

架設後 47 年を経過した PC 橋の健全性評価

福井県奥越土木事務所 安井 幸市郎、道久 英一
(株) 建設技術研究所 ○塚田 祥久、井川 理智

1. はじめに 近年の社会情勢を反映して公共事業費が縮小傾向にある中で、適切な土木施設の維持管理を実現するために、安全性・耐久性を効率的に把握、確保することが求められている。福井県が管理する橋梁(2m 以上)のうち架設後 50 年を経過した高齢橋は、現在では全体の約 28% である。20 年後には約 70% が高齢橋となることが予測されており、それら高齢化した橋梁について、現時点における安全性および今後の余寿命を把握する手法の構築が急務となっている。本論では、架設後 47 年を経過する実橋を対象とし、静的載荷試験、応力頻度測定試験等を行うことにより、健全性の評価を行ったものである。

2. 対象橋梁の概要 本論における対象橋梁の諸元を表-1 に示すが、架設後 47 年経過した PC 橋である。調査対象箇所は、PC 単純ポステン T 桁橋部である。図-1 のように下床版を有しており、主桁および下床版に関してプレストレスが導入されている構造である。既設の PC 単純ポステン T 桁橋は当初設計・架設時に、主桁 4 本について 1 次緊張によりプレストレスを導入・架設した後に、下床版コンクリートを打設・PC 鋼棒にて横締めし、2 次緊張によりプレストレスを導入する構造形式を採用している。

3. 検討フロー 平成 20 年度に実施された点検では、上部工主桁側面 PC 鋼材位置でのひびわれ、および錆汁を伴う遊離石灰が確認された。この損傷は、耐久性に関わる損傷であることより、圧縮試験・静弾性係数試験、中性化深さ試験、塩化物イオン量試験、はつり調査(ドリル削孔+マイクロスコープ)を実施し、コンクリートの劣化状況を把握した。また、設計荷重が TL-14 であり、現況交通荷重に対する耐荷性に懸念があることより、総重量 20t 車両による静的載荷試験、実交通荷重による応力頻度測定試験、死荷重時のたわみを確認するための鉛直変位量測定試験、現況の残存プレストレスを確認するための応力解放量測定、そして測定結果を考慮した復元設計を実施することで健全性を確認した。

4. コンクリート劣化状況詳細調査

4. 1. 圧縮強度・静弾性係数 当初設計値と比較し、圧縮強度は 1.8 倍($=78.9/44.1 \text{ N/mm}^2$)であることが分かった。静弾性係数は、1.1 倍($=39.9/36.8 \text{ kN/mm}^2$)とほぼ当初設計値と同じ値を得た。調査箇所は、上部工 1 箇所、下部工 1 箇所である。

4. 2. 中性化深さ 上部工は、中性化深さが最大で 4.0mm であった。また、下部工は、最大で 39.0mm であった。推定被りから中性化残りを算出した結果、上部工 36.0mm、下部工 31.0mm といずれにおいても腐食開始の判定となる中性化残り 10mm 以上であり、中性化による鋼材の腐食環境にはないものと考えられる。調査箇所は、上部工 1 箇所、下部工 1 箇所である。

4. 3. 全塩分量測定 上部工、下部工ともに、全塩化物イオン量は、いずれの深さにおいても鋼材の腐食発錆限界とされている 1.2 kg/m^3 以下であった(図-2)¹⁾。ちなみに、本橋は海岸からの距離は約 35km であるため、海水による影響は受けにくい、凍結防止剤を散布している環境下である¹⁾。調査箇所は、上部工 1 箇所、下部工 1 箇所である。

4. 4. はつり調査(ドリル削孔+マイクロスコープ) シース管を切削し、シース内部の状況を確認した結果、管内にはモルタルが充填されていることを確認した。シース内の PC 鋼材は健全であることが推察される。調査箇所は、上部工 2 箇所である。

表-1 対象橋梁の諸元

竣工年	昭和 37 年(1962 年)
上部工形式	PC 単純ポステン T 桁橋
支間割	33m@11
幅員	有効幅員 6.0m 全幅員 6.7m
活荷重	TL-14

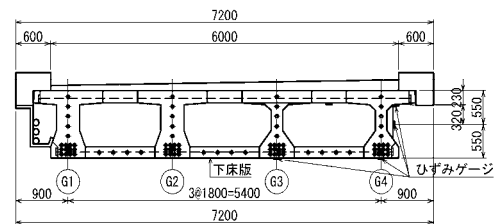


図-1 断面図および全景

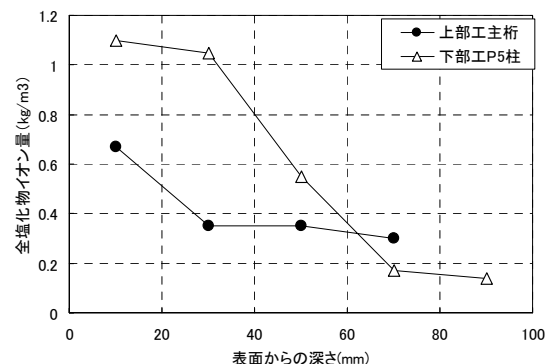


図-2 全塩分量測定

キーワード 応力頻度測定試験, 静的載荷試験, 復元設計, 応力解放量測定, マイクロスコープ

連絡先 〒541-0045 大阪府大阪市中央区道修町 1-6-7 (株) 建設技術研究所 TEL06-6206-5658

5. 応力頻度測定 実交通荷重に対する発生ひずみ(応力)を測定した。72 時間連続測定における発生ひずみは、静的載荷試験結果に対し最大で 2.0 倍程度(G3 下フランジ下面)となることが分かった(表-2)。

