

東海大学工学部 正会員 稲田 信徳 赤石 勝
東海大学大学院 学生員 張 惠文 竹田 敏彦

1. まえがき

軟弱地盤上に構造物を築造する際、地盤が軟弱なために著しく沈下し、場合によって不同沈下や許容沈下量の超過などの障害が生ずる。近年、セメント表層処理技術を深層にまで応用し、新しく深層混合処理工法が開発されている。本研究では、セメントの混合により処理された軟弱土の圧密特性について実験を行ない検討を加えた。

2. 実験方法

試料としては相粘土 ($LL=103.0\%$, $PL=50.0\%$, $G_s=2.61$, $Lig=8.7\%$) およびビート ($Lig=20.6\%$) を使用した。それぞれの試料を液性限界以上の高含水比で練返し、標準圧密試験機に詰め、 0.1 kg/cm^2 の圧力で4日間予圧密する。予圧密した試料にセメントミルク (水:セメント=1:2, 重量比) を加え、所定の重量混合率 R (セメントミルク/試料) で十分混合した後、再び圧密試験機に詰め、7日間水中養生した。この方法で作成した供試体を用いて一連の標準圧密試験を行なった。

3. 実験結果の整理

軟弱土はセメントで処理されると、過圧密土に近い土性を示す。その圧密時間～沈下曲線を曲線定規法で整理することはきわめて困難であるが、沈下量 $d-d_0$ (d : 実験の測定値 ($\frac{1}{100}\text{ mm}$), d_0 : 初期補正) と時間 t (min) をそれぞれ図-1(a) のようにプロットすると、混合率 R が変化しても $(d-d_0) \sim t$ は両対数紙上で近似的に二本の直線で示されるので、その一次圧密

部分の圧密速度を次式で定義した。

$$\alpha = \Delta \log(d-d_0) / \Delta \log t \quad (1)$$

ところが、二次圧密の変化量は一次圧密のそれよりかなり小さく、図-1(a) の $\log \cdot \log$ 法で整理した結果は明らかな傾向を示さないため、ここでは図-1(b) に示す $\log t$ 法を用い、次式に定義された二次圧密速度 β を整理する。

$$\beta = \Delta \log d / \Delta \log t \quad (2)$$

4. 実験結果および考察

4.1 一次圧密速度 α 前述した一次圧密速度の定義に従って実験データを整理し、混合率 R をファクターとしての一次圧密速度 α と圧密圧力 P の関係は図-2に示される。図からわかるように、相粘土 ($R=0$) の一次圧密速度 α は Terzaghi の圧密理論通り、0.5の値を示している。ところが、セメントを混合すると、小さい圧密圧力の範囲において、混合率が大きいほど α の値がだんだんと小さくなる。圧密圧力 P が増加するにつれて、 α は 0.5 に近づいていく傾向を示している。

また、ビートの $R \sim \alpha \sim P$ 関係も図-2に併記されている。無処理のビートの α は 0.5 より少々大きい値を示しているが、セメントの混合によっても α の値はあまり減少しない傾向が見られる。このことより、セメントはビート試料にはあまり処理効果がないことが明らかである。

この α の値が 0.5 からはずれることはセメントの混合による土粒子間の固結力の増加を示し、0.5 に近づいていくのは高い圧密圧力によって土粒子間のセメント化合物が破壊し、粒子間の固結力を失って混合土の特性が逐次通常の土に戻ることを示していると思われる。

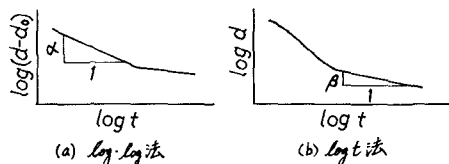


図-1 一次、二次圧密速度の定義

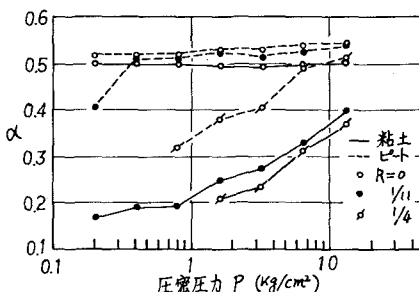


図-2 $\alpha \sim \log P$ 関係

4.2 二次圧密速度 β 図-3は $\log$ 法で整理した二次圧密速度 β 、圧密圧力 P と混合率 R の関係を示したものである。相粘土の二次圧密速度は大きい値を示すが、セメントの混合によってそれらの値を逐次低下していく。混合率の高い場合、低い圧密圧力において二次圧密速度はほぼ0の値を示し、圧密圧力が大きくなると、二次圧密速度は少しずつ増加する。このことより、セメントの混合処理は土の二次圧密速度を低減するにはかなり効果があることが知られた。ビートの場合でももちろんこの効果がある程度期待できるが、相粘土の場合に比べ、改良効果がきわめて小さいことがわかった。

