

## 供用後40年経過した橋梁におけるグラウト充填状況に関する一考察

昭和コンクリート工業(株) 正会員 ○牧 武志  
 昭和コンクリート工業(株) 正会員 熊谷 三千夫  
 岐阜大学工学部 工学博士 森本 博昭  
 岐阜大学工学部 博士(工学) 鎌田 敏郎

### 1. はじめに

プレストレストコンクリート橋(以下、PC橋と呼ぶ)において、グラウトはPC鋼材とコンクリート部材を一体化し、かつPC鋼材を腐食から保護するという重要な役割を担っている。近年、グラウトの施工不良に伴うPC橋の不具合が報告されており、必ずしも前述の役割を果たすのに十分な施工が行われていない可能性が懸念され、PC橋そのものに対する信頼性が失われつつある。しかし、供用後数十年を経過したPC橋であっても確実な施工や品質管理が実施された橋梁であればPC鋼材を腐食から保護することは容易なはずである。

本稿は、撤去されたPC桁から定着部をはつり出し、さらに定着部を解体することによりグラウトの充填状況を実際に目視・調査した結果を報告するものである。

### 2. 橋梁概要

本橋梁は昭和40年3月に竣工されたポストテンション方式PC4径間単純T桁橋(セグメント工法)で、平成15年10月に解体・撤去されるまでの約40年間、長良川を跨ぐ道路橋として地域住民に貢献してきたが、近年の交通状況の変化に伴い、歩行者に対する安全性の確保などを目的に幅員の見直しがなされ、架替工事が行われることになった。このため撤去されたPC桁を用いてグラウト充填状況の調査を行った。橋梁一般図を図1に示す。

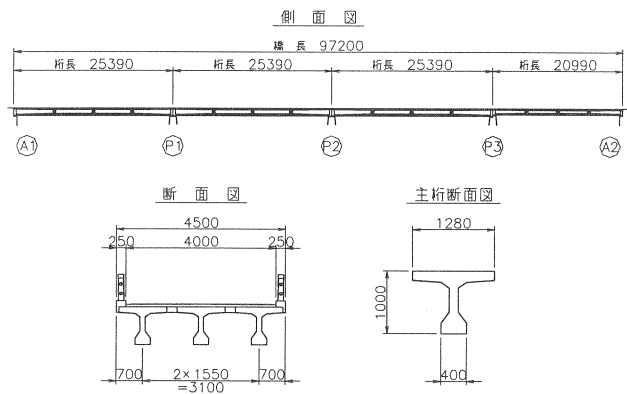


図1 橋梁一般図

本橋梁の定着工法にはMDC工法が用いられていた。当時の資料<sup>1)</sup>によれば、MDC工法には比較的大きなトランペットシースが用いられている。また、スパイラルコイルを使用することにより、PC鋼線が同一状態に挟持保持され、PC鋼線の引張力が平均化する

