

粘性土改良土の強度・変形特性
 — 一軸圧縮強度の評価方法その 3 —

Strength and Deformation Characteristics of Cement-Treated Clays

— Part 3. Evaluation Approach of Unconfined Compression Strength —

○大島有香¹, 山田雅一², 安達俊夫², 中澤慶子¹

*Yuka Oshima¹, Masaichi Yamada², Toshio Adachi², Keiko Nakazawa¹

Abstract: When the design of the cement-treated ground is performed based on the unconfined compressive strength 'q_u', the 'q_u' is generally obtained by the laboratory test with cement-admixed soil. In order to utilize cement stabilization widely, it is desirable to establish the valuation method of the 'q_u' in the laboratory test. By using the relation between the 'q_u' and the modified cement-to-water ratio C^a/W_t, it would be possible to evaluate the 'q_u' of cement-treated clays in the laboratory test. Moreover, the fundamental strength properties of cement-treated kaolin until three years of curing were examined.

1. はじめに

セメント安定処理地盤は一軸圧縮強度 q_u に基づいて設計が行われ, その一軸圧縮強度は室内試験における強度を標準とする場合が多い¹⁾. また, 一軸圧縮強度はセメント安定処理土の強度・変形特性を評価する上で主要なパラメータとして位置付けられている²⁾. 今後もセメント安定処理工法を広く活用するためには, 室内での一軸圧縮強度の評価方法を確立することが望ましい.

前報³⁾では, セメント安定処理粘土の室内での一軸圧縮強度の評価方法について検討するために, カオリンを用いた安定処理土に対する一軸圧縮試験を実施し, これまでの一軸圧縮強度 q_u と固化材全水分比 C/W_t の関係¹⁾, ⁴⁾から一軸圧縮強度を評価するのは難しいことがわかった. しかし, C/W_t に指数を付けた q_u ~ C^a/W_t 関係に拡張することによって, セメント安定処理粘土の一軸圧縮強度を一義的に評価できる可能性を示した.

本報告では, 自然粘土の安定処理粘土に対する q_u ~ C^a/W_t 関係の適用性について検討する. また, カオリン改良土に対する材齢 3 年までの一軸圧縮試験と割裂試験による基本的な強度特性について考察する.

2. 自然粘土の安定処理粘土に対する評価方法

2.1 試料, 安定材の配合条件

本報告の検討に用いた自然粘土に対する安定処理粘土の室内配合試験データは, 関東地方の 1 都 6 県, 山形県, 新潟県, 長野県においてセメント安定処理工事の際に行われたものであり, データ数は 265 である. 試料は粘性土で含水比 w = 40.6 ~ 107.3 % の範囲にある. 安定材はセメント系固化材を用いており, セメント系固化材の配合条件は, 固化材添加量 C = 200 ~ 600 kg/m³, 水・固化材質量比 W/C = 60, 80, 100 % である.

2.2 一軸圧縮強度と固化材全水分比の関係

固化材スラリーの水量(練混ぜ水量)と固化材量の比として定義される水・固化材質量比 W/C と一軸圧縮強度 q_u については相関があることが知られているが⁵⁾, この

