  加えたのは実際の場合で例えば、水深  $20 \text{ m}$  の海底下にあるセメント改良土の地盤を想定すると、静水圧は  $2 \text{ kgf/cm}^2$  以上あることになるので、このようなケースをシミュレーションするためである。図 27 に示すこの実験結果から次のことが読みとれる。

(1) 一軸試験の強度特性は、 $\sigma'_c = 0$  の三軸排水試験の場合と同等である。A の供試体での  $\sigma'_c = 0$  の排水試験で若干残留強度があるのは、供試体を包んでいるゴムの張力のためであり、例えば、 $\epsilon_a = 6\%$  でゴムの張力による  $\sigma'_c$  の値は、 $0.013 \text{ kgf/cm}^2$  となる。このような小さな  $\sigma'_c$  でもゼロでない残留強度は発揮される。

(2) 三軸非排水試験では、 $\sigma'_c = 0$  でも、十分大きな残留強度が発揮されて、一軸試験とは全く異なる挙動を

供試体	せん断試験	側圧 $\sigma_c$ ( $\text{kgf/cm}^2$ )	背圧 $\sigma_{BP}$ ( $\text{kgf/cm}^2$ )	圧密有効応力 $\sigma'_c$ ( $\text{kgf/cm}^2$ )
A	三軸排水	2	2	0
B	三軸排水	2.2	2	0.2
C	三軸非排水	2	2	0
D	三軸非排水	2.2	2	0.2
E	一軸試験	0	0	0

\* いわゆる UU (非圧密非排水) 試験に相当する。

示す。これは、図 27(b) に示すように、ピーク強度以降、正のダイレイタンス傾向のため有効拘束圧  $\sigma'_r$  が正になるためである。

すなわち、一軸試験によるセメント改良土の挙動は、大気圧中（無拘束圧）での排水条件における挙動を示していると考えるべきであり、無拘束圧および排水条件という2つの条件のうち、どちらかの条件を満足していない状態での挙動を示していない。したがって、一軸試験がセメント改良土の地盤のように拘束圧がある場合や、短期安定問題での非排水条件である場合の挙動を再現していると考えるのは適切ではない。

## 3. 破壊モードと強度特性

次に、上記のような拘束圧、排水条件の影響をセメント改良土の破壊のモードの点から見てみよう。まず、一軸試験の場合は、どの場合もピーク強度に達した後に鉛直方向に引張りクラックが生じ非常に脆性的な破壊をした(写真1)。  $\sigma'_c = 0.2 \text{ kgf/cm}^2$  の排水試験の場合(供試体B)でも、同様に縦にクラックが生じていた(写真2)。このように、ピーク強度以降で大きなひずみが発生しているときに、有効拘束圧が小さいときは、縦の引張りクラックが生じ、残留強度が小さいか、全くなくなる。一方、三軸排水試験で有効拘束圧が高くなると、水平面と約  $60^\circ$  をなす方向に明確なすべり線を発生する。いわゆ

