

建設から60年が経過したポストテンション方式PC橋の健全性調査報告

(株)日本ピーエス 正会員 工修 ○天谷 公彦
 (株)日本ピーエス 正会員 原 幹夫
 (株)日本ピーエス 正会員 工博 濱岡 弘二
 (株)エッチアンドビーシステム 木下 尚宜

1. はじめに

十郷橋は、わが国初のポストテンション方式のPC道路橋で、昭和28年6月に福井県坂井郡東十郷村に架橋された。建設から60年が経過した現在でも、県道として供用されその機能を果たしている歴史的な橋梁である。

建設当時の十郷橋の外観を写真-1に示す。十郷橋は3ブロックのセグメント工法で建設されており、工場で製作したプレキャストセグメントを運搬、接合、緊張し、グラウト作業後に二又を用いて架設された。PC鋼材の緊張作業の状況を写真-2に示す。主ケーブルには12φ5のPC鋼材が用いられており、緊張作業は水圧を用いた緊張ジャッキで行われた。

今回、60年という節目にあたり十郷橋の健全性調査を実施した。調査では、外観目視調査と非破壊検査を実施し、十郷橋の劣化・損傷の状況、コンクリートの品質、グラウト充填性について評価を行った。本報告では、これらの調査結果について報告する。



写真-1 建設当時の十郷橋



写真-2 緊張状況

2. 十郷橋の構造諸元

十郷橋の構造一般図および調査箇所図を図-1に、構造諸元を表-1に示す。十郷橋は、橋長7.850m、桁長7.800m、有効幅員7.500m、斜角60度のポストテンション方式単純PC床版橋である。コンクリートの設計基準強度は、主桁が375kgf/cm²、横組が250kgf/cm²のものが用いられた。主ケーブル、横締めケーブル共に12φ5のPC鋼材が用いら

表-1 十郷橋の構造諸元

橋長	7.850m	
桁長	7.800m	
支間長	7.170m	
総幅員(有効幅員)	7.900(7.500)m	
主ケーブル	12φ5フレシネーケーブル-2本/桁	
横締めケーブル	12φ5フレシネーケーブル-7本	
コンクリート強度	主桁	375kgf/cm ²
	横組	250kgf/cm ²

れており、PC鋼材を挿入するダクトは、型枠内の所定の位置に中詰めしたゴムチューブを配置し、コンクリート硬化後に抜き取ることで形成している。そのため、主桁内部にシーすは配置されていない。

