

低配合セメント改良砂質土の強度特性に関する研究

中部電力(株) 正会員 ○本田 章人  
 北海道大学工学部 同上 澁谷 啓  
 同上 同上 三田地利之  
 北海道大学大学院 学生員 小澤 裕

1. はじめに

近年、地盤改良への関心が高まっている。地盤改良工法には各種あるが、砂質地盤にセメントなどの安定剤を添付あるいは混合して、液状化抵抗・支持力の増加、および土圧軽減をする各種工法が提案されている。ところが、固結工法の改良原理、特に砂質改良土のうち、比較的低強度のセメント改良土の力学特性については、未知な部分が多い。本研究はゆるい砂地盤の液状化対策工法として用いられている深層混合処理工法や、埋め立て土砂にあらかじめセメントを数%添加・混合する事前混合処理工法などを対象に、セメント混合砂質土試料を室内で作成し、一連の一軸および三軸圧縮試験を行い、その力学特性を検討したものである。

2. 実験方法

試料; 試料は、気乾状態の豊浦砂 ( $\rho_s = 2.66\text{g/cm}^3$ )、安定材として普通ポルトランドセメント、さらに、配合試料の分離を防ぐため混和材としてベントナイトを配合したものである。試料の配合比は、豊浦砂(間隙比を0.8と仮定)の間隙を混濁水で飽和したときの含水比30.3%を考慮して決定した。本実験に用いた試料の質量配合比を表1に示す。

表-1 試料の室内配合比および供試体密度 単位: (%)

| 豊浦砂  | セメント | ベントナイト | 水    | 密度 ( $\text{g/cm}^3$ ) |
|------|------|--------|------|------------------------|
| 71.4 | 2.0  | 5.0    | 21.0 | 1.85                   |
| 69.8 | 4.0  | 5.0    | 21.2 | 1.91                   |
| 68.3 | 6.0  | 5.0    | 20.7 | 1.89                   |

試料の打ち込み方法<sup>1)</sup>; 供試体作成には、内径51mm、高さ150mmの塩化ビニール管を使用し、脱型をスムーズに行えるようにするため、内壁にグリースを塗布したのち、高分子シートを巻いた。試料の打ち込みは、モールドに5層に分けて打ち込んだ。また、締固めを行う際に、小型バイブレーターを長時間当てすぎると、材料の分離が起こることが報告されている<sup>2)</sup>ので、締固め時間は各層ごとに30秒間とし、モールド外側から当てて供試体内の空気を追い出すことにした。

試料の養生方法<sup>1)</sup>; 養生は、試料の入ったモールドごと等含水比条件でおこなう方法と、打ち込み後に脱型を行った後、密封材で被覆し、引き続き等含水比養生を行う方法の2通りを採用した。

3. 実験結果および考察

①一軸圧縮試験結果

図1および図2に一軸圧縮試験結果(ひずみ速度:1%/min、一定)を示す。図1より、セメント添加率が増加するほど、また材令が大きいほど一軸圧縮強さ  $q_u$  は増加することが分かる。図2に供試体の  $q_u \sim E_{50}$  関係を示す。これより一軸圧縮強さ  $q_u$  が増加するほど、 $E_{50}$  も増加することが分かる

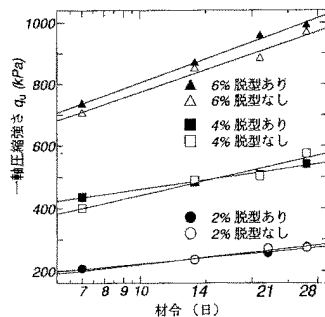


図-1 一軸圧縮強さに及ぼす材令の影響

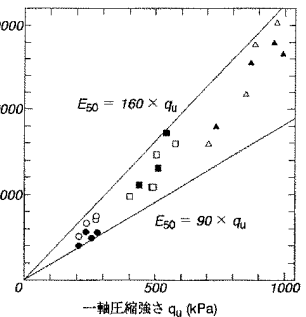


図-2  $q_u \sim E_{50}$  関係のまとめ

②三軸圧縮試験結果

セメント混合砂質土の破壊における拘束圧の影響を調べるために、三軸圧縮試験(CD試験)を行った。ひずみ速度は、0.02%/min.(一定)とした。図3に、等方圧密中の供試体の間隙比  $e$  の変化を示す。セメント添加率2、4%の供試体では、ある拘束圧で  $e$  が急激に減少していることが分かる。これに相当する応