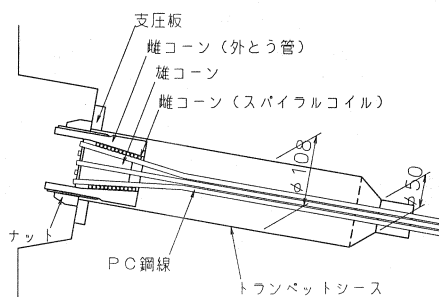


図2 MDC工法定着部

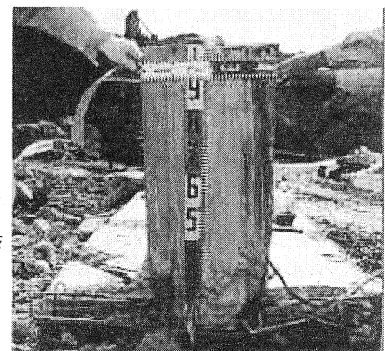


写真1 試験桁

と同時に安定することから効率的に緊張力を得られることが特徴的であると記されている。MDC工法定着部の概略図を図2に示す。

### 3. 材料特性値試験

施工当時の資料が一切現存していないことから、PC桁としての諸元を確認するために、以下に示す各試験を行った。

#### (1) コンクリートの圧縮・引張強度試験

主桁ウェブよりコア抜きした供試体（φ100×140）を用いてコンクリートの圧縮試験及び割裂引張試験を行った。その結果を表1に示す。本橋はセグメント工法であったことから比較的、高強度のコンクリートが用いられている事が予想されたが、試験の結果は全て40.0 N/mm<sup>2</sup>を超えており設計基準強度は40.0 N/mm<sup>2</sup>であったと推定される。これは施工当時の値<sup>2)</sup>である30.0 N/mm<sup>2</sup>を十分満たすものであった。

表1 コンクリートの圧縮・引張強度

供試体番号	圧縮強度	引張強度
1	40.7	2.2
2	43.1	1.8
3	44.6	2.8
平均	42.8	2.3

(N/mm<sup>2</sup>)

#### (2) PC鋼材及び鉄筋の引張強度試験

試験桁よりPC鋼材及びブスターラップ鉄筋を採取し引張強度試験を行った。その結果を表2に示す。主ケーブルには12-φ7mmが1主桁当たり4本配置されており、鉄筋はφ10mmのものが250mmピッチ程度で配筋されていた。PC鋼材、鉄筋共に引張強度は施工当時の値<sup>2)</sup>（PC鋼材1550.0 N/mm<sup>2</sup>、鉄筋400.0 N/mm<sup>2</sup>）を満足しており、また発錆などの腐食も見当たらなかった。

表2 鉄筋・PC鋼材の引張強度

供試体番号	鉄筋	PC鋼材
1	1701.0	446.7
2	1701.0	445.2
3	1782.5	437.5
平均	1728.2	443.1

(N/mm<sup>2</sup>)

#### (3) 塩分含有量試験

本橋梁は積雪地域に架かる橋梁であった為、冬季には融雪剤の散布が頻繁に行われており、塩化物の影響によるコンクリートの劣化が懸念された。そこで耳桁外側の床版部をコア抜き（φ100×170）し、JCI-SC4<sup>3)</sup>に基づき床版上面から20mmピッチ毎に4層まで全塩分含有量を測定した。その結果を図3に示す。どの層においても発錆限界塩化物イオン量1.5kg/m<sup>34)</sup>の3%未満となっており、塩分の浸透はほとんど進んでいなかった。

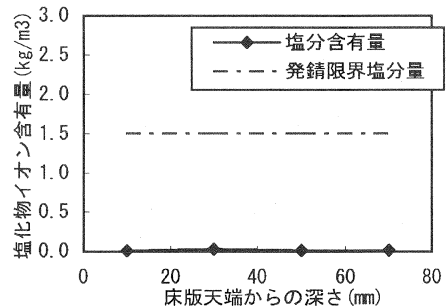


図3 塩分含有量

#### (4) 中性化試験

解体した主桁を用いて中性化試験を行った。

(写真2, 3) 主桁ウェブで3~5mm程度、床版下面においては中性化の進行は全く見られなかった。



写真2 主桁ウェブ中性化試験

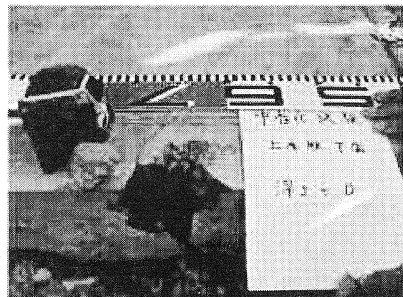


写真3 床版下面中性化試験

これらの試験の結果からこのPC桁が当時の示方書の仕様に基づいて製作された、非常に密実で高品質なコンクリート製品であったことが伺える。

#### 4. 定着具内のグラウト充填状況確認

供用中のPC橋においてシース内のグラウト充填状況を計測する非破壊試験として、サーモグラフィ計測、弾性波伝播速度計測、超音波伝播速度計測などの各試験が現在考案されている。今回、この中からシース断面内の全体的なグラウト充填状況を測定することが可能である超音波伝播速度試験を事前に行い、目視検査で得られる結果との比較を行うこととした。

