MM（みなとみらい）線シールド漏水止水工事施工報告

横浜高速鉄道㈱ 三堀 健一
エスティーキコウ㈱ 正会員 ○中村 勝利
日本ｼﾋﾞｯｸｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ㈱ 斎藤 正幸

1．はじめに

MM（みなとみらい）線は、鉄道建設・運輸施設整備支援機構により横浜～元町・中華街駅間全長 4.1km をシールド工法で施工し 2001 年に竣工、横浜高速鉄道㈱で運行営業されている。本工区のシールドは複線、セグメント外径 9.8m、内径 9.3m、セグメント幅 1.2m、セグメントは NM セグメント（2 次覆工省略型・嵌合方式合成セグメント）が使用されている。しかしながら、トンネル内の変状経年計測の結果、変形が生じた事がわかり継手部から漏水が発生した。変形は収束している状況にあるが漏水はトンネルクラウン部からも発生しており直下のレール・ボルトを発錆腐食させていた。さらに、周辺は海である為海水を含む地下水が高水圧下で作用しており、漏水は止まらず鋼材腐食も危惧された。維持管理上の観点から緊急止水工事を行なう事になった。

2．現場状況

現在、止水工事はトンネル内で数ヶ所行なわれているが導水樋によりトンネル両サイドに水を逃がす方法を取っていた。しかし今後の補修工事を行なう上で導水樋が障害になる為、できる限り現状のままで止水したい希望があった。本セグメントは継手部に２段でコーキング式水膨張性シール材が介在しているが、漏水箇所に於いては目開きが生じており水膨張したシール材は自己膨張のみで接面圧が作用していない為十分なシール効果が得られていない状況にあると推測された。セグメントシール材の止水設計理論は、大塚・塩冶・小林・小泉らの研究[1)]によるとパッキン理論によるシール材の溝封入時に接面応力が大きく止水に寄与する事が提案されている。今回の場合コーキング式水膨張シール材が使用されている為、シール材の膨張率が止水性能に大きく影響していると考えられた。

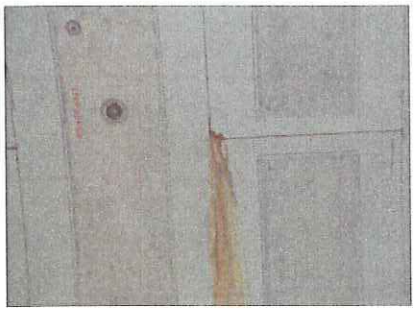

写真-1 漏水部

写真-2 漏水によるレールの発錆

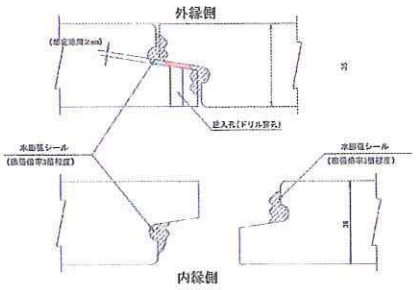

図-1 嵌合継手詳細

3．工法選定

止水工法選定にあたり、以下の項目をクリアする必要があった。

① 小さい隙間に充填出来る材料である事。
② 既存のシール材は残す。
③ 変形は収束しているので強度が出る材料を充填したい。
④ 営業線なので工事時間の制約。（中途半端では作業終了出来ない）
⑤ 営業中に材料の滴落下などで列車運行事故を起さない。

以上より施工検討した結果、

キーワード ｼｰﾙﾄﾞﾄﾝﾈﾙ，漏水止水，高粘度材料，高圧注入，ひび割れ補修
連絡先 〒328-0123 栃木県栃木市川原田町 1230-5 ｴｽﾃｨｰｷｺｳ㈱ 高圧止水開発事業部 ＴＥＬ0282-22-8857

充填材料：高粘度エポキシ樹脂（ｺﾆｼ E209）　注入充填方法：高粘度高圧注入（ｴｽﾃｨｰｷｺｳ㈱）

エポキシ樹脂（高粘度）の利点

① 可使時間が早い　② 圧縮・引張強度が高い　③ 鋼材との接着性が良好　④ ③より止水性も向上する

注入充填方法

隙間無く短時間で充填出来且つ高粘度材料を高圧注入可能な高粘度高圧注入とした。この技術は国内ではあまり例を見ない為今回採用された。

4．施工

施工は終電到着後線閉・機電停止後からの作業となり実質 3 時間程しか作業時間が取れない状況にあった。作業手順は 1 日目:注入ﾌﾟﾗｸﾞの加工取付、2 日目:高圧注入充填、3 日目:ﾌﾟﾗｸﾞ撤去塗装復旧で組立足場の関係上 1 ヵ所の施工に 3 日間を要した。

