

高濃度薬液固結砂の長期強度特性について (その2) —針貫入試験による薬液固結砂の強度推定について—

早稲田大学 学生会員 ○中道 馨

早稲田大学 学生会員 山崎 知

早稲田大学 国際会員 赤木 寛一

ケミカルグラウト(株) 正会員 川村 淳 渡邊 陽介

薬液注入 高強度 針貫入勾配

1. はじめに

液状化対策など薬液注入工法による改良体の長期耐久性を期待する工法では、施工後に改良地盤の強度確認が義務付けられている。だが施工現場においては、一軸圧縮試験を実施することが可能な十分な長さでかつ自立する供試体を得られないこともあり、強度確認試験が直接的に行えない状況も存在する。その場合、事前の室内配合試験時に得られるシリカ濃度と一軸圧縮強さの推定式から間接的に換算する方法がある。しかし、間接的な方法であること、シリカ濃度を測定する試験は計測時間が必要になることから、より簡易かつ迅速に強度の推定ができることが望ましい。ここでは、針貫入試験により得られた貫入力を地盤の強度に換算変換することができれば、少量の試料でも間接的に強度を評価する新たな手法になり得ると考えた。本論では、薬液注入により作製した供試体に対して一軸圧縮試験と針貫入試験を行い、一軸圧縮強さと針貫入勾配との関係を取りまとめたものである。

2. 試験内容

2.1 試験手順

・針貫入試験(JGS 3431)

本実験では、携行型針貫入試験機(図 2.1) と自動針貫入試験機(図 2.2)を用いた。針の貫入長さが10mmに達するか、貫入荷重がその試験機の最大(本試験機では 100N)に達した時点で針の貫入長さLと貫入荷重Pを読み取り針貫入勾配NPを算出する(式 2.1)。

携行型針貫入試験機は各材齢 2 本ずつ、合計 18 本の供試体について試験を実施した。供試体について針貫入試験を実施した箇所を図 2.3 に示す。各供試体の上部、中部、下部について、それぞれ 4 方向から、合計 12 か所について試験を実施した。携行型針貫入試験機は、貫入速度や貫入圧力を一定にすることが困難である。そこで本研究では、貫入速度を一定に保つことができる自動針貫入試験機を利用して、貫入速度のばらつきが試験結果に影響を与えるかを確認した。自動針貫入試験機は材齢 26 日のシリカ濃度 11.8%の薬液改良供試体について実施した。使用した供試体は 4 本とし、1 本は自動試験機を用い、3 本は携行型を用いた。貫入位置は携行型と同様とし、貫入速度は地盤工学会基準である 20mm/min より 0.33mm/sec に設定した。

針貫入勾配 = 貫入荷重 ÷ 貫入長さ …(式 2.1)

(N/mm) (N) (mm)

・一軸圧縮試験(JIS A 1216:2009)

各材齢 4 本ずつ、合計 24 本の供試体について試験を行った。このとき各材齢において、4 本の内 2 本は針貫入試験を実施した後のものを使用した。



図 2.1 携行型針貫入試験機

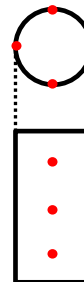


図 2.3 針貫入試験箇所



図 2.2 自動針貫入試験機

3. 試験結果

図 3.1, 3.2 に配合毎の薬液改良供試体の一軸圧縮強さを示す。材齢ごとにその大きさを見てみると、針貫入試験と一軸圧縮試験を行ったものと、一軸圧縮試験のみを行ったもので、養生日数に依らず一貫した針貫入試験の有無による影響は見られない。つまり針貫入試験を実施することによる、一軸圧縮試験結果への影響は確認されなかった。そのため、前述の試験方法であれば、同じ供試体に針貫入試験と一軸圧縮試験を併用して行っても試験結果に影響はないと考えられる。また、一軸圧縮強さは養生日数の経過と共に増加し、シリカ濃度 6.2%薬液は材齢 28 日時点では強度は 380kN/m²程度であったが、シリカ濃度 11.8%薬液では材齢 28 日時点で 550kN/m²程度、材齢 180 日時点で 735kN/m²程度を得た。

自動試験機により得られた針貫入勾配は 2.4~3.6N/mm 程度となり、携行型試験機により得られた針貫入勾配は 2.7~4.0N/mm 程度となった。自動試験機の試験結果のばらつ

きは、携行型試験機の試験結果のばらつきとほぼ同程度と言える。携行型試験機は手動で行うため、貫入時の条件を保つことが困難である。そこで、供試体に対して針を垂直に貫入することができ、また貫入速度を一定に保つことができる自動試験機であれば、試験結果のばらつきは小さくできると考えられた。だが、本実験の結果から貫入角度や貫入速度の誤差が試験結果に与える影響は少ないと考えられる。そこで、本研究では携行型試験機を使用して針貫入試験を実施した。

図 3.3 に携行型試験機による針貫入試験の結果を示す。針貫入試験は材齢ごとに 2 本、また 1 本の供試体について 12 か所実施したため、針貫入勾配の全体平均値というのは、その計 24 か所の計測結果の平均を用いている。これによると、シリカ濃度 6.2% 薬液は材齢 28 日時点では針貫入勾配は 1.0N/mm 程度であるが、シリカ濃度 11.8% 薬液は材齢 28 日時点で 2.92N/mm 程度、材齢 180 日時点では 3.54N/mm 程度となり、一軸圧縮強さと同様に、養生日数の経過に伴い針貫入勾配は増加する傾向が見られた。

