

## III-18

## セメント系改良土の耐久性に関する基礎的実験(1)

福岡大学 正 吉田 信夫  
○福岡大学 正 井久 保均  
福岡大学 学 曾川 真吾

福岡大学 学 西小 野孝  
福岡大学 学 角森 清生  
福岡大学 学 中川 英一

1. まえがき 物理的な軟弱地盤改良工法のかんりの点はすでに解明されている。一方、化学的セメント系安定処理工法の調査・設計・施工については未解決の点が多い。特に長期間にわたる耐久性は、全く不明である。そこで、本論ではセメント系安定処理した土の正規養生と凍結融解養生との養生条件の相違による挙動を調べて、耐久性への基礎実験の資料とするものである。

2. 試料 実験に用いた試料は有明粘土、セメントは普通ポルトランドセメントである。セメントは試料の単位体積質量の20%、水W/セメントCを2のスラリーとして添加した。有明粘土の土質定数を表-1に示す。

3. 実験方法 締固めを伴わない安定処理土の試験方法に基づいた。

セメント添加前の初期含水比を150%、200%に調整し、所定のセメント量と水を加えミキサー内で約3分攪拌後、内径5cm、高さ10cmのモールドに填充した。供試体は正規養生15本、凍結融解15本の

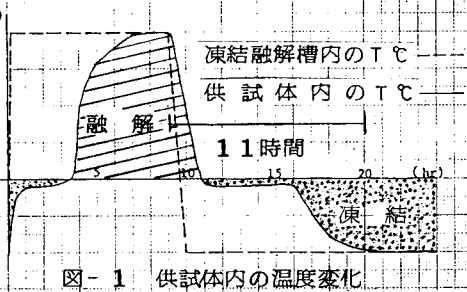


図-1 供試体内の温度変化

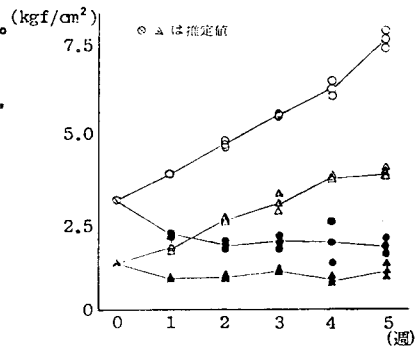
計30本作成した。ただちに両者とも湿潤養生箱(20°C±3°C、湿度95%以上)で7日間養生した後、正規養生の供試体はそのまま養生を継続し、凍結融解の供試体は凍結融解槽に移し、-10°Cで15時間凍結、+20°Cで9時間融解させ、これを1サイクルとして繰返した。凍結温度を-10°Cとした理由は、一般にコンクリートの水和作用が-3°C~-10°Cで止まると考えられるからである。この時の供試体内の温度の動きを温度センサーで押えたのが図-1である。一軸圧縮試験は7日養生後、7サイクルごとに、正規養生、凍結融解各3本ずつを取りだし $q_u$ 、 $\bar{q}_u$ 、 $w$ 、 $\gamma_t$ 、 $\nabla$ を測定した。

4. 実験結果 物理的な動きとして、凍結融解の体積膨脹率(凍結融解 $\nabla$ -正規養生 $\nabla$ )/正規養生 $\nabla$ は、低含水比で約3~7%、高含水比で3~11%の膨脹がある。また、凍結融解の湿潤密度も低含水比で約3~7%、高含水比で3~9%の低下がある。力学的な動きとして $q_u$ 、 $\varepsilon_f$ (ひずみ量)、 $E_{50}$ (変形係数)を、正規養生、凍結融解の供試体の7、14、21、28、35サイクルごとに図-2、3、4に示す。まず、図-2から、正規養生の $q_u$ は、凍結融解の $\bar{q}_u$ より明らかに大きい。正規養生の供試体は養生日数につれ強度が増加する。凍結融解の $\bar{q}_u$ は、正規養生の $q_u$ に比べて最初の7サイクルまでに高含水比では32%、低含水比では31%低下し、以降35サイクルまでそのままである。ここで、含水比30%の相違により、低含水比の $q_u$ 、 $\bar{q}_u$ は、両養生とも高含水比の2倍の値である。ところで、Taylor, M. A. や、Broms, B. B.<sup>2)</sup>は、環境温度の相違がコンクリートの強度発現に影響を及ぼすとしており、これを数値化するために環境温度の関数 $f(\theta)$ とその温度下で経過した時間 $t$ を、

