

既存コンクリート橋の安全性評価と補修・補強に関する一考察

神戸大学工学部 正 員 宮本文穂 神戸大学大学院 学生員 前田敏也
 神戸大学大学院 学生員〇熊谷 稔 兵庫県土木部 正 員 前田 強
 (株)栗本鉄工所 正 員 田谷 光

1. まえがき 本研究では、橋梁の維持・管理において最も重要となる安全性評価とそれに基づく効果的な補修・補強の体系化を目指して、架設後約60年を経過し架替えの決定したRC-T桁橋の現場非破壊試験を通じて安全性評価法を検討するとともに、主桁端部への横桁の設置、耳桁へのばね設置、中桁主鉄筋切断による人工的劣化の進行及び高欄の有無等の構造系の変更が安全性評価に及ぼす効果を明らかにすることによって合理的な補修・補強法を検討した例を述べる。

2. 試験橋の概要 今回試験対象とした「中井橋」の橋梁台帳を表1に示す。試験対象スパンは、架設以来補強等のなされていない竜野側からの3スパンと、主桁端部に横桁の設置による補強が行なわれている姫路側からの1スパンの計4スパンである。各スパンを竜野側から順に「スパン1」、「スパン2」、「スパン3」、「スパン4」とし、主桁を上流側から「主桁A」、「主桁B」、「主桁C」とした。図1にスパン4に設置された横桁の形状、寸法を示す。目視試験によると、各主桁とも主桁A、Cの損傷が大きく、幅1mmを越えるひびわれが多くあり、遊

表1 「中井橋」橋梁台帳

橋 梁 名	中井 (なかい) 橋	路 線 名	県道姫路上郡線
橋 梁 形 式	RC単純T桁橋	所 在 地	兵庫県竜野市竜野町
橋 長	108.00m(10@10.80m)	架 橋 河 川	揖保川支川林田川
幅 員	5.000m	架 設 年 度	昭和3年度
径 間 割	10径間	適用示方書	大正15年版
等 級	1等橋	設 計 荷 重	TL-12
橋 梁 形 式	上部構造	主桁	RC単純T桁
		床版	RCスラブ
		造 橋 材	なし
	下部構造	橋台	重力式コンクリート
		橋脚	重力式コンクリート
		構 造 主 桁	本数:3, 間隔:2.01m@2
		橋 舗 装	アスファルト舗装
		要 高 欄	ガードレール, ガス管

離石灰をともなった腐食ひびわれ、コンクリートの浮き・欠落が見られ、骨材、鉄筋、針金の露出や、多量の砂目等の施工不良箇所がかなりみられた。また主桁は曲げひびわればかりでなくせん断ひびわれも多くみられたことからせん断耐力の低下が予想された。

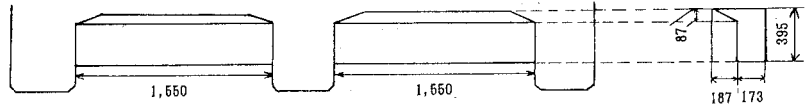


図1 端部横桁の形状、寸法

(単位:mm)

3. 試験の概要 現場非破壊試験として静的荷重試験と重錘落下振動試験を表2に示した試験内容に従って実施した。静的荷重試験では、軸重既知の試験車(20tトラック)を各主桁に最も不利になるように載荷し各主桁の4等分点のたわみを、また、重錘落下振動試験ではクレーン車を利用し重量300kgfの重錘を落下させ、重錘の入力加速度、各主桁の4等分点の応答加速度を測定した。なお、ばねによる補強は図2に示すように主桁A(耳桁)のスパン中央下部にばね定数既知(45.3kgf/mm)のばねを鉛直上向きに約4.8tfの力が加わるように設置することにより行った。

4. 結果と考察 静的荷重試験から得られたたわみ、重錘落下振動試験から得られた各次の振動数、振動モード'を利用してSystem Identification Method(以下静的及び動的SI法)¹⁾を適用し、コンクリートのヤング係数、主桁、床版及び横桁の断面2次モーメントを推定した。静的及び動的SI法による推定結果を表3にまとめて示す。各試験内容ごとに推定結果を

表2 実験内容と比較対象スパン

	試験目的	試験内容	対象スパン
非破壊試験	高欄の影響	高欄有ばね無(静,動) 高欄無ばね無(静,動)	スパン1 スパン1
	ばねの影響	高欄有ばね無(静,動) 高欄有ばね無(静,動)	スパン1 スパン1
	鉄筋切断の影響	高欄無ばね無鉄筋切断無(静,動) 高欄無ばね無鉄筋切断(静,動)	スパン2 スパン2
	端部補強の影響	高欄有ばね無(静,動) 高欄有ばね無端部補強(静,動)	スパン1 スパン4
試験	端部補強とばねの比較	高欄有ばね有(静,動) 高欄有ばね無端部補強(静,動)	スパン1 スパン4