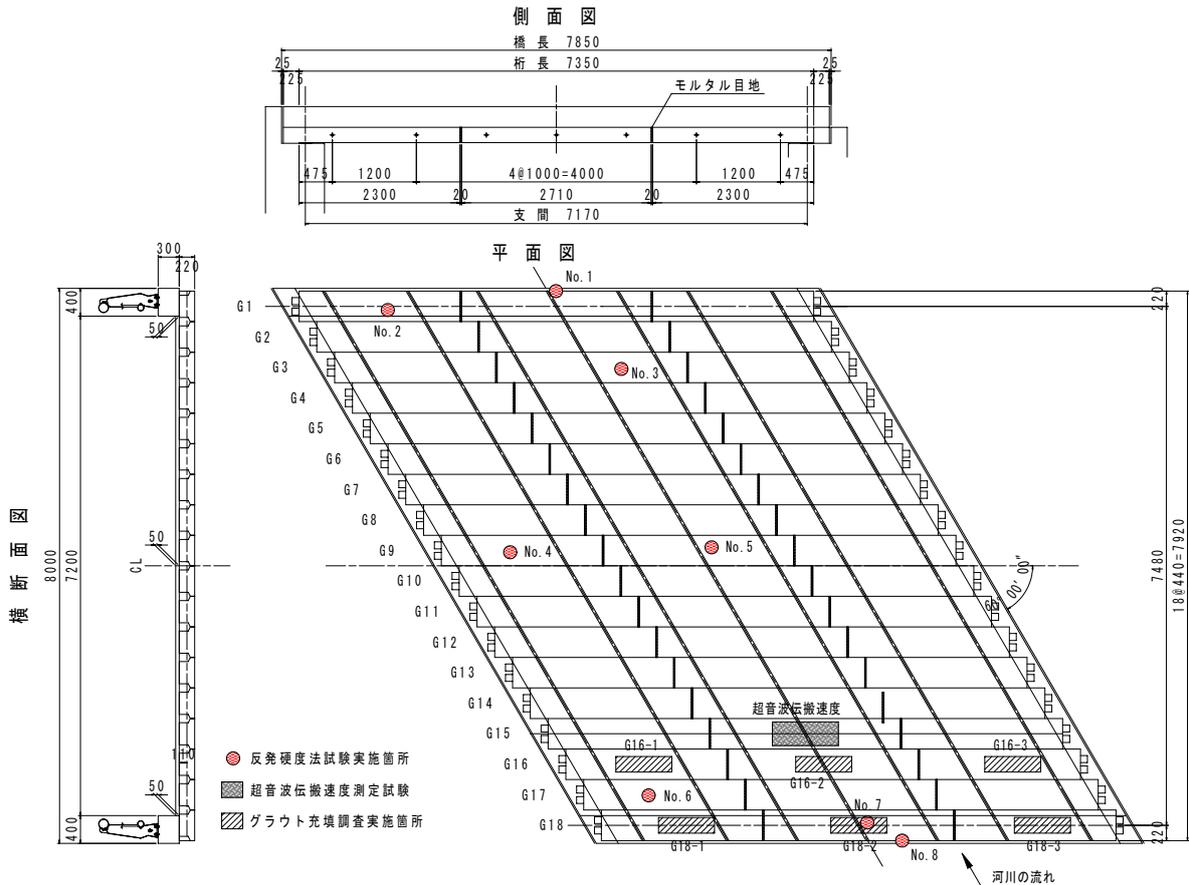


図-1 十郷橋の一般図（復元図）および調査箇所図

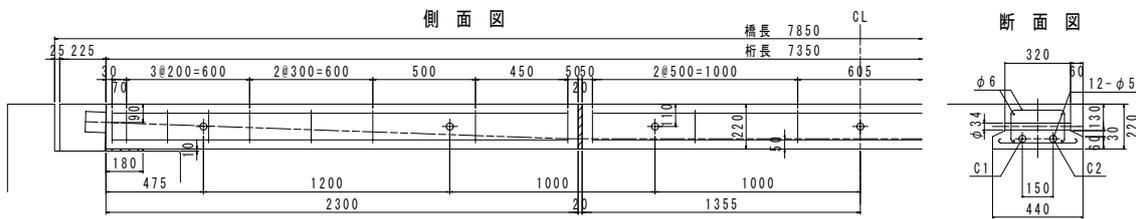


図-2 十郷橋の主桁詳細図（復元図）

3. 調査項目

十郷橋で実施した調査項目の概要を以下に示す。3.2~3.4の各項目の調査箇所は図-1に示す通りである。

3.1 外観目視調査

十郷橋の外観目視調査および打音調査を実施し、劣化・損傷の発生状況を確認した。

3.2 反発硬度法試験

反発硬度法試験は主桁を対象として8箇所で行った。反発硬度法試験は「JIS A 1155 コンクリートの反発度の測定方法」に準じて行い、No.1とNo.8の測点は主桁の側面から、その他の測点は主桁の下面から試験を実施した。

3.3 超音波伝搬速度測定試験

超音波伝搬速度は土研法で測定した。伝搬速度は、一般に図-3の左図に示すようにコンクリート表層が遅く、内部になるに従って速くなり、ある位置からほぼ一定になる。今回の計測では、探触子間隔を50~1000mmまで変化させて計測を行い、内部で一定となる

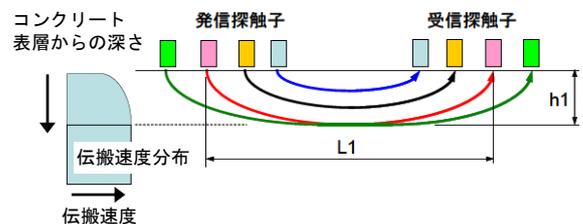


図-3 探触子間隔と伝搬時間の測定

伝搬速度を推定した。

3.4 グラウト充填調査

グラウト充填調査は、広帯域超音波法と電磁波レーダ法を併用して実施した。広帯域超音波法では、コンクリート内に超音波を発信し、シースやPC鋼材からの反射波を受信して、その特性値の差でグラウトの充填を判定する。電磁波レーダ法では、直接反射波形のピークのパターン（比誘電率の大小関係）を確認することで、コンクリート内部の空隙（グラウト充填不良）を判定する。