力は、セメント添加率2%で100~150kPa、セメント添加率4%で150~300kPaの範囲である。セメント添加率6%の供試体では、間隙比はわずかに減少しているだけである。

図4に、軸差応力と軸ひずみの関係を示す。これより、セメント混合砂質土は、拘束圧が大きくなるほど、ピーク時の軸差応力および軸ひずみも大きくなること分かる。また、セメント添加率が増すほど、高い強度および高剛性を示し、ピーク時の軸ひずみは逆に小さくなること分かる。また、ピーク発生後の残留応力は、セメント添加率に関係なく、有効拘束圧に依存している。

図5に、せん断時の体積ひずみの変化を示す。改良供試体では、圧密圧力が大きくなるほど体積変化が膨張から圧縮傾向へと移行している。これは、改良供試体のセメント骨格が圧密圧力の増加とともに徐々に壊れているためと考えられる。

図6に、拘束圧と、粘着力をゼロと仮定したときのせん断抵抗角 $\phi_a$ の関係について示す。これより、拘束圧の増加とともに $\phi_a$ は低下していき、次第に豊浦砂の $\phi_a$ に近づいていることが分かる。これは、拘束圧の増加に伴ってセメンテーションが壊れてc- $\phi$ 材料から $\phi$ 材料に移行していくことを示している。

#### 4. まとめ

##### 一軸圧縮試験

- 一軸圧縮強さ $q_u$ は、材令7~28日の範囲では材令の1 log サイクルの増加に対して、セメント添加率2%のとき101%、4%のとき93%、6%のとき119%程度、三軸圧縮強さ $C_u (= \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2})$ についてはセメント添加率4%のとき20%程度それぞれ増加する。
- $E_{50} = 90 \sim 160 q_u$ の範囲にある。
- 供試体脱型の有無が一軸圧縮強さ $q_u$ に及ぼす影響は小さい。

##### 三軸圧縮試験

- 破壊時の軸差応力および軸ひずみは、拘束圧に比例して大きくなる。
- セメント改良土の $\epsilon_a \sim \epsilon_v$ 関係は、拘束圧の増加に伴い、膨張傾向から圧縮傾向へと移行する。
- 真の粘着力を有する地盤材料の変形・強度特性を、一軸圧縮試験から調べることは不十分である。なぜなら、拘束圧依存性が顕著であるからである。

参考文献； 1)本田ら：セメント混合砂質土の室内試験 -供試体作成法の検討-，土質工学会第29回土質工学研究発表会，pp. 2261~2262, 1994. 2)龍岡ら：プレミックス改良土の変形・強度特性に関する研究報告書，pp. 1~22, 1988.

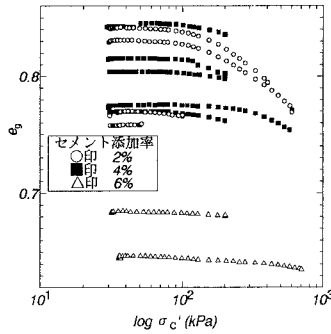


図-3. 圧密中の間隙比と拘束圧との関係

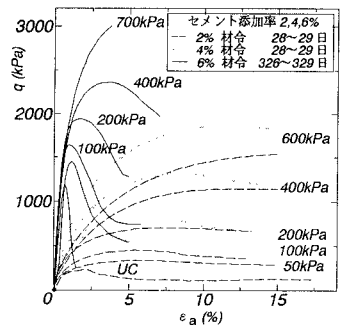


図-4. 応力～ひずみ関係

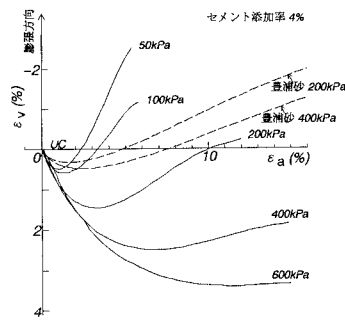


図-5. 軸ひずみと体積ひずみの関係

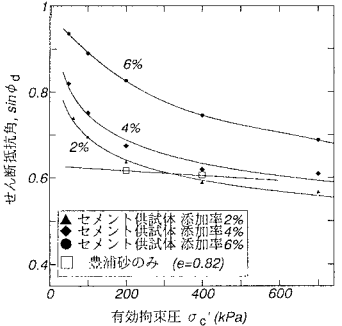


図-6. 拘束圧の増加に伴うせん断抵抗角の変化