

## 注入効率を高めた薬液注入工法による液状化対策工事

戸田建設株式会社 正会員 ○眞鍋 岳, 下坂賢二  
 戸田建設株式会社 非会員 岩井隆志, 鈴木学  
 太洋基礎工業株式会社 正会員 大野康年

### 1. はじめに

薬液注入工法は、既存構造物の直下地盤や供用中の施設及び狭隘箇所等、施工の制約がある場所で使用できることから液状化対策として広く採用されている。液状化対策を目的とした恒久型薬液を用いた薬液注入工法の新しい技術として、従来のシールグラウト方式、地山パッカ方式双方の課題に対して、大きな薬液浸透源の確保に着目し注入効率を高めたハイグリップグラウト工法（NETIS:CB-180028-A 以下、本工法）が開発されている。本稿では、本工法を適用した臨海地区プラント施設の液状化対策工事について報告する。

### 2. 工法の概要

本工法は、シールグラウト方式と地山パッカ方式を併用した注入方式で、新しい地山パッカと特殊シール材の2つの技術に特徴を持つ。新しい地山パッカは、布パッカの内側にゴムを装着した二層構造とし、パッカ拡大後の収縮を抑制し、地山との密着性を高め、地山パッカと孔壁の間からの薬液の漏れ出しを防止することが可能である。特殊シール材は、粘性を有する非硬化材の材料で、薬液注入時は特殊シリカ液等の薬液と反応して溶解し流動化する特性を有する。これにより、薬液注入前は掘削安定液として削孔穴の孔壁崩壊を防止し、薬液注入時には溶解することで大きな薬液浸透源を確保できる。また、薬液吐出口の増設と多点同時注入方式の採用により注入効率を高め、直径φ2.0～2.5mの大口径の改良体が造成できる薬液注入工法である。（図1参照）

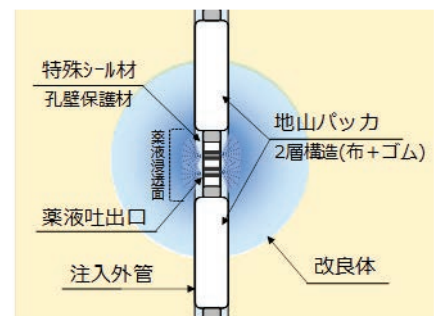


図1 工法概要図

### 3. 工事概要

本工事は供用中のプラント施設周辺及び既設構造物直下の地盤改良工事であり、17時～翌日5時までの夜間施工である。対象地盤は、地盤性状のばらつきの大きい埋立地盤で、改良範囲（GL-2～11m）に粘土層および細粒分含有率が40%を超える層が介在し、貝殻等も多く混入する。本工事で使用する恒久型薬液は特殊シリカ液とし、目標改良強度は $q_{uck}=100kPa$ 、現地土を用いた事前の配合試験より薬液シリカ濃度は9wt%である。本工事の改良仕様を、表1、土質柱状図を図2に示す。

表1 改良仕様

改良強度	$q_{uck} \geq 100kPa$
改良面積	1,710 $m^2$
改良度量	11,105 $m^3$
改良径	標準2.5m(@2.0m)
改良深度	GL-2.0m～11.0m
使用薬液	特殊シリカ液9wt%
改良注入率	36%
削孔本数	614本
注入ポイント数	1,628pt

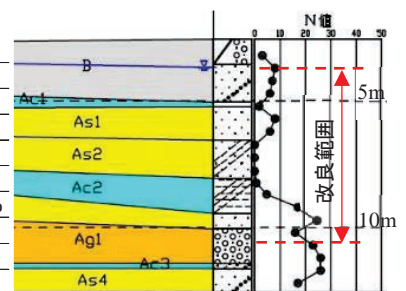


図2 土質柱状図

薬液注入工の施工手順を図3に示す。まず所定の深度までボーリング機械を用いてケーシング削孔し、削孔穴に特殊シール材を充填し、地山パッカを装着した注入外管を所定の位置に建込む。ケーシング引抜き後、注入内管を挿入し地山パッカ部にCB液を充填し地山パッカを拡大させる。地山パッカ拡大後、再度注入内管を挿入し、薬液を注入した。