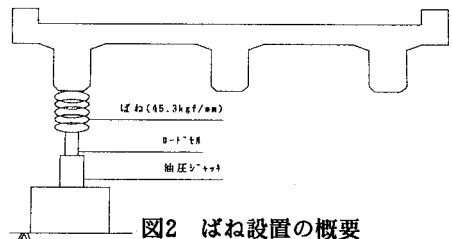


図2 ばね設置の概要

Avaho MIYAMOTO, Tosiya MAEDA, Minoru KUMAGAI, Tuyoshi MAEDA, Hikaru TAYA

表3 SI法による推定値

構造パラメータ		理論値			推定値(静的)			推定値(動的)			
		高欄有	高欄無	系変更	高欄有	高欄無	系変更	高欄有	高欄無	系変更	
スパン1	断面2次モーメント ($\times 10^6 \text{ cm}^4$)	主桁A	10.79	10.14	10.79	10.84	10.80	10.89	4.41	3.37	2.64
		主桁B	7.17	7.17	7.17	3.31	4.15	4.97	12.95	6.54	18.13
		主桁C	10.79	10.14	10.79	10.30	10.35	8.36	6.55	5.80	6.55
		床版	1.63	1.63	1.63	0.52	0.82	0.52	1.08	1.08	1.08
	トンガ係数($\times 10^5 \text{ kgf/cm}^4$)	2.40	2.40	2.40	1.90	1.90	1.90	1.20	1.20	1.20	
		誤差 ΣErr^2			0.068	0.075	0.115	0.423	0.519	0.253	
スパン2	断面2次モーメント ($\times 10^6 \text{ cm}^4$)	主桁A	10.14	10.14	9.85	10.94	0.27	0.55			
		主桁B	7.17		5.95	3.93	3.69	14.56	10.41		
		主桁C	10.14	10.14	10.42	11.83	1.94	1.57			
		床版	1.63	1.63	0.53	0.73	0.43	0.43			
	トンガ係数($\times 10^5 \text{ kgf/cm}^4$)	2.40	2.40	1.90	1.90	1.80	1.80				
		誤差 ΣErr^2			0.070	0.048	0.249	0.349			
スパン4	断面2次モーメント ($\times 10^6 \text{ cm}^4$)	主桁A	10.72	-----	10.39	-----	3.44	-----			
		主桁B	7.09	-----	1.95	-----	1.28	-----			
		主桁C	10.72	-----	11.02	-----	10.54	-----			
		床版	1.28	-----	0.58	-----	2.39	-----			
	横桁	0.14	-----	0.12	-----	0.14	-----				
トンガ係数($\times 10^5 \text{ kgf/cm}^4$)	2.40	-----	1.90	-----	2.00	-----					
		誤差 ΣErr^2			0.100	-----	1.397	-----			

比較してみる。まず、横桁による補強の効果であるが、「スパン1高欄有」と比較すると、スパン4の方が床版の剛性が大きく評価されている。この傾向は動的SI法による推定値で特に顕著である。従って横桁は床版の剛性回復に大きな影響を与えているものと判断できる。次に耳桁へのばね設置による補強であるが、「スパン1高欄有」と比較してみると、ばねを設置した主桁A及び中桁において剛性の回復がみられるが、逆に主桁Cの剛性が相対的に低下していることから、耳桁の一方だけを補強するのでは橋全体の剛性のバランスが悪化するといえる。また、主鉄筋切断による人工的劣化の進行、すなわち両耳桁の補強について「スパン2高欄無」と比較すると、主桁Bのみの剛性が相対的に低下したことがわかり、バランスのとれた補強といえる。最後に高欄の有無であるが、高欄を除去した「スパン1高欄無」の推定値が、中桁では静的では大きく動的では小さくなっているが、耳桁では中桁ほどの変化はみられない。従って本橋高欄はあまり影響を与えていない。次に、静的SI法によって推定された構造パラメータを基に算出した曲げ及びせん断破壊安全率²⁾ γ_n , γ_s を表4に示す。表中 γ_n' , γ_s'

表4 各主桁の破壊安全率

		主 桁	γ_n	γ_n'	γ_s		γ_s'	
					L/4	3L/4	L/4	3L/4
スパン 1	高欄有	A	2.42	2.42	1.63	1.82	1.63	1.82
		B	10.88	10.81	8.46	10.8	7.51	9.42
		C	2.42	2.42	1.75	1.73	1.75	1.73
	高欄無	A	2.55	2.55	1.71	1.91	1.71	1.91
		B	9.81	9.81	7.42	8.93	7.42	8.93
		C	2.56	2.56	1.85	1.81	1.85	1.81
	系変更	A	2.57	2.57	1.66	1.85	1.66	1.85
		B	8.26	8.26	6.16	6.86	6.16	6.86
		C	3.10	3.10	2.23	2.20	2.23	2.20
スパン 2	高欄無	A	2.55	2.55	1.72	1.92	1.72	1.92
		B	9.30	9.30	6.39	8.51	6.39	8.51
		C	2.46	2.46	1.79	1.77	1.79	1.77
	鉄筋切	A	2.46	2.46	1.66	1.85	1.66	1.85
		B	9.68	9.68	8.56	10.8	8.56	10.8
		C	2.36	2.36	1.71	1.69	1.71	1.69
スパン 4	高欄有	A	2.36	2.36	1.57	1.77	1.57	1.77
		B	17.00	15.79	17.2	27.6	7.12	9.93
		C	2.28	2.28	1.64	1.63	1.64	1.63

とは、有効幅を考慮して求めた値である。これによると、耳桁へのばね設置による補強は、耳桁で安全率が増加していることから安全性の回復に効果があったといえる。また、主鉄筋切断による人工的劣化によって想定した両耳桁の補強は、安全率のバランスを向上させたことより効果的な補修・補強法の一つといえる。

5. まとめ 1. 横桁による補強は橋の荷重分配効果を良好にし床版の剛性を回復させるのに効果がある。2. ばねの設置による補強は耳桁と中桁の剛性を回復させるが、橋全体としての剛性のバランスを悪化させる場合がある。3. 両耳桁の補修・補強は安全率のバランスを向上させる結果となった。

参考文献 1) 宮本他: 既存橋梁の耐用性診断とその検証法、建設工学研究所「研究報告」、第29号別刷、1987。
12) 土研資料1228号: コンクリート橋の耐荷力に関する研究調査、1977.11