表-1 土質試験結果一覽表

| 試験入手年月                                | 56年10月 |
|---------------------------------------|--------|
| レキ分(2000 $\mu$ 以上)                    | 0      |
| 砂分(75~2000 $\mu$ )                    | 0.11   |
| シルト分(5~75 $\mu$ )                     | 40.1   |
| 粘土分(5 $\mu$ 以下)                       | 59.9   |
| 最大粒径                                  | 0.074  |
| 液性指数 $U_c$                            |        |
| 塑性指数 $U_s$                            |        |
| 液性限界 $w_L$                            | 116.6  |
| 塑性限界 $w_p$                            | 46.8   |
| 塑性指数 $I_p$                            | 69.8   |
| 土粒子の比重 $G_s$                          | 2.66   |
| 含水比 $w$                               | 119.3  |
| 湿潤単位体積質量 $\gamma_t$ g/cm <sup>3</sup> | 1.40   |
| 干単位体積質量 $\gamma_d$ g/cm <sup>3</sup>  | 3.15   |
| 孔隙率 $e$                               | 100    |
| 密度 $\rho$ g/cm <sup>3</sup>           | 6.66   |
| 凍結融解係数                                | 9.12   |
| pH                                    | 6.34   |

サンプル名 有明粘土 セメント20%  
セメント添加後 ミキサー内の 養生状態  
含水比 W/C  
164.1% 5.04 { ○ 正規養生  
● 凍結養生  
□ 正規養生  
■ 凍結養生  
195.9% 5.37 {



養生日数7日 ×7サイクル  
図-2  $q_u$ -7サイクル曲線

$M = \int_0^t f(\theta) dt$  で表わし積算温度とした。本実験で正規養生と凍結融解との積算温度との比は、図-1 から供試体内部の温度が  $0^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$  になる時間を面積で換算すると、4.4:1である。7サイクル、35サイクルの両養生における  $q_u$  の値を比較すると、低含水比の、7サイクル正規養生の  $q_u$  と、凍結融解の  $\bar{q}_u$  の比は約 1.8:1 であり、35サイクルでは約 4.3:1 になる。高含水比の、7サイクルの正規養生  $q_u$  と、凍結融解の  $\bar{q}_u$  の比は約 2:1 であり、35サイクルでは約 3.5:1 になる。つまり時間の経過とともに正規養生の  $q_u$  と凍結融解の  $\bar{q}_u$  の比は 4.4:1 に近づきつつあるといえる。

つぎに、図-3 から正規養生した供試体の  $\varepsilon_f$  は、含水比 30% の違いで約 2 倍に増加しているサイクルもある。低含水比の  $\varepsilon_f$  は高含水比に比べ、養生の違いによる差が小さい。

正規養生の  $E_{50}$  は図-4 より、凍結融解作用に比べ大きい。また、両養生とも  $E_{50}$  は、低含水比の方が大きい。正規養生の  $E_{50}$  は、養生日数につれてわずかに増加している。凍結融解の  $E_{50}$  は、サイクル数増加による影響はあまり見られない。

図-5 は、サイクル数の増加による  $q_u$  の変化率の動きを示した。ここで変化率①は、凍結融解の  $\bar{q}_u$  / 正規養生の  $q_u$ 、変化率②は  $q_u$  /  $\bar{q}_u$  である。図-2 から正規養生の  $q_u$  は、養生日数につれて増加しており、凍結融解の  $\bar{q}_u$  は、サイクル数の増加による大きな変化は見られないので、 $\bar{q}_u / q_u$  はしだいに小さくなる。また、 $q_u / \bar{q}_u$  は逆に大きくなる。図-2 より含水比 30

