

現場載荷試験によるRC-T桁橋の耐荷力評価と検証

神戸大学工学部 正員 西村 昭、○宮本文穂

京都大学工学部 正員 藤井 学

兵庫県土木部 正員 梶谷義昭

阪神高速道路公団 正員 杉江 功

1. まえがき 既存橋梁の耐荷力評価は、橋梁診断過程における最も重要な位置づけにあると考えられる。本研究は、架設後拡幅などの大幅な構造系の変更なしにほぼ架設当時の状態で50余年間供用された後、取り壊されることが決定した、「前野橋」(5径間単純RC-T桁橋、兵庫県豊岡土木事務所管轄)の耐荷力評価を現場載荷試験によって実施し、その評価結果を現場破壊試験及び材料試験によって検証したものである。

2. 前野橋の概要 前野橋の概要を表1及び図1に示す。

3. 現場載荷試験及び材料試験の概要 現場試験は耐用性試験のための全体系に対する静的試験、主桁の耐荷力評価試験及び主桁構成材料の材料試験よりなる。

試験対象スパンは、出石側からみて、1スパン目(スパン1)、2スパン目(スパン2)である(図1参照)。全体系に対する静的試験は、既知の重量の

トラックを、各主桁各々に最も不利となる様に載荷する。これらの試験は高欄を有する場合と除去した場合について実施

表1 前野橋の橋梁諸元

所在地	兵庫県出石郡但馬町出合市場
路線名	国道426号線
橋長	45.80m(支間距: 5@9.16)
幅員	5.50m
架設年度	昭和6年
適用示方書	大正15年(2等橋)
構造形式	上部: RC-T 単純桁(4主桁)
	橋台: 重力式 直接基礎 橋脚: 逆丁式 直接基礎

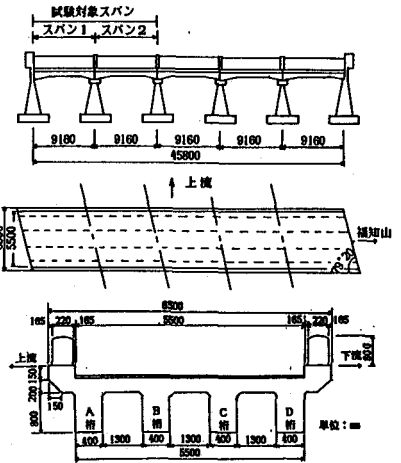


図1 前野橋の概要

した。測定項目は、各主桁スパン中央、 $L/4$ 、 $3L/4$ 点でのたわ

み、鉄筋及びコンクリートひずみ等である。主桁の耐荷力評価試験は、主桁の耐荷力及び破壊形式を明らかにし、耐荷力評価結果を検証するため、RC床版部で縁切りを行って各主桁を独立させ、単純支持のRC-T桁として中央載荷を行い破壊に至らせた。その載荷装置を図2に示す。載荷は、荷重と主桁中央変位との関係をX-Yレコーダに出力させ、適当な荷重段階毎に載荷、除荷を繰り返した。

主桁構成材料の実際の劣化度を明らかにし、耐久性評価結果を検証するため、破壊試験終了後、コンクリートコア抜き及び鉄筋採取を行い、材料試験を行った。試験内容は、コアに関しては圧縮試験及び中性化深さの測定、鉄筋に関しては引張試験を行った。