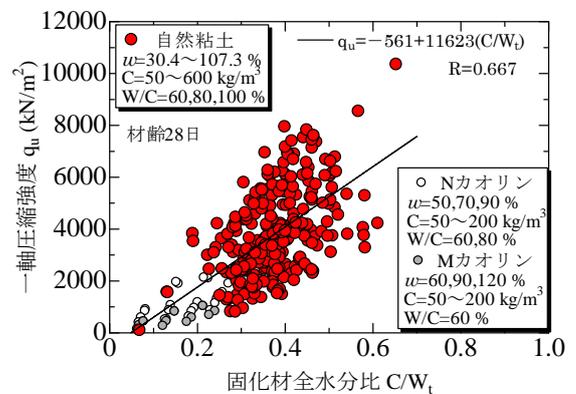


Fig.1. Relations of q_u and C/W_t

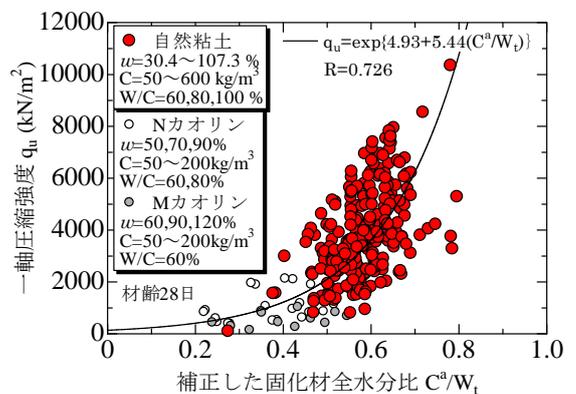


Fig.2. Relations of q_u and C^a/W_t

関係は土の性状により異なり, 水・固化材質量比のみでセメント改良土の一軸圧縮強度を推定することはできない. そこで, 高橋ら⁴⁾はセメント安定処理土での一軸圧縮強度 q_u と, 固化材量と全水分量(練混ぜ水量と土中水量)の質量比 C/W_t の関係について, 各種地盤材料に対して調べ, q_u ~ C/W_t 関係を一次式で近似した. また, この q_u ~ C/W_t 関係は, 文献 1) で各種地盤材料に対する室内での一軸圧縮強度の推定方法として採用されている. 図 1 には, 自然粘土の安定処理粘土と前報³⁾で報告したカオリン改良土の材齢 28 日における q_u ~ C/W_t 関係の試験結

1 : 日大理工・学部・建築 2 : 日大理工・教員・建築

果を示した。図 1 より、 $q_u \sim C/W_t$ 関係の試験結果は、比較的ばらつきが大きい、文献 1)、5) で報告されているデータと比べるとその相関性は高いようである。

前報 3) では、 $q_u \sim C/W_t$ 関係を合理的に評価するために、 $q_u \sim C^a/W_t$ 関係を精査して補正した固化材全水分比 C^a/W_t を提案した。図 2 には、図 1 に示した $q_u \sim C/W_t$ 関係の試験結果を $q_u \sim C^a/W_t$ 関係で整理して示した。図 2 より、 $q_u \sim C^a/W_t$ 関係は $q_u \sim C/W_t$ 関係に比べて相関性が高いことがわかる。図 2 中には、 $q_u \sim C^a/W_t$ 関係を (1) 式で表し、実線で示した。この (1) 式を用いることで自然粘土による安定処理粘土の一軸圧縮強度を評価できることになる。

$$q_u = \exp\{\alpha + \beta (C^a/W_t)\} \quad (1)$$

ここに、 α 、 β は土質により決まる係数で、 C は固化材添加量 (t/m^3)、 W_t は練混ぜ水量と土中水量 (t/m^3)、指数 a は $a=1/(1+w)$ である。ここで w は試料の含水比である。図 2 より、今回検討したデータから $\alpha=4.93$ 、 $\beta=5.44$ が得られた。

3. カオリン改良土の材齢 3 年までの試験結果

3.1 引張強度と一軸圧縮強度の関係

セメント安定処理地盤の設計では改良形式により引張強度 σ_t に対する検討が必要となる場合がある。引張強度は、主として割裂試験、直接引張試験、曲げ試験から求められるが、これら 3 種類の試験から得られる引張強度の値は異なることが知られている。その引張強度の大きさは、曲げ試験 > 直接引張試験 > 割裂試験であり、割裂試験から得られる引張強度が最も小さく評価される。本報告では、安全側の評価が得られる割裂試験から得られたカオリン改良土の材齢 3 年までの引張強度 σ_t と一軸圧縮強度 q_u の関係について調べた。図 3 に、カオリン改良土の $\sigma_t \sim q_u$ 関係の試験結果を示した。図 3 より、 $\sigma_t \sim q_u$ 関係の相関性は高く、試料の種類と含水比、配合条件、材齢の影響を受けないことが見て取れる。両者の関係は q_u 値が約 2000 kN/m^2 までは線形関係が認められるが、 q_u が約 2000 kN/m^2 を超えると q_u の増加に伴う σ_t の増加率は小さくなる傾向が明らかなので、 $\sigma_t \sim q_u$ 関係をべき関数型で表し、同図中に実線で併せ示した。

