

積水ハウス（株）正員○脇坂正樹

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

兵庫県豊岡土木事務所 前田庸一

はじめに 「前野橋」は、昭和61年現在、橋齢55年の5径間単純RC-T桁橋（兵庫県豊岡土木事務所管轄）であり、拡幅などの構造系の変更無しに、ほぼ架設当時の状態で供用されてきた。本橋は、周辺道路の整備による新橋の架設にともなって、取壊されることが決定している。本研究では、この機会に旧橋に対する耐用性診断試験を実施すると共に、耐荷力評価結果の検証に関する破壊試験、及び耐久性評価結果の検証に関する各種材料試験を行い、従来より本研究室で開発中の、橋梁診断システム¹⁾の総合的検証を行うことを目的としている。なお、ここではコンクリート高欄の有無による、力学的挙動に及ぼす影響を明らかにするために、高欄を除去した場合の同一試験も実施した。

1. 試験橋の概要 今回試験対象とした「前野橋」の橋梁台帳および概略図をそれぞれ表1、図1に示す。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。ここで、2スパンとしたのは、この2スパンを比較することによって、同橋梁における、車両の進入直後のスパンとそれ以外のスパンとの損傷程度の相違を明らかにするとともに、同一橋梁に関するより多くのデータを収集しようとしたものである。目視試験の結果は、各桁とも、斜めひびわれや特に補修を必要とするような曲げひびわれ等、耐荷性を低下させるような有害なひびわれは見あたらない。また、最大ひびわれ幅は、各桁とも0.15mm程度であり差はない。しかし、ひびわれ本数は、B、C桁の方が、A、D桁より多く、ややB、C桁の方が損傷が進んでいるように思われる。さらにA桁にはコンクリートの剝離が起こっている部分もあり、コンクリートの劣化は他より進行しているものと推察される。

2. 現場載荷試験及び材料試験の概要 現場試験は、次に示す3項目について実施した：①耐用性試験のための全体系に対する静的載荷試験：既知の重量のトラックを、各主桁ごとに最も不利となる様に載荷する。これらの試験は高欄の有無各場合について実施した。測定項目は、各主桁スパン4等分点でのたわみ、鉄筋及びコンクリートひずみ等である。②主桁の耐荷力評価試験：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。③主桁構成材料の材料試験：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である。

3. 耐用性評価結果およびその検証 高欄の有無を含めた、主桁中央たわみ分布の実測結果と理論値（全断面有効のねじり剛性を有する格子桁として解析）

表1 前野橋の橋梁諸元

所在地	兵庫県出石郡但東町出合市場
路線名	国道426号線
橋長	45.80m（支間割：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
構造形式	橋脚：逆T式 直接基礎

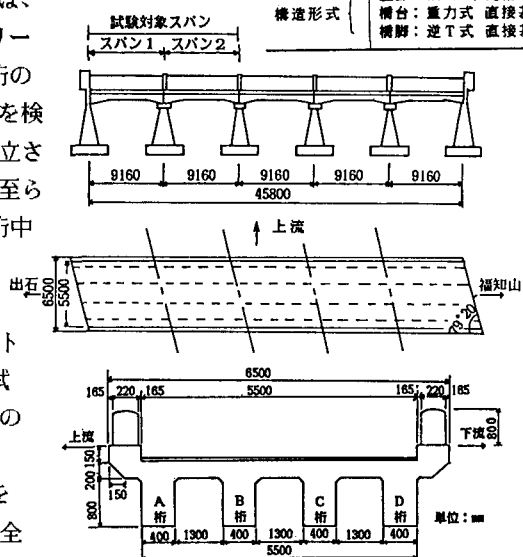


図1 前野橋の概要

を比較した一例を図3に示す。このたわみ分布に基づき、主桁の6測点、4載荷位置の24点に対して、System Identification(SI)法を適用し、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 をもとに算定した曲げ破壊安全率の一例を示したものである。これらの推定結果に対し、主桁の耐力評価試験及び主桁構成材料の材料試験より得られる、主桁の曲げ破壊安全率、主桁剛性及びコンクリートの諸特性を示したものが表4～6である。これらの比較より、評価結果を検証すると次のようになる：①SI法による主桁断面二次モーメントの推定値には、各桁間であ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。③曲げ破壊安全率の推定値は、主桁の耐力評価試験結果より得られた値とほぼ一致している。④コンクリートのヤング係数の推定結果と材料試験結果によるヤング係数を比較するとかなりの差がみられる。なお、コンクリートの中性化深さの実測値は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。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。参考文献 1)杉江ほか：橋梁診断エキスパートシステムの開発、土木学会 第42回年次学術講演会、I、1987.9