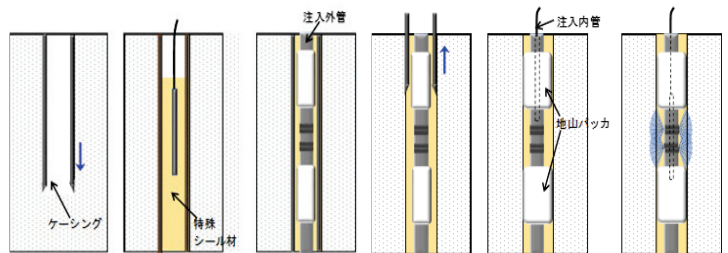


図3 施工手順

キーワード 液状化対策, 薬液注入, 地盤改良

連絡先 〒760-006 香川県高松市塩上町 2-8-19 戸田建設株式会社 四国支店 TEL 087-835-1153

#### 4. 現場注水試験

薬液注入工は、注入速度がある限界を超えると土中に割裂や水みちが発生するため、地盤の骨格を乱すことなく注入材を浸透させるため、事前に現場注水試験を実施し薬液注入時の注入速度と注入圧力の管理基準を設定した。試験は、注入速度 1ℓ/min 刻みで水を通水し、注入箇所までの注入ホース内の管内抵抗、注入外管からの吐出抵抗（全圧力）を測定し、注入形態が浸透形態から割裂・浸透形態へと推移する限界注入速度  $Q_1$  及び限界注入圧力  $P_1$  を  $P$ - $Q$  曲線より求めた。注水試験結果の一例を図 4 に示す。なお、注入時の管理値は限界値を上回らない値として設定（注入速度：限界注入速度  $Q_1 - 1.0$  ℓ/min，注入圧：限界注入圧  $P_1 \times 0.9$  MPa）し、本工事では注入速度 7~9ℓ/min 以下，注入圧力 0.4~0.6MPa 以下で注入管理した。薬液注入施工状況を図 5 に示す。

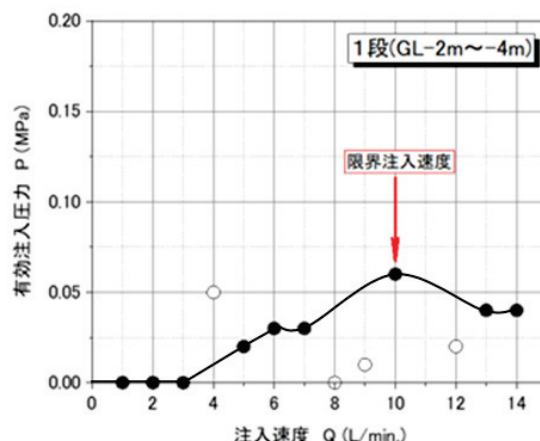


図 4 現場注水試験結果の一例

#### 5. 既設構造物の動態観測

薬液注入時は、既設構造物への隆起・沈下等の影響が懸念されたため、既設構造物及びその周辺に観測点（38 点）を設け自動追尾トータルステーションによる定点動態観測を実施した。動態観測時の計測データは、薬液注入管理システム監視室で集中管理し、地盤変動が生じた際、薬液注入箇所の注入速度・注入圧を制御できる管理体制とした。図 6 に最も変動の大きかった観測点の経時変化を示す。薬液注入中は大きな地盤変動が生じることなく、管理値 3.5mm（限界値 5mm×70%）に対し、隆起最大+4.8mm，沈下最大-1.5mm と限界値内で施工することができた。



図 5 薬液注入施工状況

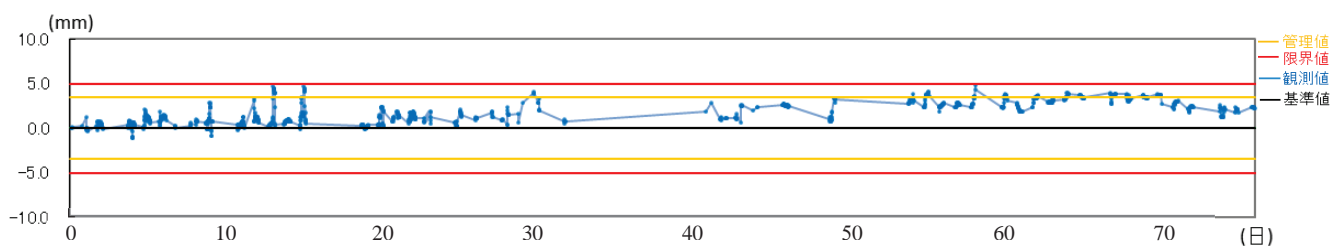


図 6 動態観測による観測点の経時変化

#### 6. 施工結果

薬液注入中は、地盤性状のばらつきにより注入孔周辺からの薬液の漏出が見られたものの、注入孔からの直接の薬液漏出はなく、地山との密着性の高い地山パッカの効果が確認された。また、特殊シール材による大きな浸透源確保により、注入圧による地盤変状を生じることなく安定した浸透注入形態により注入できたものと考えられる。改良体品質も目標改良強度  $q_{uck}=100$  kPa を満足する改良体を造成し、夜間施工と時間制約がある中、多くの注入ポイントを同時に管理する集中管理装置の導入により 44 ポイントの同時注入を可能としたことで、工期短縮を図り工期内に無事施工を完了した。

#### 7. まとめ

本工法は、地盤性状のばらつきの大きい埋立地盤においても、安定した低圧浸透注入により供用中の既設構造物への影響を低減し、時間制約がある中で所定の改良体品質を満足する施工が可能であることを確認した。耐震化が急務とされる社会インフラの液状化対策工事に本工法が一助となれば幸いである。