

## 北九州モノレール補修工事の施工報告

(株)富士ピー・エス 九州支店 正会員 ○管谷晃彦  
 (株)富士ピー・エス 九州支店 正会員 三角哲也  
 (株)富士ピー・エス 九州支店 正会員 内野修治

### 1. はじめに

北九州モノレールは、開業から約30年を経てPC軌道桁や橋脚などに経年劣化が顕在化し、劣化対策や耐荷力・耐震性確保の対策として平成23年に「北九州モノレール長寿命化計画」が策定された。本工事は、「北九州モノレール長寿命化計画」に基づく補修工事である。

工事は、深夜24:30～4:30の「き電停止時間」の間で施工しなければならず、また、施工箇所は夜間でも比較的交通量が多い国道322号線の上空にあることから、第三者災害の防止には特に注意が必要であった。

本報告では、補修工種のなかで最も規模が大きく、全体工程を支配する「ひび割れ注入工」について、事前確認試験と作業工程、作業時の安全対策について紹介する。

### 2. 工事概要

図-1にモノレール路線略図、図-2に軌道桁構造と施工状況、写真-1に全景を示す。

工事名：都市モノレール小倉線PC桁他補修工事(24-1)

工事場所：北九州市小倉南区北方四丁目(競馬場前駅～守恒駅間)