##### (1) 超音波伝播速度計測 (非破壊試験)

主桁から取り出した定着具を用いて超音波伝播速度計測を行い、グラウトの充填状況の確認を行った。測定方法としては、トランペットシースの上下方向 (A-A)、水平方向 (B-B) のそれぞれについて橋軸方向に5 cmピッチ毎に伝播速度を計測し、空隙部の有無を確認することとした。その結果を図5に示す。上下左右、各断面において伝播速度の違いは小さく、特に大きな空隙の存在は確認できなかった。

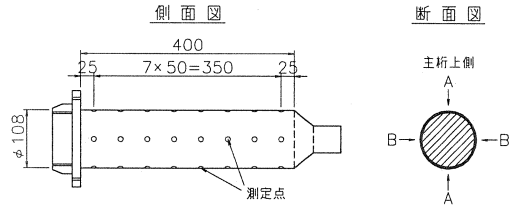


図4 測定箇所

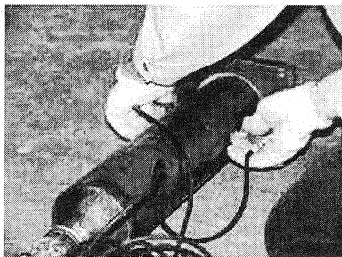


写真4 超音波伝播速度測定状況

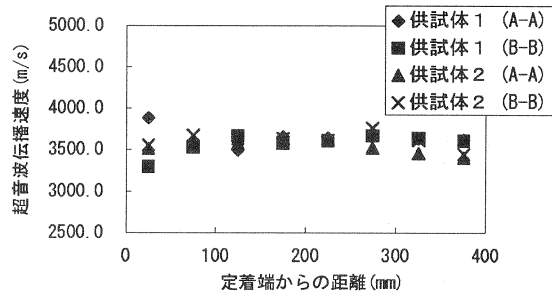


図5 超音波伝播速度

##### (2) トランペットシース解体による目視検査

厚さ1 mm程度のトランペットシースの鋼製表面部を取り除き、目視にてグラウト充填状況確認を行った。その結果、トランペットシース上面に長さ37 cm×高さ2.5 cm程度 (体積比11%) の空隙が見られた (写真7)。しかしPC鋼材自体はグラウトに覆われており腐食は一切見当たらなかった (写真9)。またトランペットシース下面には施工時に侵入したとみられる水分による発錆が見られたが腐食の進行はしておらず、グラウトも表面を茶褐色に染めるのみで異常は見られなかった (写真8)。また、トランペットシース近辺のシースには密実にグラウトが充填されていた (写真10)。

