

針貫入試験に基づく安定処理土の推定一軸圧縮強さに関する検討
 - 平均針貫入勾配と一軸圧縮強さの関係 -

Investigation on Estimated Unconfined Compression Strength of Stabilized Soil Based on Needle Penetration Test
 - Relationship Between Average Needle Penetration Gradient and Unconfined Compression Strength -

○笥聡史¹, 山田雅一², 道明裕毅², 柳澤慶伍³, 山本太一³

*Satoshi Kakehi¹, Masaichi Yamada², Yuki Domyo², Keigo Yanagisawa³, Taichi Yamamoto³

Abstract: Portable needle penetration test is considered to be useful for quality inspection using boring cores. In this paper, the relationship between the average needle penetration gradient and unconfined compressive strength was investigated from the test results of cement stabilized soil prepared in this study.

1. はじめに

セメント安定処理土の品質検査方法は、ボーリングコアで一軸圧縮強さ (q_u) を測定するのが一般的である。一方、安定処理地盤の平面上の品質を定量的に把握するには、ボーリングコアによる検査を補完する方法の一つとして、針貫入試験が有効であると考えられる。

小林ら¹⁾は、机上型の針貫入試験装置で、多点測定に基づく針貫入試験で安定処理土に対する一軸圧縮強さ (q_u) の評価式を提案している。

そこで、本報告では室内で作製したセメント安定処理粘土に対して携行型の針貫入試験を行い、上述した机上型の針貫入試験装置によって提案された一軸圧縮強さ (q_u) の評価式の適用性について検討する。

2. 試験概要

2.1 試料、安定材と配合条件

本試験で用いた試料は、粉体のカオリンと笠岡粘土及び蛙目粘土である。試料の物理的性質と供試体の配合条件を Table 1 に示す。安定材にはセメント系固化材を用いた。Table 1 に示した含水比 (w) は、粉体の試料を調整する含水比であり、液性限界の約 2 倍とした。同表の固化材添加量 C は乾燥試料土 1m^3 に対する固化材質量である水・固化材質量比 (W/C) は 60% とした。

Table 1. Physical properties and compounding conditions of specimens

Sample	w(%)	$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	$W_L(\%)$	$W_p(\%)$	I_p	C(kg/m ³)	W/C(%)	days
Kaolin	120	2.633	63.5	33	30.5	150	60	8
						220		27~30
						250		103,146
						300		
						350		
						400		
Kasaoka clay	115	2.71	57.6	24.9	32.7	150	60	7~12
						220		
						300		
						400		
Gaerome clay	156	2.451	77.9	37.6	40.4	300		8

W: adjusted water content ratio ρ_s : soil particle density W_L : liquidity limit W_p : plasticity limit
 I_p : plasticity index C: amount curing material added W/C: water to curing material ratio

2.2 供試体の作製方法

供試体は、粉体の試料に所定の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して含水比調整を行った。供試体は、Table 1 に示した配合条件で、一軸圧縮試験用の円柱供試体 (直径 50mm, 高さ 100mm) を地盤工学会基準 JGS 0821 に準拠して作製した。なお、含水比調整した試料と固化材スラリーの混練時間は 10 分とした。

試験供試体の養生は、モールドに充填した混合試料をラップフィルムで密封し、約 24 時間静置した。供試体上端面をソイルナイフで平滑に成形し、モールドから供試体を脱型してから所定材齢まで水中養生した。

試験材齢は平均針貫入勾配と一軸圧縮強さの関係を広範に検討するため、カオリン供試体で 7~12 日, 28~30 日, 103 日, 146 日, 笠岡粘土供試体で 7~12 日, 蛙目粘土による供試体は 8 日, 各材齢 3 体の供試体に対して試験を行った。

2.3 試験方法

本報告では、室内で携行型針貫入試験と一軸圧縮試験を行った。携行型針貫入試験は、JGS 3431 に準拠した。

Figure 1 より、供試体の上下端面で 6 か所、側面部分を上端面から 15mm の間隔で 5 箇所に分けて 90°ごとに試験を行った。針貫入試験後に、JIS A 1216 に準拠し

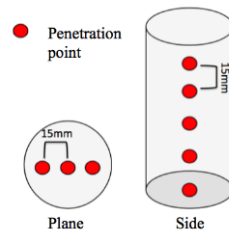


Figure 1. Needle penetration point of specimen

1 : 日大理工・院(前)・建築 2 : 日大理工・教員・建築 3 : 日大理工・学部・建築

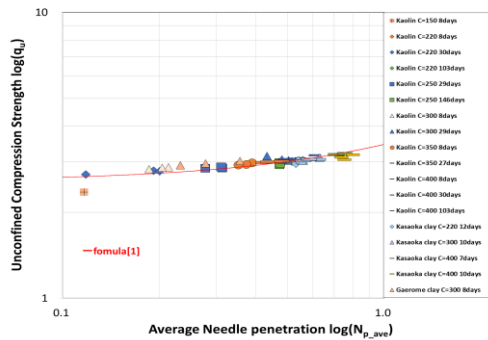


Figure 2. Relationship between average needle penetration ($N_{p,ave}$) and unconfined compression strength (q_u)