構造形式：ポストテンション方式PC単純桁橋

モノレール形式：跨座式モノレール

工事期間：自) 平成25年2月14日

至) 平成26年1月31日

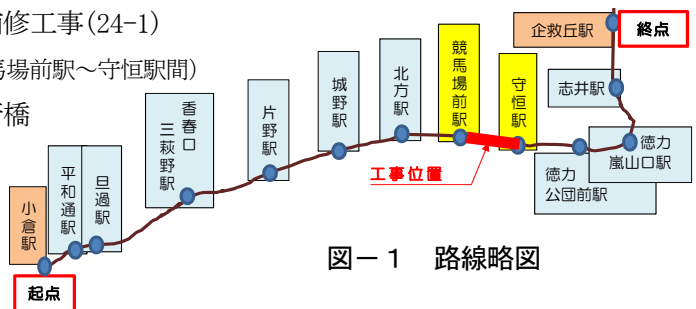


図-1 路線略図

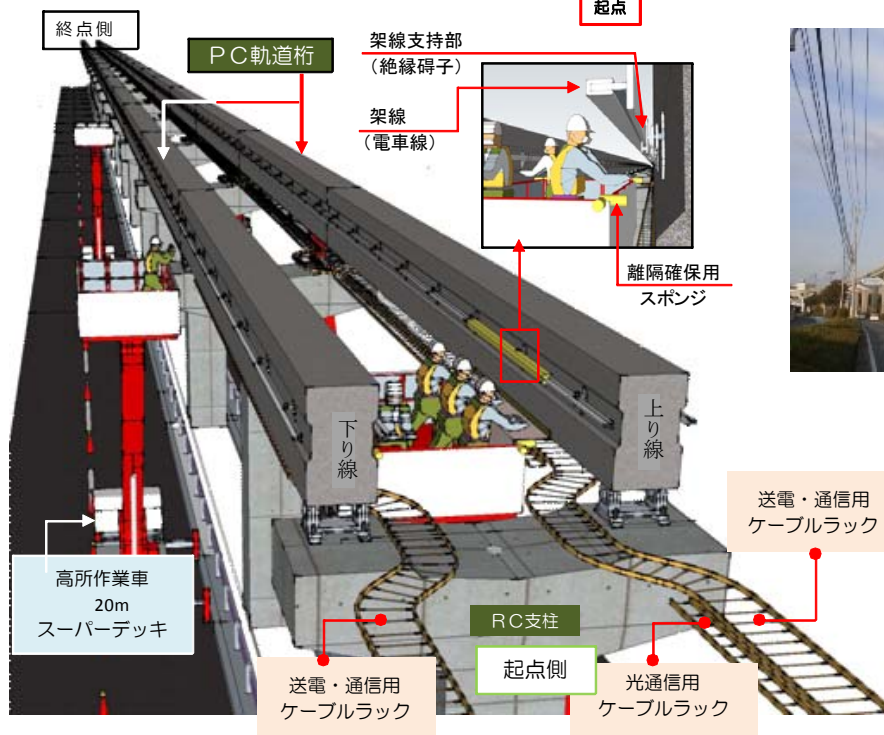


写真-1 全景

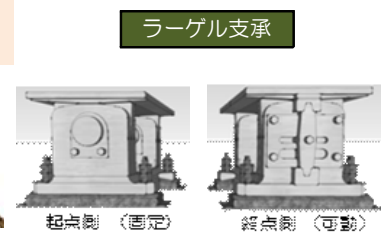


図-2 軌道桁構造と施工状況

表-1に、本補修工事の工種と事前確認、および、使用材料について、表-2に補修対象構造に対応した工種を、図-3に補修対象の桁・支柱の番号を示す。

表-1 工種・事前確認・使用材料

補修箇所	工種	事前調査・確認試験	使用材料
PC 軌道桁	ひび割れ 注入工	・ひび割れ劣化損傷・延長数量確認 ・注入樹脂硬化時間確認 第1回(3月)・第2回(6月)・第3回(9月) (第1回:注入樹脂・シール材選定)	注入樹脂 シール材 注入器 ・速硬性アクリル系樹脂 ・速硬性Eポキシ系樹脂 ・ゴム式低圧注入器
	表面含浸工	・含浸後、疎水層厚(含浸深さ)確認 (支柱部にて含浸代替・コア採取)	含浸材 ・アルキルアミンシリコン系含浸材 (高浸透タイプ)
支柱 (梁部)	断面修復工	・断面欠損・脆弱部・数量確認	断面修復材 ・ポリマーセメントモルタル
	ひび割れ 注入工	・ひび割れ劣化損傷・数量確認 ・施工中、断面修復材圧縮強度確認 ・断面修復材・付着強度確認	注入樹脂 シール材 注入器 ・3種Eポキシ樹脂 ・Eポキシ系シール材 ・ゴム式低圧注入器
	表面含浸工	・含浸後、疎水層厚(含浸深さ)確認 (支柱梁・含浸面にてコア採取)	含浸材 ・アルキルアミンシリコン系含浸材 (鉄筋腐食抑制タイプ)
支柱 (梁部)	剥落防止工	・剥落防止材・付着強度確認 ・剥落防止材塗布面・DRY時膜厚確認	剥落防止材 ・厚膜柔軟形シリコン/ウレタン系剥落防止システム
支承	塗装工	・旧塗膜(塗装前の塗膜)成分検査 ・再塗装材塗布前、セーフ付着テスト ・膜厚管理(WET、DRY)	下塗り材 中上塗り材 ・錆転換型防食塗装材 ・シリコン変性Eポキシ樹脂
PC 軌道桁	嵩上げ工	・3Dデジタルスケヤナー測量 事前に結果精度の信頼性を評価 ・事前練り混ぜ・硬化性状の確認	早期解放型 モナリスキット ・メタクリル(MMA)樹脂

表-2 補修対象構造と工種

補修箇所	工種	施工箇所
PC 軌道桁	ひび割れ 注入工	2104桁~2122桁の上下線 (2105桁の鋼桁は除く) 全36桁
	表面含浸工	
	嵩上げ工 (支柱上の桁端)	下り線:2P108~2P115 上り線:2P108~2P115&2P119 全17支柱上
支柱	断面修復工	10支柱 (=剥落防止工)
	ひび割れ 注入工	2P107支柱~2P122支柱梁部の補修工 全16支柱
	表面含浸工	上面含浸のみ=10支柱 (=剥落防止工) 全面含浸工 = 6支柱
	剥落防止工	2P108、2P109、2P113~2P116 2P118、2P119、2P121、2P122 10支柱
支承	塗装工	2P107~2P122支柱上支承 全64基

