

Ⅲ-769

深層混合攪拌工法の一軸圧縮強度予測

ラト工業(株) 正会員 ○小保方 聡
有賀 度
川村 正勝

1、はじめに

当報告は深層混合攪拌工法における粉体噴射攪拌工法を対象として、その一軸圧縮強度 q_u が同一施工条件下（施工機械、土質状態等の施工上の要因）では、その工法の固化材量（当報告では普通セメントを対象とした。）が改良体の単位体積当たりに攪拌される量に比例して強度が増加する。また、その一軸強度は材令（施工後の養生日数）の増進に伴って同様に増加する。このときの強度増加傾向は一定の規則性を有し、同一の固化材量の場合ひとつの対数式により表される。さらに、均等な固化材量の変化に対して同様な規則性をもって一軸圧縮強度が変化することも認められた。

すなわち、施工位置の土質状況および設計固化材量等の施工諸条件が明確であれば、粉体噴射攪拌工法における改良体の早期段階（3日以内）の原位置調査で28日後の一軸強度は求められると考えて、その一軸圧縮強度 q_u を考察した。

2、粉体噴射攪拌工法の原理

粉体噴射攪拌工法は、圧縮空気搬送による固化材（当報告の場合はセメントによる）の粉流体を改良対象地盤中に連続供給し、施工機の攪拌翼により土中に強制攪拌する工法で、改良材がスラリー等の液体ではなく粉粒体であることが大きな特徴である。このため、地盤の改良においては対象土中の含水比による水和反応の効果を期待し、軟弱土の固結を行う。

このことから粉体噴射攪拌工法における一軸圧縮強度の発現傾向においては「土質（粒土状況）」「含水比」「固化材量（ここではセメント量とする）」の3つが主要な因子として作用するものと考えて、この内2因子を一定として、固化材量にあたるセメント量を変化させ、その一軸圧縮強度 q_u の強度傾向を求めた。このとき、この試料はセメント量に比例し、一軸圧縮強度は次式に従って増加傾向を示した。
『 $q_u = S \cdot \ln(D) + T$ 』

3、一軸圧縮強度の推定

3.1 粉体噴射攪拌工法の一軸圧縮強度曲線

粉体噴射攪拌工法における強度発現因子は「土質（粒土状況）」「含水比」「セメント量」が主因子と考え、土質因子については粒土分布・構成成分等を考慮し、また、その再現性と標準性も考え『木節粘土』（施工対象土が軟弱地盤であることから）を用いた。当初、含水比については対象土の液性限界値としたが、木節粘土の粘性がセメント添加中に増加し、試料のモルタル充填時に層が形成され易くなり、これは試料が大型化するほ

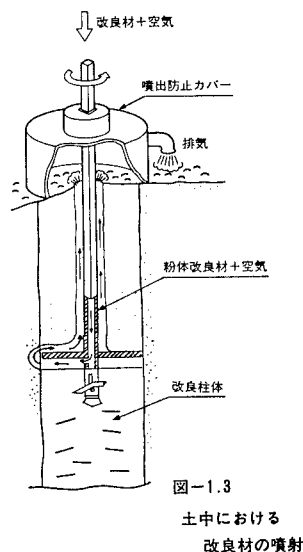


図-1.3

土中における
改良材の噴射

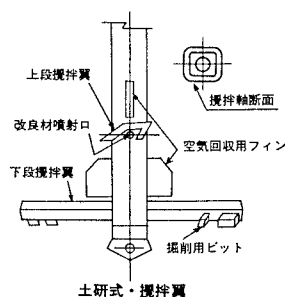


図-1 施工機構の原理

ど顕著であった。よって、含水比（ここでは粘土と水の混練り率）を64.9%まで増加させ、モルへ流し込む状態で試料を作製した。このときの試料の大きさは $\phi 50 \times 100\text{mm}$ として小型の試験モデルではあるがこの試料により求めた。

試料の配合は土質（粒土状況）、含水比を一定として、セメント量を m^3 当り25kg～250kg（25kgごとに増量）まで10段階に変化させ、その強度変化を材令1,2,3,7,14,28日で試験し調査した。この結果、右図の強度対数グラフが得られた。

