

## 誘導式水平ボーリング技術を用いた薬液注入工法の開発

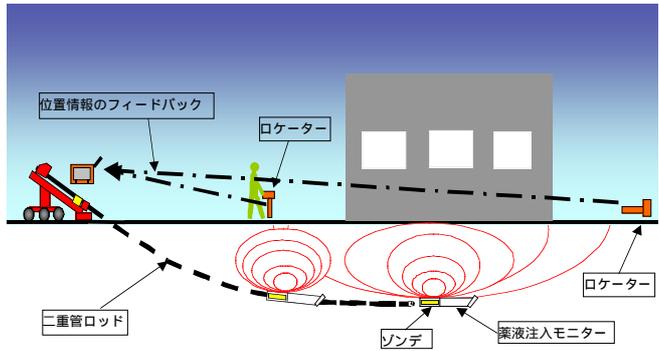
大成建設株式会社 正会員 川井俊介 志波由紀夫 檜垣貴司  
 株式会社 正会員 勝田力 鈴木毅彦

### 1. はじめに

既設構造物の液状化対策など、構造物直下の地盤改良を行おうとする場合、既往の地盤改良工法では対応が極めて難しい。このような背景から現在、既設構造物直下の地盤改良工法の開発が各所で進められており<sup>1)</sup>、筆者らも既設構造物を傷めることなく安全に液状化対策などの地盤改良が行える薬液注入システムを開発しているところである<sup>2)</sup>。この注入システムは、現在ガス管などのパイプラインの敷設を非開削で行う際に使用されている誘導式水平ボーリング技術を応用して、既設構造物の直下地盤へ水平に削孔し、そこから地盤内に薬液を注入するものである。

本発表はこのボーリング・薬液注入システムについて、薬液注入管を兼ねたボーリングロッドおよび薬液の噴射部（以下、薬液注入モニターと称する）の試作を行い、水平ボーリングの削孔精度および薬液注入モニターからの注入制御を検証するために実施した実験の結果を報告するものである。

### 2. 本工法の概要と特徴

既設構造物直下の地盤改良域などの目的箇所への削孔は、-1に示すように、ロッド先端に取り付けたゾンデと呼ばれる発信機からの位置・姿勢情報を地上のロケーターで受信し、それを削孔機オペレーターのモニターへフィードバックすることにより先端位置を修正・制御する。

今回開発した工法の最大の特徴は、ボーリングロッドを二重管構造とし、これに合わせた薬液注入モニターと組み合わせ、削孔のためのロッドと薬液注入管とを一体化させたことである。これにより、主材と硬化材をそれぞれ別々の系統で注入モニターまで圧送し、そこで混合させて地盤内に噴射させる、いわゆる2ショット注入が可能である。2ショット注入により非常に硬化時間の短い瞬結型薬液を注入することができ、さらに、その直後に硬化材の濃度をかえることによって緩結型薬液の注入を行う、複相式注入にも対応できる。この工法であれば注入を行うためにロッドを引き抜く必要も別途注入専用管を挿入する必要もない。なお、ロッド外径は50mmと小さく、曲率半径30mでの方向制御削孔が可能である。

### 3. 削孔精度検証実験

上述のシステムの試作機に対し、屋外にて水平距離20m、深度1.5mの位置に到達目標を定めて方向制御削孔の検証を行った。ただし、実験場所は更地で、削孔ルートの上方に構造物などがない条件で行った。ロッドを原地盤に対して約17度の角度で貫入し、削孔開始位置から水平距離10mの箇所まで曲率半径

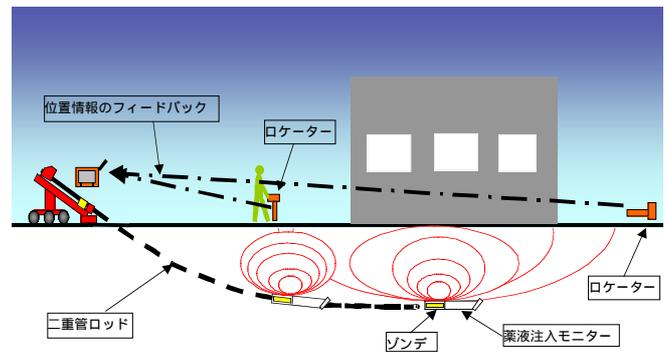


図-1 ロケータリングシステム

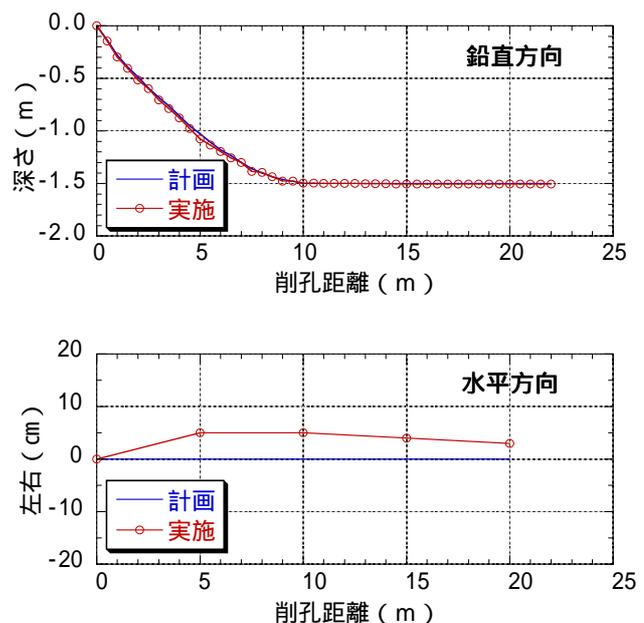


図-2 削孔結果

キーワード：誘導式水平ボーリング、地盤改良、液状化対策、薬液注入

連絡先：〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1 TEL045-814-7236 FAX045-814-7253

