

セメント添加率の異なる改良砂の強度および変形係数に及ぼす Ca 溶脱の影響

群馬大学大学院 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

セメント系改良地盤の長期性能に関しては、材齢とともに強度が増加することが多数報告されている^{例え^ば1)}。その一方で、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²⁾。しかし、この劣化に関しては未解明の点が多いのが現状である。これまでの研究では、溶脱促進試験に浸漬試験が適用されており、表層部と内部の状況が異なる改良土に関しての検討が中心である。それに対し著者らは、溶脱促進試験に透水試験を適用し、大きな速度の透水を与えることで、溶脱後の供試体内の残存 Ca の分布をできるだけ均一にし、一軸圧縮試験を適用する手法を提案している³⁾。

本研究では、セメント改良砂を対象とし、セメント添加率を変化させて、Ca 溶脱と圧縮強さおよび変形係数の低下の関係を検討した。

2. 実験概要

改良砂は、豊浦砂、普通ポルトランドセメント、水を混合して作製した。表-1に配合・実験条件を示す。ここで、セメント添加率は砂に対するセメントの質量比、空隙率は作製時の供試体の体積のうち空気が占める割合を表したものとする。水セメント比を100%、セメント添加率を2, 4, 6, 8%と変化させ、CS2, 4, 6, 8シリーズを作製した。空隙率を調整し、単位骨材量をほぼ一定にした。溶脱後の供試体端部は劣化が極端に大きくなるため、φ100×300mmの供試体を作製し、溶脱劣化後に上下50mmを切断して中央部のφ100×200mmを切り出し、一軸圧縮試験を行った。養生は20±3℃の条件下で封緘養生28日とした。

溶脱促進試験は動水勾配を1.18とした定水位透水試験とした。供試体は下部に比べ上部ほど変質が大きくなると予想されるので、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

表-1 配合・実験条件

供試体種類	セメント添加率 %	空隙率 %	寸法 mm	目標溶脱割合 %
CS2-0	2	40±1	φ100×200	0
CS4-0	4	36±1	φ100×200	0
CS4-25			φ100×300	25
CS6-0	6	32±1	φ100×200	0
CS6-33			φ100×300	33
CS6-67				67
CS8-0	8	28±1	φ100×200	0
CS8-25			φ100×300	25
CS8-50				50
CS8-75				75

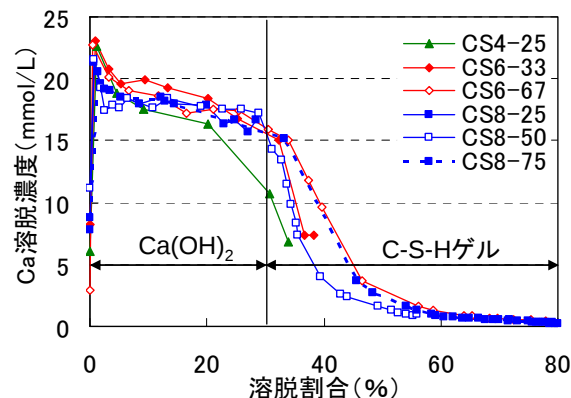


図-1 溶脱割合と Ca 溶脱濃度

て流量測定とサンプリングを行った。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、得られた流量と Ca 濃度から Ca 溶脱量を算出した。また、供試体の全 Ca 量を Ca 溶脱量で除したものを溶脱割合とした。目標溶脱割合を設定し、これを満たすように透水期間を決定した。

一軸圧縮試験では、得られた荷重とひずみから一軸圧縮強さ q_{max} と変形係数 E_{50} を算出した。載荷速度は約 0.2%/min とした。載荷中の鉛直変位の測定には LDT を用いた。また、劣化供試体は透水試験後に一軸圧縮試験を行うことになるため、健全供試体に関しても一時的に飽和处理を行った直後に試験を行った。なお、本研究では同一条件の実験を各 3 体実施し、後述する実験結果ではその平均値を示すこととした。

キーワード セメント改良砂 溶脱 劣化 圧縮強さ 変形係数

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

3. 実験結果と考察

3. 1 Ca 溶脱濃度の推移

溶脱促進試験における溶脱割合と Ca 溶脱濃度の関係を図-1に示す。セメント添加率に関わらず、Ca 溶脱濃度は溶脱割合 30%程度まで高濃度を維持し、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 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が先行して溶脱し、その後 C-S-H ゲルの溶脱に遷移した結果であると考えられる。このことから、本実験ではいずれの供試体でも溶脱割合 30%程度を境に Ca が溶脱する水和物が異なっていたといえる。

3. 2 圧縮強さ, 変形係数の変化

溶脱割合および一軸圧縮試験の結果を表-2に示す。また、溶脱割合と圧縮強さおよび変形係数の関係を図-2に示す。図-2より、セメント添加率に関わらず、Ca 溶脱の進展により溶脱割合が大きくなるにつれて、圧縮強さ、変形係数ともに低下していることが確認できる。また、圧縮強さと変形係数の関係を図-3に示す。健全供試体と劣化供試体を比較すると、同程度の圧縮強さに対する変形係数は劣化供試体の方が小さいことがわかる。

