

## カルシウムの溶脱によるセメント改良砂の強度および変形係数の変化

群馬大学工学部 学生会員 ○山田 泰彰  
群馬大学大学院 学生会員 小野 正博  
群馬大学大学院 正会員 半井 健一郎

## 1. はじめに

近年、軟弱地盤に対しセメントなどを用いた固化処理による地盤改良は施工事例が増えているが、性能評価方法が確立されているとはいいがたい。セメント改良土の長期性能に関しては、ポズラン反応による長期的な強度増加が報告されている<sup>1)</sup>一方で、水と接触環境で使用される場合が多いために、セメント硬化体からのCa溶脱による強度低下を伴う劣化が経時的に進行することを指摘した報告もある<sup>2)</sup>。既往の研究では、強度試験として針貫入試験による検討の報告<sup>3)</sup>があるが、圧縮強度試験による検討は著者らの知る範囲では行なわれていない。

本研究では、セメント改良砂に対して定水位透水試験による溶脱促進試験を行ない、一軸圧縮試験で圧縮強度および変形係数を求め、Ca溶脱挙動と圧縮強度および変形係数の低下の関係を検討した。

## 2. 実験概要

## 2. 1 供試体作製

供試体は、豊浦砂、普通ポルトランドセメント、水を攪拌混合して作製したセメント改良砂とした。セメント添加率を8%、水セメント比を100%、空隙率を $29 \pm 1\%$ とした。ここで、セメント添加率は砂に対するセメントの質量比、空隙率は供試体全体の体積のうち空気が占める割合を表したものとする。供試体寸法は、一軸圧縮試験用に $\phi 100 \times 200\text{mm}$ 、溶脱促進試験用に $\phi 100 \times 300\text{mm}$ の2種類とした。 $\phi 100 \times 300\text{mm}$ の供試体は、溶脱後の供試体端部は劣化が極端に大きくなるため、上下50mmを切断して強度試験を行なう。 $\phi 100 \times 200\text{mm}$ の供試体は3層に分けて各層25回、 $\phi 100 \times 300\text{mm}$ の供試体は5層に分けて各層23回、それぞれランマーを用いて突固めを行なった。供試体作製後は $20 \pm 3^\circ\text{C}$ の条件下で封緘養生を28日行なった。

## 2. 2 溶脱促進試験

動水勾配を1.18とした定水位透水試験を行うことで溶脱促進試験とした。溶脱促進試験前に、減圧給水により飽和処理を行なった。また、供試体は上部ほど変質が大きくなるので、溶脱促進試験中に一定期間毎に通水方向を反対にすることで、Ca溶脱による供試体内の残存Ca量の分布をできるだけ均一にした。流出溶液に対して流量測定とサンプリングを行なった。サンプリングした溶液に対して原子吸光分光光度計を用い、Ca濃度を測定した。測定により得られた流量とCa濃度からCa溶脱量を算出した。溶脱割合は供試体内の全Ca量のうち、溶脱促進試験により溶脱したCa量の割合を表したものとする。目標溶脱割合を25, 50, 75%と設定し、これを満たすよう透水期間を決定した。ここで、目標溶脱割合25, 50, 75%の供試体をそれぞれ供試体CS8-25, CS8-50, CS8-75とし、溶脱促進試験を行わない健全供試体をCS8-0とした。

## 2. 3 一軸圧縮試験

供試体の上下端面を石膏でキャッピングし、一軸圧縮試験を行なった。測定により得られた荷重とひずみから一軸圧縮強さと変形係数 $E_{50}$ を算出した。載荷速度は $0.2\%/min$ とした。載荷中の鉛直変位の測定には局所変位計(LDT)を用いた。また、健全供試体に対しては、一軸圧縮試験前に飽和処理を行なった。劣化供試体は透水試験後に一軸圧縮試験を行なうので、いずれの供試体においても飽和状態の直後に試験を行なった。

キーワード セメント改良砂 溶脱 劣化 圧縮強度 変形係数

連絡先 〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1 群馬大学工学部 TEL0277-30-1613 FAX0277-30-1601

### 3. 実験結果と考察

#### 3. 1 溶脱促進試験

溶脱割合と Ca 溶脱濃度の関係を図-1に示す。Ca 溶脱濃度は溶脱割合 30%程度まで緩やかに低下し、30%以降は濃度が急激に低下していることが確認できる。これは、溶脱初期は溶解度の高い  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  が溶出し、その後 C-S-H ゲルの溶出に遷移した結果であると考えられる。

溶脱割合の経時変化を図-2に示す。透水初期の20時間程度で、溶脱割合が40%程度まで急激に溶脱が進行していることがわかる。

#### 3. 2 一軸圧縮試験

一軸圧縮試験の結果を表-1に示す。各供試体の圧縮強さおよび変形係数を、供試体 CS8-0 の各値で除したものを圧縮強さ低下率および変形係数低下率とし、溶脱割合との関係を図-3に示す。溶脱割合が大きくなるにつれ、圧縮強さ・変形係数低下率はともに大きくなっていき、最終的には低下率が100%近くまで達している。このことから、Ca 溶脱により圧縮強さ・変形係数の低下を伴う劣化が進展していくことがわかる。また、圧縮強さと変形係数の低下傾向は同様の傾向を示している。また、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$  中の Ca が溶脱する溶脱割合 30%までの範囲と、C-S-H ゲル中の Ca が溶脱する溶脱割合 30%以降の範囲でも、圧縮強さ・変形係数の低下傾向はともに同様の傾向を示している。今回の試験の範囲では、溶脱する Ca の形態によって、強度の低下率に違いは見られなかった。

