

CNF を添加した薬液注入材の模擬地盤注入試験（その 1）

ケミカルグラウト(株) 正会員 ○渡邊 陽介 正会員 川村 淳
早稲田大学 学生会員 齋藤 拓末 フェロー会員 赤木 寛一

1. はじめに

薬液注入工法は所定時間で固結する薬液を地下水と置き換わるよう注入することで地盤を固結させる工法であり、水ガラス系やセメント系に分類される様々な薬液により仮設利用されてきた。近年では浸透性の良い水ガラス系注入材の耐久性も実証され地盤変位を起こすことなく改良可能なことから既設構造物下の液状化策に利用されることが多く事例も増えている。しかし水ガラス系薬液による地盤改良強度は 100kN/m²程度でありレベル 2 地震動のように大きな改良強度を要求される場合においては強度不足と判定される場合がある。このことから最近では薬液注入固結砂の強度増加に関する検討が増えている。そのうち薬液中に補強材としてバイオマス素材のセルロースナノファイバー(CNF)¹⁾を添加する検討²⁾では室内試験で CNF 添加薬液の注入性や固結砂の増強効果を確認している。本報では実施工で使用する機材により模擬地盤注入試験を実施し、CNF を添加した薬液の注入性および薬液注入固結砂の改良効果を確認した。

2. 試験条件

図 2.1 に注入試験の模擬地盤および試験概略図を示す。図 2.1 に示すように普通オープン缶(JIS Z 1600)を土槽とし、内部に水中落下法で相対密度 60%となるように君津砂(表 2-1)を突き固めて模擬地盤を作製した。模擬地盤上部および下部に礫材(粒径 3 mm)を敷き詰め、側面の 8 か所に排水管となる有孔塩ビ管を設置し、土槽中央には注入管 1 本を固定した。また土槽天端には実験中の模擬地盤の変形抑制のためにカバーモルタルを打設した。土槽作製後は 8 本の排水管および注入管内の水位が一定になるまで水位差で浸透させることで模擬地盤内を飽和に近い状態にした。本試験で実施した薬液配合 3 ケースを表 2-2 に示す。薬液はシリカ濃度 7%の特殊中性・酸性系薬液を選定し CNF 濃度は既往研究³⁾から注入性を考慮して 0%~0.15%で設定した。ここでいう CNF 濃度とは薬液全重量に対する CNF 乾燥重量のことであるが、国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所から提供された CNF は酵素・湿式粉碎でスギから製造した水懸濁状態であるため薬液への添加方法は配合水の一部を CNF 懸濁液に置き換える方法を採用した。薬液は注入直前までミキサーで攪拌を行い、薬液注入量は直径 40 cm以上の球状改良体(想定体積 0.0335 m³)を想定して 13.6L 以上、吐出量は三連ピストンポンプをインバータで制御しながら 1.0L/min で注入した。注入時は流量計で注入圧力および吐出量を測定した。薬液ゲル化後に土槽を解体して改良体を掘り出し形状確認を行った。改良体の形状測定後、改良体を 2 つに切断し温度 20℃、湿度 95%以上の恒温湿潤状態で保ちながら気中養生を行い 28 日経過後に浸透性や強度を確認する試験を行った。

3. 注入状況

表 3-1 に注入圧力と吐出量の経時変化および掘り出し後の改良体の形状を示す。注入圧力は薬液中の CNF 濃度にかかわらず 0.05MPa 以下であった。ケース 1 の注入初期部分で急激な圧力上昇がみられるが、これは模擬地盤作製時に君津砂が注入ノズルに詰まったためであり、注入管の詰まりが解消されたあとの注入圧力は他ケースと同等である。ケース 2 は注入初期に手動操作による吐出量の微調整で吐出量に変動があるが 1.0L/min 近い吐出量が確保できた。従ってケース 1・2 より CNF を添加した薬液の実機による注入を確認できた。但し、ケース 3 については吐出量の振れ幅がケース 1・2 に比べ大きく、注入途中には吐出量が 0.3L/min 程度低下している。これは CNF により薬液の浸透性が低下したためと考えられケース 3 は改良体体積も小さくなっている。ここで、改良体を 5 cm間隔で区切り土槽外周から改良体表面までの距離を測定し平均改良半径として換算した数値を表 3-1 にグラフ化した。その 5 cmごとの改良径から算出される円柱を近似して改良体体積を算出した。表 3-1 より、ケース 1・2 の改良体体積

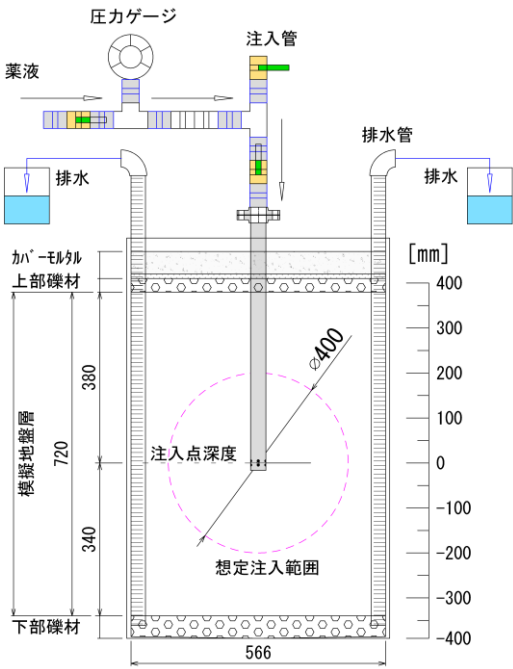


図 2.1 模擬地盤および注入試験概略図

表 2-1 君津砂の物性値

項目	記号	単位	物性値
土粒子密度	ρ_s	g/cm ³	2.707
最大間隙比	e_{max}	-	1.04
最小間隙比	e_{min}	-	0.675
均等係数	U_c	-	1.940

