

コンクリート橋の安全性評価に及ぼす付帯構造の影響

神戸大学工学部 正 員 宮本文徳
神戸大学工学部 正 員 西村 昭
神戸大学大学院 学生員 堀 浩之
神戸大学工学部 学生員○山本恭義
神戸大学工学部 正 員 高見忠良

1. まえがき

既存橋梁の維持・管理において、効率的な安全性評価法の確立が重要課題となっているが、コンクリート橋の安全性評価にあたって、高欄、舗装等の付帯構造の影響は従来無視されがちであった。本研究では、橋齢約55年の「前野橋」及び同37年の「対田橋」を対象に、安全性評価のための現場非破壊試験を実施し、付帯構造の、その評価に及ぼす影響を明らかにした。すなわち、供用状態における評価試験に加え、高欄を除去した状態、補強を想定して構造系を変更させた状態(「対田橋」のみ)においても同様の試験を実施し、それぞれの評価結果について比較、検討を行うことにより、これらの付帯構造の影響を明らかにした。

2. 試験橋の概要

今回試験対象とした「前野橋」及び「対田橋」の橋梁諸元を表1に示す。両橋とも5径間RC単純T桁橋でありそれぞれ4主桁及び3主桁を有する。試験対象スパンは、「前野橋」については出石側からの2スパン(スパン1、スパン2)、「対田橋」については香住側からの2番目及び3番目の2スパン(スパン2、スパン3)である。なお、各主桁を上流側からそれぞれ主桁A、B、C、(D)と呼ぶことにする。図1は、両橋の付帯構造である高欄の一部を示したものであるが、「前野橋」の高欄がRC製の堅固なものであるの 비해、「対田橋」のそれは鋼管をコンクリート支柱で支えた比較的簡単なものであった。

表1 橋梁諸元

橋梁名	前 野 橋	対 田 橋
所在地	兵庫県出石郡但馬町出合市場	兵庫県美方郡新坂町
路線名	国道426号線	国道178号線
橋長	45.80m(支間割: 5@9.16)	49.00m(支間割: 5@9.8)
幅員	5.50m	5.50m
架設年度	昭和6年	昭和25年
適用示方書	大正15年(2等橋)	昭和14年(2等橋)
構造形式	上部: RC-T 単純桁(4主桁)	上部: RC-T 単純桁(3主桁)
	橋台: 重力式 直接基礎	橋台: 重力式 直接基礎
	橋脚: 逆T式 直接基礎	橋脚: 重力式 直接基礎

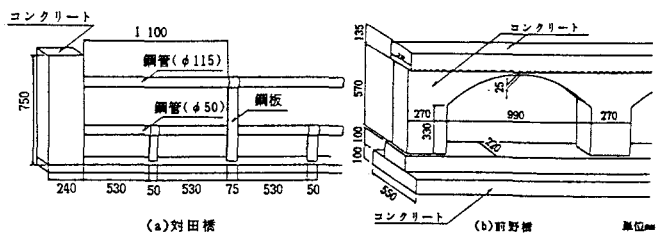


図1 高欄の概要

3. 試験の概要

両橋に対し、現場非破壊試験として静的荷重試験を実施した。つまり、高欄有り、高欄無し、構造系変更(「対田橋」のみ)の各状態において、重量既知の試験車(20tトラック)を各主桁ごとに最も不利になるように載荷し、それぞれ各主桁のスパン4等分点のたわみを測定した。なお、「対田橋」における構造系の変更は、ばね定数既知(45.3kg/mm)のばねを主桁Bのスパン中央下部に鉛直上向きに約5tfの荷重が加わるように設置することによって行った(図2参照)。

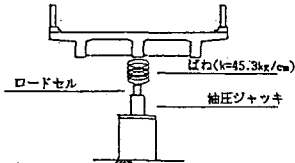


図2 ばね設置の概要

4. 結果と考察

各試験から得られたたわみを基に、(測点×載荷ケース)に対して、格子モデルを使用したSystem Identification(以下、SI法)¹⁾を適用し、コンクリートのヤング係数及び各主桁の断面2次モーメントを推定(同定)した。各状態に対して得られた結果をまとめて表2に示す。ここで、理論値とはコンクリートのヤング係数