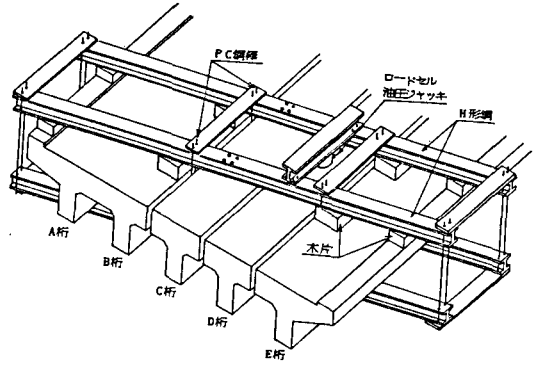


図2 耐力評価試験における載荷装置

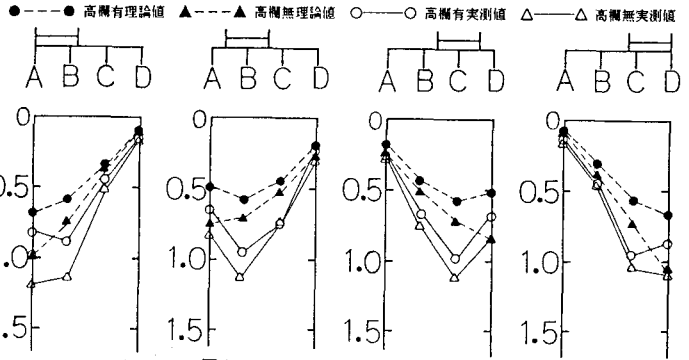


図3 スパン2のたわみ分布の比較

表2 SI法による構造パラメータの推定結果

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	4.40	3.66
＃＃ C	4.63	4.48
＃＃ D	10.19	5.29
ヤング係数($\times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$)	1.40	1.90
誤差 Err^2	0.108	0.058
スパン2、主桁A	10.19	5.39
＃＃ B	5.00	4.28
＃＃ C	3.88	4.08
＃＃ D	10.19	5.39
ヤング係数($\times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$)	1.40	1.90
誤差 Err^2	0.107	0.095

表3 曲げ破壊安全率

		主桁	$M_u(\text{tfm})$	$M_d(\text{tfm})$	$M_1(\text{tfm})$	r_n	r_n^*
スパン1	高欄有り	A	70.7	26.7	21.8	2.02	2.02
		B	70.8	14.1	9.33	6.08	6.03
		C	70.8	14.8	9.66	5.82	5.78
		D	70.7	26.8	21.5	2.04	2.04
	高欄無し	A	70.7	22.5	18.9	2.55	2.55
		B	70.8	16.5	11.3	4.81	4.78
		C	70.8	20.1	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	16.1	10.3	5.31	5.31
		C	70.8	12.3	8.57	6.82	6.73
		D	70.7	27.6	22.0	1.96	1.96
	高欄無し	A	70.7	21.8	19.2	2.55	2.55
		B	70.8	18.9	10.2	5.09	5.06
		C	70.8	18.0	11.8	4.47	4.44
		D	70.7	22.1	18.5	2.63	2.63

注) M_u : 破壊曲げモーメント、 M_d : 死荷重による曲げモーメント、 M_1 : L/20による曲げモーメント、 r_n : 曲げ破壊安全率、 r_n^* : 有効幅を考慮した曲げ破壊安全率

表6 コンクリートコア試験結果

圧縮試験					
採取場所→No.1～6欄に、スパン1、A桁/L/4、L/2.3/L/4、B桁/L/4、L/2.3/L/4					
N.O.	直径(mm)	最大質量(konf)	圧縮強度(kgf/cm²)	弾性係数(kgf/cm²)	中性化深さ(cm)
1	10.08	8.80	112	—	5.70
2	10.08	7.20	90	0.94×10 ⁴	7.30
3	10.07	7.26	91	1.09×10 ⁴	5.80
4	10.09	8.64	107	0.85×10 ⁴	6.20
5	10.09	8.38	117	1.35×10 ⁴	7.30
6	10.08	7.89	100	0.78×10 ⁴	6.40
平均	8.22	103	—	1.00×10 ⁴	6.45
標準偏差	0.809	10.123	—	0.200	0.644

表4 主桁の曲げ破壊荷重(tf)および破壊安全率の試験結果

		$\delta = L/500$ 時	破壊安全率、 r_n
スパン1	主桁 B	43.7	4.57
	＃ C	47.0	5.00
スパン2	主桁 B	44.1	4.62
	＃ C	41.8	4.33

表5 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) (10^4 kgf/cm^2)	解析値 (高欄有り) (10^4 kgf/cm^2)	解析値 (高欄無し) (10^4 kgf/cm^2)
スパン1	主桁B	8.01	6.16	6.95
	＃C	9.15	6.48	6.61
スパン2	主桁B	6.40	7.00	7.28
	＃C	9.61	5.43	6.94