図 3.4 に、針貫入試験と一軸圧縮試験をどちらも実施した 18 本の供試体から得た、針貫入勾配と一軸圧縮強さの関係を示す。針貫入勾配の増加に伴い、一軸圧縮強さも指数関数的に増加する傾向が見られた。そこで、一軸圧縮強さを針貫入勾配の指数関数と近似すると、以下の関係式が得られた。

$$q_u = 285NP^{0.561} \quad \dots(\text{式 3.1})$$

$$R^2 = 0.599 \quad \dots(\text{式 3.2})$$

ここに、 R^2 ：決定係数とする。

既往研究²⁾の通り、薬液改良土において針貫入勾配と一軸圧縮強さの相関関係は確認でき、一軸圧縮強さは針貫入勾配の指数関数として表せる結果が得られた。今回のように関係式が得られれば、針貫入試験を実施することにより、間接的に一軸圧縮強さを推定することができる。また、針貫入試験は少量な試料に対しても行える試験であることから、強度推定の簡易化が望める。

一方で、針貫入試験結果は、得られた針貫入勾配の値にばらつきが生じてしまった。だが、高濃度配合は変動係数が 20% 以下、一般配合では 30% 程度のばらつきとなった。

4. まとめ

本研究により、薬液固結砂に対して、針貫入勾配と一軸圧縮強さの相関関係が得られることが確認できた。この関係は針貫入試験によって一軸圧縮強さを簡易的に推定するのに役立つことが期待できる。施工現場においては針貫入試験を最低 24 か所実施し、得られた針貫入勾配が変動係数 30% 以下であれば式 3.1 の関係を用いて、針貫入勾配から一軸圧縮強さを推定できる。

<参考文献>

- 1) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，丸善出版，2013
- 2) 宗村・北村：針貫入試験による一軸圧縮強度の推定例，全地連「技術 e-フォーラム 2009」，2009 年

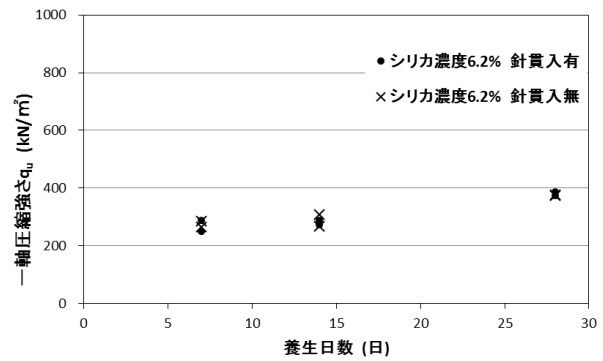


図 3.1 一軸圧縮強さ(シリカ濃度 6.2%薬液)

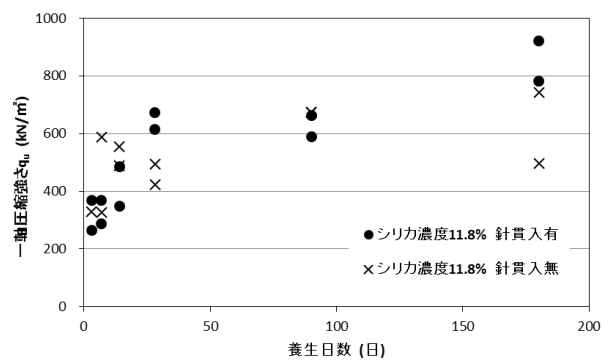


図 3.2 一軸圧縮強さ(シリカ濃度 11.8%薬液)

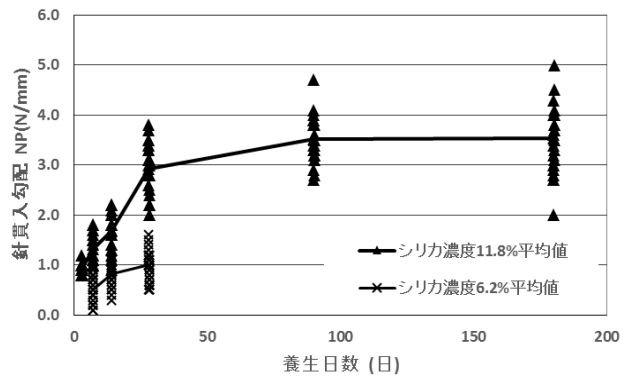


図 3.3 携行型試験機による針貫入勾配

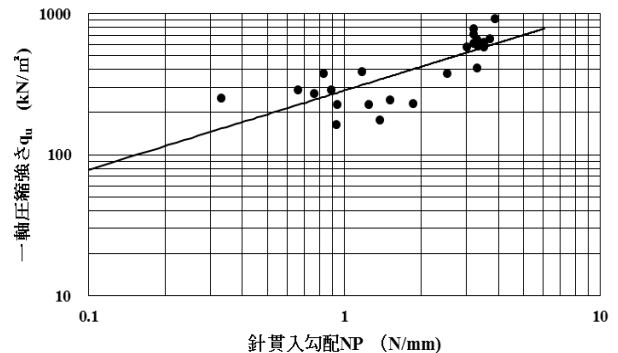


図 3.4 針貫入勾配と一軸圧縮強さの関係