

軟弱しらす地盤における液状化対策薬液注入の計画と施工

ー 鹿児島3号東西道路シールド（下り線）新設工事 ー

大成建設株式会社 正会員○森田 康平 正会員 橋本 諭
 正会員 石田 聖一 正会員 常田 和哉
 国土交通省九州地方整備局鹿児島国道事務所 安藤 雅俊

1. はじめに

鹿児島3号東西道路シールドトンネル（下り線）新設工事は、南九州の特殊土壌である”しらす”地盤を掘進する延長約2.3km、トンネル内径10.0mの泥土圧式シールド工事である。本稿ではシールド発進部における、軟弱しらす地盤を対象とした液状化対策薬液注入工の配合選定と注入効果について報告する。

2. 液状化対策の概要および地盤特性に起因する品質管理上の課題

シールド発進部における液状化対策範囲を図1に示す。液状化範囲はMs層以浅の完新世の地盤であり、液状化発生時の浮上りに対する検討より、トンネルの土被りが9m以浅となる区間について、恒久グラウトを用いた薬液注入による地盤改良を行う計画とした。

改良対象のMs、Mm層は火山灰を主体とする土質（しらす）であり、ケイ酸や酸化アルミニウムからなる火山ガラスである。間隙率は50～60%程度であり、多孔質構造によるせん断抵抗性を有するが、地下水流により脆弱化しやすい性質がある。また、当該地盤において軽石を主体とする礫分の含有が確認されている。

上記の地盤特性から、改良後の一軸圧縮試験用のサンプリングが困難であることが想定されたため、一軸圧縮強度との相関が確認されているシリカ含有量の増分の確認により、改良効果の検証を行うこととした。

3. 事前室内配合試験

3.1 シリカ濃度およびシリカ含有量増分の設定

以下では細粒分含有率の大きなMm層の試験結果を示す。設計上の必要強度に対して安全率2を設定して室内試験における目標強度を290kN/m²と定めた。これに対してシリカ濃度を8%～12%に変化させて一軸圧縮強度との関係を得た（図2）。これより、シリカ濃度を9%と設定した。

なお、一軸圧縮試験後の供試体試料を用いたシリカ含有量試験により、設計上の必要強度を確保するシリカ含有量の増分は6.9mg/gであることを確認し、この値を事後試験における改良効果検証の判定基準として設定した。

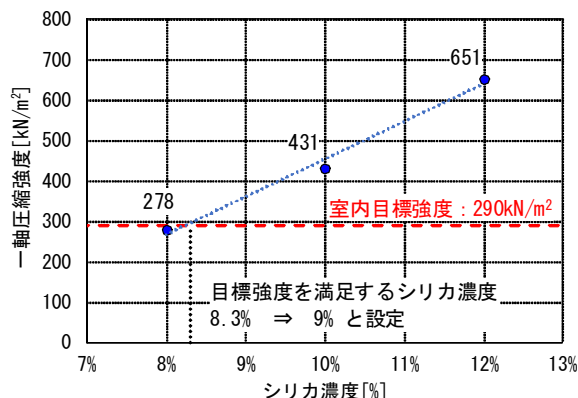


図2 一軸圧縮強度と必要シリカ濃度

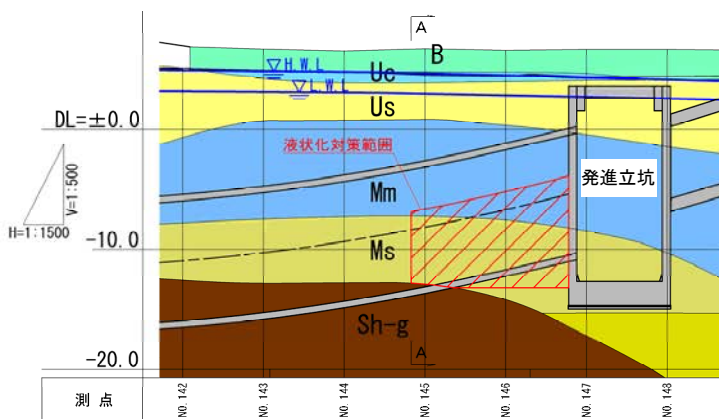
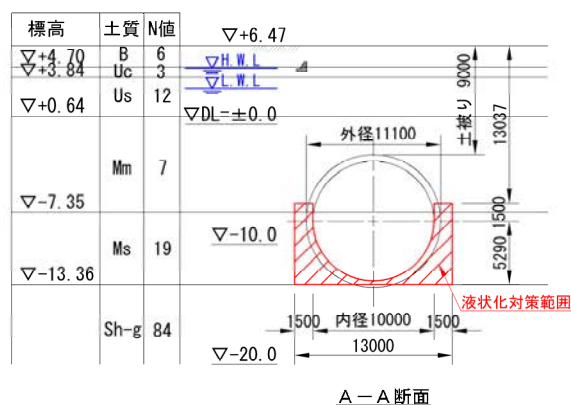


