

I-143

道路橋の信頼性設計における使用限界状態としての
たわみ制限の超過確率

(株)長 大 正 員 工藤 浩

大阪大学工学部 正 員 川谷充郎
大阪大学大学院 学生員 今枝拓也

1. まえがき 従来, 使用限界状態については, 直ちに損傷を受けることが少ないことから, 二次的な扱いを受けてきた。しかし, 利用者に不快感や不安感を与えることは避けねばならず, 構造物は設計耐用期間に互り使用目的に適合する十分な機能を保持しなければならない。使用限界状態に関する状態変数としては応力度の他に, 振動使用性, たわみなどがあるが¹⁾, ここでは, たわみに着目する。道路橋示方書に準じて15m-30mの単純桁橋を設計した場合, 応力度が許容値以下であっても, たわみ制限をみたとすように断面変更を行うことがある²⁾。そこで, 現行の道路橋示方書のたわみの制限値を限界状態とした場合, 特に支間長の短いとき, 限界状態確率が大きくなることが予想される。ここでは, 対象構造物として支間長40m以下の単純桁橋を考え, 支間長, 幅員によるたわみ制限の影響について考察する。また, 現行設計法により設計した構造物と共に許容応力度を限界状態とした限界状態設計法により設計した構造物についても検討を行う。

2. 道路橋示方書におけるたわみ制限 道路橋示方書のたわみ制限は Table 1 のように規定される。鋼桁のたわみは, 鋼桁の部分だけを考えた場合には, その安全性, 耐荷力にほとんど影響ないが, 鉄筋コンクリート床版に及ぼす影響はさきわめて大きい。すなわち, Table 1 の規定は, プレートガーダーのたわみによって鉄筋コンクリート床版に付加される応力度が, 許容値を超えないために必要なたわみ制限量である。一方, たわみ制限を, 通行者に与える不快感の排除, 車両の安全な走行の確保を目的とすると, その数値を確定する資料に乏しく, 経験的に表の値を制限値としている。このため, 使用限界状態の観点から規定された値とは言い難い。また, 小スパンの橋梁では, 規定が厳しすぎるなど問題もあり²⁾, 今後, 使用性の観点から限界状態を規定することが望まれる。

3. 構造物モデル 構造物は, 支間長40m以下の合成鉄桁の単純桁橋を対象としてモデル化した³⁾。構造物モデルの桁配置を Fig. 1 に示す。フランジ断面積を変数として, 許容応力度設計および荷重係数設計法により設計した構造物について, 活荷重による許容応力度および許容たわみの超過確率を算出する。

4. 荷重モデル 活荷重は, 交通実態調査に基づいたシミュレーションを行い, 支間中央部でのたわみ, 曲げモーメントの月最大値分布を得る。自動車荷重の重量, 車長, 車間距離および車種混入率などの確率特性は, 阪神高速道路での実態調査⁴⁾に基づいて

Table 1 Allowable deflection

Bridge type			Simple and continuous girders
Plate girder type	Plate girder with reinforced concrete slab	$L \leq 10$	$L/2,000$
		$10 < L \leq 40$	$L/(20,000/L)$
		$40 < L$	$L/500$
	Plate girder with other type slab		$L/500$

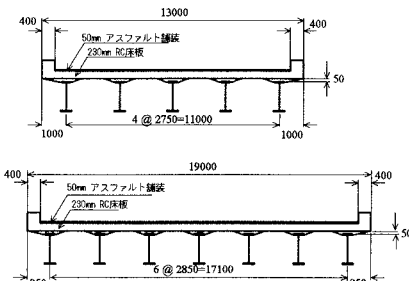


Fig. 1 Simple girder bridge models

Table 2 Vehicle characteristics

vehicle classification		proportion of vehicle types (%)		total vehicle weight			vehicle length	
		Ashiya	proportion of large size trucks		dist.	μ (t)	σ (t)	μ (m)
			20%	60%				
2-axes	unloaded	1.52	1.81	5.43	NOR	7.36	1.90	8.73
	loaded	1.13	1.34	4.02	LOG	14.05	2.32	
	overloaded	0.01	0.01	0.03	EXP	23.14	3.14	
3-axes	unloaded	4.12	4.90	14.70	NOR	11.21	1.89	10.44
	loaded	7.59	9.02	27.06	LOG	19.77	3.18	
	overloaded	0.05	0.06	0.18	EXP	32.24	2.24	
large size trucks	unloaded	0.94	1.12	3.36	NOR	14.60	3.50	1.23
	loaded	1.46	1.74	5.22	LOG	26.98	8.63	
mid size trucks		18.14	17.45	8.72	LOG	5.11	3.01	6.21
passenger cars		65.04	62.55	31.28	LOG	1.31	0.34	4.00

 μ : Mean value, σ : Standard deviation

NOR: Normal distribution, LOG: Log-normal distribution, EXP: Exponential distribution.

Properties of vehicle length is idealized as β -distribution.

