

III-316

薬液注入による地盤隆起観測結果

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 藤沢 一
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 土井博巳
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 斉藤敏勝

1. まえがき

薬液注入は、その施工の簡便さから地盤補強工事として多く用いられている。とりわけ、輻輳する空間での都市土木工事では、薬液注入は必要不可欠な補助工法となっている。しかし、薬液注入は既設構造物に近接して施工することが多いため、注入に伴い地盤、あるいは近接構造物が変状するという施工管理上大きな問題がある。今回、鉄道高架橋のほぼ真下を通過するシールドトンネル工事において、薬液注入による鉄道高架橋の隆起観測結果をまとめ、注入と地盤隆起量との関係について検討したので以下に報告する。

2. 工事概要

本工事は、圧気工法、薬液注入工法の補助工法を併用する鉄道複線型の円形大断面シールドトンネル工事である。シールドの外径は12.5m、土被りは約12～18mである。今回計測を行った箇所の断面図を図1に示す。地層は上から盛土、沖積層(As)、武蔵野層相当層(Ds1, Ds2, Dm1)、洪積層(Ds2, Dm2)、東京礫層(Ds2, Dg4)となっている。薬液注入は武蔵野層相当層(GL-8m～18m)と東京礫層(GL-25m以深)の一部に行っている。以下、この武蔵野層相当層について述べる。武蔵野層相当層(GL-8m～18m)は、層の中間部がN値約20～30程度であり、上部と下部はN値50でよく締め固まっている。粒度分布は、上部が粗砂～中砂、下部が細砂である。粒径加積曲線を図2に示す。透水係数は、GL-15m付近で 6.29×10^{-5} cm/sec(注水法)、 2.26×10^{-5} cm/sec(回復法)である。注入はパイロットトンネルより二重管ロッド複相工法で行った。注入孔の配置は、注入範囲縁端で1.0m間隔、シールド進行方向に対して0.75mを標準とし、千鳥配置とした。注入薬液は、溶液型水ガラス系を用い、ゲルタイムは瞬結約10秒、緩結約10分、注入速度は約10 l/minである。注入圧力(自記流量圧力計による)は、各ステップ最終30秒間の平均値でみると、約8～10 kgf/cm²の値を示し、GL-16mで測定した間隙水圧(1.26 kgf/cm²)の約6～8倍の範囲にある。注入量を注入対象範囲で除した注入率は約20%であった。高架橋の隆起量は、シールドが鉄道高架橋のほぼ真下に位置する延長約100m間にわたり、ラーメン式橋台と高架橋の柱に沈下計を設置し観測した。また、沈下計を設置した約100mの区間で注入効果の確認のために、図1に示すように調査ボーリングを行い、試料を

