

I-274

実測交通荷重による道路橋の安全性指標と活荷重係数

(株)駒井鉄工所 正 員 神原康樹
大阪大学大学院 学生員 島谷竜一

大阪大学工学部 正 員 松井繁之
大阪大学工学部 正 員 福本嘸士

1. まえがき 限界状態設計法を確立するには、構造物の抵抗強度の特性とともに荷重作用の特性を適切に把握しなければならない。筆者らは、これまで道路橋を対象に自動車荷重に関する調査・計測を行ってきた。今回、これらの収集したデータをもとに現在の橋梁が荷重および抵抗の不確実性を考慮した場合、終局限界状態に対してどのような安全性を確保しているかを安全性指標 β と荷重係数設計法に基づく活荷重係数 γ_L の比較のもとに評価した。

2. 対象橋梁 対象橋梁は、建設省制定土木構造物標準設計「活荷重合成プレートガーダー橋」とした。支間長はそれぞれ25, 30, 38, 44m(設計番号1657, 1662, 1670, 1674)である。橋梁断面は、同一で図-1に示す通りである。これらの合成桁橋の終局限界状態の1つとして主桁支間中央下フランジの引張降伏を設定し、 β と γ_L を計算する。

3. 荷重ケースと荷重作用 種々の自動車荷重特性の違いによる影響を比較、検討するため、表-1に示す各ケースについて静的破壊に対して支配的となる2車線渋滞を考える渋滞時シミュレーション解析¹⁾によって最大モーメント分布を求め、極値I型分布にあてはめた。この分布を荷重作用モデルとした。表-1中の車種別重量特性・混入率を表-2に示す。

4. β の計算方法 β の破壊基準関数 Z を式(1)で表わすことにした。

$$Z = \sigma_Y - (\sigma_{D1} + \sigma_{D2} + \sigma_{CR} + \sigma_{SH} + \sigma_{L+I}) \quad (1)$$

ここに、 σ_Y は鋼材の降伏点強度、 σ_{D1} 、 σ_{D2} はそれぞれ合成前後の死荷重による鋼桁の引張応力度、 σ_{CR} 、 σ_{SH} はそれぞれコンクリートのクリープおよび乾燥収縮による鋼桁の引張応力度、 σ_{L+I} は衝撃を含む活荷重応力度である。

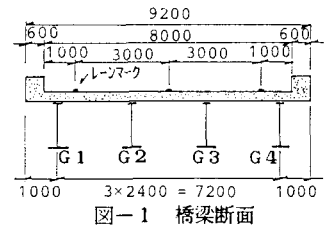


図-1 橋梁断面

表-1 荷重ケース

ケース	車種別重量特性	車種別混入率	車間距離特性(対数正規分布)	備考
①	阪神高速道路	阪堺大橋	通常渋滞($\mu=8.05m, \sigma=3.93m$)	基準ケース
②	阪神高速道路	阪堺大橋	"	重量特性変化
③	阪神高速道路	阪神高速道路	"	混入率変化
④	"	松葉跨線橋	"	"
⑤	"	阪堺大橋	突発渋滞($\mu=2.71m, \sigma=1.49m$)	車間距離変化
⑥	"	"	全車1mづつ	"

ユレーションによって Z を求め、その変動係数の逆数として β を計算した。

5. γ_L の計算方法 部分安全係数法における合成桁橋の終局限界状態の照査式として式(2)を使用した。

$$\phi \sigma_Y \geq \gamma_0 \{ \gamma_{D1} \sigma_{D1} + \gamma_{D2} (\sigma_{D2} + \sigma_{CR} + \sigma_{SH}) + \gamma_L \sigma_{L+I} \} \quad (2)$$

表-2 車種別重量特性・混入率

車 種	分布形	車種別重量特性				車種別混入率		
		阪神高速道路		阪堺大橋		阪堺大橋	阪神高速	松葉跨線橋
		$\mu(t)$	$\sigma(t)$	$\mu(t)$	$\sigma(t)$			
乗 用 車	LOG	1.37	0.40	1.37	0.34	0.4880	0.6451	0.7073
小型トラック2軸	LOG	3.00	0.88	3.00	0.88	0.0635	0.0892	0.0743
中型トラック2軸	LOG	4.99	3.23	4.97	2.99	0.0635	0.0892	0.0744
大型トラック2軸(空)	NOR	8.41	3.02	7.64	2.13	0.0780	0.0175	0.0411
" (積)	LOG	13.09	3.60	22.20	8.00	0.0820	0.0175	0.0411
大型3軸A (空)	NOR	14.42	2.96	11.51	2.11	0.0765	0.0405	0.0196
" (積)	LOG	25.20	8.59	37.00	11.00	0.0765	0.0405	0.0196
大型3軸B (空)	NOR	12.61	3.22	11.51	2.11	0.0130	0.0169	0.0077
" (積)	LOG	17.57	4.19	39.00	11.00	0.0130	0.0170	0.0077
トレー4軸 (空)	NOR	13.87	3.29	13.67	2.97	0.0130	0.0101	0.0018
" (積)	LOG	26.81	8.98	49.00	24.00	0.0130	0.0101	0.0018
トレー5軸 (空)	NOR	19.47	3.48	13.67	2.97	0.0100	0.0032	0.0018
" (積)	LOG	43.89	12.66	49.00	24.00	0.0100	0.0032	0.0018