3.2 一軸圧縮強度 q_u の推定式

ここで、セメント量変化に伴う各々の対数方程式は次に示すものとなる。

- ① $q_u(25\text{kg}) = 0.0993 \times \ln(D) + 0.15$
- ② $q_u(50\text{kg}) = 0.6679 \times \ln(D) + 0.11$
- ③ $q_u(75\text{kg}) = 0.4925 \times \ln(D) + 0.36$
- ④ $q_u(100\text{kg}) = 1.2021 \times \ln(D) + 0.48$
- ⑤ $q_u(125\text{kg}) = 1.3171 \times \ln(D) + 0.76$
- ⑥ $q_u(150\text{kg}) = 2.6017 \times \ln(D) + 0.91$
- ⑦ $q_u(175\text{kg}) = 2.6848 \times \ln(D) + 1.71$
- ⑧ $q_u(200\text{kg}) = 4.7180 \times \ln(D) + 1.04$
- ⑨ $q_u(225\text{kg}) = 4.1490 \times \ln(D) + 2.67$
- ⑩ $q_u(250\text{kg}) = 6.5763 \times \ln(D) + 2.89$

以上の各セメント量別の q_u 推定式から、セメント量を未知数とする一軸圧縮強度 q_u を求める推定式は以下のように係数列0.0993～6.5763と切片列0.15～2.89を、それぞれセメント量 C の関数であるとして最小二乗法により近似式を求めた。

$$q_u = S_i \cdot \ln(D) + T_i \quad \dots (1)$$

として、 $S_i = o \cdot C^2 + p \cdot C + r$, $T_i = u \cdot C^2 + v \cdot C + w$ から

$$q_u = (o \cdot C^2 + p \cdot C + r) \cdot \ln(D) + u \cdot C^2 + v \cdot C + w \quad \dots (2)$$

このとき、 o, p, r, u, v, w を最小二乗法により求めると次の値の場合がもっとも近似であった。

$$o = 0.000104 \quad u = 0.000055$$

$$p = -0.002016 \quad v = -0.003172 \quad \rightarrow \quad S = 0.000104 \cdot C^2 - 0.002016 \cdot C + 0.228511 \quad \dots (3)$$

$$r = 0.228511 \quad w = 0.209837 \quad T = 0.000055 \cdot C^2 - 0.003172 \cdot C + 0.209837 \quad \dots (4)$$

$$q_u = (0.000104 \cdot C^2 - 0.002016 \cdot C + 0.228511) \cdot \ln(D) + 0.000055 \cdot C^2 - 0.003172 \cdot C + 0.209837 \quad \dots (5)$$

となる。

4. あとがき

以上のことから、現段階における一軸圧縮試験結果より導かれる推定式は上記のように示されるが、このときの設定条件中の「土質」に関しては「木節粘土」という要素についての推定近似式であるため、先の仮定における「土質（粒土状況）」の変化を含む推定式を求めることが次の課題と考え、現在は粒径過積曲線における「傾き」「粒土分布」その他の変化による一軸圧縮強度 q_u の試験を計画中である。

表-1 試料配合

セメント(g)	木節粘土(g)	水 (ml)
25	975	633
50		
75		
250		

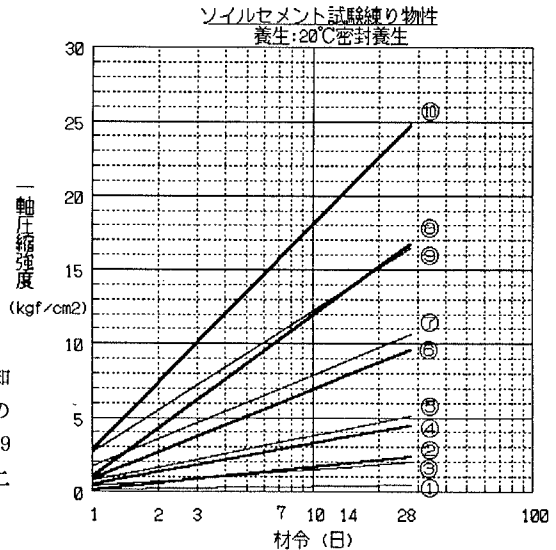


図-2 一軸圧縮強度 q_u ～材令の関係