



「コンクリート構造診断士」とは、プレストレストコンクリート工学会により認定される技術者資格です。コンクリート構造診断士に期待される役割は、既設の鉄筋コンクリート構造物やプレストレストコンクリート構造物に対して、力学的・構造的な診断や評価を実施し、当該構造物の適切な補修・補強、あるいは維持管理の手法を提示することです。

このコーナーでは、こうしたコンクリート構造診断士の活動を紹介するため、資格登録更新時に提出される研修報告書のなかから、とくに一般の読者にも有益な情報を与えるとして選出された事例を掲載します。

日本最古の PC 橋の調査および健全度評価について



(株) 日本ピーエス
原 幹 夫

1. はじめに

現在供用されている日本最古の PC 橋で、わが国初のボストテンション橋が平成 25 年に 60 年を迎えたことから、詳細調査を行い、産・官・学連携の中で現時点での健全性を評価した。

対象橋梁「十郷橋(写真 - 1)」の構造形式は PC 単純床版橋で、主桁は 3 ブロックのセグメント工法で建設された。調査では、外観調査、コア供試体を用いた試験、非破壊検査等を実施し、対象橋梁の劣化・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した。さらに、対象橋梁の 4 ヶ月後に施工され、10 年後に水害によって落橋した橋梁(石徹白橋)の橋桁片にて、対象橋梁の物性値を補完する調査を実施した。



写真 - 1 建設当時の対象橋梁「十郷橋」

2. 調査項目と調査方法の概要

実施した調査項目の一覧を表 - 1 に示す。コンクリートに関しては、コア供試体による調査と非破壊検査手法を用いた調査を実施した。一方、PC 鋼材に関しては、供用中の対象橋梁では試験体が採取できないため、同時期に施

表 - 1 調査項目の一覧

調査対象	調査項目	調査方法	試験体	
橋梁全体	外観調査	目視、打音調査	対象橋梁	
コンクリート	強度	強度特性	圧縮強度 静弾性係数試験	対象橋梁 補完橋
		耐久性	中性化深さ 塩化物イオン濃度	
	品質	超音波伝搬速度	表面法(土研法)、透過法	対象橋梁
		透気係数	トレント法	
PC 鋼線	強度特性	引張試験	補完橋	
	化学組成	成分分析		
	金属組織	光学顕微鏡		
グラウト	グラウト充填性	広帯域超音波法&電磁波レーダ法	対象橋梁	

工され同じ材料が使用されていると推定される補完橋から試験体を採取して調査を行った。

3. 調査結果

3.1 外観調査

目視および打音調査にて外観調査を行った。対象橋梁の主桁(写真 - 2)は、はく離やセグメント継目部の損傷、曲げひび割れなどは見られなかった。観察された変状は、鋼材のかぶり不足に起因するものが主で、主桁底面の 6 箇所で錆の発生、上流側横締め定着部の 4 箇所保護モルタルの損傷および一部 PC 鋼材の露出が見られたが、いずれも損傷程度は軽微であり、耐荷性に影響を与えるようなものではなかった。そのため主桁は健全と考えられた。



写真 - 2 「十郷橋」の桁下状況

3.2 コンクリートの強度特性に関する調査

コンクリートの強度特性の試験は、対象橋梁と補完橋の主桁から採取した $\phi 45 \times 90 \text{ mm}$ のコア供試体で実施した。強度特性試験の結果(平均値)を表 - 2 に示す。

圧縮強度は、対象橋梁、補完橋ともに設計基準強度を大きく上回る結果であった。

当時の資料では設計基準強度は 375 kg/cm^2 であったが、スランブは $1 \sim 2 \text{ cm}$ と超固練りで施工されたとの記録があり、施工性の悪さは手をかけることで補った結果と考え

表 - 2 強度特性試験結果の一覧

項目		圧縮強度 N/mm ²	引張強度 N/mm ²	静弾性係数 N/mm ²
対象橋梁	実測値	78.3	5.0	39 644
	設計値	36.8	4.2	37 830
補完橋	実測値	73.2	4.3	43 006
	設計値	36.8	4.0	37 320