圧縮強さ・変形係数低下率の経時変化を図-4に示す。時間の経過とともに圧縮強さ・変形係数低下率は大きくなっている。また、低下率は透水初期で急激に増加している。これは図-2、図-3から、Ca 溶脱の急激な進行と一致していることがわかる。

### 4. まとめ

- ・透水初期は Ca 溶脱が急激に進展する。
- ・Ca 溶脱の進展に伴い、圧縮強さ・変形係数ともに低下する。今回の試験範囲では、溶脱する Ca の形態によって、強度の低下率に違いは見られなかった。また、試験時間の経過に伴い、圧縮強度・変形係数ともに低下する。特に透水初期は圧縮強さ・変形係数ともに急激に低下し、Ca 溶脱の急激な進展と一致する。

#### 【参考文献】

- 1)セメント協会：セメント系固化材による地盤改良マニュアル
- 2)斉藤聡ほか：セメント系改良土の長期化学的安定性の調査、土と基礎、vol. 53, pp. 14-17, 2005.
- 3)北詰昌樹ほか：セメント処理土の暴露環境における強度変化、第37回地盤工学研究発表会、K-06, pp. 819-820, 2002.

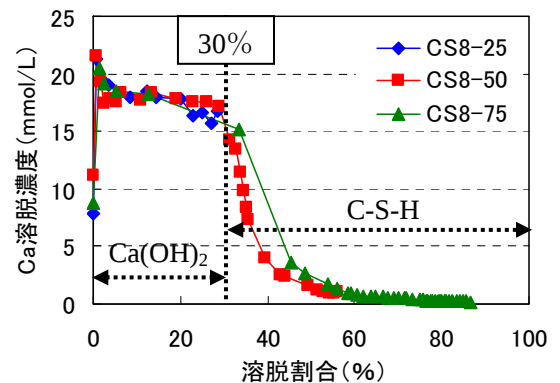


図-1 溶脱割合と Ca 溶脱濃度

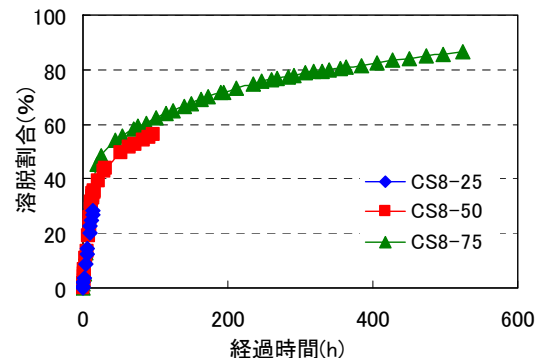


図-2 溶脱割合の経時変化

表-1 一軸圧縮試験結果

| 供試体    | 圧縮強さ<br>MPa | 変形係数<br>MPa |
|--------|-------------|-------------|
| CS8-0  | 3.59        | 2830        |
| CS8-25 | 2.27        | 1680        |
| CS8-50 | 0.96        | 670         |
| CS8-75 | 0.09        | 60          |

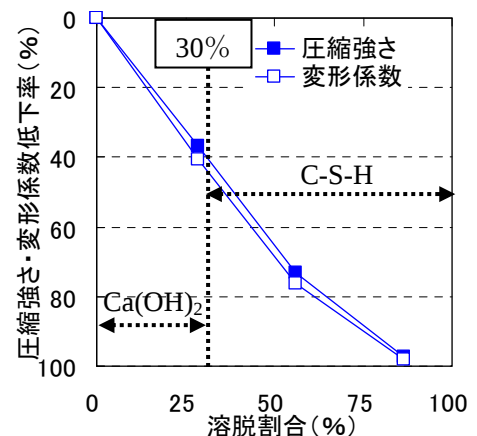


図-3 溶脱割合と圧縮強さ・変形係数

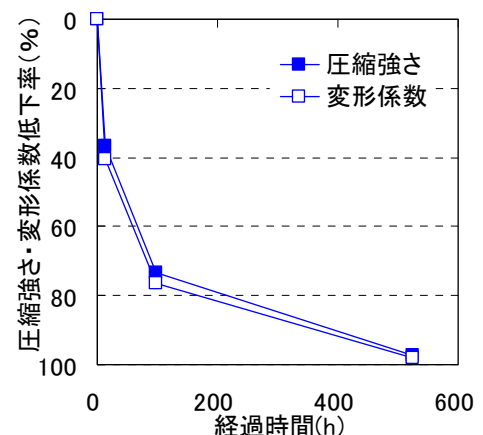


図-4 圧縮強さ・変形係数の経時変化