

## 新型注入管の開発

液状化 細粒分含有率 改良土

三信建設工業 正会員 ○小泉 亮之祐  
正会員 山崎 淳一

### 1. はじめに

液状化防止対策としての薬液注入工法においては、広い範囲を急速施工で効率良く注入材を浸透させ、経済的に施工できることが求められている。しかし、施工能率を上げるために吐出量を多くすると、注入の形態が浸透注入ではなく割裂注入となり、液状化対策としての目的が達成できないという問題がある。<sup>1)</sup>

この問題を解決するために急速浸透注入が可能で、新たに開発した注入管を用いて、注入管ピッチ2.0mに相当する改良径2.5mの改良体の造成実験を行った。

ソイルパッカー<sup>2)</sup>方式による急速浸透注入は既に実用化されているため、今回、新型注入管を用いて注入管をシール材で地山に固定する方式とソイルパッカー方式との、出来型、改良品質の比較を行った。本報では注入管の特徴と実験の仕様および結果について報告する。

### 2. 注入管の特徴

新たに開発した注入管の特徴は、従来は注入管の表面被覆に設けた多数のスリットから小吐出量で注入材を吐出させ、注入管全体としては、大きな吐出量でも浸透注入を可能としていた多孔吐出型注入管を、**図-1**に示すように注入管と注入管表面被覆との間に浸透性の高い材料（“マット材”と称す）を挟み込んでいることである。これにより各スリットからの注入材の吐出量および注入圧力の均等性を高め、低圧注入が可能となり、更に大きな吐出量でも浸透注入を可能にしようと試みたものである。

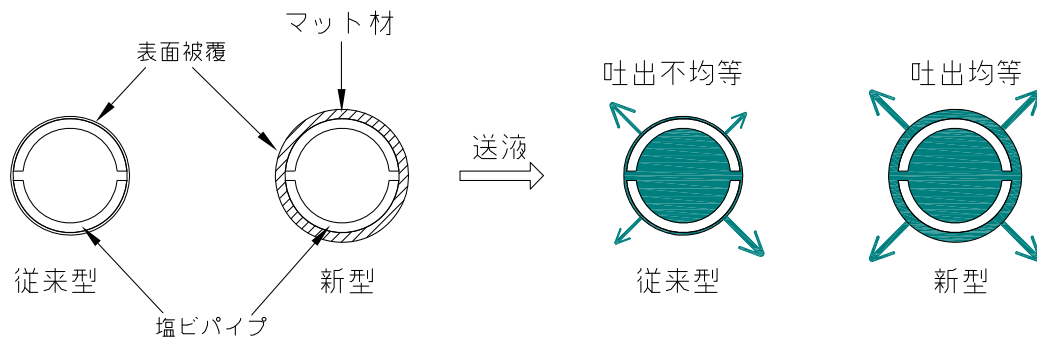


図-1 注入管断面図



写真-1 従来型注入管の気中吐出状況



写真-2 新型注入管の気中吐出状況

### 3. 実験概要

茨城県神栖市砂山において、平成22年4月から5月に実験工事を行った。改良対象となる地盤は、**図-2**に示すように上半分がN値6の細粒分質砂、均等係数7.65、細粒分含有率が17.0%、下半分がN値33の細粒分礫混じり砂、均等係数が11.10、細粒分含有率が12.9%の地盤である。また地下水位は、GL-4.95mである。

実験は、GL-5.0mを中心として直径2.5m、高さ2.5mの円柱状改良体を計画範囲として注入を行った。

実験ケースを**表-1**に示す。Case1は注入管をシール材で地山に固定し、懸濁注入材による粗詰め注入（“一次注入”と称す）を行った後に溶液注入材による浸透注入（“二次注入”と称す）を行う方式、Case2は注入管をソイルパッカーで地山に固定し、シール材を用いずに注入管周囲に空間（浸透源）を確保し、一次注入を行わずに二次注入を行うソイルパッカー方式である。

