

高田機工(株) 正員 ○ 禮場待郎
大阪大学工学部 正員 前田幸雄
大阪大学工学部 正員 松井繁元

1. まえがき 構造物の安全性・使用性を確認するための尺度の一つとして、破壊確率を用いる方法がある。この場合、各限界状態における限界破壊確率の設定が必要となって来る。著者は先に旧神崎橋における静的・疲労破壊確率について報告¹⁾を行って来た。ここではその健全性を判定する資料として、我国でもっとも標準的な橋梁である建設省判定・活荷重プレートガーダー橋(以下標準設計と言う)に、旧神崎橋を実測された自動車荷重を載荷し、その破壊確率を同橋で行った計算と同手法で求め、比較検討を行うこととした。そして得られた結果に対して若干の考察を行った。

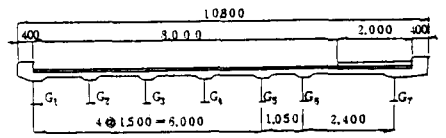
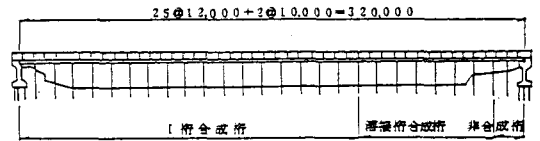


表1 標準設計の設計条件

橋 格	1等橋
支間長	30.0 m
幅 員	7.0 m
活荷重	T.L-20
床版厚	230 mm
コンクリートの設計基準強度	300 N/mm ²

(c) 拡張断面図

図1 旧神崎橋一般図

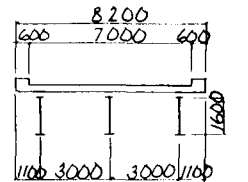
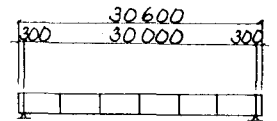


図2 標準設計一般図

2. 対象橋梁と限界状態 旧神崎橋の一般図を図1に、今回比較の対象とした標準設計(設計番号-492)の一般図を図2に、その設計条件を表1に示した。

考慮する限界状態を表2に示した。使用限界状態としては、現行同示に規定された活荷重の制限ため、終局限界状態としては主桁の曲げ破壊耐力および床版の押抜きせん断荷重を考えた。疲労については、旧神崎橋において垂直衝剛性のすみ肉溶接部の破壊が最小の設計寿命を示していたため、比較橋梁においてもこの点に着目した。

表2 考慮する限界状態

限界状態	項 目
使 用	活荷重による制限のため
終 局	支間中央の主桁の曲げ破壊
	床版の押抜きせん断破壊
疲 労	垂直衝剛性のすみ肉溶接部の破壊

3. 作用荷重 自動車荷重の重量頻度分布は、旧神崎橋における実測データを式(1)および図3に示す指数関数を適合するものとして与えた。

$$f_x(x) = \lambda e^{-\lambda(x-a)} = 0.258 e^{-0.258(x-1.0)} \dots \dots (1)$$

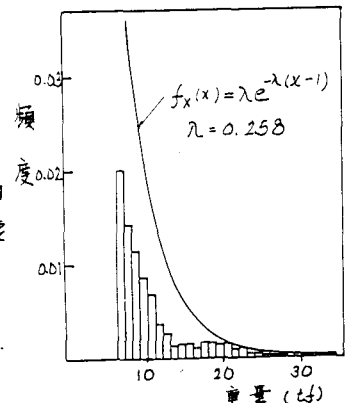


図3 自動車重量頻度分布図

疲労の計算に用いる日交通量は、旧神崎橋のデータに基づいて、片側1万台両方向2万台とした。また表2に示した各限界状態に対し、活荷重による破壊確率を求めるため、死荷重を除外する必要があるが、このときの変動係数を5%と仮定した。

4. 抵抗強度 抵抗強度は、材料強度、寸法のばりつき量となる。ここでは表3に示した各材料のデータを使用した。これらは全て正規分布するものとし、得られた抵抗強度も全て正規分布するものと考えた。

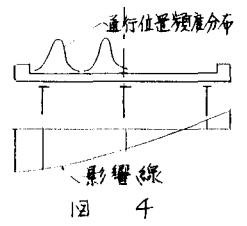
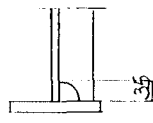
主桁の曲げ破壊耐力は、旧神崎橋のような全塑性状態が期待出来ない断面のため、下フランジが降伏点に到達すると主の曲げモーメントとした。活荷重によるため、後述の作用力が衝撃を含んだ値となっているため、適宜に規定された衝撃を含んだ値とし、曲げモーメントに換算して求めた。

