

薬液注入が弾性波の速度と振幅減衰に与える影響 —シリカ濃度に関する検討—

五洋建設

正会員 ○堤 彩人

正会員 山本 敦

JFE シビル

正会員 榊原 淳一

非会員 田子 彰大

港湾空港技術研究所

正会員 高野 大樹

正会員 高橋 英紀

1. はじめに

筆者らは、薬液注入により改良された地盤の弾性波の応答変化に着目した改良地盤の品質管理手法の開発に取り組んでいる¹⁾。薬液の浸透注入による地盤の改良原理は、砂骨格を維持したまま間隙水をゲルで置換することにより地盤の液状化抵抗を増大させるものである。一般的に、薬液のシリカ濃度を大きくするとゲルは強固になり、地盤の液状化抵抗も大きくなる²⁾。本報告では、薬液のシリカ濃度がゲルの強度特性に与える影響を調べることで、地盤中で生じるゲルの状態変化を間接的に捉え、ゲルの状態変化が改良地盤のP波速度と振幅に与える影響について検討した。

2. 薬液のシリカ濃度とホモゲルの強度特性

薬液は特殊シリカを主材料とした溶液型薬液を使用した。シリカ濃度は、5%、7%、9%の3水準を設定した。薬液のpHは、ゲルタイム180 minを目標に調整した。図-1に薬液の粘度の経時変化を示す。ゲルタイムは、「試験者の観察によりゲル化が始まったと判断される時間」として決められるが²⁾、ゲルの粘度の観点から定義すると「粘度が急激に増加し始める時間」であることがわかる。今回の配合ではシリカ濃度9%の薬液のゲル化がやや早いこと、また、シリカ濃度が高いほどゲル化後の粘度の増加率（粘度～時間関係の勾配）が大きいことが確認される。

図-2にゲル化した薬液（ホモゲル）の一軸圧縮強さ q_u と材齢の関係を示す。養生時間が長いほど、シリカ濃度が高いほど、ホモゲルの q_u が大きくなる傾向が確認される。シリカ濃度5%・材齢3日のプロットは、他のプロットと傾向が異なるが、これは、圧縮試験中に供試体が縦割れしたため（引張り破壊したため）と考えられる。

3. 薬液のシリカ濃度とサンドゲルの弾性波の特性

飯豊珪砂7号（ $\rho_s = 2.640 \text{ g/cm}^3$, $\rho_{\text{dmin}} = 1.369 \text{ g/cm}^3$, $\rho_{\text{dmax}} = 1.684 \text{ g/cm}^3$ ）を用い、相対密度50%の円筒供試体（直径50 mm、高さ80 mm）を作製した。この砂供試体に薬液を浸透注入して作製した改良体（サンドゲル）のP波速度・振幅を断続的に測定した。供試体の作製方法と試験方法の詳細については文献1)を参照されたい。供試体は同時に複数本作製し、1, 2, 3 hourと1, 3, 7 dayの時点において、各供試体の弾性波特性を調べた。これらの供試体内、代表的な1本については、サンドゲル状態が大きく変化すると予想されるゲルタイムから数時間の経時変化を詳細に調べるため、30分間隔で測定した。

