

安定処理粘土の長期特性

Long-Term Mechanical Property of Cement-Treated Clays

○齋藤史江¹, 山田雅一², 安達俊夫², 中浜悠史³

*Fumie Saito¹, Masaichi Yamada², Toshio Adachi², Yushi Nakahama³

Abstract: The objective of this study is to grasp the long-term mechanical property of cement-treated clays. In this paper, the unconfined compression tests and the carbonation depth measuring tests were performed to specimen which cured for up to 5 years. The results show that the strength degradation are related with the carbonation depth.

1. はじめに

建築・土木構造物の供用期間、耐用年数を考えると、長期スパンにおけるセメント安定処理地盤の諸物性の経年変化については明らかにはなっていない。今後もセメント安定処理地盤を構造物基礎地盤として積極的に活用するためには、安定処理地盤の長期的な強度・変形特性の経年変化を把握する必要がある。

そこで、本研究は、安定処理粘土の長期材齢における基本的な強度・変形特性を調べることが目的である。本報告は、セメント安定処理したカオリン改良土に対する材齢5年までの一軸圧縮試験と中性化深さの測定試験の結果から、材齢に伴う強度低下の進行が中性化深さと関連していることを示す。

2. 試験概要

本試験に用いた試料は粒度分布が異なるカオリン A とカオリン B である。カオリンの物性的性質を Table1 に示す。安定材にはセメント系固化材を用いた。試料土は、粉体のカオリンに調整含水比に相当する水量を加えてソイルミキサーで混練することで含水比の調整を行った。供試体は、Table2 に示した配合条件で、地盤工学会基準 JGS0821 に準拠して直径 5cm、高さ 10cm の円柱供試体を作製した。

供試体は、モールドから脱型した後、地下水面以下の安定処理地盤を想定して所定材齢まで水中養生した。

3. 一軸圧縮強度と中性化の関係

水中養生による安定処理土では、固化材添加量によっては長期材齢において強度が劣化する場合がある¹⁾。強度が劣化する要因としては供試体のセメント硬化体からのカルシウムの溶脱が考えられる²⁾。本研究では、このカルシウム溶脱を簡易に評価するために、中性化試験を行った。試験方法は JIS A 1152 「コンクリートの中性化深さの測定方法」に準拠して行った。本試験では、割裂試験(直径 5cm、高さ 5cm の円柱供試体:一軸圧縮試験用供試体を半分切断した)を行った後、破断した面にフェノールフタレイン溶液を噴霧して、供試体表面から赤紫色に呈色した部分までの距離をノギスで算定した。さらに、その破断面をデジタルカメラで撮影し、画像解析ソフトを用いて、赤紫色部の面積率を求めた。面積率は、赤紫色に呈色した供試体の破断面の彩度を判断して算出し、面積率から中性化の進行程度を評価した。本報告では、中性化が著しい進行を示していた固化材添加量 C=50kg/m³ の試験結果についてとりまとめた。

Fig.1 は、固化材添加量 C=50kg/m³ のカオリン A とカオリン B の中性化の面積率と経過日数の関係を示している。Fig.1 より日数が経過するに従って、中性化している部分の面積率が高くなっていることが分かる。

Fig.2 に示した本試験結果から(1)式が得られた。

$$\text{面積率(\%)} = 0.025 \cdot t^{1.06} \quad (1)$$

ここに、t: 経過日数(日)

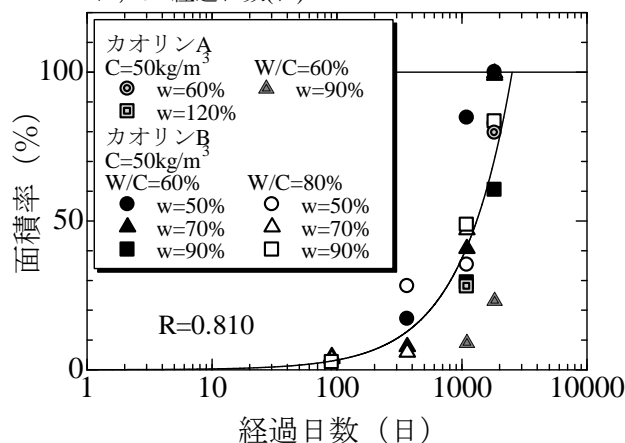


Fig.1 Relation between area ratio and elapsed days

Table1. Physical properties of samples

試料	土粒子の密度 ρ _s (g/cm ³)	液性限界 w _L (%)	塑性限界 w _p (%)	塑性指数 I _p
カオリンA	2.663	63.5	33.0	30.5
カオリンB	2.741	46.9	23.5	23.4

Table2. Production conditions of samples

試料	含水比 w(%)	固化材添加量 C(kg/m ³)	水・固化材 質量比 W/C(%)	材齢 (日)
カオリンA	60, 90, 120	50	60	7, 14, 28, 91, 365, 1095, 1825
		100		
		150		
		200		
カオリンB	50, 70, 90	50	60, 80	7, 14, 28, 91, 365, 1095, 1825
		100		
		150		
		200		

