

龍工工業(株) 正員 佐合玄一
大阪市土木局 正員 黒山泰弘

日本鉄塔工業(株) 磯部 悟
東日本鉄工(株) 高橋峰雄

1. まえがき

旧阪堺大橋は、図-1に例示するようなりベット構造の単純非合成桁橋が、14連つらなつた橋長224^m45の橋梁である。大阪臨海線の大和川に位置し、昭和2年の架設以来50年に亘つて供用された。近年特に重車輛交通が通過する機会が多く、昭和54年に架け換えのため撤去された。これを契機として、大阪市と長大橋技術研究会では、本橋に作用する荷重および主桁、床版の耐力力等について調査・研究を行い、順次その結果を発表してきた。^{1)~4)} 今回、これら調査・研究の成果を用いて確率統計的な手法により、旧阪堺大橋の主桁に關する安全性指標と破壊確率とを求め、市街橋の健全性判定のための一資料とするものである。

2. 作用力

図-1の主桁G1の支間中央に着目して、この点に作用する死荷重および活荷重曲げモーメントを算出する。

2-1. 死荷重による曲げモーメント

死荷重強度は、設計図面の寸法より計算した。本橋は非合成桁として設計されていたが、調査・研究の結果文献2)に示したように、コンクリート床版と鋼桁との合成作用が顕著に認められた。そこで、死荷重モーメントの計算は合成桁として行った。その結果、支間中央の曲げモーメントは慣用計算法により、 $M_{DS}=49.62\text{ t}\cdot\text{m}$ 、 $M_{DU}=10.16\text{ t}\cdot\text{m}$ となった。また、比較のために設計条件と同じく、非合成桁としても計算してみた。ところで、既往の文献によれば死荷重強度のばらつきは、正規分布に従うとされている。この仮定に基づき、上記の値を平均値とし、変動係数が0.05となる死荷重モーメントをシミュレーションして求めた。試行回数は、10000回とした。

2-2. 丁荷重による曲げモーメント

文献3)によれば、丁荷重強度は指数分布を呈し、その確率密度関数は $f(x)=0.0936 e^{-0.0936(x-5.0)}$ 、平均 $\mu=15.85$ と推定されている。丁荷重による曲げモーメントの計算に際し車輛の載荷状態も文献3)に従い、図-3のように固定する。図中の車輛重量 W_1 および W_2 は、それぞれ独立に乱数を用いて発生させ、各荷重ごとの丁荷重を決定した。これらの自動車荷重による桁支間中央の曲げモーメントは、格子桁解析により求めた。

2-3. L荷重による曲げモーメント

L荷重の判定は、(新)阪堺大橋の外側主桁の架設が終了し、供用開始された時点で大阪行車線を対象として実施された。この結果より、文献4)ではL荷重強度を推定している。そして、L荷重強度は対数正規分布を示し、線荷重 P は平均値 $\mu=0.608$ 、標準偏差 $\sigma=0.238$ であったと報告した。旧阪堺大橋は支間長が15^m24と短いため、重車輛が支間中央に載荷された状態で、前後の走行車輛

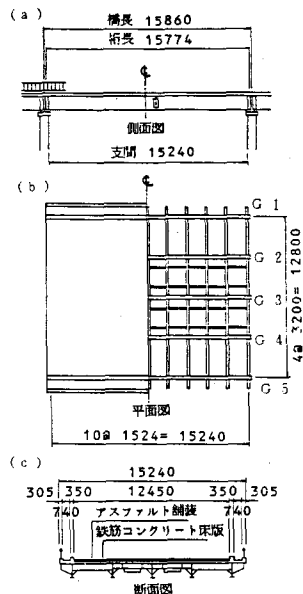


図-1 一般図 (単位: mm)

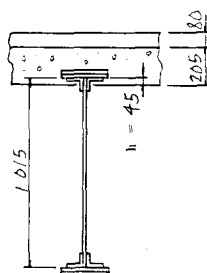


図-2 主桁断面

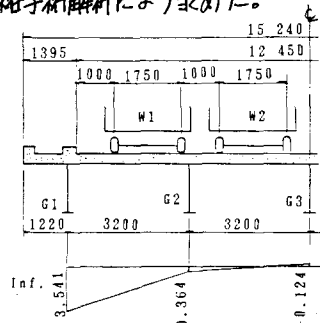


図-3 丁荷重載荷状態

が主桁の曲げモーメントに影響を与える可能性は非常に低いといえる。したがって、L荷重としては集中荷重のみを考慮し、分布荷重は除外した。4桁の曲げモーメントを計算するには、T荷重と同様に格子桁解析し、幅員の4桁側半分を載荷した。

