

6. 多連注入ポンプと集中管理装置による三次元急速浸透注入工法

○三信建設工業(株) : 小泉 亮之祐
強化土エンジニアリング(株) : 小山 忠雄

1. まえがき

1995年兵庫県南部地震以来、新設構造物だけでなく既設構造物の液状化対策がもたらされてきている。

薬液注入工法は、小型機械で施工が可能なことと、大きな騒音・振動を伴わないことから、既設構造・施設を稼働しながら施工できるメリットがある。

しかし、薬液注入工法は他の大型機械を使用する液状化対策工法と比較してコスト的に劣るため、以下の3つの方法で、コスト削減を図ってきた。

- ・注入管ピッチを大きくすることで削孔本数を減らし、削孔コスト削減。
- ・注入管の構造を工夫して、吐出量(注入速度)を多くして工期の短縮。(急速浸透注入)
- ・必要な強度に合わせて、注入材(恒久グラウト)の濃度を変えることで、材料費の削減。

今回、これらの方法に加え。小型の注入ポンプと圧力流量測定装置8セットを1台のユニットにまとめ、この操作と注入管理を1台の集中管理装置で同時に行うことが出来る、一括管理システムの開発により、省力化を図ることが出来き、更なるコストダウンが可能となった。

本論文では、急速浸透注入に用いられる注入管と、新たに開発した多連注入ポンプと集中管理装置の特徴と効果について報告する。

2. 急速浸透注入に用いられる注入管

本工法は、基本的にはダブルパッカ工法に分類されるもので、ボーリングにより地盤中に注入外管を建込み、これをシール材で地盤に固定し、注入外管の中にパッカ付きの注入内管を挿入し注入を行うことは同じであるが

- ・大吐出量を可能にする注入外管¹⁾²⁾

- ・複数ステージ同時注入可能な注入内管³⁾

の使用により、一般的なダブルパッカ工法より高効率な施工を可能にしている。

2.1 大吐出量を可能にする注入外管

薬液注入による液状化防止の原理は、土粒子中の水を薬液を注入することで、薬液と置き換え、置き換わった薬液がゲル化することで液状化を防止するものであるため、注入は薬液が土粒子間に浸透する浸透注入でなければならず、浸透注入を行うためには、地盤の透水性(流速)を越えない吐出量以下で注入しなければならない。

従来のダブルパッカ工法では、注入用外管の直径を有効径とする小さな球状浸透源からの浸透注入であるため、吐出量を多くすると流速が早くなり、浸透注入を行うためには吐出量を多く出来なかった。(図-1)

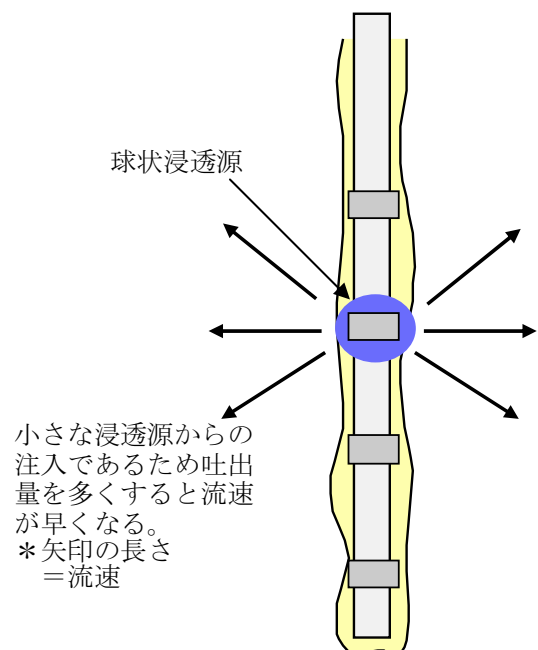


図-1 球状浸透源による浸透モデル

本工法では注入用外管に取付けられた袋パッカ内に懸濁液を注入し削孔径より大きく膨張させ、膨張させた上下の袋パッカ間に大きな柱状浸透源を構築することで、吐出量を多くしても流速が早くならず、従来のダブルパッカ工法より大きな吐出量で浸透注入が可能となった。(図-2)

