

旧神崎橋の耐荷力に関する確率論的考察

大阪大学工学部 正員 前田幸雄 大阪大学工学部 正員 松井繁之
 大阪市土木局 正員 山内堅次 大阪工業大学 寺田勝美
 大阪大学工学部 学生員 糸谷昌俊

1. まえがき 旧神崎橋は我が國初の溶接桁を用いた活荷重合成桁（昭和28年架設）で、25年間の供用の後、昭和53年に撤去された。本橋の設計時には実物大単桁載荷試験、ジベルの押し抜き試験、材料試験等の基礎実験が行われ入念に安全性が確認された。さらに撤去時にも、25年間の供用による耐荷力の変化をみるために種々の実験が行われた。

構造物の強度およびそれに作用する荷重は本来不確定量であり、当然確率量で表わすのが理想的である。欧米諸国では荷重係数設計法あるいは限界状態設計法が採用されているが、その部分安全係数の値は半ば経験的に定められ、未だ上記不確定量を適確に導入していない。そこで現在では、破壊確率または安全性指標を用いた信頼性理論による設計法が最も優れたものとされている。このような観点から、過去の実資料とともに信頼性理論を用いて旧神崎橋の静的耐荷力に対する安全性の評価を行へ、今後の一資料とした。

なお、評価項目は主桁の終局曲げ破壊、下フランジの降伏、床版の押抜きセン断破壊、ジベルの終局荷重、および、使用限界状態の1つである許容たわみとした。

2. 旧神崎橋の作用力の評価 荷重のバラツキは破壊確率に影響する不確定量の中で最も大きい。したがって、荷重頻度調査は厳密に行う必要がある。本研究では旧神崎橋がすでに撤去されているため新橋橋詰の仮橋上で24時間の実測を行った。重量が計測された試験車と通行車両との発生タワミ比より通行車両の重量を推定し、さらに、実測通行位置頻度とタワミ影響値を考慮して車両重量頻度分布を得た。結果は図-3の通りで、その平均値は 3.88^{ton} 、標準偏差は 3.03^{ton} であった。この分布に対し、静的破壊に支配的な大きい荷重部分に適合する分布形を求めるとき次の指數分布が得られた。

$$f(x) = 0.258 e^{-0.258(x-1)} \quad , \text{ここで, } x \text{ は車両重量 (ton)} \quad (1)$$

この式をもとに各着目点に対する作用力を求める。図-1は旧神崎橋の撤去時の断面図である。着目点は輪荷重走行位置の頻度が高いG₂, G₃である。主桁に與する作用力は図-2に示すように通行位置頻度と立体解析による曲げモーメント影響値を乗じた作用モーメントとした。床版に対しては輪荷重直下の押抜きセン断破壊を考えるため、通行位置を無

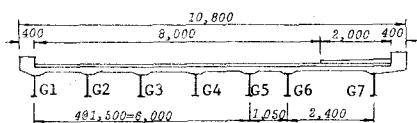


図1 旧神崎橋の撤去時の断面

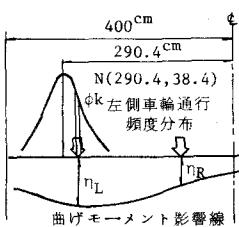


図2 作用荷重の算出法

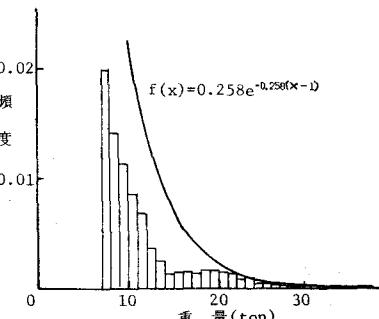


図3 実測車両重量分布

視し、1個の後輪荷重そのものを作用力とした。ただし、現在の重車両はほとんど3軸車であるので2軸車に等価な1後輪荷重は全車両重量の24%となる。以上の作用力に歯する確率量は表-5の通りとなった。