6. 静的載荷試験 総重量 20t 車両載荷時に発生するひずみ(応力)を測定した。載荷試験結果から評価した剛性(断面二次モーメント)は、0.329(m⁴)であった。当初設計において仮定した剛性(断面二次モーメント)0.520(m⁴)に対し、0.63 倍の剛性が確認された。これは、当初設計に見込まれていた下床版および下フランジも含めた断面が有効となっていないことが推察される。

表-2 静的載荷試験結果と応力頻度測定の比較

測点 NO	計測位置	ひずみ(μ)		
		応力頻度	静的載荷	応力頻度 ／静的載荷
No.1	G3 下フランジ下面	77	38	2.0
No.2	G4 下フランジ下面	75	39	1.9
No.3	G4 ウェブ中央部	17	9	1.9
No.4	G4 ウェブ上部	13	8	1.6

7. 応力解放量測定 応力開放量測定試験は、スロットストレス法を用いた。スロットストレス法は、経年劣化等の被害を受けたコンクリート構造物において、現在の残留応力を直接的に計測する技術である。

測定作業については橋面から橋梁点検車を用いて行った。また荷重載荷時におけるプレストレス量の変化を把握するため、総重量が 20t の車両を橋面上に配置した状態における測定も合わせて行った。車両については、後輪(軸重 7.32t: 実測値)を支間中央部位置に設置した。測定断面は 1 断面で、ウェブ位置 1 箇所である。なお計測についてはそれぞれ 3 回(載荷、除荷を 3 回)実施し、平均値にて評価した。

既設構造物にて実測した残存プレストレス量を評価する為に、断面計算(表-3)により残存プレストレス量を比較した。比較した結果、橋梁点検車に加えて、載荷試験車両を配置した場合には、0.17(N/mm²)増加するところが、スロットストレス計測値では 0.20(N/mm²)の増加量であることが解った(表-4)。

表-3 断面計算ケース

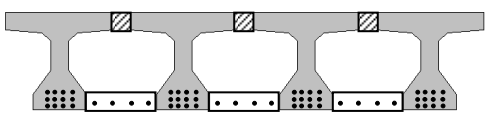
断面	桁全体(主桁 4 本+上下床版有り)
PC本数	1 次緊張分(8 本)+2 次緊張分(8 本)
イメージ	

表-4 スロットストレス計測結果

測定条件	実測値 (N/mm ²)	当初設計値 (N/mm ²)
①橋梁点検車のみ配置	3.70	9.21
②橋梁点検車+載荷車両配置	3.90	9.38
②-①	0.20	0.17

8. 復元設計・耐荷力検討 静的載荷試験結果に基づく断面剛性、応力解放量測定結果に基づく残存プレストレス量を用いて、①総重量 25 t 車の後輪が 2 台同時に載荷する場合(表-5)、②応力頻度測定最大値時(表-6)の 2 ケースにて発生応力度の照査を行ったが、いずれも許容応力度以内に収まることが分かった。

9. まとめ 各詳細調査より、上部工および下部工のコンクリートが健全であることを確認後、当初の設計強度を用いて耐荷力照査を実施しても問題がないと評価し、上部工耐荷力照査を行った。載荷試験結果より算定した断面剛性、応力解放量測定結果に基づき当初設計値の 40%に低減した残存プレストレス量を使用して、耐荷力照査をした結果、上部工が許容値内に収まっていることを確認した。ここで、プレストレス量が当初設計値の 40%に低減した要因として、本橋の桁高が低く、中立軸に近い箇所での測定となってしまった誤差も生じていると推察される。

本はつり調査で PC 鋼材が健全性であることを確認したが、シース管に沿った錆汁等に対して外観目視(モニタリング)を行うことが望ましいといえる。

謝辞 スロットストレス法による測定には、株式会社計測リサーチコンサルタント宮本氏、久保氏にご協力を頂きました。ここに記し、厚く御礼申し上げます。

参考文献 1) (社)土木学会:2007 年制定コンクリート標準示方書[維持管理編], pp.101, 土木学会, 2007 2) 浅井洋・藤田学・Thomas Le Diouren・宮本則幸:フラットジャッキを併用した応力解放法によるコンクリート部材の現有応力測定, コンクリート工学 VOL.42 No.4, pp26-32, 2004.4

表-5 25tf の並列 2 台載荷時

荷重条件	照査部位	死荷重分 σ_D (N/mm ²)	活荷重分 σ_L (N/mm ²)	プレスト レス σ_{pe}	合計 (N/mm ²)		許容曲げ 圧縮応力 (N/mm ²)	判定
支間中央部で総重量 25tf 車の後輪が 2 台同時に載荷	内桁 G3 上縁	-3.8	-1.8	2.2	-3.4	>	-14.2	OK
	内桁 G3 下縁	6.9	3.4	-10.9	-0.7	>	0	OK
	外桁 G4 上縁	-4.1	-1.4	2.2	-3.2	>	-14.2	OK
	外桁 G4 下縁	7.4	2.5	-10.9	-1.1	>	0	OK

表-6 応力頻度最大測定時

荷重条件	照査部位	死荷重分 σ_D (N/mm ²)	活荷重分 σ_L (N/mm ²)	プレスト レス σ_{pe}	合計 (N/mm ²)		許容曲げ 圧縮応力 (N/mm ²)	判定
応力頻度測定結果	内桁 G3 上縁	-3.8	-1.7	2.2	-3.3	>	-14.2	OK
	内桁 G3 下縁	6.9	3.1	-10.9	-0.9	>	0	OK
	外桁 G4 上縁	-4.1	-1.7	2.2	-3.6	>	-14.2	OK
	外桁 G4 下縁	7.4	3	-10.9	-0.5	>	0	OK