

## CNF を添加した薬液注入材の模擬地盤注入試験（その2）

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

### 1. はじめに

CNF を添加した薬液注入材（表 1-1）を実施工で使用する機材を用いて薬液注入試験を実施した。別報<sup>1)</sup>に続き、本報では模擬地盤に対する薬液の浸透性及び改良強度の確認を行った。

### 2. 効果確認

別報<sup>1)</sup>では薬液注入後に改良体を掘り出し寸法を測定した。その後、改良体を2つに切断しそれぞれ14日、28日間恒温室（20℃、湿度95%以上）で気中養生を行った。所定期間養生後、図2.1に示す試験位置で針貫入試験（JGS 3432）を実施した。試験位置は注入孔を中心として同心円状の8方向にそれぞれ5cm間隔で針貫入試験を実施し、また注入孔を通る鉛直線上および左右にD/4離れた位置の鉛直線上においてもそれぞれ5cm間隔で実施し改良体断面の改良強度を確認した。ここでDは改良体の注入孔を通る水平方向の直径とした。針貫入試験実施後に図2.1に示す改良体断面上の試験位置にて改良体の一部を採取しシリカ含有量試験<sup>2)</sup>および強熱減量試験（JIS A 1126）を実施し、改良体の各位置における薬液のシリカ成分およびCNF含有量を計測することで薬液の浸透性を確認した。ここで強熱減量試験とはCNF添加薬液固結砂のCNFを強熱により焼失させることでCNF含有量を測定する試験である。試料採取位置は図2-1に示す斜め方向のいずれかの直線で試料がより多く採取できる直線を選定した。上記試験実施後の改良体より、一軸圧縮試験用供試体のブロックサンプリング（JGS 1231）を行い整形後に一軸圧縮試験（JGS 0511）を実施し注入供試体の改良強度を確認した。これらについて28日養生時の試験結果を報告する。

### 3. 試験結果

図3.1にブロックサンプリング後の供試体の一軸圧縮試験結果を示す。また、既往の室内注入試験結果<sup>3)</sup>も併せて記載した。図3.1より、CNF添加薬液の一軸圧縮強さは未添加のケースに比べ11kN/m<sup>2</sup>高い値を示し増強効果が確認できた。但し、CNF添加量の違いによる一軸圧縮強さに違いはなかった。また、同一配合の室内注入試験で得られた一軸圧縮強さと比較すると本試験の結果は室内に対して0.8~1.2倍程度であり、室内注入試験と同程度の強度を再現できた。

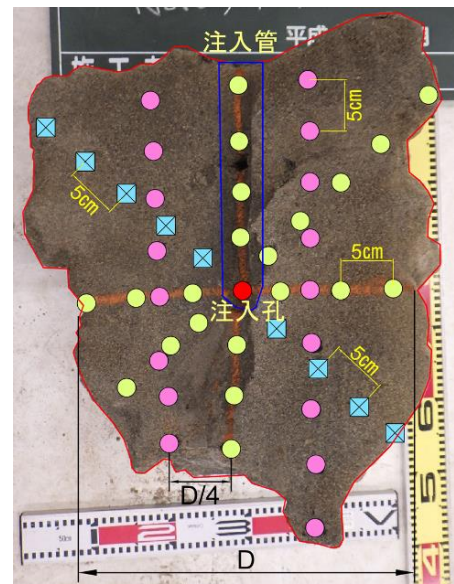
次に改良体断面についてシリカ成分とCNFの分布を調査した結果を示す。まず、改良体断面の採取試料を分析した各シリカ含有量Cを表3-1に示す注入孔付近で採取した試料のシリカ含有量C<sub>0</sub>で基準化した。また、注入孔からの距離rについても試料土採取位置の最大距離r<sub>max</sub>で基準化し相対浸透距離(r/r<sub>max</sub>)を算出した。相対浸透距離(r/r<sub>max</sub>)と基準化したシリカ含有量(C/C<sub>0</sub>)について図3.2に整理した。シリカ含有量は試験ケースや浸透距離によらず全体的に0.9~1.3程度の範囲で推移した。但し、ケース1では相対浸透距離0.8~1.0、ケース2では0.75~1.0の領域でシリカ含有量に低下が見られた。相対浸透距離0.8未満の領域についてはいずれのケースにおいても極端な値の低下は見られないことから、注入孔から最大浸透距離に対して80%未満までは注入孔と同等のシリカ成分を確認した。