に関して, 衝撃を考慮したモデルにつ

いても検討する。衝撃係数は文献4)を参考に Fig.2 のような共振曲線式でモデル化している。

5. たわみ量 以上の活荷重モデルを用いて計算したスパン中央のたわみの月最大値分布は、それぞれ極値Ⅰ型分布がよく適合する。Fig.3 にたわみの月最大値の平均値を示す方書の許容値と併せて示す。支間長25m以上のモデルでは許容値と実たわみとの差が大きくなっており、応力度による設計が卓越しているものと考えられる。

6. 限界状態確率 (1)たわみ制限の超過確率 以上のモデルを用い、限界状態を現行示方書のたわみの許容値としたときの限界状態確率を、Fig.4 に示す。各構造物の限界状態確率は、一部のモデルを除いて、衝撃を考慮した通常渋滞によるものが大きく、通常渋滞における衝撃が構造物の使用性に影響を及ぼしていることが分かる。

(2)許容応力度の超過確率 Fig.4の図中には許容応力度の超過確率も併せて示している。たわみの限界状態確率と応力度を状態変数としたものを比較すると、支間長が10mのモデルでたわみによる超過確率が応力によるものより卓越しており、照査の必要性が伺える。逆に、支間長30m以上のモデルではたわみ制限は構造物の設計に全く影響を及ぼしていないことが分かる。

(3)限界状態設計法との比較 限界状態を許容応力度として、目標限界状態を Table 3 のように設定したときの、死荷重Dと活荷重Lの組合せの荷重係数を Table 3 に示す⁵⁾。活荷重シミュレーションでは、構造物全体での最大の応答値を考えているために、桁ごとに最悪の載荷状態を考える設計荷重との比較上、活荷重の荷重係数が小さく評価されている。この設計フォーマットにより設計した構造物の限界状態確率を Fig.5 に示す。許容応力度設計法による Fig.4 と比べて、許容応力度超過確率は目標限界状態確率まわりにばらつきが小さくなっている。たわみの超過確率も、荷重係数が小さくなり断面が薄く設計されるために、大きな超過確率となったが、Fig.4 と同様に支間長の長いモデルでは、たわみ制限は構造物の設計に影響を及ぼしていない。

【参考文献】

- 1) 土木学会構造工学委員会：交通荷重による橋梁振動に関する研究の現状と課題、橋梁交通振動研究小委員会報告書、pp.27-30, 1994.4.
- 2) 土木学会鋼構造委員会：鋼構造終局強度研究小委員会 材料および細部構造分科会・委員会報告書(案)、1991.11.
- 3) (財)日本橋梁建設協会：'81 JASBC manual デザインデータブック、1981.
- 4) 阪神高速道路公団：阪神高速道路の設計荷重体系に関する調査研究、設計荷重(HDL)委員会報告書、1986.12.
- 5) 川谷充郎・星加益朗・濱田 洋・工藤 浩：道路橋鋼製橋脚の限界状態確率に基づく荷重組合せと荷重係数、構造工学論文集、Vol.40A, pp.629-636, 1994.3

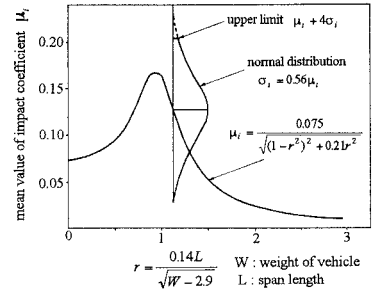


Fig.2 Impact coefficient

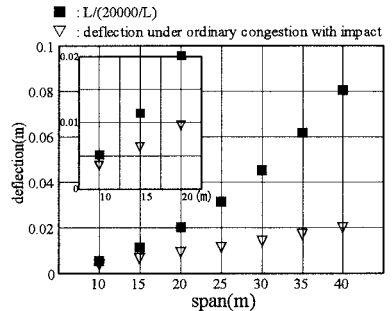


Fig.3 Monthly maximum value of deflection (Bridge width 13m)

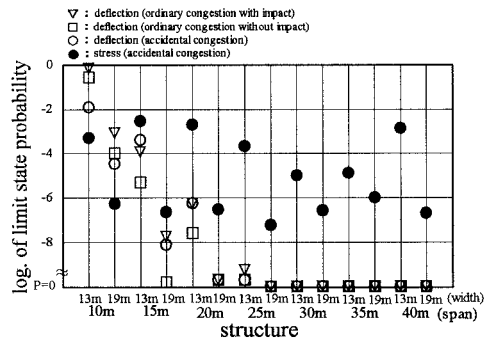


Fig.4 Limit state probability

Table 3 Load factor

load factor	target Pr^*	limit state
1.05D + 0.49L	1.0×10^{-1}	2100kgf/cm ²

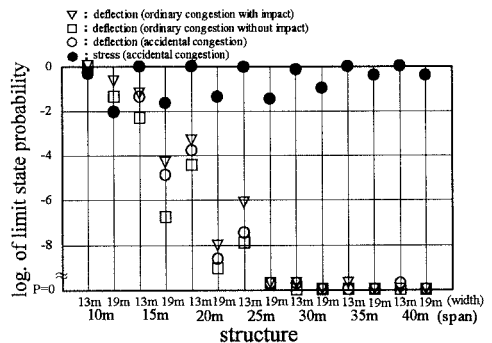


Fig.5 Limit state probability