Ayaho MIYAMOTO, Akira NISHIMURA, Hiroyuki HORI, Yasuyoshi YAMAMOTO, Tadayoshi TAKAMI

を 2.4×10^5 (kgf/cm²)、鉄筋のヤング係数を $E_s = 2.1 \times 10^6$ (kgf/cm²)とし、全断面有効として算出したものである。表3はこの推定結果から得られる各主桁の曲げ剛性を比較したものである。これより高欄の有無についての値を比較してみると、「対田橋」ではほとんどその差がないのに対し、「前野橋」では両耳桁においてその影響が大きく表われており、高欄が主桁の剛性を約40%高めていることがわかる。中央2主桁においても数%の影響が見られるが、これは床版の荷重分配効果によるもので、両耳桁の剛性が変化したためであると考えられる。一方、補強などを想定した「対田橋」における構造系の変更を行なった場合についてみると、ばねを設置した中桁(主桁B)で30~40%の剛性の回復が見られることがわかる。次に、SI法で得られた構造パラメータの推定結果を基

表2 SI法による推定結果

構造パラメータ			理論値			推定値		
			高欄有	高欄無	系変更	高欄有	高欄無	系変更
前野橋	スパン1	主桁A	9.32	5.05	—	10.19	5.29	—
		主桁B	4.53	4.53	—	4.40	3.66	—
		主桁C	4.53	4.53	—	4.63	4.48	—
		主桁D	9.32	5.05	—	10.19	5.29	—
		トンク係数($\times 10^6$ kgf/cm ²)	2.40	2.40	—	1.40	1.90	—
			誤差 $\Sigma e r r^2$			0.108	0.058	—
	スパン2	主桁A	9.32	5.05	—	10.19	5.39	—
		主桁B	4.53	4.53	—	5.00	4.28	—
		主桁C	4.53	4.53	—	3.88	4.08	—
		主桁D	9.32	5.05	—	10.19	5.39	—
		トンク係数($\times 10^6$ kgf/cm ²)	2.40	2.40	—	1.40	1.90	—
対田橋	スパン1	主桁A	5.52	4.67	5.52	4.72	4.58	4.22
		主桁B	4.18	4.18	4.18	2.63	2.57	3.72
		主桁C	5.52	4.67	5.52	5.79	5.94	5.62
		横桁	0.30	0.30	0.30	1.47	1.58	0.58
		トンク係数($\times 10^6$ kgf/cm ²)	2.40	2.40	2.40	1.90	1.90	1.90
			誤差 $\Sigma e r r^2$			0.221	0.223	0.114
	スパン2	主桁A	5.52	4.67	5.52	4.77	4.77	3.71
		主桁B	4.18	4.18	4.18	3.06	3.02	4.15
		主桁C	5.52	4.67	5.52	5.96	5.98	5.67
		横桁	0.30	0.30	0.30	1.52	1.67	0.62
		トンク係数($\times 10^6$ kgf/cm ²)	2.40	2.40	2.40	1.90	1.90	1.90
			誤差 $\Sigma e r r^2$			0.317	0.325	0.075

に曲げ及びせん断破壊に対する破壊安全率²⁾ γ_m 、 γ_s を算出し、表4に比較して示す。ここで、 γ_m' 、 γ_s' とは、SI法より算出した断面2次モーメントに基づいて有効幅を考慮して求めたものである。これより、曲げ及びせん断破壊安全率においても「対田橋」について高欄の影響は見られないが、「前野橋」では、その影響が見られるものの、高欄無しの状態の方が耳桁の破壊安全率は高いという結果になっている。これは、高欄有りの場合は、耳桁に分配される高欄死荷重が多くなり、その結果としてその安全率が低くなったものと思われる。

5. まとめ

「対田橋」の付帯構造である高欄は、見た目にも比較的簡単であり、主桁の剛性にほとんど寄与しないことが明らかとなったが「前野橋」に見られるようなコンクリート製の堅固な高欄や、補強などによる構造系の変更は、明らかに主桁の剛性に大きく影響していた。従って構造物の安全性を評価するにあたって、付帯構造の影響を無視することはできず、これらの影響を明らかにしていく必要がある。