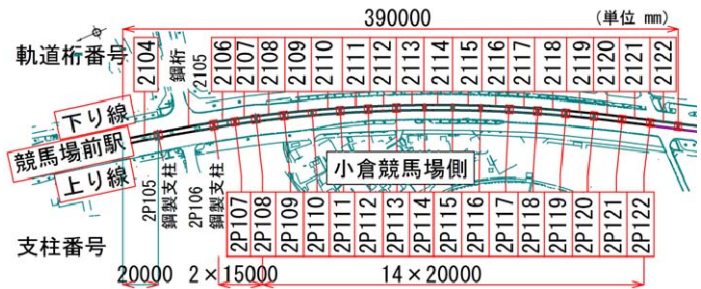


図-3 補修対象の桁・支柱の番号

### 3. 軌道桁ひび割れ注入工の事前確認と施工方法について

施工は、き電停止時間 0:30A.M.~4:30A.M.の間で、一連の作業を完了させるまで(前後の準備・片付け時間を考慮して)、最大3時間30分しか確保できない。そこで、事前に注入樹脂の可使硬化時間や、シール材の選定とともに注入作業時間を確認する試験を実施した。

#### 3.1 事前確認試験

注入樹脂には速硬性アクリル系樹脂を使用するものとし、現地で温度-可使硬化時間の関係を「コンクリート構造物補修用有機系ひび割れ注入材の試験方法(案)JSCE-K 541-2013」にて予め確認した。図-4に測定方法を、図-5に結果グラフを示す。温度 23.5℃で、注入樹脂の可使硬化時間は、それぞれ練り



図-4 注入樹脂可使硬化時間測定方法

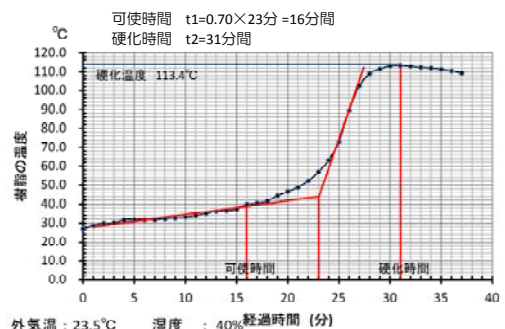


図-5 注入樹脂の可使硬化時間

混ぜ終了から 16 分間、31 分間（注入作業 40 分間）であった。次に試験体にて、3 種類のシール材を対象にひび割れ注入工の一連の作業を行い、作業性・作業時間の確認を行った。写真-2、写真-3 に試験状況を、表-3 に試験に用いた 3 種類のシール材の特性を示す。シール材選定では、樹脂の可使硬化時間、塗布性能、ケレン作業に優れている材料が求められ、かつ、季節に応じた使い分けも可能な材料 1 を選定した。

表-3 シール材の選定

材料番号	硬化開始時間	施工性
材料1	エポキシ樹脂系 5分タイプ 30分タイプ	伸びがあり押えやすい 適度な硬化時間で、施工性が良い。
材料2	エポキシ樹脂系 5分タイプ	硬化は早い伸びが少なく、1度に多量の練混ぜ不可。手間が掛かる。
材料3	エポキシ樹脂系 1時間	伸びが少なく、硬化時間が長すぎる。



写真-2 注入試験状況

### 3.2 作業時の安全対策

試験結果から軌道桁のひび割れ注入工程は図-6 の流れを設定し、高所作業車 1 台当り注入延長は 15~20m/日を目安として施工を進行した。

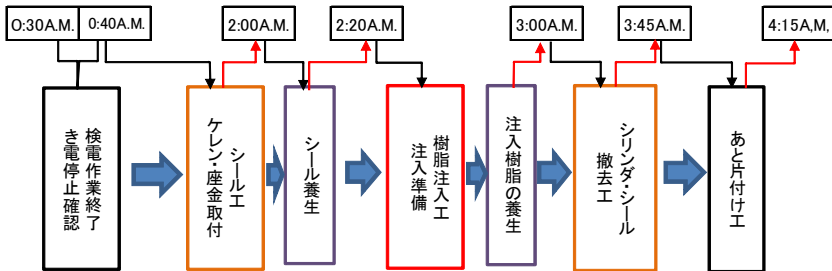


図-6 ひび割れ注入工程



写真-3 ケレン撤去状況

高圧で電気が流れている軌道桁の電車線（架線）は、0:30A.M. に「き電停止」されるが、残留電圧の可能性があるので、図-7 に示すように検電器にて確認し作業を開始した。電車線が加圧状態の場合には、モノレール会社の電力指令係へ連絡を入れ「き電停止状態であること」を再度確認し、支承アンカーボルトに繋いだブースターケーブルを電車線へ直接接して電圧を解放した後作業を開始した。

