

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/m²、横組が250kgf/m²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、主桁内部にシースは配置されていない。

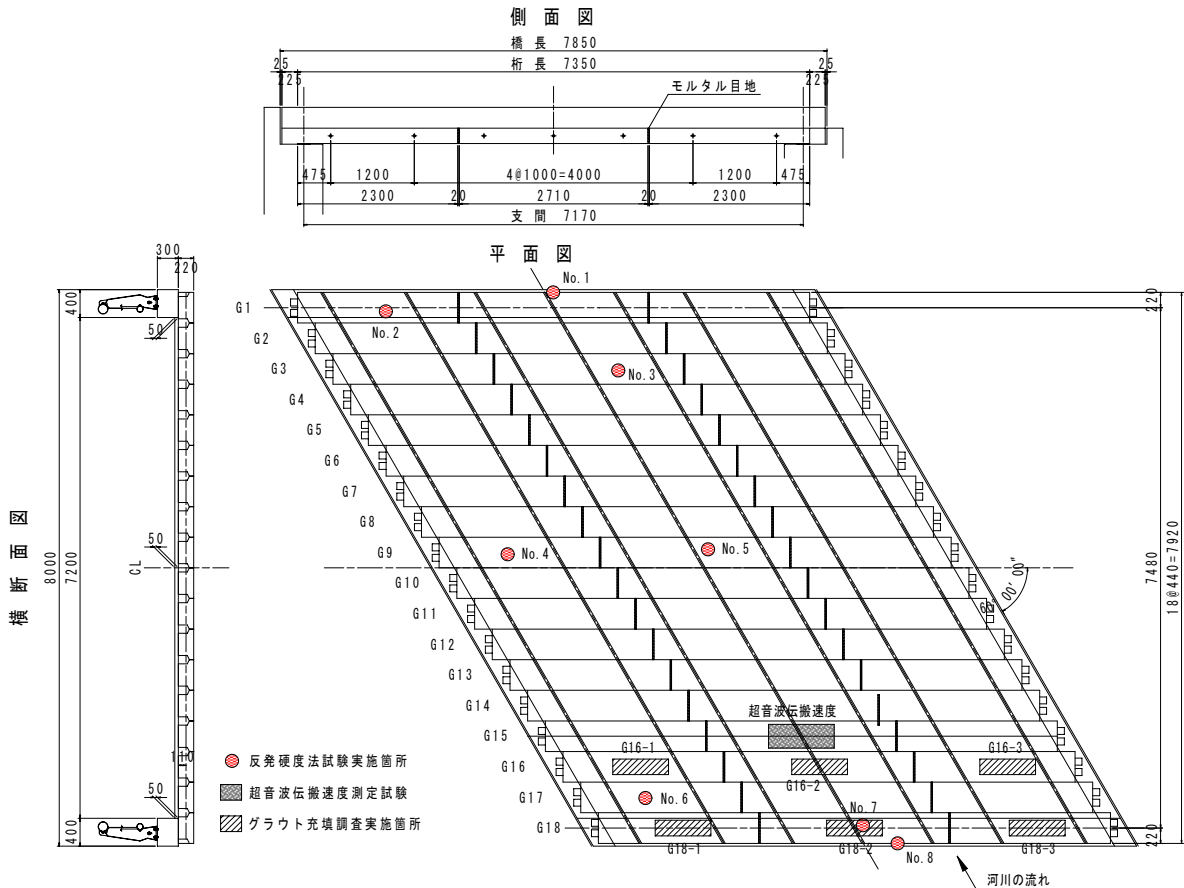


図-1 十郷橋の一般図（復元図）および調査箇所図

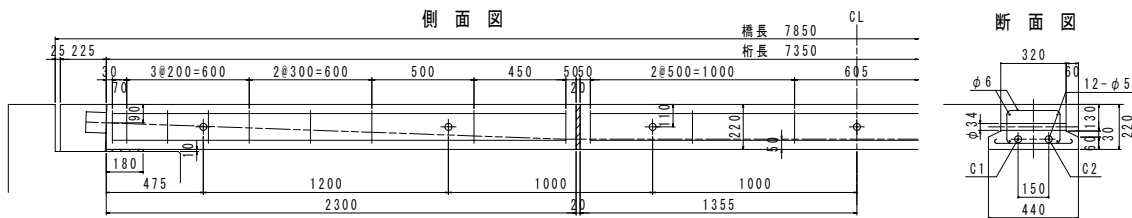


図-2 十郷橋の主桁詳細図（復元図）

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

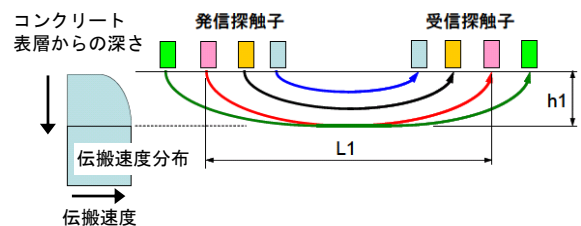


図-3 探触子間隔と伝搬時間の測定

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。

