

大阪工業大学 正員 栗田章光
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

1. はじめに

旧神崎橋は昭和28年に架設されたわが国初の溶接鋼を用いた重荷重合成材橋であり、25年間の使用の後、新橋にその役を移され、昭和53年に撤去された。撤去に際し、この橋の25年間の使用による耐荷か疲労強度の変化をみるため、種々の供試体を切り出し静的・疲労実験が行われた¹⁾⁵⁾。本研究はこれらの実験資料をもとに信頼性解析によって、撤去時における疲労破壊確率および余寿命について考察したものである。確率論で重要な情報は部材強度の他に、その部材に作用する荷重の推定である。このため、交通量が同じと考えられる新橋の取付後橋上で24時間の現場実測を行うとともに、本橋関連の過去の調査資料を分析した。

2. 着目点

疲労実験の項目は、①主桁下フランジ強度(母材、ウェブとの縦方向すみ肉溶接部)、②主桁下フランジの板継ぎ部強度(板厚25mmと19mmの溶合せ溶接部)、③実物合成断面梁の曲げ疲労強度、④ジベルの押し抜き疲労強度、⑤被動繰返し載荷による床版の疲労強度の5種である。③④については現在も実験中であり、基本的には①②の結果で明らかにする部位を評価の着目点とした。すなわち、(イ)交向中央部の下フランジとウェブの縦方向すみ肉溶接部、(ロ)4点荷重の下フランジ板厚変化点の溶合せ溶接部、および、(ハ)R床版である。

3. 疲労強度に関する信頼性理論

Ang⁶⁾によると、疲労寿命がワイブル分布する場合、載荷回数 N の時点における信頼性 $L(N)$ は次式で与えられる。

$$L(N) = \exp - \left\{ \frac{N}{\bar{N}} \cdot \Gamma(1 + \Omega_N^{1.08}) \right\}^{\Omega_N^{1.08}} \quad (1)$$

(ここに、 $\bar{N}$: 平均寿命、 Ω_N : 全不確実量、 $\Gamma(\cdot)$: ガンマ関数)

そして、疲労破壊確率 P_f は、 $P_f = 1 - L(N)$ (2) となる。

さて、平均寿命 $\bar{N}$ はランダム応力振幅を受ける場合、Bainbridge-Miner則より次式で与えられる。 $\bar{N} = C/E(S^m)$ (3) (ここに、 C : $S-N$ 曲線の N 軸切片、 $E(S^m)$: 作用応力振幅 S の密度関数の m 次積率、 m : $S-N$ 曲線の傾き) 疲労における全不確実量 Ω_N は疲労データのバラツキ(変動係数 δ_N)、 $S-N$ 関係を得るモデル選定に関する不確実量(Ω_g)、構造物の施工のバラツキ(Ω_c)、構造解析上の誤差(ΔS)などで次式のよう表わされる。

$$\Omega_N^2 = \delta_N^2 + \Delta N^2 = \delta_N^2 + \Omega_g^2 + \Omega_c^2 + m^2 \Delta S^2 \quad (4)$$

また、 $\delta_N = \left[\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n (\ln s_i - \ln \bar{c} + \ln \bar{c} - \ln s_i)^2 \right]^{1/2}$ (A は $S-N$ 曲線の疲労データ数)(5)

4. 作用力

実測交通荷重の頻度分布は図1の通りであった。詳細は本概要集の静的耐荷力に関する報告に述べている。この荷重から旧神崎橋主桁の着目点の応力頻度分布を求めればよい。このため、荷重載荷位置の推定および応力解析が必要となる。荷重載荷位置に関して本橋がすでに撤去されているため表1に示す建設

表1 自動車左側車輪通行位置 (2車線道路)

	平均位置	標準偏差
建設省調査	0.726B	0.096B
拡幅前 B=3m	217.8cm	28.8cm
拡幅後 B=4m	290.4cm	38.4cm

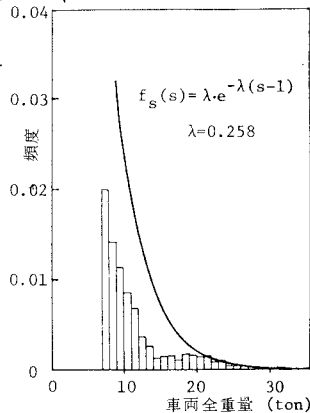
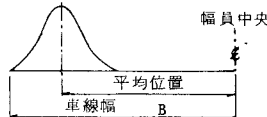


図1 車両重量頻度分布

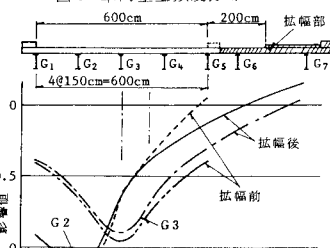


図2 曲げモーメント影響線

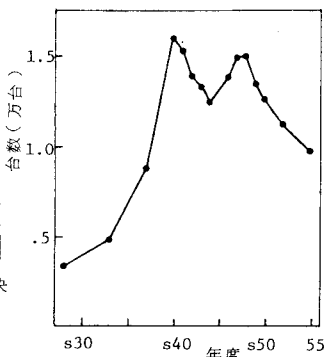


図3 交通量経年変化 (1日・1方向)

査の実験結果を適用することにした。橋全体の立体解析によって図2に示す着目点のねじモーメント影響線を得た。このねじモーメントと実験断面剛性(当然確率分布する)から応力を算出した。床版については着目点が固定であるため、表1の軸荷重位置分布のピーク値をスパン中央に初し、着目径間内に来る荷重だけを考えることにした。軸荷重は自動車と2軸車、3軸車の2種に想定した。各々の場合の1後輪荷重は0.4万(万は全車両重量)、0.24万となる。