なお、交通規制開始時から作業終了まで、各作業パーティの班長は、作業開始・終了の報告や総指揮者の指示に迅速に対応できるように同時通話トランシーバーを携帯した。

施工中にはモノレールメンテナンスのため工作車が通行するが、基本的に、平行している 2 つの軌道桁のうち、工作車通過側の作業は行わないこととした。ただし、工作車が 1:00A.M. 頃通過し、帰りが 3:30A.M. 以降の場合で、工作車の通過可能状態（タイヤ通過面で座金・シール・シリンダが付いていない状態）とできる場合は例外とした。また、図-8 に示すように工作車の通過前は、高所作業車のデッキをすべて支柱梁下まで下げて待機し、工作車通過を確認した後に作業を再開した。

ひび割れ注入工の防音・集じん対策としては、高所作業車デッキの周囲を防音シートで覆い、注入後のシール材ケレン時には集じん機能付サンダーの使用、作業の背面には目合 1mm の防炎シートを配置した。落下物防止対策としては、図-9、図-10 に示すように、デッキの手摺に幅 45cm の養生板を取り付け、軌道桁側面に養生板を立てかけながら、桁側面の下方から上方に向かい作業を進行した。また、養生シートを養生板上に広げ桁底付近でテープで固定し、上方へ作業を進めながらシートも上方へ広げ、樹脂注入時や注入後の養生にも利用した。