図3.3に相対浸透距離と基準化したCNF含有量の関係を示す。シリカ含有量試験と同様に注入孔付近の試料土におけるCNF含有量をL<sub>10</sub>として、注入孔から離れた位置の試料土のCNF含有量L<sub>i</sub>について基準化を行い、相対距離との関係について整理した。図3.3より各ケースにおけるCNF含有量は注入孔からの距離が大きくなるにつれて減少する傾向が見られたが最大半径の位置においてもCNF含有量は0.8~0.95倍であり減少幅は僅かであった。従ってCNFを添加した薬液が注入された範囲についてはシリカ成分、CNFは均一に注入されたといえる。

水平方向の注入孔からの距離により整理した針貫入試験結果を図3.4に示す。ケース1では改良体下部は上部より針貫入勾配が高い値を示した。また水平方向では注入孔付近の値が高くなった。ケース2では注入孔からD/4付近で値の上昇が見られ、外周に向かうほど値は低下した。ケース3では注入孔から下部10cm程度の範囲で特に値が大きいがこの領域で部分的にホモゲルに近い改良体を確認した。別報<sup>1)</sup>に示す注入チャートを見るとケース3は圧力の変動が他のケースに比べ大きく加圧状態で注入されたため薬液がより注入され改良体の針貫入勾配の値が上昇したと考えられる。また、CNF未添加のケースでは平均針貫入勾配は概ね0~0.3N/mmであるがCNFを添加したケースでは0.3~1.0N/mmに上昇しておりCNFの添加による強度上昇を確認した。

表 1-1 試験ケースおよび注入結果

ケース番号	1	2	3
シリカ濃度(%)	7	7	7
CNF濃度(%)	未添加	0.10	0.15
最大浸透長(cm)	23.15	20.78	17.75
改良体高さ(cm)	42.3	59.1	51.8
改良体体積(m <sup>3</sup> )	0.0370	0.0464	0.0188



- 注入孔
- D/4における針貫入試験位置
- 針貫入試験位置
- シリカ、CNF含有量分析位置

図 2.1 試験実施位置

キーワード：薬液注入材 セルロースナノファイバー(CNF) 模擬地盤注入試験

連絡先：〒169-8555 東京都新宿区新大久保 3-4-1 58号館 205号室赤木研究室 Tel 03-5286-3405

以上の試験結果より、最大半径から 80%までの領域ではシリカ成分が試料採取位置によらず注入孔と同量程度確認され、CNF 含有量は最大半径においても注入孔の 80~95%で減少量は僅かであった。また針貫入勾配の値も CNF 添加によって 0.3~0.7N/mm 増大したことから、実施工で使用される機材を用いても CNF の添加にかかわらず良好な注入が実施され、CNF の添加による増強効果も確認されたといえる。

4. まとめ

本試験では CNF を添加した薬液について実施工で使用される機材で注入試験を実施した。その結果、CNF を添加した薬液についても良好な改良体が形成できた。また、ブロックサンプリング後の供試体による強度試験、改良体断面に対する針貫入試験や化学分析により、CNF 添加薬液の増強効果および浸透性についても確認できた。

【謝辞】

本研究は林野庁補助事業「木材のマテリアル利用技術開発事業」の一部を報告するものである。研究の実施にあたり、国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所に多大なご協力を頂いた。末筆ではあるが、ここに記して深甚な謝意を表す。

<参考文献>

- 1) 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), 第 75 回土木学会, 2020(投稿中)
- 2) 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
- 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