4. 調査結果

4.1 外観目視調査

外観目視調査および打音調査の結果を図-4に、桁下の状況写真を写真-3に示す。図中に示される数字は損傷の範囲の大きさを示している。十郷橋の主桁は健全な状況であり、剥離などの損傷は見られず、セグメント継目部の損傷や曲げひび割れも見られなかった。主な損傷として、主桁底面の6箇所所で錆の発生が見られたが損傷程度は軽微なものであった。その他の損傷としては、上流側横締め定着部の4箇所所で保護コンクリートの損傷が見られ、一部PC鋼材の端部が露出している箇所も見られたが、錆の程度は軽微であった。

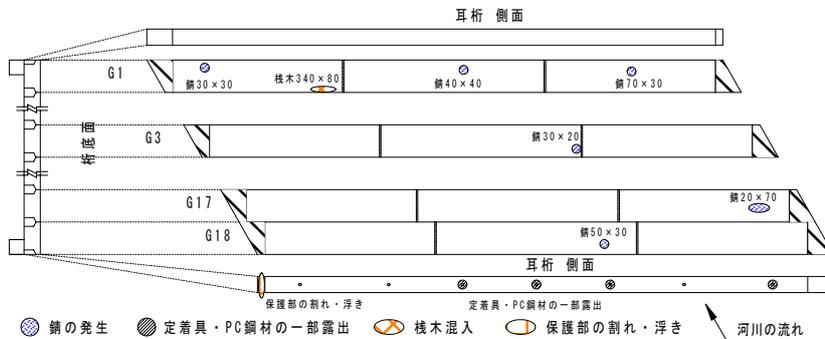


図-4 外観目視調査および打音調査結果



写真-3 桁下状況

4.2 反発硬度法試験（強度推定）結果

反発硬度法による強度推定結果を表-2に示す。コンクリートの表面はいずれの調査箇所でも乾燥していた。主桁下面を打撃した箇所では、測定方向の補正（反発硬度から補正值4を減算）を行っている。

推定強度は、No.1およびNo.8（耳桁の側面から打撃）がそれぞれ47.0 N/mm²、45.9N/mm²となり、その他の調査箇所（No.2~No.7, 平均値55.8 N/mm²）よりも若干小さくなる傾向にあったが、いずれの箇所も設計基準強度375kgf/cm²（36.8N/mm²）を大きく上回っており、建設から60年が経過した現在でも十分な強度を有している。

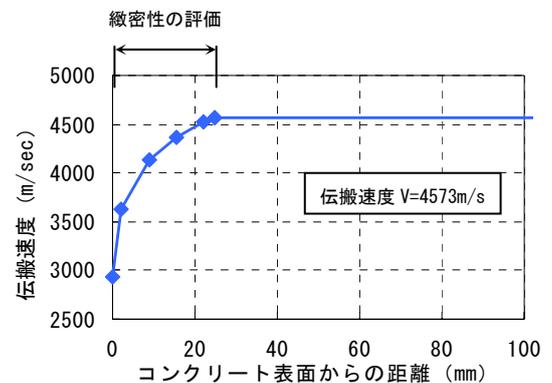
4.3 超音波伝搬速度測定試験結果

伝搬速度の推定結果を図-5に示す。土研法により算出したコンクリート中の伝搬速度はV=4573m/sで、コンクリート表面から25mmの位置で伝搬速度が一定になると推定された。この結果から、十分な締固めが行われ、主桁の底面まで緻密なコンクリートが打設されていたと推定できる。

米国のASTMで提案されているコンクリートの品質を表す評価基準を表-3に示す。ASTMでは、超音波伝搬速度によってコンクリートの品質を5段階に分類している。表-3によると、十郷橋のコンクリ

表-2 反発硬度法試験結果一覧

調査箇所		打撃面	反発硬度	推定強度 N/mm ²
No. 1	G1	中央部	側面	51.2
No. 2		左岸側	下面	58.0
No. 3	G3	中央部	下面	58.2
No. 4	G9	左岸側	下面	57.2
No. 5		中央部	下面	58.3
No. 6	G17	左岸側	下面	57.3
No. 7	G18	中央部	下面	59.3
No. 8		中央部	側面	50.3