40mで深度1.5mまで削孔し、それ以降はその深度を保ったまま水平に掘り進んで到達目標に至る計画とした。実際の削孔結果を図-2に示す。この図はロッド先端のソンドの位置情報を地上のロケーターで受け、それを削孔の進捗とともにプロットしたものである。斜め貫入段階で計画線から最大で水平約6cmのずれが生じたが、到達目標地点でのずれは3cmに抑えられ、鉛直方向、水平方向ともに目標点への誘導が可能であることを確認した。

#### 4. 薬液注入検証実験

この実験は、比較的地表面から浅く緩い飽和砂地盤の液状化対策を想定して、図-3に示すように、室内において土槽を用いて実施した。細目砂を直径1.2m、高さ1.0mのアルミ製の円形土槽の中に空中落下法により投入した後に水で飽和させ、相対密度が60%の模擬地盤を作製した。地盤周辺の10cmには薬液注入による地盤の間隙水を排水できるような排水層を設けた。また、地盤を飽和させた後に上載荷重として約11kNを作用させた。薬液注入モニターは土槽中央部に噴射口が下向きになるように設置し、そこから活性シリカ系の溶液型薬液を注入した。この薬液は長期耐久性に優れている二液タイプの薬液である。

注入目標としては、浸透注入で、一軸圧縮強度 $q_u$ が $100\text{kN/m}^2$ 、直径60cmの球体状の改良体（改良体体積113L）を形成させることとした。薬液注入量は、注入率を42.6%（充填率100%）と仮定して算出し48Lとした。二液合計の注入速度は $6\text{L/min}$ （ケース1）と $4\text{L/min}$ （ケース2）の2ケースを実施し、薬液のゲルタイムはそれぞれ25分、30分とした。

注入後約1日経過した後に地盤を掘削し、改良体の造成状況を観察した。改良体の形状は写真-1に示すように完全な球体状にはならなかったが、直径を計測したところ、両ケースとも約55～65cm程度であり、また体積を算出するとそれぞれ122L、109Lであり、ほぼ目標どおりの大きさの改良体が造成できた。

なお、目視による観察では、いずれのケースにおいても改良体内部に極薄い割裂脈が数力所で見られた。

掘削時に採取した改良体の材令28日での一軸圧縮強度試験結果は、ケース1については平均値で $q_{u28}=120\text{kN/m}^2$ 、ケース2においても $q_{u28}=150\text{kN/m}^2$ となり、目標値を上回った。

#### 5. まとめ

誘導式水平ボーリング技術を用いた薬液注入工法の開発のため、削孔と薬液注入の両方ができる二重管構造のロッドおよび薬液注入モニターを試作し、これらを組み合わせたシステムの検証実験を行った。その結果、水平ボーリングの削孔精度は十分にあること、浸透注入が可能であることが確認できた。

今回の実験結果から、この注入システムでの比較的深度の浅い箇所への薬液注入制御に関する見通しを得ることができた。今後さらに薬液注入モニターなどの細部の改良を行い、本注入システムを確立していく予定である。

#### 参考文献

- 1) 例えば、相河清美他「自在ボーリングを用いた地盤改良工法の開発」, 第56回土木学会年次学術講演会, pp.660～661, 2001
- 2) 鈴木毅彦他「誘導式水平ボーリングによる水平薬液注入技術の基礎試験(1)」, 第5回地盤改良シンポジウム, pp.81～84, 2002

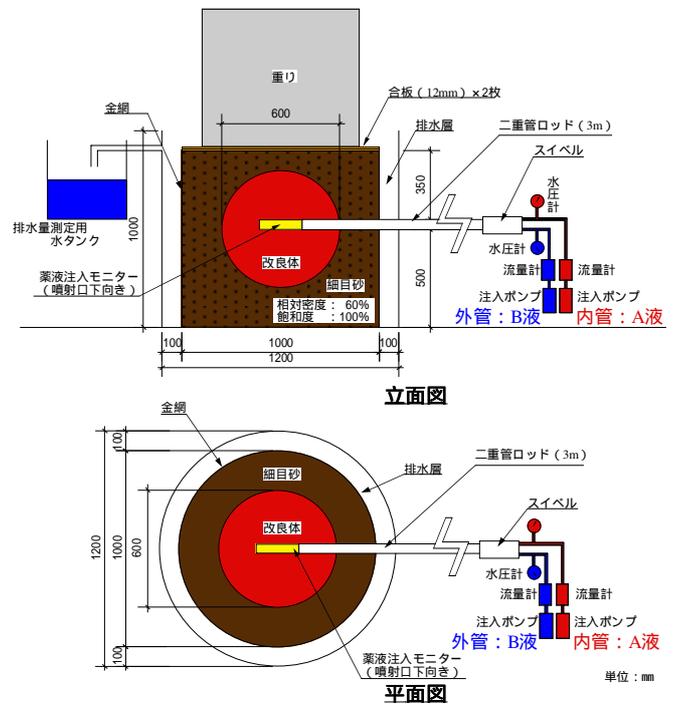


図-3 実験概要図



写真-1 改良体の造成状況（ケース2）