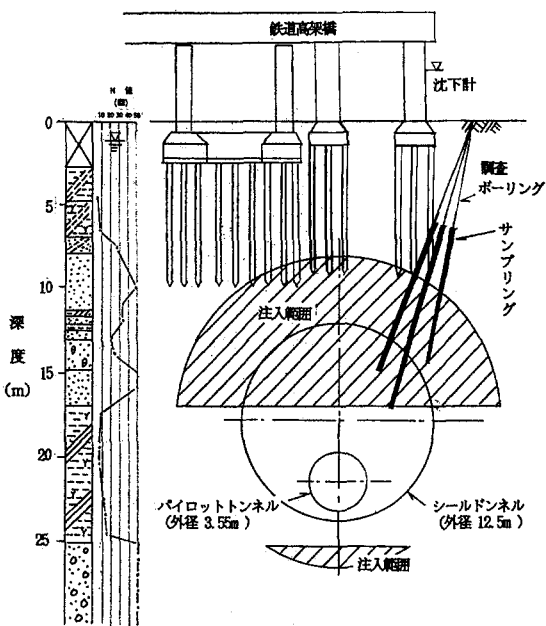


図1 断面図

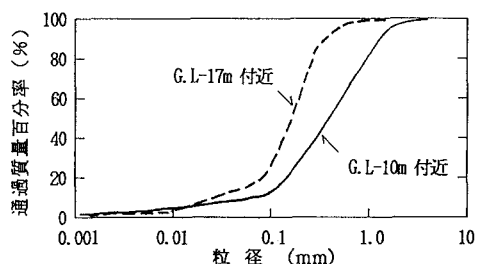


図2 粒径加積曲線

採取し、採取試料に含まれる注入薬液成分のシリカを分析¹⁾して注入率を求め、地盤内の注入状況を検討した。

3. 隆起観測結果

観測結果では、15箇所に設置した高架橋の沈下計は最大約10～30mm隆起した。今回、その中でも比較的隆起量が大きいラーメン式橋台に設置した沈下計の結果をまとめた。図3に隆起量と注入量の関係を示した。注入量はラーメン式橋台を中心とした前後13個（トコ糸方向約10m 間）のバロットメントからの注入量である。高架橋は注入と同時に隆起し始め、隆起量と注入量の関係はほぼ比例関係にあり、注入が終了まで隆起量は約25mmまで増大した。注入が終了すると隆起は止まり、その状態が約30日間続いた後、約10mm沈下し隆起量は約15mmまで下がり、その後はその状態で収束している。他の計測地点も同様の傾向を示しており、トンネル直上部はほぼ15～20mm前後隆起した。トンネル横断方向の地盤隆起範囲は正確にはわからないが、図4のように推定し、隆起体積と注入量の関係を求めると、隆起体積は注入量の約3%程度になった。

4. 注入率

注入後に計7本のボーリングを行い、48試料の注入率を求めた。注入率は、試料に含まれる注入薬液成分の非晶質シリカを分析することにより求めた。分析結果の注入率頻度分布図を図5に示す。注入率の平均値は18%になり、注入量から求めた値（約20%）とほぼ同じ値になった。しかし、グラフをみると平均値が最頻値にならず、0～30%間がほぼ同じ頻度になり、特に10%以下の低注入率の試料の多いことが目立つ。こ

の結果から、薬液の注入状況を推察すると、薬液は地盤、並びに注入の不均一性により、かなりのバラツキをもって注入されている。そして、低注入率の度数が高いことからみて、割裂注入が優勢を示す範囲がかなりあり、薬液が回っていない未注入部分が多いと考えられる。

5. あとがき

高架橋隆起量と注入量の関係、並びに地盤内の薬液の注入状況から、以下のことが考えられる。かなり小さい透水係数の地盤に10ℓ/minで注入したことにより、間隙水圧、並びに有効土被りに比べてかなり高い圧力で注入された。このため、注入圧で地盤を隆起させながら注入することとなった。また注入形態は注入率度数分布図のように、浸透注入と割裂注入が混在する状況で注入されたと考えられる。そのために割裂注入部分の薬液体積が注入に伴い漸次増加したため、隆起量と注入量がほぼ比例関係を示したものと考えられる。

《参考文献》1) 藤沢他、ボーリング採取試料から得られる注入効果の分析とp-tチャートの検討、薬液注入工法における注入効果の予測確認手法に関するシンポジウム、土質工学会、平成5年3月

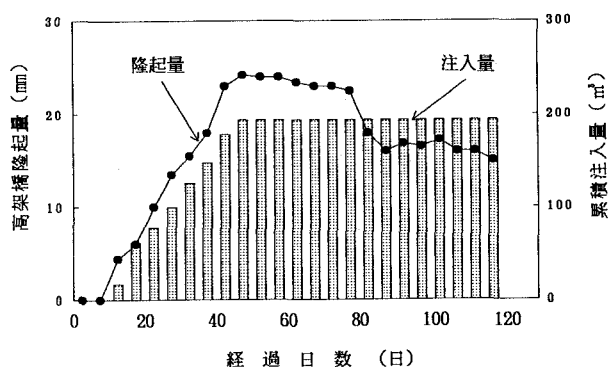


図3 高架橋隆起量と注入量の関係

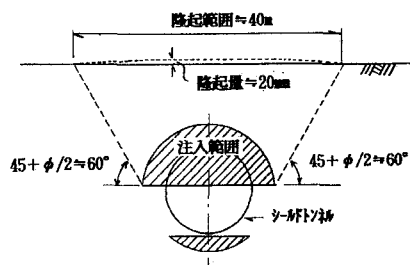


図4 推定地盤隆起範囲

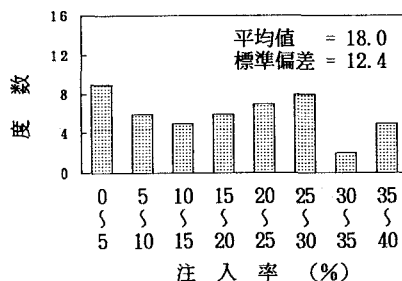


図5 注入率度数分布図