られた。

3.3 耐久性に関する調査

耐久性に関する調査では、対象橋梁の主桁下面から採取したコア供試体を用いて、①中性化深さ、②塩化物イオン濃度の分布を測定した。

中性化深さの測定値（平均値）はそれぞれ 0.0 mm、1.6 mm であった。中性化が進行していない要因として、コンクリートが密実なこと、橋梁下面が用水路で湿度が高い状態が保たれ中性化が抑制されたことなどが考えられる。

塩化物イオン濃度は、鉄筋位置（かぶり 27 mm）で 0.2 kg/m³ と、ほとんど浸透していない状況であった。対象橋梁が内陸にあり、融雪は散水で行い凍結防止剤が散布されないためと考えられる。

3.4 コンクリートの品質に関する調査

コンクリートの品質に関する調査では、主桁下面にて超音波伝搬速度と表面透気係数を計測し、それぞれ ASTM で提案されている評価基準とトレント法の基準を用いて品質を 5 段階で評価した。品質の評価結果を表 - 3 に示す。

表 - 3 品質に関する試験結果の一覧

測点	超音波伝搬速度*		表面透気係数	
	測定値 m/sec	品質 グレード	測定値 × 10 ⁻¹⁶ m ²	透気性 グレード
T1	4 686	優	0.001	優
T2	4 669	優	0.001	優
T3	4 679	優	0.002	優
T4	4 844	優	0.001	優
T5	4 717	優	0.008	優
T6	4 573	優	-	-

※) T1 ~ T3 は表面法と透過法の両方で測定を行い、透過法の測定値を記載

超音波伝搬速度は 4 573 ~ 4 844 m/sec の範囲にあり、品質グレードはすべての測点で「優」に分類された。また、表面透気係数は 0.001 ~ 0.008 × 10⁻¹⁶ m² の範囲にあり、透気グレードにおいてもすべての測点で「優」に分類された。この結果から、主桁コンクリートは密実で、劣化因子の侵入に高い抵抗性を有していると判断できる。

3.5 鉄筋・PC 鋼線に関する調査

補完橋の橋桁片から採取した鉄筋および PC 鋼線にて引張試験を実施した。鉄筋の降伏点および引張強さは現行 JIS G 3112 の規格値を満足したが、φ6 mm の鉄筋の伸びは同規格値を満足しなかった。

PC 鋼線の降伏荷重および引張荷重は、現行の JIS G 3536 の規格値を満足した。ヤング係数は特に JIS に規定はないが、道路橋示方書に示される設計用値 200 kN/mm² と同等程度の値であった。

PC 鋼線の成分分析および光学顕微鏡による組織観察結

果では、化学成分は JIS 規格を満足し、層状パーライト組織が観察され、異常組織は認められなかった。

3.6 グラウト充填性の調査

建設当時はフレキシブルシースが開発されておらず、ゴムチューブ等でコンクリート内に直接ダクトを形成したため、主ケーブルにはシースは無いことが分かっていた。そのため広帯域超音波法と電磁波レーダ法の二手法を用いて空洞探査の要領で主ケーブルのグラウト充填性の調査を行った（写真 - 3）。



写真 - 3 広帯域超音波法によるグラウト調査

当時はグラウトポンプがなかったことから、手動のグラウトポンプを製作してグラウト注入を行った記録がある。しかし、調査の結果すべてのケーブルでグラウトが充填されていると判断できる結果が得られた。補完橋の解体調査でもグラウトが確実に充填されていたことが確認できた。

4. ま と め

対象橋梁の現在の状況を写真 - 4 に示す。変わった部分は地覆・高欄のみで、橋体部は建設当時のままであった。



写真 - 4 現在の十郷橋

調査の結果、対象橋梁は 60 年が経過した現在も健全であり、高い品質を有していることが明らかになった。復元設計では設計荷重が 9 t 程度と推定されたが、現状の使用状態では、今後も長期にわたって供用が可能と考えられる。

宮川豊章先生の提唱されている丈夫で、美しく、長持ちするコンクリート構造物に合格するのではと期待がもてる結果であった。

【2015 年 6 月 10 日受付】