※NOR：正規分布 LOG：対数正規分布

ここに、 ϕ は性能係数、 γ_0 は構造物の重要度、解析の不確実性を考慮した全体安全係数、 γ_{D1} は合成前死荷重係数、 γ_{D2} は合成後死荷重係数、 γ_L は活荷重係数である。この式において、 ϕ は平均値から -1σ 、 γ_{D1} 、 γ_{D2} は $+2\sigma$ 離れた値に決定するとそれぞれ 0.9, 1.2, 1.5となった。なお、 γ_0 は 1.0と仮定した。一方、 σ_{L+1} の値は各荷重作用モデル(極値 I 型分布)の97.7%最大値から求めた荷重と現行示方書の設計荷重の2通りから計算した。他の各応力度には設計値を用いた。これらの値を式(2)に代入し両辺が等しくなるように γ_L を計算した。

6. 計算結果と考察 例として、支間長25, 44m橋梁の結果について示す。支間長、大型車混入率、平均車間距離をパラメータにして、 β の結果を図-2~4、 γ_L の結果を図-5~7に示す。また、 σ_{L+1} に現行示方書の設計値を用いた場合の γ_L を表-4に示す。

これらの結果から、標準橋梁は、ほぼ4.5~7程度の β を確保していることがわかる。一方、 γ_L は、 σ_{L+1} に設計値を用いた場合は2.2~2.5程度であるが、実際の荷重作用モデルを用いると1.0~3.2程度となり、多くの場合設計値を用いた場合より小さい値となった。

特に、重量分布特性に関して、基準とした阪神高速道路の重量分布特性を用いたときには外桁について $\beta \approx 6.5$, $\gamma_L \approx 2.0$ となるが、阪堺大橋の重量分布特性を用いると $\beta \approx 4.7$, $\gamma_L \approx 1.0$ 程度に低下した。大型車混入率は、 γ_L にやや影響を及ぼしている。しかし、 β や γ_L に対して、車間距離や支間長はほとんど影響しないことが判明した。

以上から、合理的な設計法確立には β や γ_L に影響を与える自動車重量分布特性や混入率特性を把握することが重要であると言える。

参考文献 1)松井・神原・島谷：橋梁部材の最大応答値に与える渋滞自動車列のずれの影響，昭和62年度土木学会関西支部年次学術講演会，1987。

2)前田・谷平・松井・禮場・酒井・池田：限界状態設計法による合成桁橋の荷重係数について，合成構造の活用に関するシンポジウム講演論文集，1986-9。

表-3 強度・寸法の特性値

	$\mu = \frac{\text{平均値}}{\text{設計値}}$	変動係数 (%)
床版厚	1.01	3.0
床版幅	1.00	0.0
パンチ高	0.98	8.0
σ_{D1}	1.20	20.0
E_c	1.06	10.0
鋼板厚	1.01	2.0
鋼板幅	1.00	0.1
σ_y	1.16	7.5
E_s	1.00	5.0

表-4 現行設計荷重に対する γ_L

支間	25m	30m	38m	44m
外桁	2.183	2.180	2.208	2.311
中桁	2.414	2.441	2.535	2.438

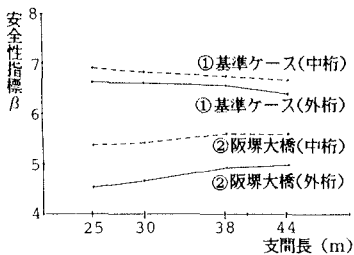


図-2 支間長と β

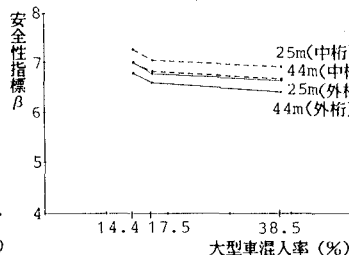


図-3 大型車混入率と β

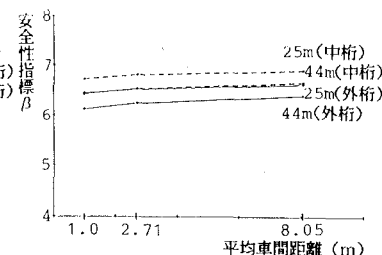


図-4 平均車間距離と β

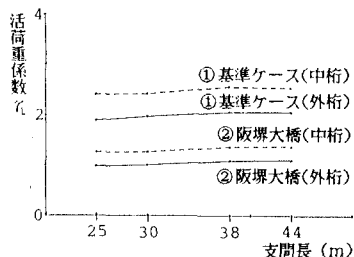


図-5 支間長と γ_L

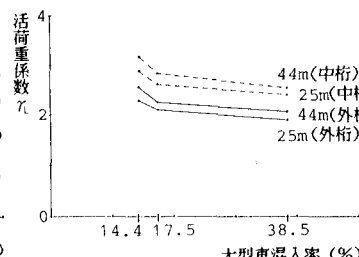


図-6 大型車混入率と γ_L

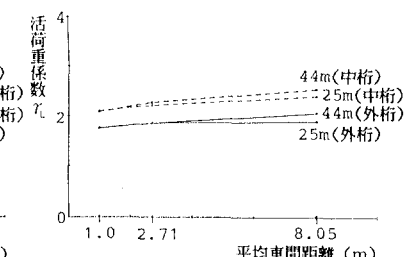


図-7 平均車間距離と γ_L