5. 作用力 主桁に作用する作用力は、図 4 に示す幅員方向の車輛通行位置分布曲線と、平面格子桁で求めた影響線を用いて計算出来る。橋軸方向に関しては、旧神崎橋では 1 台しか載荷されないが、標準設計では 1〜3 台の連行載荷が考えられる。しかしながら連行パターンが未知のため、1 台の載荷と並示の車頭間隔で載荷しうる 3 台の場合の 2 種類を考えることにした。また活荷重を指数分布と仮定したため求めた断面力も指数分布するものとした。ただし床版の押抜きせん断破壊に対する場合のみは、車輛通行位置頻度分布曲線の片側車輪の中央を床版の支間中央に合せた。

表 3 材料のばらつき

項 目	平均値の偏り	変動係数
コンクリート	厚さ	1.017
	幅	1.000
	底版	1.200
鋼	厚さ	1.000
	幅	1.000
	Fy	1.074
	Es	1.010

疲労破壊における垂直補剛材のすみ肉溶接の応力は、図 5 に示すスカラップの上端すなわち下フランジより 35mm 上での応力とした。



6. 計算結果と考察 静的破壊確率の結果を表 4 に、疲労破壊確率より求めた設計寿命を表 5 に示す。標準設計では 1 台の場合は危険側の値となり、3 台の場合は安全側の値を示すものと思われる。車頭間隔、重量の組合

表 4 静的破壊確率

せが未知であるが、真値はこの間値と仮定する。

限界状態		旧神崎橋		標準設計								
		着目点	破壊確率 (Pf)	着目点	抱抗力		1台		3台		破壊確率 (Pf)	
							作用力		作用力			
					U_r	σ_r	U_s	σ_s	U_s	σ_s		
使用	主桁の 軒差にやみ	G ₂	0.307×10^{-7}	G ₁	631.3	31.4	16.538	12.90	0.207×10^{-15}	26.73	21.17	0.142×10^{-9}
		G ₃	0.581×10^{-9}	G ₂	651.4	33.7	9.879	7.71	0.102×10^{-15}	14.65	11.60	0.897×10^{-8}
終局	主桁の 曲げ破壊	G ₂	0.230×10^{-11}	G ₁	878.7	127.1	16.538	12.90	0.146×10^{-10}	26.73	21.17	0.525×10^{-9}
		G ₃	0.118×10^{-11}	G ₂	658.8	95.7	9.879	7.71	0.786×10^{-11}	14.65	11.60	0.439×10^{-10}
		床版の押抜き			0.487×10^{-7}		126.4	17.9	0.93	0.73	0.504×10^{-12}	0.93

と思われる。

表 5 疲労に対する設計寿命 (Pf=0.99)

主桁の曲げ破壊に関しては、旧神崎橋とはほぼ同程度の値を示したが、その他は標準設計の方が小さな値を示している。このことは、活荷重の制限のみは現行の並示では支間長の短い橋梁が厳しいこと、床版の押抜きせん断は同じく現行同示によって近年床版が厚くなったためと考えられる。

着目点	旧神崎橋	標準設計	
		1 台	3 台
垂直補剛材のすみ肉溶接	125 年	G ₁ 620 年	G ₂ 110 年
		G ₂ 340 年	G ₁ 98 年

疲労に関しては 3 台の場合ほぼ同程度の設計寿命を有していた。これらのことから逆に、旧神崎橋は建設当時の示方書に規定されている 2 車橋で設計されていたにもかかわらず、現橋の標準設計と同程度の健全性を有していたとの最終判断が出来た。ただし旧神崎橋は主桁間隔が 1.5m で、かつ、床版厚が 18cm もあり施工が非常によかった、これが上記のような好結果と与えたことを強調して置きたい。

あとがき 本研究では、主として旧神崎橋の健全性を知るために、同橋の自動車荷重による標準設計の破壊確率および設計寿命の比較検討を行った。しかし先に述べたように、自動車荷重すなわち連行荷重の組合せ、車頭間隔について大きな仮定を設けた。このことは破壊確率の計算に大きな影響を及ぼすので今後はこれらのデータを正確に算入しなければならない。さらに諸外国では、破壊確率を用いた設計基準に移行しつつある。したがって今後は全国的な荷重データによって現行の標準設計の破壊確率を求め、我が国の示方書の改訂において有益な資料となると思われるので今後研究と続けて行きたい。

1) たとえば 前田、松井、亀井、櫻場、遠藤：確率論的手法による旧神崎橋の健全性と 2、3 の提言、土木学会関西支部シンポジウム 論文集 P73〜82 昭和 58 年 2 月