樹脂注入は、図-2 の様に漏水点がセグメント間とリング間の添接部である為 T 字型に注入を施した。注入孔は、エアー抜きを兼ねるため逆止弁を付けない特注の注入ﾌﾟﾗｸﾞを落下防止の為仮溶接し固定した。（写真-3）

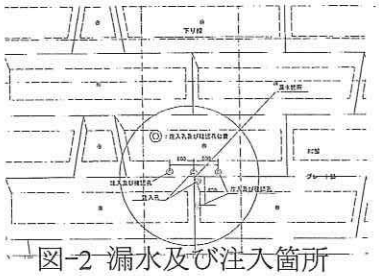

図-2 漏水及び注入箇所

継ぎ目シールを行い、翌日注入充填を行なった。（写真-4）注入機は最大圧 40MPa まで加圧する事が出来るが今回は 25MPa 程度の圧力で高粘度エポキシの粘性を利用しながら空隙に残存した水を押し切りエアーを抜きながら充填を行なった。（写真-4）注入量は設計注入量 216(g)（設定継目隙間：2mm）に対し、1 箇所目は 480(g)／約 15 分、2 箇所目は 800(g)／約 25 分で充填を完了した。設計量に対し 2.2 倍、3.7 倍の充填量であった。設計に対し目開きが大きく小さい隙間まで充填されたと思われる。施工後、約 1 年経過後も漏水は発生しておらず、合成セグメントに於ける鋼材の温度変化による膨張収縮にも追従できたことが確認された。

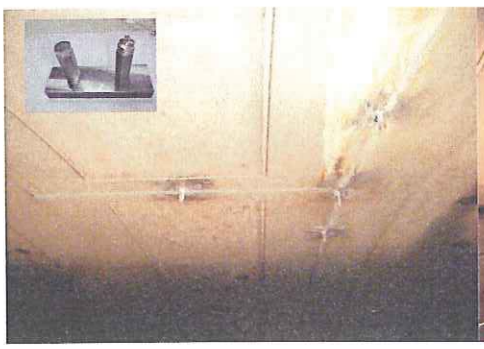

写真-3 注入用ﾌﾟﾗｸﾞ取付状況

写真-4 ｴﾎﾟｷｼ高圧注入状況

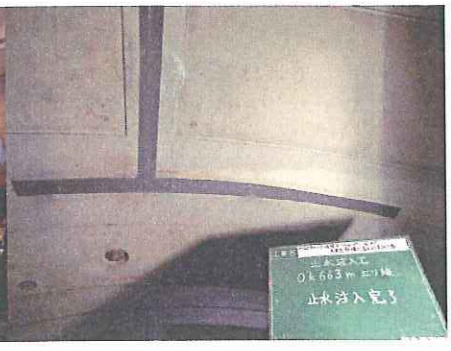

写真-5 充填完了状況

5．本工法の展望

本工法は、エポキシ樹脂のみならず高粘度系の材料（コーキング材系等）高圧注入が可能であり、さまざまな構造物への応用が可能となった。また、躯体厚が厚い土木構造物のエポキシ樹脂クラック注入に関してはひび割れ幅が 1.0mm を超える場合に於いても、現状の低圧注入では不可能であった深さ方向へ注入範囲[2)]の対応が可能となり高粘度エポキシ樹脂を使用することで樹脂流れを起さずに確実な注入が可能となった。また今後の維持管理補修分野に於いてさらに改良研究を重ねていく所存である。

参考文献

1) 大塚正博・塩冶幸男・小林亨・小泉淳：シールド工事用セグメントの水膨張シール材による止水設計法について, 土木学会論文集　No.651/VI-47,61-79,2000.6

2) 村上祐治・堤知明・久 修：コンクリートのひび割れ注入材料の特性, 第 65 回年次学術講演会概要集　2010 年 9 月,V-393　P785-786