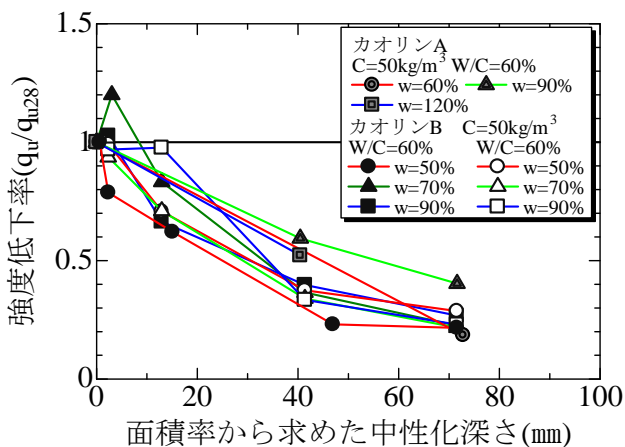


Fig.2 Relation between q_u/q_{u28} and carbonation depth

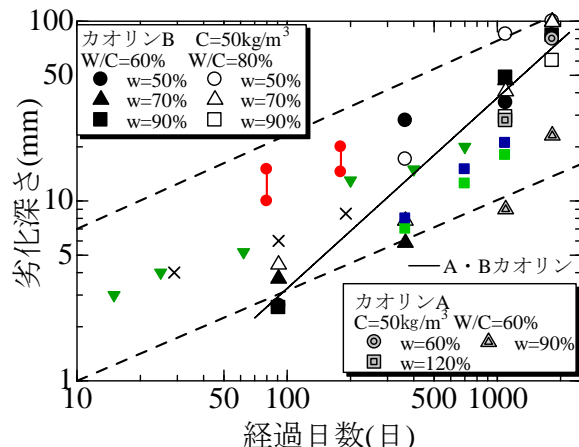


Fig.3 Relation between degradation depth and elapsed days

Table3. Existing studies on degradation of cement-treated clays ³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾

試料 (自然含水比(%))	安定材の種類	一軸圧縮強度 $q_{u28}(kN/m^2)$	劣化深さの測定方法	養生条件	劣化進行		参考文献	記号
					A	B		
川崎粘土 (11)	普通ポルトランドセメント	1500	CaO含有量, pH, 含水比試験	地中	0.41	0.51	寺師(1983)	▲
				海水	0.93	0.47		▼
横浜港粘性土 (11)	普通ポルトランドセメント	2943~5690	コーン貫入, pH試験	海水	0.45	0.51	斉藤(1988)	■
				地中	0.33	0.54		■
川崎海成粘土 (16)	普通ポルトランドセメント	500	針貫入試験	淡水	0.34	0.63	Kitazume(2003)	×
北海道砂混じり粘性土 (39.5)	高炉B種セメント	280	針貫入, CaO含有量試験	淡水	1.83	0.43	林ら(2004)	●

Fig.2 は、固化材添加量 $C=50kg/m^3$ の供試体の強度低下率 (q_u/q_{u28}) と中性化深さの関係を示した。中性化深さは、(1)式で求めた面積率から、供試体の高さを基にして中性化深さを算出した。この方法はノギス測定と異なり、不均一に生じた中性化深さを容易に求めることができる。Fig.1 と Fig.2 より、中性化の進行と強度低下には関連があることが分かる。そこで本報告では、中性化深さを劣化深さと見なした。次に、Fig.3 に、劣化深さと経過日数の関係を示す。Table3 には、Fig.3 に併せ示した既往の研究の概要を示した。Fig.3 より、画像解析による面積率から算出した劣化深さと経過日数の関係は比較的相関が良く、両者には比例関係が認められる。Fig.3 中に示した寺師ら³⁾は、川崎粘土による改良土で直径 100mm、高さ 200mm の供試体で両端部を 40mm ずつ削り取った後、供試体の中心がずれないように半径 5mm ずつトリマーまたはナイフエッジで削り取り、各試料ごとに CaO 量, pH, 含水比を測定した。斉藤⁴⁾は、横浜港粘性土の安定処理土に対して、コーン貫入試験を実施し、一軸圧縮試験用小型供試体を幅 5mm 間隔で pH メーターにより pH 値を測定した。Kitazume⁵⁾は、川崎海底粘土の改良土に対して針貫入試験を実施した。林ら⁶⁾は、北海道砂混じり粘土に対して針貫入試験により劣化深さを測定した。Table3 中に示す劣化進行の A, B 値は、(2)式から求めたものである。

$$D = At^B \quad (2)$$

ここに、t: 経過日数(日), D: 経過日数 t における劣化深さ (mm), A, B: 定数

Table3 から既往の研究における劣化深さは、経過日数の概

ね 0.5 乗に比例していることが分かる。本研究では Fig.1 に示した関係から経過日数のほぼ 1 乗に比例することになり、その関係式を実線で併せ示した。本試験結果はほぼ既往の研究の結果の範囲にあるものの、劣化の進行が速くなる傾向を示した。これは、本研究の供試体のサイズが要因として考えられる。

4. まとめ

本報告を要約すると以下の通りである。

- ① カオリン改良土は、少ない固化材添加量で経過日数に伴う強度低下が確認された。
- ② カオリン改良土の強度低下は、中性化の進行程度と関連があることが分かった。
- ③ 画像解析による面積率から算出した劣化深さは経過日数に比例することが分かった。

【参考文献】

- 1)山田雅一：一軸圧縮強度を用いた長期材齢におけるセメント改良砂のせん断強度と残留強度の評価方法, 2009.
- 2)セメント改良土の物性と試験方法に関する研究委員会：セメント及びセメント系固化材を用いた固化処理土の調査・設計・施工方法及と物性評価に関するシンポジウム発表論文集, 地盤工学会, 2005, 390pp
- 3)寺師昌明：石灰・セメント系安定処理に関する研究(第3報), 港湾技術研究所報告, 第22巻, 第1号, 1983.
- 4)斉藤聡：深層混合処理工法によるセメント改良地盤の工学的性質に関する実験的研究, 1988.
- 5)Kitazume et al: Laboratory tests on long-term strength of cement treated soil, Proc. of Grouting and Ground treatment, Vol.1, pp.586-597, 2003.
- 6)林宏親, 大石幹太, 寺師昌明：DJM 改良杭の Ca 溶出とそれに伴う強度低下の可能性, 第39回地盤工学研究発表会, 2004.