4.3 体積圧縮係数 m_v 無処理の相粘土およびビートの混合土の体積圧縮係数 m_v を平均圧密圧力 $\bar{P}$ に対してプロットしたのが図-4である。相粘土($R=0$)の $\log m_v \sim \log \bar{P}$ 曲線は図-4中の太実線で示され、平均圧密圧力 $\bar{P}=0.2 \text{ kg/cm}^2$ 付近に変曲点が表示され、それ以上の範囲ではほぼ直線となっている。セメントを混合した $\log m_v \sim \log \bar{P}$ 曲線では混合率 R が大きくなるほど変曲点を示す荷重が大きくなり、 $R=0$ の曲線とのずれが大きくなる。ビートの混合土の場合、 $\log m_v \sim \log \bar{P}$ 曲線の変曲点の変化があまり大きくないが、相粘土と同じ傾向が見られる。セメントの混合による改良効果は4.1に述べたのと同じ現象と思われる。

4.4 圧密沈下低減効果 セメントの混合による粘性土やビート地盤の沈下低減効果を示すため、沈下低減率 R_s はつぎのように定義される。

$$R_s = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100 \quad (\%) \quad (3)$$

ここで、 S_0 は無処理土の沈下量、 S は混合土の沈下量である。この定義はもとづき実験データを整理し、得られた結果を混合率 R に対してプロットすると、図-5のようになる。

図-5に見るような、相粘土の混合土は混合率 R が低い場合、その沈下低減効果は低い圧密圧力に対して期待できるが、圧密圧力が大きくなるとその効果が低下する。混合率 R がある値(たとえば $R=1/32$)以上になると沈下低減効果がいずれの値の P に対してもほぼ直線的に増加し、混合率 $R=1/9$ 以上になると、沈下低減効果が100%に近い。

図-5の破線に示されているビートの $R_s \sim R$ 関係は相粘土の混合土のそれと似ているが、ビートに対してセメントの処理効果が粘土の場合よりかなり小さい。この混合処理効果の低下は、土中に大量に含まれる有機質がセメントの硬化を遅れたり妨げたりしたか、ビートの骨格構造が圧密圧力によってセメント化合物より先につぶされたかによるとと思われる。また、ビートの高含水比も改良効果の低下の原因になるであろう。

5. まとめ

一連の実験よりセメントの混合処理効果は土の性質によりかなり異なるが、粘土やビートのセメント混合土はいずれも混合率や圧密圧力によって改良効果が著しく変化することがわかった。混合率の増加によって混合土の固結力が増大するが、圧密圧力の増加によって改良効果が低下する。したがって、セメントで軟弱土を改良するとき、目的に応じて、セメントの混合率と載荷重の大きさを考慮して設計すべきと思われる。最後に、本試験を進めるにあたっては、当研究室の何宗勲、両場信一郎両君に多大の協力を得たことを記して感謝する。

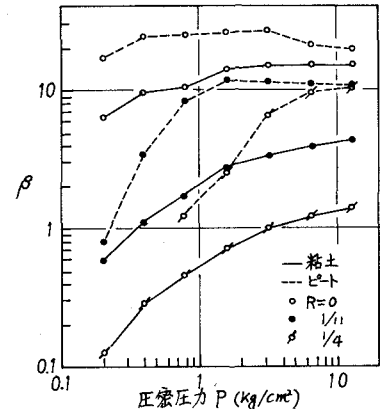


図-3 $\beta \sim \log P$ 関係

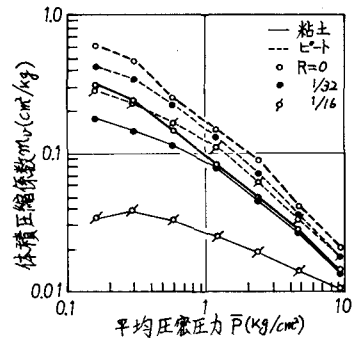


図-4 $\bar{P} \sim m_v$ 関係

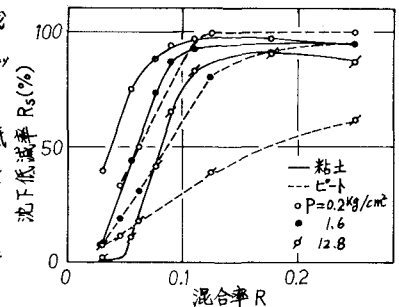


図-5 圧密沈下低減効果