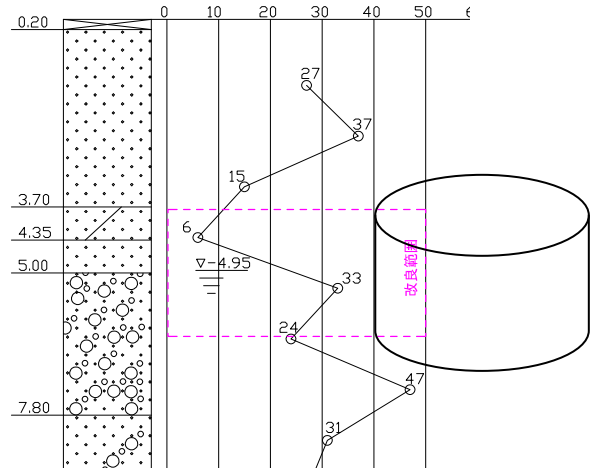


図-2 土質柱状図

表-1 実験ケース

Case	注入管地山固定方式	注入量(ℓ)		吐出量(ℓ/分)		注入材吐出部長(mm)
		一次	二次	一次	二次	
Case-1	シール材	790	5,460	10	8	1,800
Case-2	ソイルパッカー	—	6,240	—	12	900

Case1は1改良範囲を上下2分割し2ステージとして、2ステージ同時注入<sup>3)</sup>を行い、Case2は改良範囲を1ステージとして注入を行った。注入率は、Case1が一次注入率5%、二次注入率35%の計40%、Case2が二次注入のみで40%とした。使用注入材は、シール材と一次注入材にセメントベントナイト、二次注入材に溶液型シリカゾル系の1液方式の注入材（シリカ濃度=6%）とした。

改良目標強度は一軸圧縮強度で100 kN/m<sup>2</sup>に設定した。

### 4. 実験結果

注入に先立ち実施した限界吐出量試験結果を**図-3**に示す。各Caseの限界吐出量（ピーク値）を二次注入の吐出量とし、Case1では8ℓ/分×2=16ℓ/分、Case2では12ℓ/分と設定した。Case1の一次注入は吐出量10ℓ/分で1ステージずつ施工した。二次注入材のゲルタイムは、土中ゲルタイムで60~80分で管理した。

注入の結果、注入材のリーク等のトラブルは発生せず注入を完了することができ、**図-4**、**図-5**、**写真-3~写真6**、に示す改良体の造成を確認できた。出来型では、Case2では下半分に注入材の改良範囲外への逸走があり、改良体の上半分は計画通り、下半分は計画より小さい形状となったが、Case1ではほぼ計画通りの形状であった。一次注入による地盤中の大きな間隙や弱点部の充填効果と考えられる。

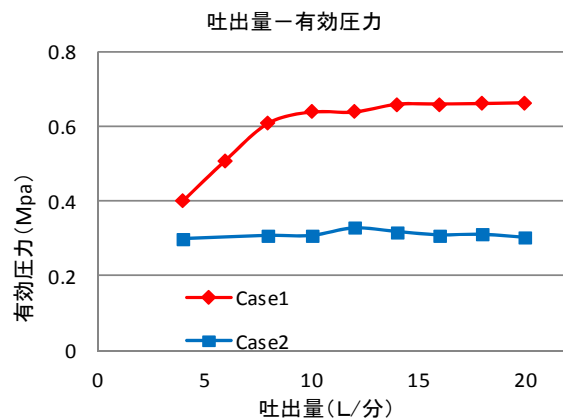


図-3 吐出量－有効圧力曲線

表-1 改良体一軸圧縮強度

Case	位置	位置平均	Case平均	Case	位置	位置平均	Case平均
Case-1	上	386	264	Case-2	上	82	127
	中	171			中	143	
	下	234			下	155	

単位: kN/m<sup>2</sup>



写真-3 Case1改良体出来型(上半)



写真-4 Case1改良体出来型(下半)