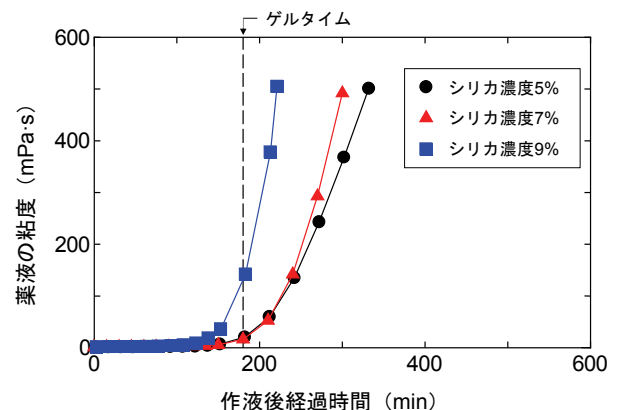


図-1 薬液の粘度の経時変化

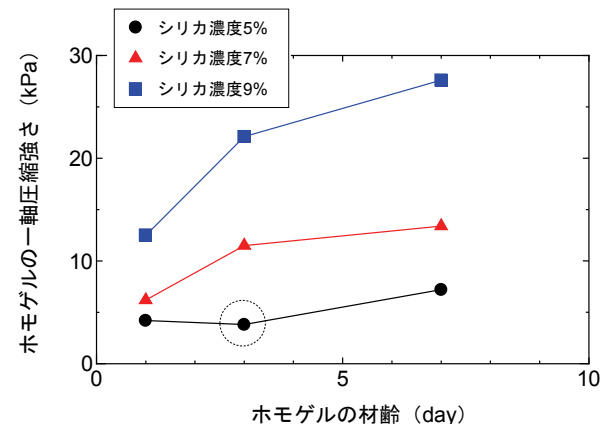


図-2 ホモゲルの一軸圧縮強さと材齢の関係

キーワード 薬液注入, P波速度, 振幅減衰

連絡先 〒112-8576 東京都文京区後楽2-2-8 五洋建設(株) 土木本部 土木設計部 TEL 03-3817-7813

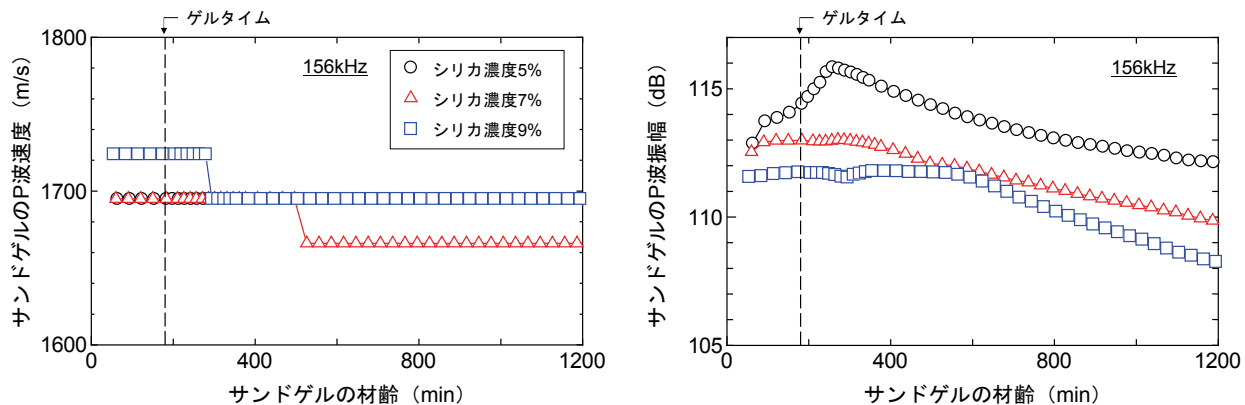


図-3 サンドゲルの P 波速度・振幅と材齢の関係（作製後 1200 分間の変化）

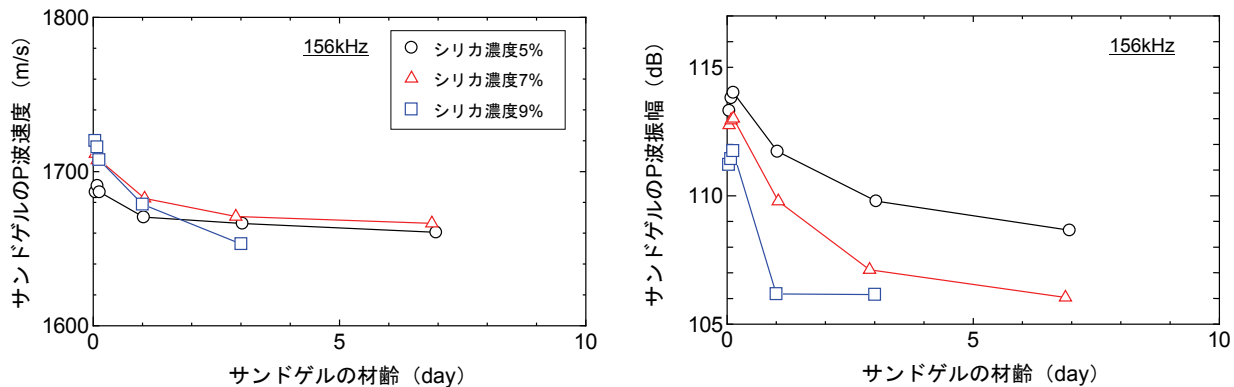


図-4 サンドゲルの P 波速度・振幅と材齢の関係（作製後 7 日間の変化）

代表的な供試体の作製後 1200 分間の状態変化に着目し、P 波速度・振幅と材齢の関係を整理した（図-3）。今回使用した AD 変換器の仕様では、時間の測定分解能は 0.0008 ms で、速度に換算すると 30 m/s 程度であった。このため、この時間スケールにおいては P 波速度の変化傾向は明瞭ではない。一方、P 波振幅は時間経過とともに大きく減衰している。図にはゲルタイムを破線で示しているが、P 波振幅はゲルタイムを過ぎてから（ゲル化が完了してから）減衰し始めることがわかる。さらに、P 波振幅と材齢の関係がシリカ濃度に依存する傾向が認められる。ところで、シリカ濃度 5% のサンドゲルの振幅は作製後に一旦増加しているが、この原因は明らかではない。

複数の供試体の平均値により、供試体作製後 7 日間の P 波速度・振幅と材齢の関係を整理した（図-4）。なお、シリカ濃度 9%・材齢 7 日の測定時にアンプが故障したため、このときのデータは取得できていない。P 波速度は、大局的には、養生時間が長くなるほど、遅くなる傾向が認められるが、シリカ濃度との関係は明確ではない。一方、P 波振幅は、養生時間が長くなるほど、シリカ濃度が大きくなるほど、小さくなる傾向が確認される。

図-2 において、ホモゲルの q_u は、養生時間が長くなるほど、シリカ濃度が大きくなるほど、大きくなっている。この増大傾向は、サンドゲルの P 波振幅の減少傾向と定性的に対応している。つまり、ホモゲルの強度が大きくなるほど P 波振幅は減少する傾向にある、と言えそうである。

4. まとめ

改良地盤においては、砂骨格中の間隙ゲルが強固になることで砂粒子接点が接着され、砂地盤全体の粘性減衰特性が増加し、改良前の地盤と比べて弾性波の応答が変化すると考えた。本報告では、間隙ゲルの状態変化がサンドゲルの P 波速度・振幅に与える影響を評価した。試験の結果、シリカ濃度が高くホモゲルの強度が大きくなるほど、サンドゲルの P 波振幅が小さくなる傾向を確認した。

参考文献

- 1) 堤彩人・山本敦・榊原淳一・田子彰大・高野大樹：薬液注入が弾性波の速度と振幅減衰に与える影響—実験方法の検討—，第 53 回地盤工学研究発表会，2018（投稿中）。
- 2) 財団法人 沿岸技術研究センター：浸透固化処理工法技術マニュアル（2010 年版），2010。