3. 旧神崎橋の抵抗力の評価 評価の対象とする部材耐荷力の抵抗力は各構成部材要素の寸法、構成材料の強度およびそれらのバラツキをもとにして求められる。

旧神崎橋に関するそれらの値は表-1～3に示すように実測から得られた。これらの確率量はすべて正規分布すると仮定できるものであろう。さて、評価する現象の中には、仮定による理論耐荷力と実験等から得られる実耐荷力とは一致せず、誤差を生じ、これが破壊確率評価に重要な因子となる。主桁の終局曲げ破壊荷重および床版の押抜きせん断破壊について、この誤差の評価値を他の既往の研究成果から求めた。その結果は表-4に示す通りである。ただし、主桁の終局曲げ破壊に対するは図-4の応力プロットを想定し、床版の押抜きせん断破壊に対するは確立された理論がないため、次式に既往のデータを当てはめ、パラメータμを決定するとともにそのバラツキを考えることにした。

$$\frac{P}{bd\sigma_{ck}} = \left(20 + 30 \frac{C_s}{C_t}\right) \leq 40 \quad (2)$$

(pound, inch)

ここに、 b は載荷板周長、 d は床版有効厚、 σ_{ck} はコンクリート圧縮強度、 C_s 、 C_t は載荷板の短辺、長辺長である。

4. 静的破壊確率の結果

古典的信頼性理論、二次モーメント法で算出した中央安全率、破壊確率および安全性指標を表-5に一覧した。一般に土木構造物の破壊確率は $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 、安全性指標は2.5～5と言われており、これらの値と比較すると旧神崎橋上部工は非常に安全であったと言えよう。表-5で注目すべき点が2、3存在する。その1つはジベルの支圧破壊確率が非常に大きいことである（中央安全率が最大にもかかわらず）。これは桁端近くのジベルに作用するせん断力評価に対し、床版の有効幅を全幅とし、荷重の横分配を1/0法によったためである。実際にはこの確率は大きく減少するものと予想される。他の1つは許容タフミの2種の結果が異なることで、後者は実衝撃を含んだ作用荷重によるものであり、前者は後者から示方書の衝撃値を差し引いたものである。実際は両者の中间値となるであろう。本研究では疲労に関する破壊確率等にも考察を加えたが、これは別の機会に発表したい。

最後に、本研究の遂行にあたり大阪工業大学栗田講師の御助力を得たことを付記する。

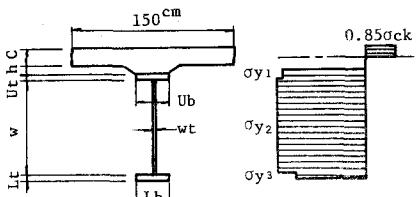


図4 断面構成と応力ブロック

表1 断面構成諸量の確率量

	C	h	Ub	U_t	w	wt	Lb	L_{t1}	L_{t2}
μ (cm)	18.3	5.2	19	1.23	56.75	1.02	19	1.94	2.55
δ	0.048	0.065		0.023	0.003	0.026		0.024	0.071

表2 鋼材の特性値

	σ_y (kg/cm ²)	E (x10 ⁶ kg/cm ²)
U-flg (12mm)	μ 2747	1.95
	δ 0.078	0.071
web (10mm)	μ 2922	1.96
	δ 0.073	0.076
L-flg (19mm)	μ 2542	1.97
	δ 0.072	0.037
L-flg (25mm)	μ 2518	2.03
	δ 0.045	0.025

表3 コンクリートの特性値

	σ_{ck} (kg/cm ²)	E (x10 ⁵ kg/cm ²)	W (ton/m ³)
μ	362.1	2.86	2.31
δ	0.093	0.128	0.013

表4 理論値と実験値との誤差

	μ	δ
主桁の終局曲げ破壊 (52体)	1.053	0.119
床版押抜きせん断破壊 (10体)	2.180	0.174

表5 旧神崎橋の静的破壊確率と安全性指標

現象	作用力			抵抗力		$\frac{\mu_r}{\mu_s}$	P_f	β	unit			
	μ_s	δ_s	λ	μ_r	δ_r							
主桁の終局曲げ破壊	2.73	0.780	0.367	183.60	0.141	67.3	2.30×10^{-2}	6.95				
				112.15	0.128	41.1	2.03×10^{-2}	7.51				
				119.06	0.175	43.6	1.63×10^{-3}	5.56	t-m			
				52.97	0.100	19.4	3.07×10^{-3}	8.81				
許容タフミ				38.98	0.100	14.3	2.19×10^{-5}	8.17				
				9.93	0.100	3.3	1.00×10^{-5}	5.13				
床版押抜きせん断破壊	0.93	0.781	1.074	71.30	0.192	76.7	4.87×10^{-7}	5.13				
ジコンクリートの支圧破壊	1.27	0.780	0.789	184.90	0.216	145.6	3.08×10^{-8}	4.59	ton			
ペルスレの急変時				99.03	0.217	78.6	7.58×10^{-7}	4.54				