得られた応力分布(床版の場合は荷重分布)をベータ分布、指数分布の2種で表現し、撤去時の疲労破壊確率、余寿命を求めることにした。必要となる累積交通量は図3(資料分析結果)を用い、今後の交通量は1日片側1万台と推定した。

5. 抵抗力 着目点の疲労データは図4~6に示すものを用いた。主桁フランジについては、実験供試体の実験結果を基本とし、対応のよい既存データを補足し、妥当と思われる σ - N 関係を得た。床版に関する σ - N 関係は初動繰返し載荷実験の結果を用いた。

6. 結果と考察 各着目点における信頼性関数 $L(n)$ を図7~8に、撤去時の破壊確率および余寿命を表2に示す。主桁に関する信頼性関数が $L = 1.3 \times 10^8$ の地点で大きく変化するのは昭和46年度の振幅によって通行位置が変化したためである。通行位置を無視した床版ではこの変化は現れない。1部を除き、ベータ分布の方が破壊確率は小さくなる。これはベータ分布では荷重の上限値を与えるため高応力頻度が指数分布より小さくなるためである。床版の場合、大型車を3軸車と仮定する方が実際に即していると思われる。解析の結果、余寿命が $L = 0.9999$ 以上で一部負の値が出てくることになり実際と矛盾する。詳細の考察は講演会当日に述べたい。

最後に、本研究の遂行に当り、関西道路研究会成小委員会委員ならびに阪大卒業生糟谷君、阪工大卒業生寺田君の御助力を得たことを付記し、謝意を表する次第である。

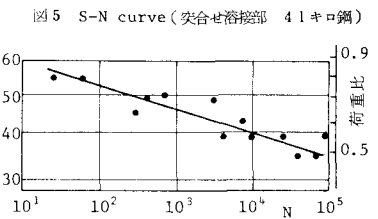
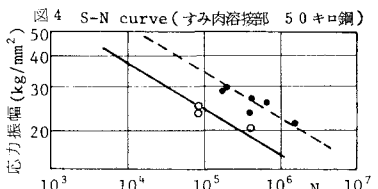
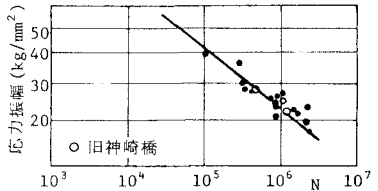


表2 疲労破壊の信頼性、破壊確率および余寿命

着目点	作用力分布形	撤去時破壊確率 P_f	余寿命 (年)	
			$L = 0.9999$	$L = 0.999$
下フランジとウェブのすみ肉溶接部	G2	1.15×10^{-5}	92	432
	G3	5.18×10^{-6}	238	1046
	G2 ベータ分布	4.01×10^{-6}	334	2244
	G3	1.40×10^{-6}	1937	9868
床版 (3軸車)		1.09×10^{-6}	20963	620692
下フランジとウェブのすみ肉溶接部	G2	3.37×10^{-5}	99	554
	G3	1.68×10^{-4}	-10	504
	G2 指数分布	7.79×10^{-6}	941	6442
	G3	3.33×10^{-5}	402	35239
板厚変化点の突き合せ溶接部	(2軸車)	4.81×10^{-4}	-22	53
	(3軸車)	8.44×10^{-6}	1011	30689

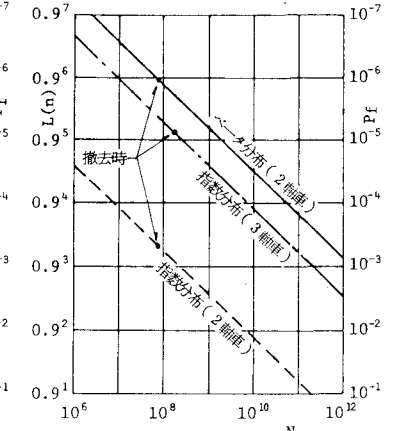
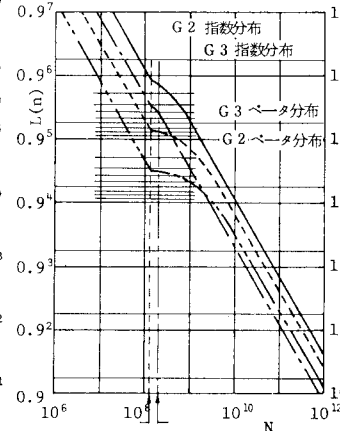
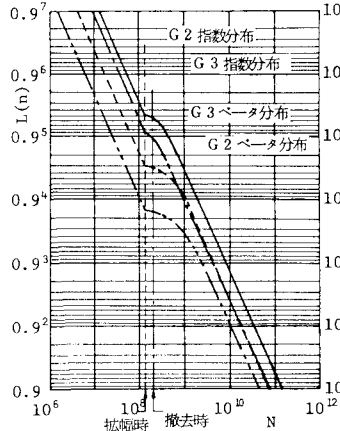


図7 $L(n), P_f$ -N curve (下フランジとウェブのすみ肉溶接部)

図8 $L(n), P_f$ -N curve (断面変化点の突き合せ部)

図9 $L(n), P_f$ -N curve (床版)

【参考文献】1)~4) 第34回年次学術講演会概要集 I-133, I-134, I-135, I-143. 5) 第35回年次学術講演会概要集 I-89. 6) A.H.S. Ang; Structural Reliability and Probability-Based Design, Lecture Text at Osaka Univ, June 1976.