% の差では、低含水比の方が  $q_u$  と  $\bar{q}_u$  は大きくなるが、 $\bar{q}_u / q_u$ 、 $q_u / \bar{q}_u$  との比は、含水比に無関係であることが得られた。5. まとめ 7日養生後、凍結融解した供試体においては  $q_u$  の増加はない。これは図-1 の凍結融解で  $0 \rightarrow 1$  サイクルで  $\bar{q}_u$  の低下、以後  $\bar{q}_u$  がそのまま増加しないこと及び、体積膨脹率も  $q_u$  と同様なパターンであることから推論すると、 $0 \rightarrow 1$  の強度低下は

体積の膨脹に起因すると考えられる。ここで体積膨脹率は低含水比で約 3~7%，高含水比で約 3~11% である。このため凍結融解の供試体については高含水比の  $\bar{q}_u$  が低い。変化率①、②は、含水比に無関係で一定である。

| サンプル名  | 有明粘土<br>セメント添加後<br>含水比 | セメント 20%<br>ミキサ内の<br>W/C | 養生状態         |
|--------|------------------------|--------------------------|--------------|
| 164.1% | 1%                     | 5.04                     | 正規養生<br>凍結養生 |
| 195.9% | 9%                     | 5.37                     | 正規養生<br>凍結養生 |

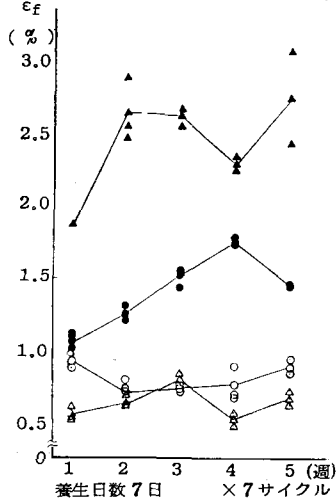


図-3  $\varepsilon_f$  - サイクル曲線

| サンプル名  | 有明粘土<br>セメント添加後<br>含水比 | セメント 20%<br>ミキサ内の<br>W/C | 養生状態         |
|--------|------------------------|--------------------------|--------------|
| 164.1% | 1%                     | 5.04                     | 正規養生<br>凍結養生 |
| 195.9% | 9%                     | 5.37                     | 正規養生<br>凍結養生 |

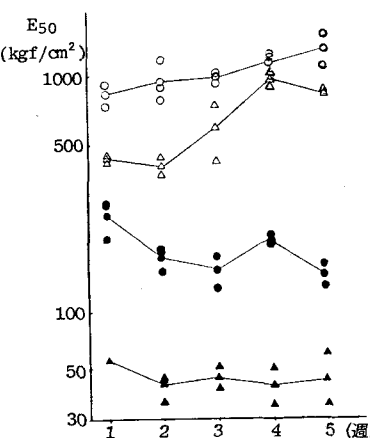


図-4  $E_{50}$  - サイクル曲線

| サンプル名  | 有明粘土<br>セメント添加後<br>含水比 | セメント 20%<br>ミキサ内の<br>W/C | 養生状態         |
|--------|------------------------|--------------------------|--------------|
| 164.1% | 1%                     | 5.04                     | 正規養生<br>凍結養生 |
| 195.9% | 9%                     | 5.37                     | 正規養生<br>凍結養生 |

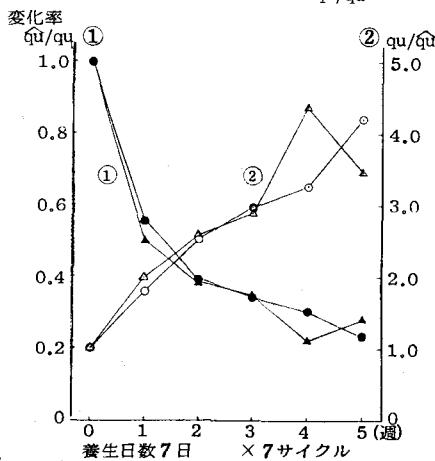


図-5  $q_u$  の変化率 - サイクル曲線