3. 抵抗力
主桁の中央断面の抵抗値を、確率変数として求める。抵抗値のばらつきの要因としては、コンクリート断面、鋼断面の形状寸法、コンクリートおよび鋼材の降伏点等を考える。また、コンクリート断面には、床版の有効幅を考慮し、これらの値を正規分布と仮定した。用いたデータを表-1に総括する。表中断面寸法の平均値は、設計図面の値を用い、変動係数は既往の内部資料によった。また、主桁断面の終局限界状態としては、合成桁としての鋼桁下縁における

応力度が、降伏点に達した状態と定義した。なお、当初非合成桁として設計された経緯より、参考のため非合成桁としての抵抗値も計算した。計算手法としてはモンテカルロ法を用い、10000回のシミュレーションを実行した。

4. 安全性指標βおよび破壊確率P_f
抵抗値をR、主桁の限界曲げモーメントをM_u、死荷重作用力をM_d、活荷重作用力をM_l、作用力をSとすれば、

$$R = M_u - M_d \quad , \quad S = M_l \quad \text{----- (1) a, b}$$

となる。また安全性指標は、次式により計算した。

$$\beta_1 = (\mu_r - \mu_s) / \sqrt{\sigma_r^2 + \sigma_s^2} \quad , \quad \beta_2 = \ln(\mu_r / \mu_s) / \sqrt{\delta_r^2 + \delta_s^2} \quad \text{----- (2) a, b}$$

さらに、破壊確率P_fを数値積分により計算した。抵抗力R、作用力Sの確率密度関数f_R(x)、f_S(x)は、それぞれ次式で与えた。

$$\left. \begin{aligned} f_R(x) &= \frac{1}{360\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x-347.82}{360}\right)^2\right] \quad (\text{合成桁}) \quad , \quad f_R(x) = \frac{1}{29.40\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x-282.79}{29.40}\right)^2\right] \quad (\text{非合成桁}) \\ f_S(x) &= 0.0607 \cdot e^{-0.0607(x-0.350)} \quad (\text{T荷重}) \quad , \quad f_S(x) = \frac{1}{0.238\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln x - 1.388}{0.238}\right)^2\right] \quad (\text{L荷重}) \end{aligned} \right\} \text{---- (3) a \& b}$$

計算データの総括と計算結果を表-2に示す。表中μは平均、σは標準偏差、δは変動係数を表わす。

5. あとがき

表-2の結果によれば旧阪堺大橋の4桁は、重交通に対してもそこそこの安全性を持っていたと

いえる。今回は外桁のみに着目したため、反対車道の自動車荷重は無視し得たが、4桁については反対車線の自動車荷重についても考慮しなければならないと考えている。今後、42、43桁についても計算する必要がある。

参考文献

- 1) 旧阪堺大橋の健全性の調査と研究について、他3編（昭和59年度関西支部年議）
- 2) 旧阪堺大橋の主桁の破壊実験について（昭和59年度年議全国大会）
- 3) 阪堺大橋の自動車荷重（T荷重）の判定について（昭和60年度関西支部年議）
- 4) 阪堺大橋の自動車荷重（L荷重）の判定について（昭和60年度関西支部年議）

表 - 1 主桁断面寸法、強度

確率変数		部材	コンクリート床版	U. Cov L. Cov	U. Fig L. Fig	W e b	Ang. Area, Cx
断面寸法	平均値		2750 x 205 (h=45)	254 x 11.0	254 x 14.3	1015 x 9.3	46.96cm ² 29.5
	変動係数		0.030, 0.030, 0.030	0.00144 0.0175	0.00144 0.0175	0.0009 0.0175	0.0175, 0.0010
強度	平均値		417 kg/cm ²	2810 kg/cm ²			
	変動係数		0.100	0.085			

表 - 2 抵抗、作用力、安全性指標、破壊確率

項目		R			S			B. Pf		
		μ	σ	δ	μ	σ	δ	β ₁	β ₂	P _f
合成断面	L 荷重	347.82	36.00	0.104	28.40	10.43	0.367	8.0	4.2	0.106・10 ⁻⁵
	T 荷重	347.82	26.00	0.104	16.71	16.08	0.962	8.4	3.1	0.144・10 ⁻⁸
非合成断面	L 荷重	282.79	29.40	0.104	28.40	10.43	0.367	7.5	3.8	0.619・10 ⁻⁵
	T 荷重	282.79	29.40	0.104	16.71	16.08	0.962	7.9	2.9	0.175・10 ⁻⁵