表 2-2 薬液配合ケース

ケース	1	2	3
シリカ濃度	7%	7%	7%
CNF 濃度	未添加	0.10%	0.15%

は想定値以上であり改良体形状も球形に近い。一方、ケース3では改良体体積が目標値に比べ小さく土槽上部に形成された。これは薬液中のCNF添加量が多く浸透性が低下した結果、注入されやすい注入管に沿って注入されたため、注入孔に対して下部方向へ注入されず改良体体積も減少したからだと思われる。

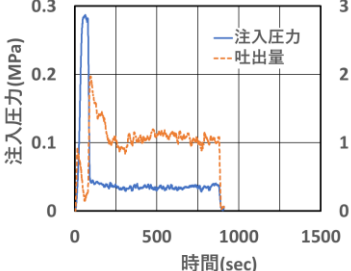
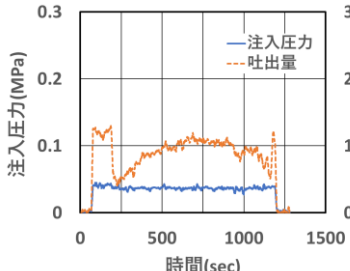
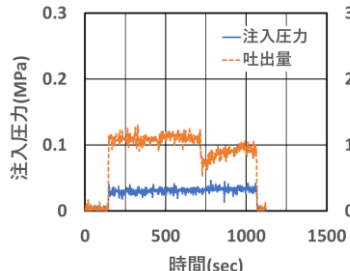
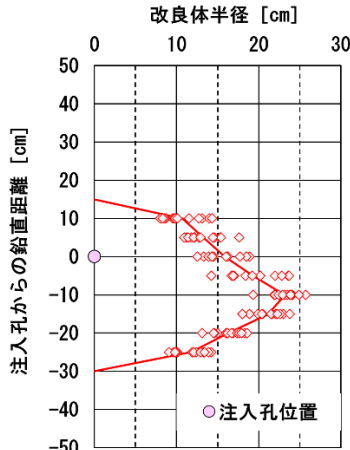
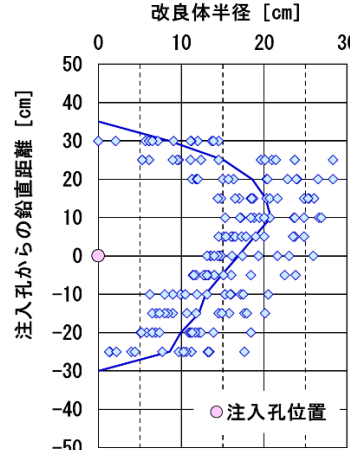
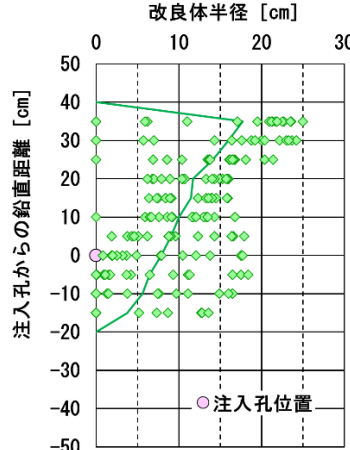
4. まとめ

実施工で用いる機械により CNF 添加薬液の注入試験を行ったところ注入チャートより CNF0.10%濃度は未添加と比較しても問題なく注入できることを確認した。また、改良体形状についても同等の改良体形状を確保できた。本報に加えて、別報⁴⁾にて改良体の効果確認について考察する。

5. 参考文献

- 1) 眞柄, セルロースナノファイバー製造技術実証事業, 生物資源, 10(3), 2016
- 2) 山本ら, CNF を添加した薬液固結砂の強度特性について, 第 54 回地盤工学研究発表会, 2019
- 3) 齋藤ら, CNF を添加した薬液注入材料の注入特性と地盤改良効果について, 第 55 回地盤工学研究発表会, 2020
- 4) 齋藤ら, CNF を添加した薬液注入材の模擬地盤注入試験 (その 2), 第 75 回土木学会, 2020 (投稿中)

表 3-1 薬液注入結果

	ケース 1	ケース 2	ケース 3
注入チャート			
改良体写真			
改良体側面形状			
吐出量	1.02 L/min (0.9 ~ 1.2 L/min)	0.816 L/min (0.5 ~ 1.1 L/min)	0.831 L/min (0.8 ~ 1.2 L/min)
注入量	15.52 L 計画値との対比: 114%	17.49 L 計画値との対比: 128%	15.66 L 計画値との対比: 115%
改良体高さ	42.3 cm 深度(15.9cm ~ -26.4 cm)	59.1 cm 深度(39.4cm ~ -19.7cm)	51.8cm 深度(35cm ~ -15cm)
浸透長	最大浸透部の平均値 23.15cm	最大浸透部の平均値 20.78cm	最大浸透部の平均値 17.75cm
改良体体積	0.0370 m ³ 計画値との対比: 114%	0.0464 m ³ 計画値との対比: 139%	0.0188 m ³ 計画値との対比: 89%