

木橋の限界状態設計における荷重・耐力係数

秋田県立大学 正会員 ○中村 昇、正会員 佐々木貴信

1. 目的

国土交通省で策定された「土木・建築にかかる設計の基本」¹⁾は、設計に係わる国際技術標準への対応といった面のみならず、国内の各技術標準間及び国際技術標準との整合性の確保といった面も含め、分野・構造種別を超えた「日本の考え」が示されている。これは、限界状態設計法の体系そのものである。本稿では、限界状態設計を木橋に適用するために、実測された軸重データから供用期間における最大値分布を求め、荷重・耐力係数を算出したので報告する。

2. 限界状態設計のフォーマット

設計式は一般的にいくつかの確率変数($X_1, X_2, \dots, X_n$)を用いて表すことができる。性能関数を g とすれば、 $g(X_1, X_2, \dots, X_n)=0$ となる点($X_1, X_2, \dots, X_n$)の組合せは無数にあるが、その中で設計点と呼ばれる、最も破壊しやすい点が存在することが知られている。限界状態設計は、この設計点を用いて設計することになる。荷重係数は、設計点の荷重値を荷重の基本値で除した値であり、耐力係数は、同様に設計点の耐力値を耐力の公称値で除した値である。したがって、設計式は次式で表される。

$$\phi \cdot Rn \geq \sum \gamma_i \cdot Wn_i$$

(ϕ : 耐力係数、 Rn : 耐力の公称値、 γ_i : 荷重係数、 Wn_i : 荷重の基本値)

3. 荷重

(1) 死荷重

代表的な材料の基本値は文献²⁾に示してある。基本値は平均値と同じであり、変動係数の値は 0.1、分布型はすべて正規分布とする。木材の重量は樹齢や含水率によって異なり、 $8.0(\text{kN/m}^3)$ は通常の使用材に対してやや過大であるが、くぎ、かすがい、ボルト等の金物を含むものとした。木材 + 鋼材の平均値 $7.47(\text{kN/m}^3)$ 、変動係数 0.043、また、木材 + 鋼材 + 舗装の単位床面積当たり平均値 $3.74(\text{kN/m}^3)$ 、変動係数 0.035 という値も報告されており、多少安全側とも考えられる。

(2) 活荷重

限界状態設計を採用しているために、荷重の基本値だけでなく、分布型を必要とする。活荷重の基本値は、道路橋示方書の値を用いることとするが、分布型については、当該木橋の設計供用期間における自動車荷重の分布を考慮しなければならない。ここでは、国総研資料第 295 号³⁾における八本松高架橋(広島県東広島市)のデータを用いた。同文献の軸重の実測値に対し、最小二乗法を用いてグンベル分布にフィットさせ、パラメータを算定した。このときの実測値と理論分布における累積確率と確率密度を、図 1 に示した。同図より、比較的適切に近似されていると考えられる。また、累積確率分布関数は次のように表せる。

$$F(x) = \exp[-\exp[-0.0469(x - 28.97)]]$$

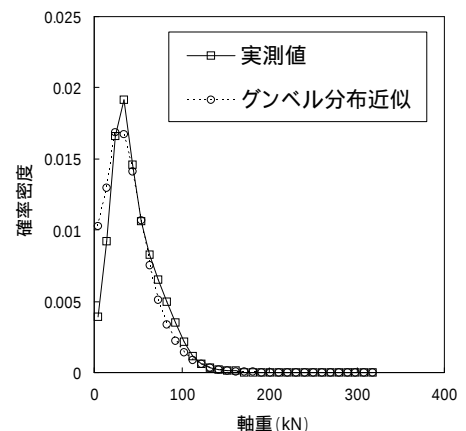


図 1 実測された軸重の分布と近似した分布

キーワード 木橋, 限界状態設計, 荷重・耐力係数

連絡先 〒016-0876 秋田県能代市海詠坂 11-1 秋田県立大学木材高度加工研究所 TEL:0185-52-6985 FAX:0185-52-6976

ただし、軸荷重の上限値は 200kN とすると、1 日の交通量を n 台、年最大値分布は図 2 のように表せる。これより、一日の交通量が数千台となると、年最大値分布は 200kN の確定値と見なすことが可能であることが分る。したがって、設計供用期間における軸重の最大値分布も 200kN の確定値と見なすことにする。