溶脱促進試験前の供試体内の Ca 量と溶脱促進試験により算出した Ca 溶脱量の差から供試体の Ca 含有量を求めた。Ca 含有量と圧縮強さおよび変形係数の関係を図-4に示す。セメント添加率、溶脱割合に関わらず、圧縮強さ、変形係数ともに、Ca 含有量と相関があることが確認できる。なお、本実験では、Ca が溶脱する水和物が異なる範囲で強度の低下の違いは見られなかった。

4. まとめ

セメント添加率や溶脱割合に関わらず、圧縮強さ、変形係数ともに Ca 含有量と相関があることを確認した。

【参考文献】

- 1) 三嶋信雄ほか:安定処理土の強度特性と耐久性に及ぼす影響, 日本道路公団試験研究所報告, Vol.32, pp.10~23, 1995.
- 2) 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.
- 3) 山田泰彰ほか: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, 第 36 回土木学会関東支部技術研究発表会概要集, III-42, 2009.

表-2 溶脱割合および一軸圧縮試験結果

供試体種類	溶脱割合 %	圧縮強さ MPa	変形係数 MPa
CS2-0	0	0.37	591
CS4-0	0	1.26	1400
CS4-25	34.0	0.92	765
CS6-0	0	2.47	2303
CS6-33	38.3	1.38	1190
CS6-67	80.1	0.87	669
CS8-0	0	3.59	2830
CS8-25	28.5	2.27	1677
CS8-50	56.0	0.96	669
CS8-75	86.5	0.09	56

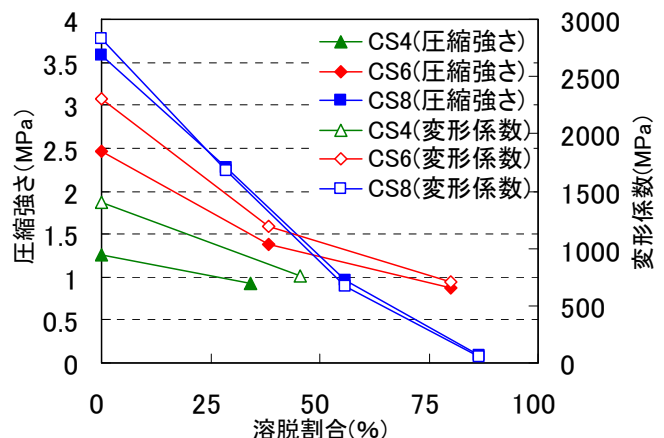


図-2 溶脱割合と圧縮強さおよび変形係数

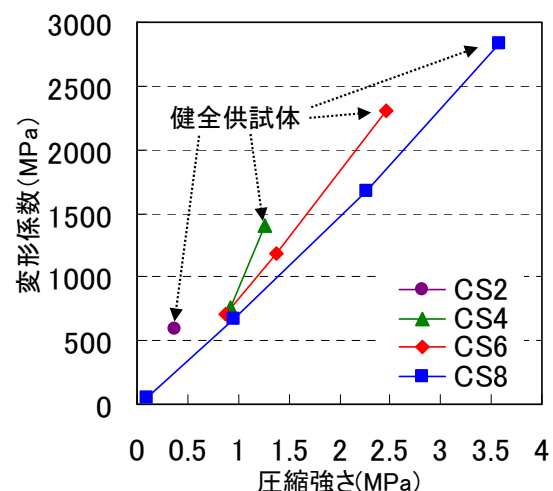


図-3 圧縮強さと変形係数

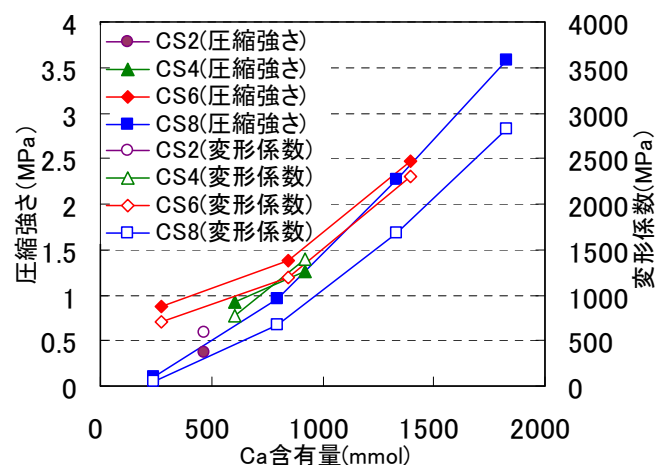


図-4 Ca 含有量と圧縮強さおよび変形係数