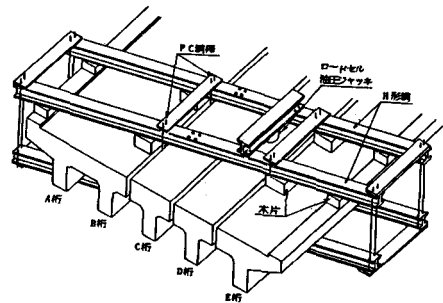


図2 耐荷力評価試験における載荷装置

4. 評価結果およびその検証 全体系に対する静的載荷試験より得られるたわみ分布に基

づき, System Identification(SI)法¹⁾を適用し, 構造パラメータとしてコンクリートのヤング係数 E_c 及び主桁の断面二次モーメント I_c を同定した。その結果を表2に示す。また、表3は、SI法によって推定された E_c 、 I_c をもとに曲げ破壊安全率及びせん断破壊安全率を算出¹⁾したものである。これらより次のことが明らかである：①主桁断面二次モーメントの推定値には、各桁間であまり差がみられずまた設計用値との差も少ないことから目視結果と同様、損傷程度は著しいものではない。また、高欄は主桁の剛性に大きく寄与しており、これが高欄有りの推定結果に現れている。②曲げ破壊安全率がせん断破壊安全率を上回る結果となっており、実験結果と一致した。また、スパン1,2の主桁B,Cの破壊安全率の実験値は、対応する解析値(表3)の値とほぼ一致している。表5、6は、主桁の耐力力評価試験結果より得られた曲げ破壊荷重及び破壊安全率の実験結果、及び主桁剛性($E_c \cdot I_c$)の試験結果及びSI法による推定結果を比較したものである。これらより、次のことが明らかである：①表3及び表5の、対応する主桁の安全率を比較した場合、ほぼ同様の数値及び傾向を示しており、SI法による評価結果はほぼ妥当な値を示すものである。②初期直線部分より得られる主桁剛性の実験値と推定結果との間には20~40%の差がみられるがその差は高欄無しの方が小さくなる傾向がある。次に、主桁構成材料の材料試験結果は、コンクリートの圧縮強度 $\sigma_{ck}=103\text{kgf/cm}^2$ 、ヤング率 $E_c=1.0 \times 10^5\text{kgf/cm}^2$ 、中性化深さ6.45cmとなっており、コンクリートの劣化はかなり進んでいると言える。なお、コンクリートのヤング係数については、表2の推定結果と比較するとかなりの差がみられる。また、鉄筋に関しては表面に錆がかなり進行していたが、SR24の材質を満足するものであった。

5. あとがき 本論文は、架設後50余年を経て架替の決定した橋梁について、SI法による耐力力評価とその検証を力学的及び

材料的な面から実施したものである。その結果、ほぼ妥当な評価が得られることが明かとなったが、細部においてははまだ検討の余地は残されており、今後さらに検討していく予定である。

参考文献 [1] 西村 ほか：橋梁診断ケーススタディ、橋梁と基礎、Vol.19,1985.4

表2 SI法による構造パラメータの推定結果

断面二次モーメント ($\times 10^6$ cm^4)	構造パラメータ		高欄有り		高欄無し	
	スパン1、主桁A	10.19	5.29			
# B	# B	4.40	3.86			
	# C	4.83	4.48			
	# D	10.19	5.29			
ヤング係数($\times 10^5\text{kgf/cm}^2$)		1.40	1.90			
誤差 E_{rr}^2		0.108	0.058			
断面二次モーメント ($\times 10^6$ cm^4)	スパン2、主桁A	10.19	5.29			
	# B	5.00	4.28			
	# C	3.88	4.08			
	# D	10.19	5.29			
ヤング係数($\times 10^5\text{kgf/cm}^2$)		1.40	1.90			
誤差 E_{rr}^2		0.107	0.096			