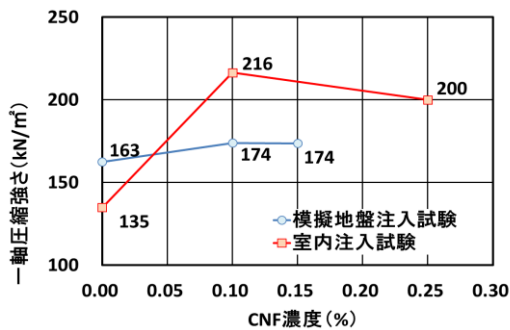


図 3.1 一軸圧縮試験結果

表 3-1 改良体基準化条件

	記号	ケース 1	ケース 2	ケース 3
注入孔付近シリカ含有量 mg/g-dry	C <sub>0</sub>	17.1	17.3	13.0
注入孔付近 CNF 含有量 %	L <sub>i0</sub>	1.35	1.48	1.97
最大浸透距離 cm	r <sub>max</sub>	25	35	15

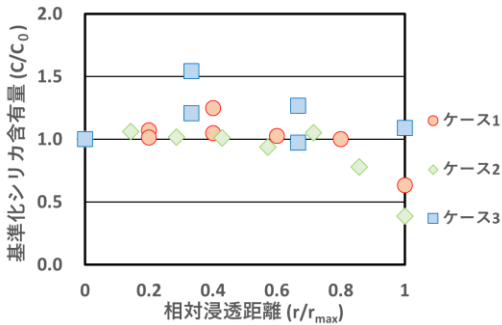


図 3.2 シリカ含有量試験結果

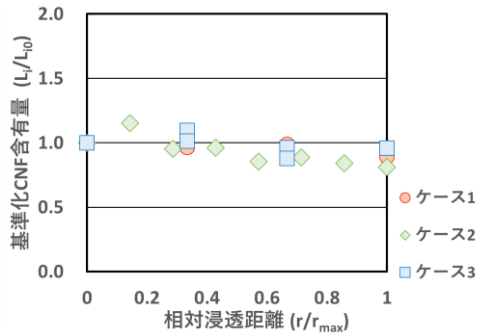
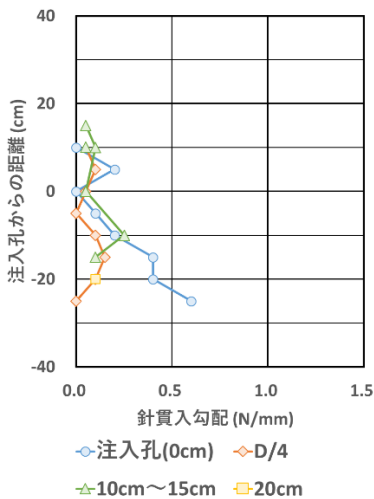
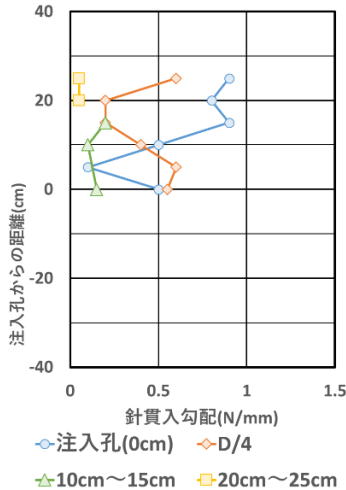


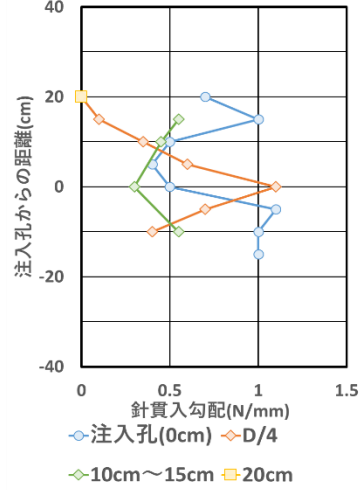
図 3.3 強熱減量試験結果



ケース 1



ケース 2



ケース 3

図 3.4 針貫入試験結果