\* 日本道路公団

\*\* 東京大学生産技術研究所 第5部

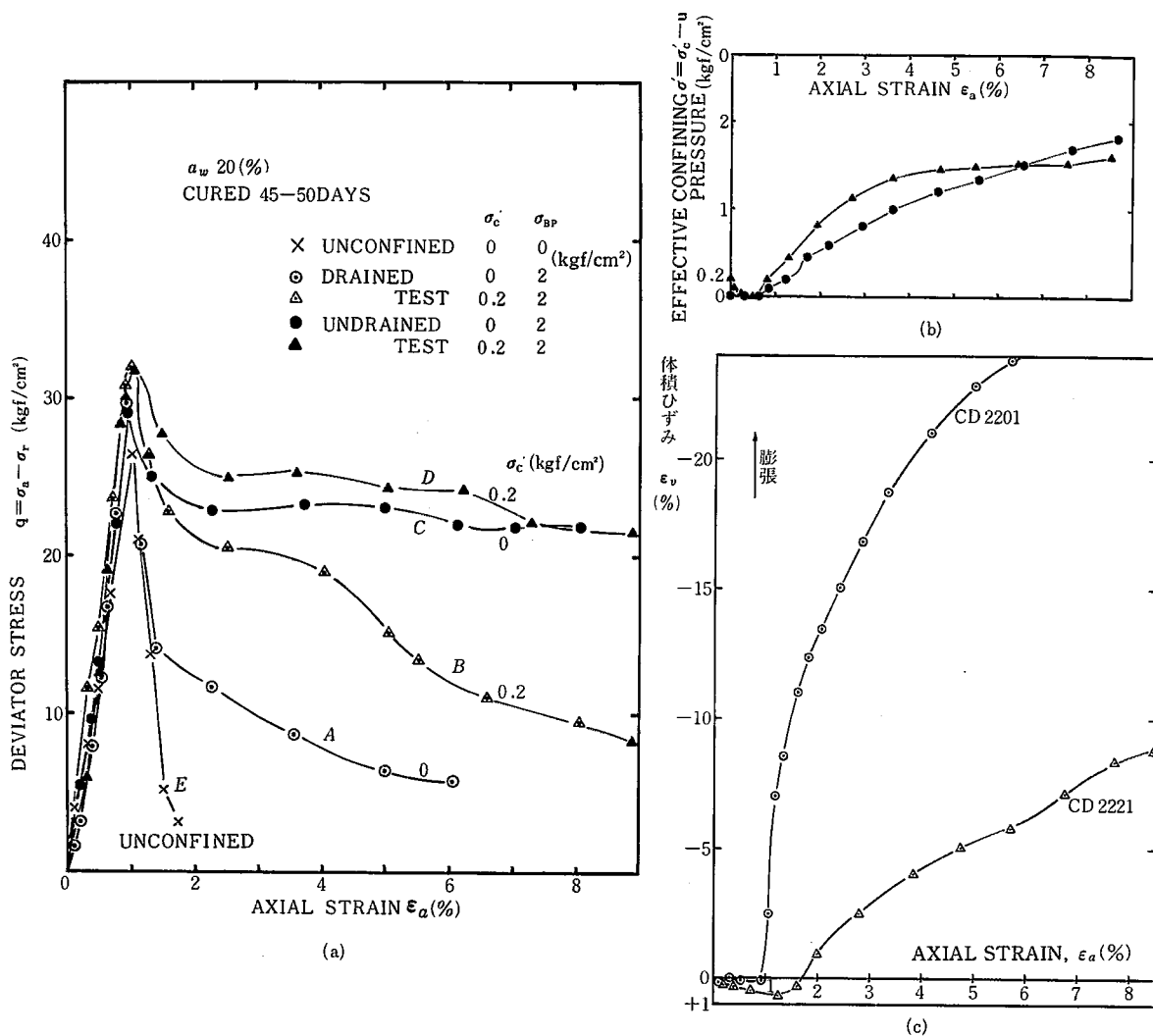
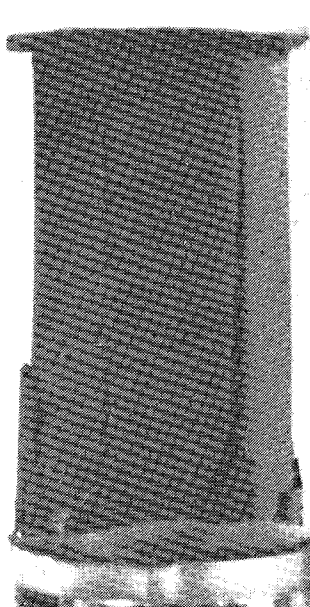
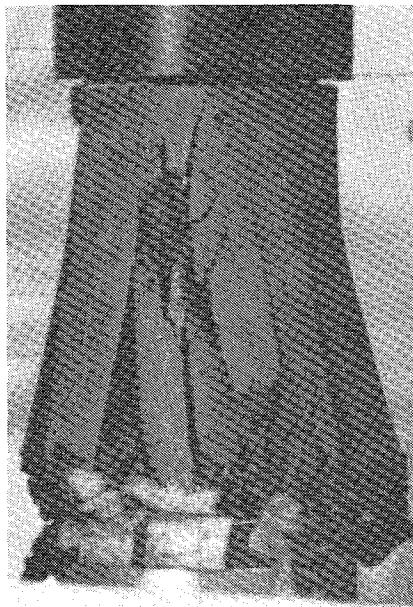
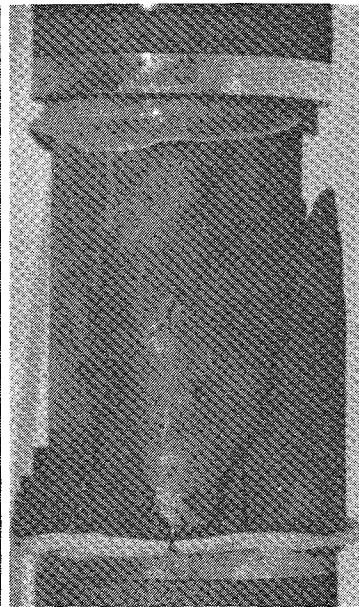
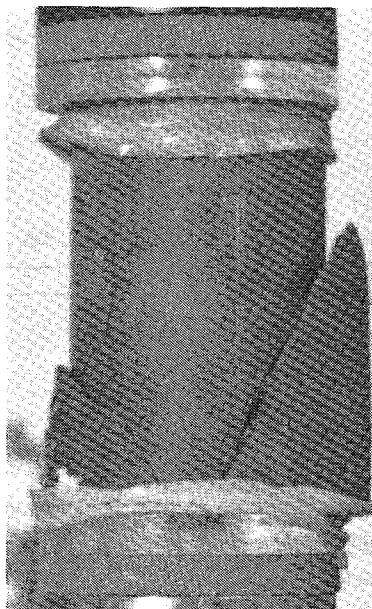