図1 液状化対策範囲概要（トンネル縦断図および断面図）



キーワード しらす地盤、液状化対策、恒久グラウト、シリカ濃度、シリカ含有量

連絡先 〒890-0052 鹿児島県鹿児島市上之園町24-1 大成・大豊特定建設工事共同企業体 TEL 099-298-1492

3. 2 現場施工に向けた諸事項確認

(1) カルシウム含有量：1,250mg/kg

カルシウム含有量が 1,000mg/kg を越えるとゲルタイム調整の阻害や二酸化炭素が気泡状に発生し、改良強度の低下を招く可能性がある¹⁾が、供試体作成中の気泡発生はなく、所定の強度が発現することを確認した。

(2) 土中ゲルタイムによる配合決定

改良対象土層は pH が 4～5 程度の酸性地盤であることから、薬液の pH によりゲルタイムが左右される。薬液 pH の設定においては、シリカ濃度を 9% とした試料土に対して、薬液 pH を 3.4 とすることで、標準的なゲルタイムの範囲 120～240 分りを満たすことを確認した (表 1)。

(3) 注入率の設定

先述の通り、しらす地盤はその多孔質構造により、間隙率が 50～60% 程度と一般的な砂質地盤と比較して大きな間隙を有している。これより、実施工に当たっては、現地土質に応じた注入率を設定する必要がある。

本工事では、土質試験結果による Mm 層の間隙率 61.5% より、充填率 90% として注入率 55.5% を設定した (一般的な砂質地盤：間隙率 45% × 充填率 90% = 注入率 40.5%)。

4. 改良後の事後調査結果

4. 1 改良体の連続性の確認

目視と触診にて、全長にわたり浸透改良がなされていることを確認した (図 3)。

4. 2 改良体のシリカ含有量増分の確認

シリカ含有量試験結果を表 2 に示す。全試料において、設計上の必要強度を確保するシリカ含有量増分 6.9mg/g を上回る結果となった。これより、改良により所定の品質が確保できていることを確認した。

4. 3 注入量

注入実績は表 3 に示す通り、注入率 55.5% にて設定した設計注入量以上を注入した。定量注入にて施工し、注入圧高による施工中断は無く、土質試験結果の間隙率を基にした注入率の設定の妥当性を確認した。

5. おわりに

しらす地盤の特性に起因するサンプリング時の供試体の乱れにより、一軸圧縮強度にて適正な改良効果を確認できないことが想定されたため、事前室内配合試験の結果を基に、必要強度を確保するシリカ含有量の増加量を現場における改良効果の判断基準とした。

また、Mm 層は細粒分含有率が 40% を超え、酸性地盤であることから、室内配合試験にて必要強度を確保するシリカ濃度と土中ゲルタイム値により配合を決定し、土質試験結果による間隙率を基に注入率を決定した。

我が国は世界有数の地震国であり、これまで数多くの液状化被害が報告されている。本稿の取り組みが、しらす地盤のみならず、特殊土に分類される土質や液状化しやすい土質に対する事前検討項目としての参考となれば幸甚である。

参考文献 1) 「浸透固化処理工法技術マニュアル (2010 年版)」(平成 22 年, 財団法人 沿岸技術研究センター)

表 1 薬液 pH の設定による土中ゲルタイム

配合	シリカ濃度 (%)	試料土 pH 【A】	薬液 pH 【B】	土中 pH 【A+B】	土中ゲルタイム (分)
1	9.0	4.4	2.5	3.5	360
2	9.0	4.4	2.7	3.8	257
3	9.0	4.4	3.4	4.1	163
4	9.0	4.4	5.4	4.6	9

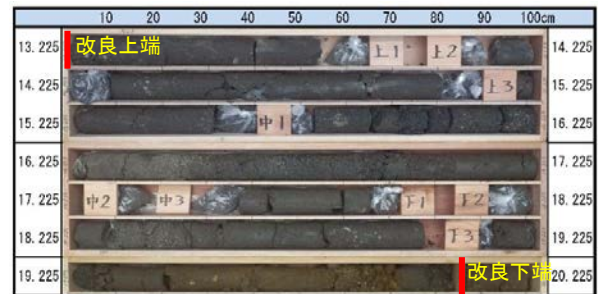


図 3 事後調査ボーリングコアの例

表 2 シリカ含有量試験結果

位置		シリカ含有量増分 (mg/g)	判定 (≥ 6.9mg/g)
No. 1	上	27.5	○
	中	17.0	○
	下	20.1	○
No. 2	上	19.9	○
	中	22.3	○
	下	15.2	○
No. 3	上	16.2	○
	中	15.5	○
	下	14.0	○

表 3 注入量の実績

設計注入量 (55.5%)	739,608 L
実注入量	753,918 L