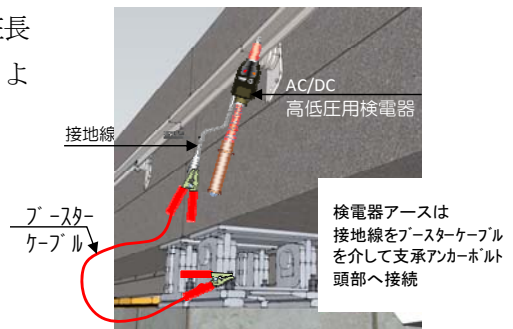


図-7 き電停止確認

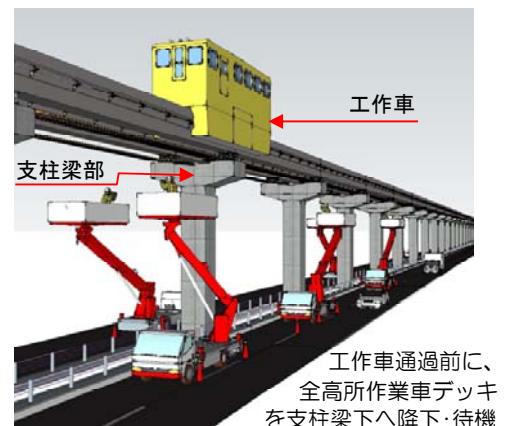


図-8 工作車通過時のデッキ待機

写真-4は注入後の養生状況を、写真-5はシール材ケレン撤去状況を示す。

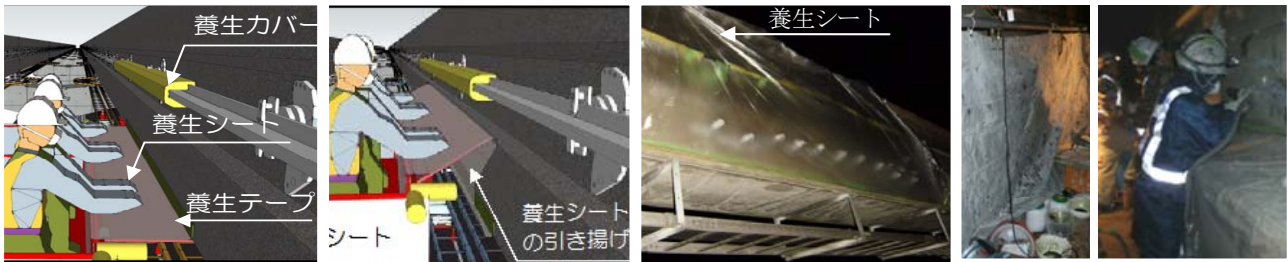


図-9 養生状況 図-10 養生移動 写真-4 注入後養生状況 写真-5 ケレン撤去状況

なお、事前調査では、軌道桁側面で1m間隔の区分におけるひび割れ延長の集計を行った。

施工中の注意事項を表-4に示す。注入工では、橋脚上作業の安全確保のため協議を経て工作車の利用が可能となった。



写真-6 ひび割れ注入工完了

表-4 施工における注意事項

①	電車線・ケーブルラックに乗らないこと
②	電車線・ケーブルラックへ安全帯のフックは掛けないこと
③	高所作業車使用に当っては下からの見張り員を配置すること
④	橋脚上の作業では別途アンカーをとり親綱・安全帯を必ず使用すること

#### 4. その他の補修工

軌道桁補修工では、全対象桁のひび割れ注入完了後に、シラン系の含浸材を表面に塗布し完了した。

支柱補修工では、図-11に示す施工の流れで、鉄筋腐食抑制型吸水防止剤のシラン系含浸材塗布とともに、断面修復部のある支柱へは剥落防止工を実施した。

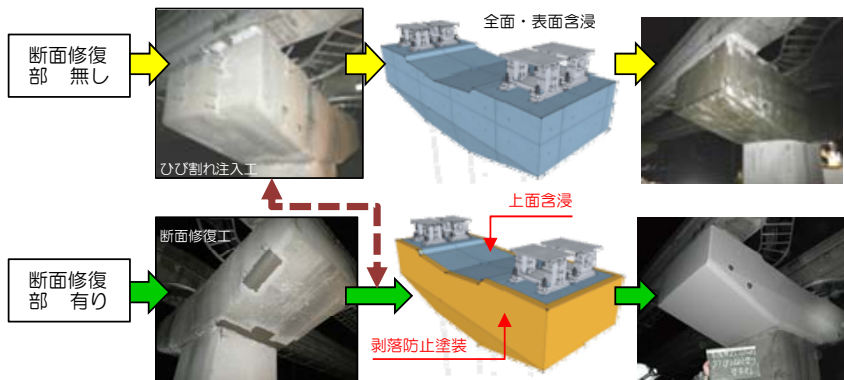


図-11 支柱補修工・剥落防止工

その他、軌道桁嵩上げ工では、経年変化で桁中央付近が反り上り桁端部に凹部が生じたため、桁端の前後5m区間をメタクリル樹脂(MMA樹脂)にて嵩上げを施した。また、支承塗装工では、経年劣化による浮き錆や塗装が剥離した支承に対し、高防食性の鍍転換型塗装を施した。

#### 5. おわりに

安全対策について、事前にモノレール会社の「き電停止確認に関する講習会」へ参加し、作業時の安全確保に関する指示を受けた。実際、き電停止後もモノレール桁の電車線が加圧された状態であったこともあるが、き電停止確認者は施工側職員で専属とし、その対処もスムーズに実施できた。また、工作車の運行と施工の間でトラブルも無く工事は進行した。ひび割れ注入時の落下物防止対策の一つである、デッキの手摺に設置した養生板は、デッキ内に養生資材を散乱させることもなく作業時・作業後の整理整頓などにも非常に有効であった。また、事前確認試験で得られた「作業工程と1日の注入可能延長量」は、当日の施工範囲の設定をはじめ、高所作業車配置位置・交通規制計画にも反映できた。

モノレール構造は軌道桁下に道路が走り、また、モノレール運行のため補修工事は深夜施工となる場合が多いものとする。き電停止や工作車の運行条件、軌道桁構造への高所作業車デッキ操作など、モノレール補修工事・固有の問題があるが、逐次、確認・打ち合わせを行い無事、工事を完了した。

最後に、工事進行に協力して下さった関係者皆様に深く感謝の意を表すと同時に、本報告が今後のモノレール補修工事に活かされれば幸いである。