参考文献 1) Bruce M. Douglass, Wayne H. Reid: Daynamic Tests and System Iden-tification of Bridge, ASCE (1982.10) 2) 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)

表4 破壊安全率

			主桁			γ_m			γ_s			γ_s'		
						L/4			3L/4			L/4		
前野橋	スパン1	高欄有	A	2.02	2.02	3.73	3.63	3.73	3.63	3.73	3.63	3.73	3.63	3.73
		高欄無	B	6.08	6.03	8.40	8.57	7.27	7.72	8.40	8.57	7.27	7.72	8.40
			C	5.82	5.78	7.84	8.62	7.06	7.76	7.84	8.62	7.06	7.76	7.84
			D	2.04	2.04	3.69	3.77	3.69	3.77	3.69	3.77	3.69	3.77	3.69
			D	2.60	2.60	4.75	4.67	4.75	4.67	4.75	4.67	4.75	4.67	4.75
	スパン2	高欄有	A	2.07	2.70	4.04	3.79	4.04	3.79	4.04	3.79	4.04	3.79	4.04
		高欄無	B	5.31	5.31	7.67	7.84	7.34	7.49	5.31	5.31	7.67	7.84	7.34
			C	6.82	6.73	8.76	9.56	6.93	7.56	6.82	6.73	8.76	9.56	6.93
			D	1.96	1.96	3.56	3.64	3.56	3.64	1.96	1.96	3.56	3.64	1.96
			D	2.63	2.63	4.60	4.57	4.60	4.57	2.63	2.63	4.60	4.57	2.63
対田橋	スパン1	高欄有	A	2.27	2.25	4.15	3.42	4.15	3.42	2.27	2.25	4.15	3.42	2.27
		高欄無	B	7.34	7.25	10.7	7.29	6.19	4.09	7.34	7.25	10.7	7.29	6.19
			C	2.08	2.08	3.87	3.19	3.87	3.19	2.08	2.08	3.87	3.19	2.08
			C	2.29	2.29	4.18	3.44	4.18	3.44	2.29	2.29	4.18	3.44	2.29
			C	7.61	7.44	10.4	7.44	6.00	4.19	7.61	7.44	10.4	7.44	6.00
	スパン2	高欄有	A	2.04	2.04	3.81	3.15	3.81	3.15	2.04	2.04	3.81	3.15	2.04
		高欄無	A	3.36	3.32	6.47	4.92	5.11	3.86	3.36	3.32	6.47	4.92	5.11
			B	4.57	4.55	6.70	5.83	6.47	4.87	4.57	4.55	6.70	5.83	6.47
			C	2.66	2.66	5.15	4.04	5.15	4.04	2.66	2.66	5.15	4.04	2.66
			C	2.29	2.28	4.27	3.49	4.27	3.49	2.29	2.28	4.27	3.49	2.29
前野橋	スパン1	高欄有	A	6.55	6.48	9.72	6.71	8.81	4.86	6.55	6.48	9.72	6.71	8.81
		高欄無	B	2.11	2.11	3.98	3.26	3.98	3.26	2.11	2.11	3.98	3.26	2.11
			C	2.30	2.30	4.28	3.50	4.28	3.50	2.30	2.30	4.28	3.50	2.30
			B	6.66	6.58	9.91	6.80	6.94	4.74	6.66	6.58	9.91	6.80	6.94
			C	2.09	2.09	3.96	3.24	3.96	3.24	2.09	2.09	3.96	3.24	2.09
	スパン2	高欄有	A	3.82	3.74	7.61	5.55	5.56	4.03	3.82	3.74	7.61	5.55	5.56
		高欄無	B	4.31	4.31	7.23	5.32	7.23	5.32	4.31	4.31	7.23	5.32	7.23
			C	2.64	2.64	5.25	4.08	5.25	4.08	2.64	2.64	5.25	4.08	5.25
			C	2.64	2.64	5.25	4.08	5.25	4.08	2.64	2.64	5.25	4.08	5.25
			C	2.64	2.64	5.25	4.08	5.25	4.08	2.64	2.64	5.25	4.08	5.25