表3 曲げ破壊安全率

	主桁	M_u (tfa)	M_k (tfa)	M_1 (tfa)	r_u	r_u'
スパン1	高欄有り	A 70.7	26.7	21.8	2.02	2.02
		B 70.8	14.1	9.23	6.08	6.08
		C 70.8	14.8	9.66	5.82	5.78
		D 70.7	26.8	21.5	2.04	2.04
スパン2	高欄有り	A 70.7	22.5	18.9	2.55	2.55
		B 70.8	18.5	11.3	4.81	4.76
		C 70.8	20.0	10.9	4.65	4.65
		D 70.7	21.5	18.9	2.60	2.60
スパン2	高欄有り	A 70.7	26.2	21.5	2.07	2.70
		B 70.8	18.1	10.3	5.31	5.31
		C 70.8	12.3	8.57	6.82	6.72
		D 70.7	27.6	22.8	1.98	1.98
スパン2	高欄無し	A 70.7	21.8	19.2	2.55	2.55
		B 70.8	18.9	10.2	5.08	5.08
		C 70.8	18.0	11.8	4.47	4.44
		D 70.7	22.1	18.9	2.63	2.63

注) M_u :破壊曲げモーメント、 M_k :実荷重による曲げモーメント、 M_1 :1-20による曲げモーメント、 r_u :曲げ破壊安全率、 r_u' :有効値を考慮した曲げ破壊安全率

表4 せん断破壊安全率

	主桁	S_v (tfa)		S_d (tfa)		S_1 (tfa)		r_v		r_v'	
		1/4	3/4	1/4	3/4	1/4	3/4	1/4	3/4	1/4	3/4
スパン1	高欄有り	A 25.3	25.3	6.76	7.19	4.90	4.91	3.73	3.83	3.73	3.83
		B 26.2	26.2	3.80	3.80	3.83	3.83	8.40	8.57	7.72	7.72
		C 26.2	26.2	3.84	3.80	2.85	2.80	7.94	8.82	7.06	7.76
		D 25.3	25.3	7.20	6.72	4.91	4.83	3.80	3.77	3.69	3.77
スパン2	高欄有り	A 25.3	25.3	5.45	6.80	4.46	4.25	4.46	4.53	4.46	4.53
		B 26.2	26.2	4.54	4.54	3.81	3.73	7.72	7.94	6.34	6.54
		C 26.2	26.2	5.05	5.03	3.18	2.90	7.72	7.03	6.34	6.91
		D 25.3	25.3	5.75	5.15	4.12	4.22	4.75	4.47	4.75	4.67
スパン2	高欄有り	A 25.3	25.3	6.54	7.02	4.85	4.83	4.04	3.79	4.04	3.79
		B 26.2	26.2	4.20	4.22	3.80	3.80	7.67	7.84	7.24	7.49
		C 26.2	26.2	3.12	3.08	2.83	2.42	8.78	8.58	6.93	7.58
		D 25.3	25.3	7.45	6.88	5.02	5.04	3.58	3.84	3.58	3.84
スパン2	高欄無し	A 25.3	25.3	5.25	5.83	4.30	4.16	4.57	4.80	4.57	4.80
		B 26.2	26.2	5.24	5.25	3.80	3.81	6.89	7.20	6.25	6.39
		C 25.2	26.2	5.65	5.63	3.18	2.80	7.72	7.03	6.34	6.91
		D 25.3	25.3	5.91	5.33	4.22	4.26	4.80	4.57	4.80	4.57

注) S_v :破壊せん断耐力、 S_d :実荷重によるせん断耐力、 S_1 :1-20によるせん断耐力、 r_v :せん断破壊安全率、 r_v' :有効値を考慮したせん断破壊安全率

表5 主桁の曲げ破壊荷重(t)および破壊安全率の試験結果

		$\delta = L/500$ 時	破壊安全率、 r_u
スパン1	主桁B	43.7	4.57
	# C	47.0	6.00
スパン2	主桁B	44.1	4.82
	# C	41.8	4.33

表6 主桁剛性(EI)の試験結果及び解析結果の比較

		実験値 (初期直線部分) (10^6kgf/cm^2)	解析値 (高欄有り) (10^6kgf/cm^2)	解析値 (高欄無し) (10^6kgf/cm^2)
ス1	主桁B	8.01	8.18	8.95
	# C	9.16	6.48	6.61
ス2	主桁B	8.40	7.00	7.28
	# C	9.81	5.43	6.84