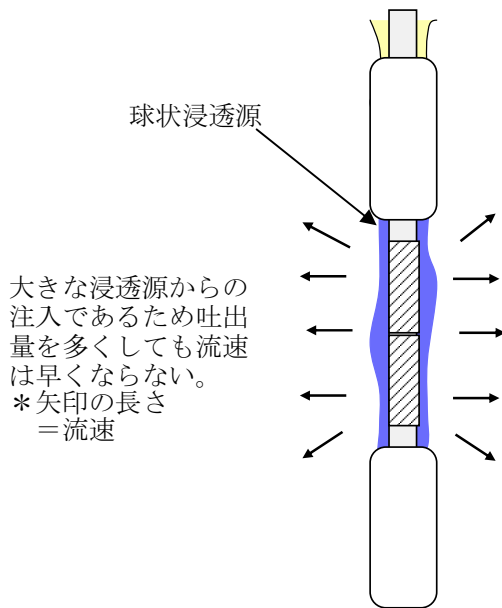


図-2 柱状浸透源による浸透モデル

2.2 複数ステージ同時注入可能な注入内管

本工法で使用される2ステージ同時注入可能な注入内管は、1台の注入ポンプ、1本の注入ホースで2ステージ同時注入できるためポンプ1台当りの施工能率を高くすることが出来る注入内管であり、本工法の特徴の1つである。

この注入内管は図-3に示すように、2つの吐出口(以下、ノズル)をはさんで3つのパッカを備えている、これらのパッカは従来のダブルパッカ工法の注入内管のようにパッカを膨張させるための空気供給システムを必要とせず、注入材を吐出することによってノズル部分で急縮による圧力損失が生じ、注入内管(パッカ)と注入外管に圧力差が生じてパッカが膨張する。

また、この圧力差によって、2つのノズルから出る注入材の吐出量は、注入圧力に影響されず、吐出量は等量を保つことが出来る。

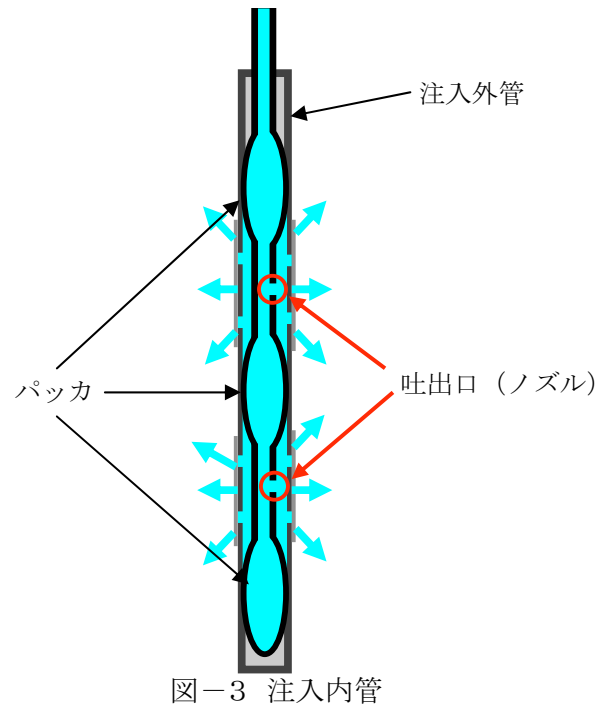


図-3 注入内管

3. 多連注入ポンプと集中管理装置

3.1 多連注入ポンプの特徴と効果



図-4 多連注入ポンプ

① 小型注入ポンプの特徴

ユニットを構成する小型注入ポンプは、ダイヤフラムポンプを採用した、その特徴は

a) 小型軽量

現在薬液注入ポンプの主流であるプランジャーポンプと比較して小型軽量でありユニット全体の小型化に貢献している。

b)懸濁型注入材の注入が可能

小型軽量であっても溶液型のみならず、懸濁型注入材の注入が可能である。

c)注入時の脈動がない

d)吐出量が、5～30l/分の間で調整可能

吐出量の調整幅が大きいため広範囲の土質に適応できる。

e)簡単な構造

簡単な構造なので分解・組立てし易くメンテナンスが楽である。

②段取りの省力化

現場に設置したら、電源を繋ぎ、注入ホースを繋げば即注入が可能である、段取り時間は作業員の経験や能力に左右されない。

③省スペース

従来の注入プラントであれば、8セットの注入ポンプと流量計を置くためのスペースは、最低 4m×6m程度必要であるが、多連注入ポンプはこれを幅2m、長さ3mの中に収めているため、通常では設置不可能なスペースでも設置できる。(図-5)



図-5 多連注入ポンプの設置例

3.2 集中管理装置の特徴と効果

①集中管理による省力化

タッチパネルに8セット分の注入ポンプと流量計の操作を集約することで、1人で8セットの管理を可能にすることが出来た。

従来の注入プラントで、1人の作業員が余裕を持って管理可能な流量計のセット数は3～4セットとされている、これは作業員が動かずに流量計と注入ポンプのスイッチに手が届く範囲にあるセット数である。