ートの品質は「優」に分類され、建設から60年の年月が経過している現在でも、コンクリートの密実性は保たれていると考えられる。

4.4 グラウト充填調査結果

グラウト充填調査は、広帯域超音波法と電磁波レーダ法を併用して行った。調査結果の一覧を表-4に示す。

広帯域超音波法を用いたグラウト充填調査では、12箇所中3箇所で△（充填不良の可能性有り）の結果となった。図-6に○（充填）および△（充填不良の可能性）の波形データを示す。図は横軸が周波数、縦軸がスペクトル強度、奥行きがコンクリートの深さを示しており、PC鋼材位置付近で40kHz付近以下にピークが生じていると○（充填），80kHz付近にピークが生じていると×（充填不良），両方にピークが出ていると△（充填不良の可能性）と判定する。図-6の波形では、G18-1-C2が○，G18-3-C2が△という判定になる。

G18-3-C2の電磁波レーダ法の結果を図-7に示す。PC鋼材位置での直接反射波形が左側に振れると充填不良（空隙），右に振れる充填と判定する。図-7の波形では、G18-3-C2はPC鋼材位置での直接反射波が右に振れているため、空隙は無いと判断できる。

上記結果を総合的に判断すると、今回の調査箇所すべてでグラウトが充填されていると判断できる。

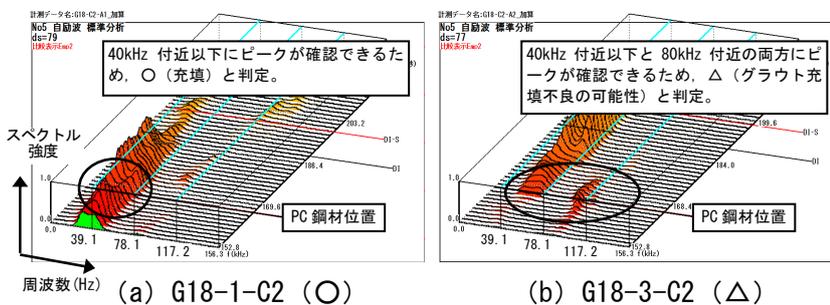


図-6 広帯域超音波法を用いたグラウト充填調査結果

表-3 伝搬速度と品質の関係

超音波伝搬速度 m/sec	コンクリートの品質
4570以上	優
3660~4570	良
3050~3660	やや良
2130~3050	不良
2130以下	不可

表-4 グラウト充填調査結果一覧

調査箇所	グラウト充填調査結果		
	広帯域超音波法	電磁波レーダ法	総合判定
G16-1	△	○	○
G16-2	○	○	○
G16-3	○	○	○
G16-1	○	○	○
G16-2	○	○	○
G16-3	○	○	○
G18-1	△	○	○
G18-2	○	○	○
G18-3	○	○	○
G18-1	○	○	○
G18-2	○	○	○
G18-3	△	○	○

※1) ○：充填，△：充填不良の可能性，×：充填不良
 ※2) 調査箇所の欄の C1/C2 は図-2 の断面図を参照のこと

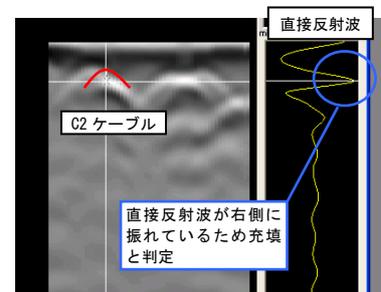


図-7 電磁波レーダ法の調査結果

5. まとめ

十郷橋の健全性調査で得られた結果および考察を以下に示す。

- ・外観目視調査の結果、耐荷力や耐久性の低下に繋がるような劣化・損傷は見られなかった。
- ・主桁コンクリートは、設計基準強度を満足し、密実性も確保されていると考えられる。また、今回の調査範囲ではグラウトの充填状況も良好な結果であった。
- ・今回の調査で先人たちの技術に触れ、丁寧な施工の重要性を感じた。今後、十郷橋の復元設計や、同時期に施工されたPC橋でのコンクリートおよびPC鋼材の物性確認試験などを展開していきたいと考えている。

謝辞

本調査の実施にあたり、福井県三国土木事務所からご支援・ご協力を賜りました。ここに感謝の意を表します。



写真-4 現在の十郷橋