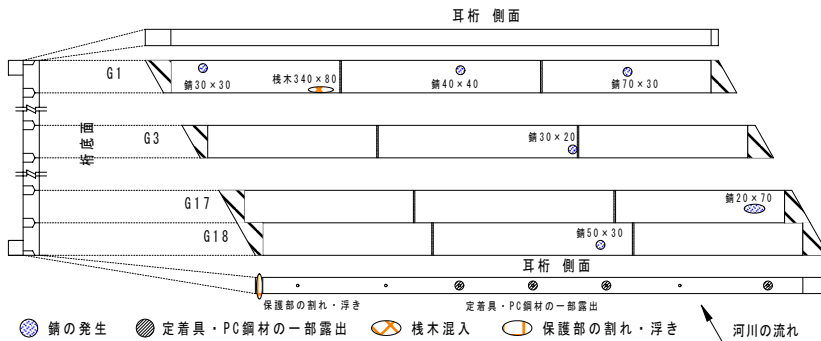


図-4 外観目視調査および打音調査結果



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。

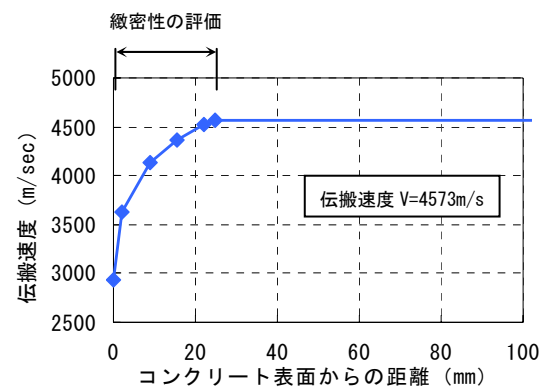
4.3 超音波伝搬速度測定試験結果

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。

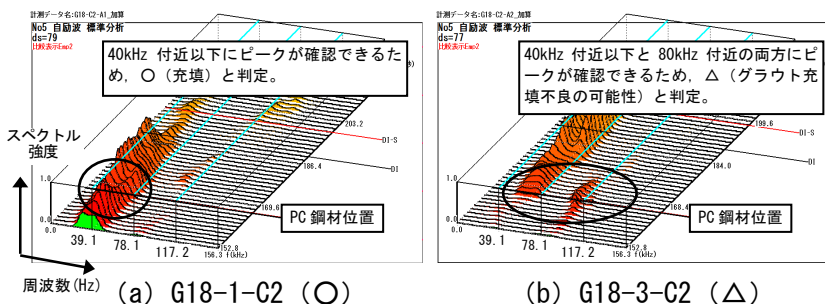


図-6 広帯域超音波法を用いたグラウト充填調査結果

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

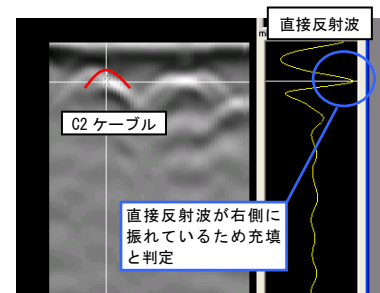


図-7 電磁波レーダ法の調査結果

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