図-6 集中管理装置と操作状況

②計画注入量の入力による自動運転

各注入孔毎の計画ステージ数、ステージ毎の計画注入量が入力でき、注入時は各ステージの計画注入を終了した時点で自動的に、ポンプを停止し、流量計を中断状態にし、人為的ミスによる無駄な注入を防止できる。また、あるステージから注入量が変わる場合でも入力データに従って自動的に注入量を変えるので、人為的ミスによる注入量の過不足を防止できる。

③管理注入圧力の入力による自動停止

管理注入圧力を入力することで、管理注入圧力を超えると自動的に注入ポンプを停止し、ブザーとディスプレイに注入異常を知らせるメッセージを点滅させる。また、管理注入圧力を超えてから注入ポンプ停止までの時間も設定できる。

④チャート紙を使用しないP-Qデータの記録

これまでチャート紙に記録されていた、P-Qデータは、孔番、施工日、注入量、ステージ数等のデータと共に、注入完了後、集中管理装置にセットされてい

る、コンパクトフラッシュに直接エクセル形式のデータとして書き込み・保存される。

コンパクトフラッシュに保存されたデータは、パソコンに取り込み、P-Q データとして見ることができる。

(図-7)

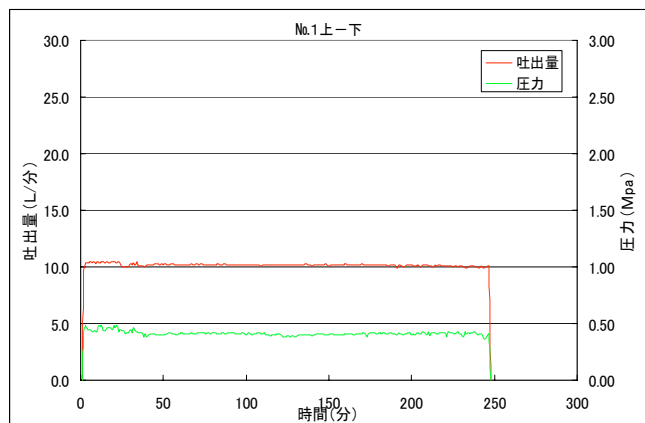


図-7 P-Q データ出力例

今後 P-Q データは、チャート紙に代わり、デジタルデータとして保存し、見やすいサイズに加工して出力するようになって考えている。

特に、液状化対策工法としての薬液注入は1ステージ当りの注入量が 10,000ℓを越えることも珍しいことではなく、これを従来通りのチャート紙に記録しても長さが 1.5m程度になるため決して見やすいデータとはならないので、この方法が適している。

⑤パソコンによる注入日報の作成

P-Q データと共にコンパクトフラッシュに保存された注入データは、パソコンに取り込み P-Q データと分離し、施工日毎に分けて、注入量、ステージ数等を集計し、日報及び材料受払いの作成ができる。

パソコンで機械的に集計、計算を行うため、日報作成に伴う人為的ミスを防ぐことができる。

また、この日報作成ソフトは、VBA (Visual Basic for Applications) で作成されているので、現場や企業者により日報の書式が変わっても、VBAの知識が少しあれば、ベースになる日報用紙の書式はエクセルで編集できるので、あとは行数や注入量、注入圧力、材料入荷量・使用量等のデータを書く位置の違い程度であれば、プログラムを数行修正するだけで

充分対応可能である。

4. まとめ

急速浸透注入に用いられる注入管と、新たに開発した多連注入ポンプと集中管理装置の特徴と効果について報告した。

注入管の構造も含めて、ハード面に緊急の課題は見当たらないが、ソフト面では改良すべき点がある。データの入力方法等、ソフトの使い勝手に係わるものであるが、このようなシステムを作ることに対する経験不足が原因で使ってみるまでは良く判らなかった部分である。

人為的ミスを防止する上で重要な部分である。まだまだ試行錯誤的な部分が多くあるが修正を加えながら使い勝手の向上を図っていききたい。

参考文献

- 1)後藤博子、島田俊介、小山忠雄、米倉亮三:柱状浸透注入工法におけるソイルパッカの研究 第 39 回地盤工学会研究発表会 2004.7
- 2)塚本信夫、米倉亮三、島田俊介、小山忠雄:ソイルパッカを用いた柱状浸透注入工法による野外実験 2004.9
- 3)島田俊介、川井俊介、鈴木毅彦、小泉亮之祐:既設構造物直下の薬液注入工法の開発(その 1)セルフパッカシステムの開発 土木学会第 60 回年次学術講演会 6-256-2005.9