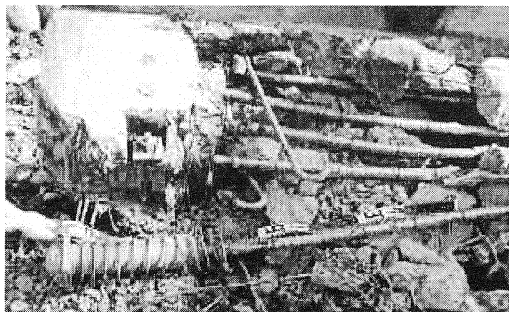


写真5 PC鋼材配置

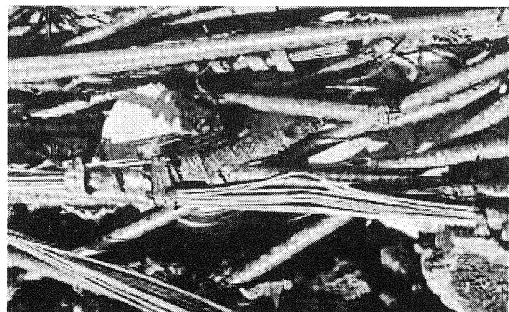


写真6 PC鋼材

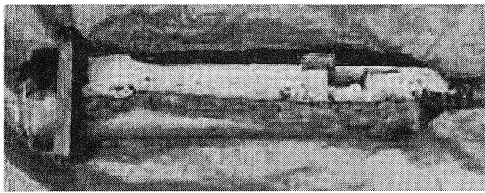


写真7 トランペットシースの空隙

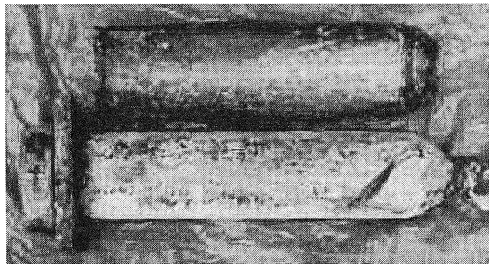
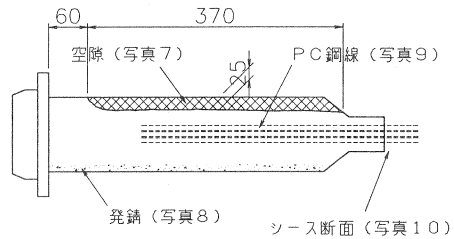


写真8 トランペットシース下面の発錆

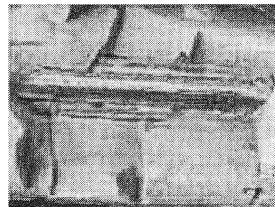


写真9 グラウト内のPC鋼材

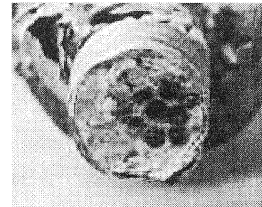


写真10 シース断面

## 5. まとめ

以上の試験及び調査の結果より、以下の考察が得られた。

- ・目視の結果、トランペットシース内に空隙が見られたがPC鋼材に腐食は生じていなかった。これは使用されたトランペットシースの径が比較的大きいものであったため、部分的に空隙が生じてもPC鋼材を覆うのに十分な体積を有していた事が有利に働いたと考えられる。また、トランペットシース下部にはグラウト充填前に侵入したと思われる水分による発錆が見られたが、この発錆もグラウト表面を赤褐色に染めるだけの影響しかなく、グラウトはもちろんの事、PC鋼材の腐食も見られず、シース自体の腐食の進行も無かった。これらの事はシース内に多少の空隙があっても良質のグラウトでPC鋼材が覆われてさえいれば、防触効果を充分果たす事を示している。また、同様の理由で仮にブリージングが生じていたとしても、PC鋼材は十分に保護されていたことが推察される。

- ・現行の設計手法においては、主ケーブル定着部付近には様々な部材が交錯することから、MDC工法のように大きなトランペットシースを有する定着具を配置するのは困難である。しかし、グラウトをあと施工にて行う場合には、その施工と確認が困難であることを考慮すればフェイルセーフ的な意味合いも含めて、太径の定着具を用いるのは有効な手段であると考えられる。

- ・供用中にある橋梁において、グラウト充填状況の検査を行った際に空隙部が認められれば全てグラウト再充填を行う必要があるという考え方もあるが、今回の例が示すようにシース内の空隙が必ずしも鋼材の腐食に繋がるとは限らず、再充填の判断をする際には注意が必要である。

- ・今回行った超音波伝播速度試験においては、目視にて確認された空隙が確認できなかった。これは測定機器の周波数の影響によるもので、超音波の伝達がシースの直径方向ではなく円周方向に進んだことが推測される。今回用いた機器は周波数50kHzのものであったが、今回のようにシースとグラウトが一体となった部材を計測する際には、より低周波のもの（10kHz程度）を使用する必要があったと考えられる。

### <参考文献>

- 1) PC定着工法 1982年改訂版：社団法人 プレストレストコンクリート技術協会
- 2) プレストレストコンクリート設計施工指針：土木学会 昭和36年
- 3) コンクリート構造物の腐食・防食に関する試験方法ならびに基準（案）  
：社団法人日本コンクリート工学協会 JCI-SC4「硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法」
- 4) 建設省総合技術開発プロジェクト コンクリートの耐久性向上技術の開発  
：財団法人 土木研究センター 平成元年5月