3.2 せん断強度と一軸圧縮強度の関係

セメント安定処理地盤の設計におけるせん断強度の取り扱い、文献 1) では適切なせん断試験を行って照査することを基本としているが、一軸圧縮試験と割裂試験から得られた τ_0 (圧縮応力が作用しない状態におけるせん断強度) を用いて検討しても良いことが解説されている。設計で用いるせん断強度は、 $\tau = \tau_0 + \sigma_n \tan \phi$ または $\tau_0 = 0.5q_u$ で照査し、いずれか小さい方のせん断強度を採用する。ここで、 σ_n はせん断面に作用する垂直応力、 ϕ は安定処理地盤の内部摩擦角である。また、 τ_0 の参考値として、 q_u 値が 3000 kN/m^2 までの範囲で $\tau_0 = 0.337q_u$ の関係式が示されている。そこで、本報告では、カオリン改良土に対する一軸圧縮試験と割裂試験結果に基づいてせん断強度 τ_0 を検討した。

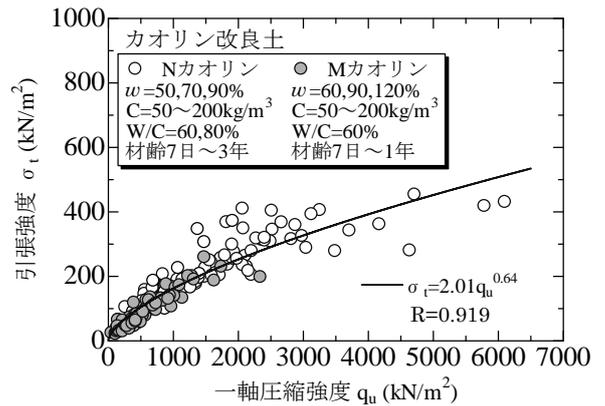


Fig.3. Relations of σ_t and q_u

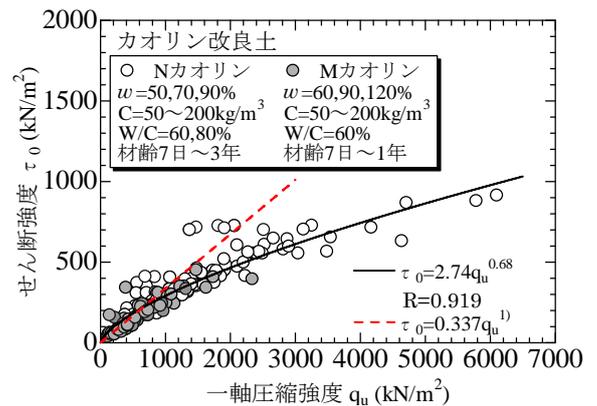


Fig.4. Relations of τ_0 and q_u

図 4 に、カオリン改良土の材齢 3 年までの $\tau_0 \sim q_u$ 関係の試験結果を示す。図 4 より、上述した $\sigma_t \sim q_u$ 関係の相関性が高かったことから、 $\tau_0 \sim q_u$ 関係においても試料の種類と含水比、配合条件、材齢の影響が見られず、図中に実線で示す $\tau_0 = 2.74q_u^{0.68}$ の関係式が得られた。また、同図中には、文献 1) の $\tau_0 = 0.337q_u$ 関係を破線で併せ示した。文献 1) で示された τ_0 値は、 q_u が約 2000 kN/m^2 を超えると危険側に評価されることがわかる。

4. まとめ

本報告を要約すると以下の通りである。

- ① 自然粘土による安定処理粘土の一軸圧縮強度 q_u は、 q_u と固化材全水分比 C/W_t の関係で評価するよりも、 C/W_t に指数 a を導入した、 $q_u \sim C^a/W_t$ 関係により合理的に評価できる可能性を示した。
- ② カオリン改良土の材齢 3 年までの引張強度 σ_t およびせん断強度 τ_0 と一軸圧縮強度 q_u の関係は相関性が高く、べき関数型の評価式で表される。

【謝辞】

自然粘土の安定処理土の室内配合試験データは、(株)テノックスの又吉直哉氏に提供していただきました。ここに記して感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 例えば、日本建築センター：改訂版 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針、2002。
- 2) 例えば、山田雅一他：地盤工学ジャーナル、Vol.5, No.2, pp.339-347, 2010。
- 3) 田中太一他：平成 22 年度日本大学理工学部学術講演会論文集、pp.197-198, 2010。
- 4) 高橋守男他：第 24 回土質工学研究発表会、pp.1955-1958, 1989
- 5) 例えば、高橋守男他：第 20 回土質工学研究発表会、pp.1755-1756, 1985。