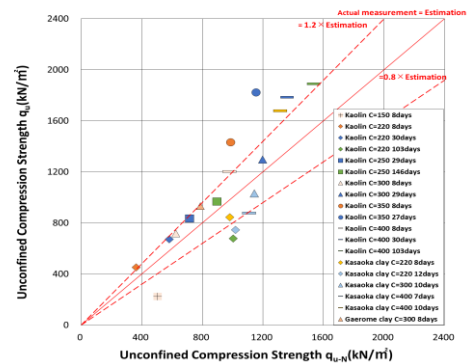


Figure 3. Relationship between unconfined compression strength ($q_{u,N}$) and (q_u)

て同一供試体の一軸圧縮試験を行い、一軸圧縮強さ (q_u) を測定した。後述する針貫入勾配 (N_p) より推定した一軸圧縮強さ (q_u) を ($q_{u,N}$) と表記する。

3. 試験結果

3.1 携行型針貫入試験

Figure 2 に本試験で得られた一軸圧縮強さ (q_u) と平均針貫入勾配 ($N_{p,ave}$) の関係を示す。本試験の結果をプロットした。Figure 2 の赤色の実線は、小林ら²⁾が提案した一軸圧縮強さ (q_u) と平均針貫入勾配 ($N_{p,ave}$) の関係式(式[1])である。また、式[1]は、小林らが均一な評価式とするため全データから $0.0 \leq N_{p,cov} < 0.1$ のデータを抽出して求めたものである。ここに、 $N_{p,cov}$:変動係数 (N/mm) である。

$$\text{Log}(q_u) = 0.896 \log(N_{p,ave}) + 2.560 \quad [1]$$

ここに、 $N_{p,ave}$:平均針貫入勾配 (N/mm) である。Figure 2 より、本試験の結果は小林らが提案した式[1]と比較的良好な対応を示していることが分かる。このことから、携行型針貫入試験から求めた本試験結果は、机上型針貫入試験で得られた式[1]に適合していると考えられる。

3.2 一軸圧縮強さの推定方法に関する検討

小林ら³⁾は、さらに推定一軸圧縮強さ ($q_{u,N}$) のばらつきを抑えるために、変動係数を導入した評価式(式[2])を提案した。

$$\text{Log}(q_u) = 0.896 \log(N_{p,ave}) - 2.560 - 2.071 \cdot N_{p,cov}^{1.863} \quad [2]$$

Figure 3 に、本試験から得られた推定一軸圧縮強さ ($q_{u,N}$) と一軸圧縮強さ (q_u) の関係を示す。推定一軸圧縮強さ ($q_{u,N}$) は、実験条件ごとに算出した平均貫入勾配

と変動係数で求めた。Figure 3 の赤色の実線は、小林ら³⁾が提案した一軸圧縮強さ ($q_{u,N}$) と一軸圧縮強さ (q_u) の評価式(式[2])である。また、同図中には、 $\pm 20\%$ の範囲を赤色の点線で併せ示した。

Figure 3 より、本試験の携行型試験で得られた一軸圧縮強さ (q_u) は、式[2]の評価式で求めた推定一軸圧縮強さ ($q_{u,N}$) と比較的良好な相関を示していることが分かる。しかし、本試験結果は評価式の $\pm 20\%$ の範囲から外れているデータも散見された。これは、携行型試験では針貫入抵抗を目分量で読み取るなどの測定誤差が含まれたことが考えられる。

4. まとめ

室内で作製したセメント安定処理粘土に携行型針貫入試験を行い、机上型の針貫入試験装置で得られた一軸圧縮強さ (q_u) の評価式の適用性を検討した。

本報告を要約すると以下の通りである。

- (1) 本試験で得られた平均針貫入勾配 N_p と一軸圧縮強さ (q_u) の関係は、机上型針貫入試験で得られた針貫入勾配 (N_p) と (q_u) の関係と良好な相関が見られた
- (2) 机上型の針貫入試験で得られた評価式(式[2])を用いて、本試験の携行型試験で得られた一軸圧縮強さの実測値と推定値を比較したところ、評価式の $\pm 20\%$ の範囲内に収まらないデータも見られた。

今後は、データの蓄積をはかり、携行型針貫入試験に対する強度換算式について検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 小林真貫子ほか：「針貫入試験を活用したセメント改良土の品質評価に関する基礎検討」,第13回地盤改良シンポジウム論文集,pp.169-172,2018.
- 2) 小林真貫子ほか：「針貫入抵抗測定による一軸圧縮強さの推定方法に関する考察(その1:多点測定による精度向上の可能性)」,第54回地盤工学研究発表会,pp.127-128,2019.
- 3) 小林真貫子ほか：「机上型装置を用いた針貫入抵抗の多点測定による一軸圧縮強さの換算推定とその検証」,第14回地盤改良シンポジウム論文集,pp.201-204,2020.