図27 残留強度特性から見た一軸試験の評価のための比較実験結果

るせん断破壊モードとなった(写真3, 4)。いずれの排水試験でも、このような明確なすべり線が発生したときはピーク強度以降の強度減少は比較的小さく、大きな残留強度を発揮した。三軸非排水試験の場合は、せん断中に有効拘束圧が変化するため、破壊モードはやや複雑になる。例えば、供試体Cの場合での破壊モードを写真5に示す。この場合ピーク強度付近で、 $\sigma'_r = 0$ のときにまず端面近くに縦の小さな引張りクラックが発生しはじめる。このため、正のダイレイタンス傾向が生じはじめる。 $\sigma'_r$ が増加し、そのため、すべり線を伴ったせん断破壊に移行した。それに伴って、残留強度は十分に発揮されてきた。このような現象はいずれの非排水試験でも観察された(写真6)。

#### 4. 結 語

以上要するに、セメント改良土の場合、引張りクラック破壊が生ずる時は有効拘束圧はゼロか、非常に小さいときであり、残留強度もゼロか非常に小さいが、せん断破壊が生ずる時は有効拘束圧はある程度大きく、残留強度もある程度ある。後に示すように、この残留強度時に発揮されている摩擦角は  $a_w$  が大きいほど大きく、 $a_w = 8\%$  のときでも正規圧密粘土のピーク強度=残留強度のときの摩擦角よりも大きいことから、せん断破壊時のせん断面の状態は粘土でのせん断面の状態とは異なっており、残留強度時においても完全に改良効果が失われてしまっていることはないと考えられる。

写真1 一軸試験 ( $a_w=20\%$ )写真2 三軸排水試験 ( $a_w=20\%$ ,  $\sigma'_c=0.2 \text{ kgf/cm}^2$ )写真3 三軸排水試験 ( $a_w=20\%$ ,  $\sigma'_c=2 \text{ kgf/cm}^2$ )写真4 三軸排水試験 ( $a_w=20\%$ ,  $\sigma'_c=7 \text{ kgf/cm}^2$ )写真5 三軸非排水試験 ( $a_w=20\%$ ,  $\sigma'_c=0.0 \text{ kgf/cm}^2$ )写真6 三軸非排水試験 ( $a_w=20\%$ ,  $\sigma'_c=4 \text{ kgf/cm}^2$ )

## 参 考 文 献

- 16) 小林 晃・龍岡 文夫 (1982), \*セメント混合により改

良した飽和軟弱粘性土の強度変形特性 I~IV, "生産研究  
Vol. 34 No. 7~No. 9