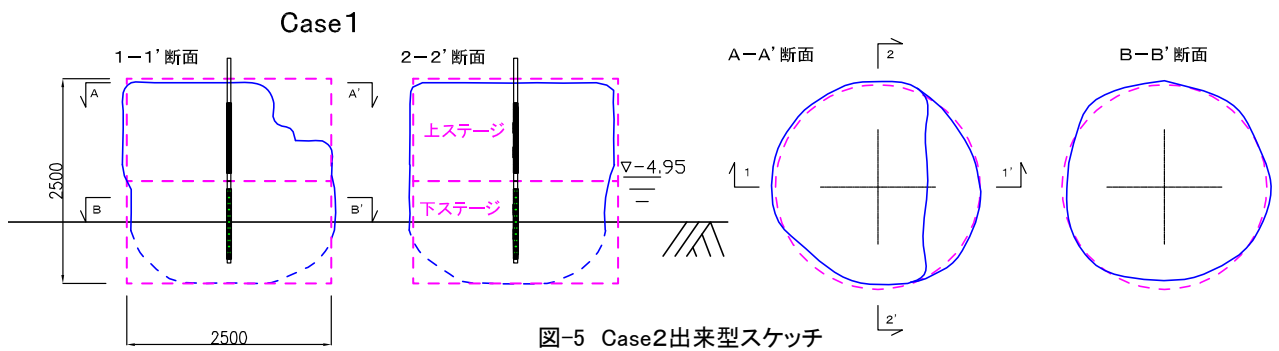
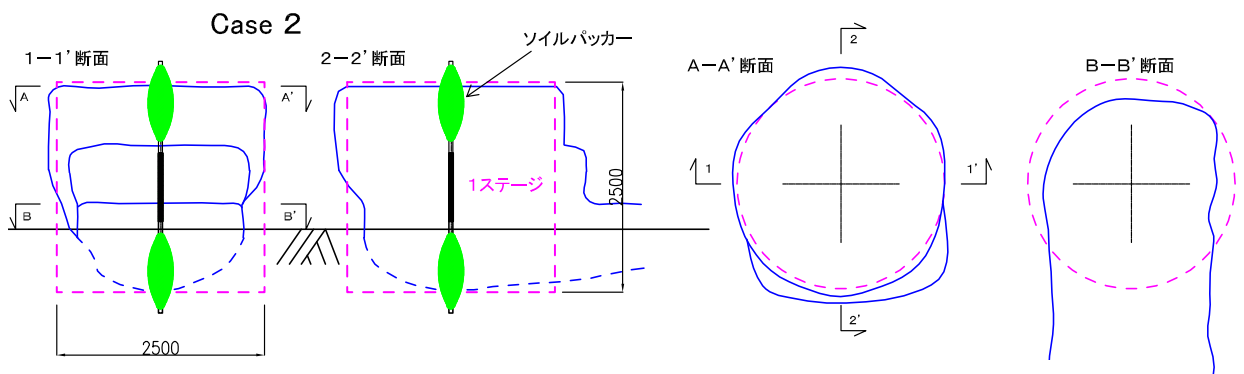


写真-3 Case1改良体出来型(上半)



写真-4 Case1改良体出来型(下半)





掘削時に一次注入材が、注入管周囲から改良体に脈状に注入されている（地盤中の大きな間隙や弱点部に粗詰め注入がなされている）状況が確認できた。（写真-7、写真-8）

注入管の注入材吐出部（注入管表面被覆部）のシール材の表面には、厚さ5～10mmの強固に固結した砂の層が確認できた。（写真-9）これは注入材吐出部近辺のシール材と地山の接触部分が注入材の浸透源となり、注入されたことによるものと推測している。



写真-7 一次注入材注入状況



写真-8 一次注入材注入状況



写真-9 注入管周囲の砂の固結状況

改良品質は、一軸圧縮強度で確認し Case 1 で平均  $264 \text{ k N/m}^2$ 、Case 2 で平均  $127 \text{ k N/m}^2$  であった。一次注入による締め固め効果と Case 2 の注入材の逸走による計画範囲内の注入材量の減少により Case 1 が Case 2 を上回る結果となったと考える。この改良品質は、いずれも液状化対策に必要とされる  $80 \sim 100 \text{ k N/m}^2$  <sup>1)</sup> を上回るものであった。

新型注入管の特徴であるマット材は浸透性が高いため一度注入を行うと注入材が残留し、これを除去する必要があるが、コンプレッサーを用いて圧縮空気ですべての注入材を除去することにより、正常に二次注入を施工することができた。

## 5. まとめ

新型注入管を用いて注入を行った結果、出来型、改良品質ともに設定値を上回る結果となった。

一次注入による地盤中の大きな間隙や弱点部の充填効果、締め固め効果が二次注入の効果を確実にすると考える。

今後は、マット材の繰返し注入に対する適応性の向上と、更なる改良径の大型化と改良効果の向上を目指してゆく予定である。

## 参考文献

- 1) 地盤工学会：液状化対策工法
- 2) 島田ら（2001）：三次元同時注入システムと柱状浸透同時積層工法の開発，第56回土木学会年次学術講演会
- 3) 島田ら（2005）：既設構造物直下の薬液注入工法の開発（その1），第60回土木学会年次学術講演会
- 4) 小泉ら（2011）：新型注入管の開発，第46回地盤工学会研究発表会