4. 死荷重(D) + T 活荷重(T)の組合せにおける荷重・耐力係数の算出

AFOSM 法を用いて、終局限界状態に対する死荷重 D と T 活荷重の組合せにおける荷重・耐力係数を算定した。ただし、死荷重を木材 + 鋼材 + 舗装(平均値 3.74(kN/m²))、変動係数

0.035 の正規分布とした。また、耐力の分布は、終局限界状態の場合には 2P ワイブル分布、変形の使用限界状態の場合には正規分布、基準値は 5% 下限値とした。

T 荷重係数 γ_T は、道路示方書における値を公称値とした場合に対する比の値である。3 種類の目標信頼性指標 β_T (1.0, 2.0, 3.0) に対応する荷重・耐力係数を算定したものである。T 活荷重の上限値として軸荷重 200kN を設けた場合値を表 2 に示した。VR は耐力の変動係数、 ϕ は耐力係数、 γ_D は死荷重係数である。終局限界状態における基準期間は 30 年、使用限界状態における基準期間は 1 年とした。軸重の最大値分布を確定値と見なしたため、 γ_T の値も確定値であること、また、死荷重の変動が小さいため γ_D も一定値を取っていることが分る。

八本松高架橋における軸荷重の実測値を見ると、かなり大きな値も見受けられる。そこで、軸重の上限値を 400kN として、荷重・耐力係数を算出してみた。結果を表 3 に示した。ただし、1 日の交通量を 5000 台とした。上限値が公称値の 2 倍となっているので、 γ_T もほぼ 2 倍の値を取っていること、 γ_D の値は変わらないことが分る。

5. まとめ

限界状態設計を木橋に適用するために、荷重・耐力係数を算定した。現行の許容応力度における信頼性指標の値を算出することにより、現行の許容応力度設計と同程度の信頼性を有する木橋を設計できると考えられる。ただし、どのような軸荷重分布を採用するかで荷重・耐力係数の値が変わってくること、木橋は交通量の多い幹線道路には架橋しないと思われるので、想定する軸荷重分布が重要となってくると考えられる。

【参考文献】

- 1) 国土交通省：土木・建築にかかる設計の基本、2005。http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha02/13/131021_.html
- 2) (社)土木学会鋼構造委員会木橋技術小委員会編：木橋の手引き 2005，p.44，2005。
- 3) 玉越隆史，中州敬太，石尾真理：道路橋の設計荷重に関する試験調査報告書，国土技術政策総合研究所資料 No.295，2006。

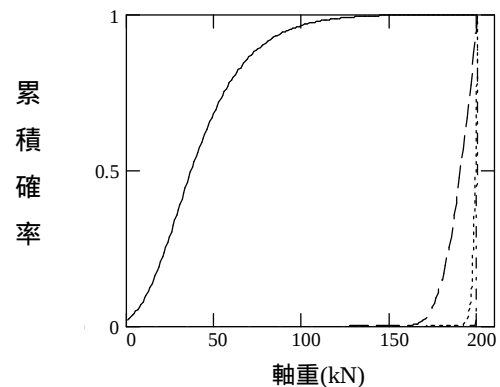


図 2 年最大値分布

実線：実測値，破線：10 台/日，点線：100 台/日，鎖線：1000 台/日

表 2 荷重・耐力係数 (上限値 200kN)

VR	β_T	終局限界状態			変形の使用限界状態		
		ϕ	γ_D	γ_T	ϕ	γ_D	γ_T
0.1	1	1.11	0.98	1.00	1.08	0.98	1.00
	2	0.94	0.98	1.00	0.96	0.98	1.00
	3	0.74	0.98	1.00	0.84	0.98	1.00
0.2	1	1.23	0.98	1.00	1.19	0.98	1.00
	2	0.87	0.98	1.00	0.89	0.98	1.00
	3	0.53	0.98	1.00	0.60	0.98	1.00
0.3	1	1.39	0.98	1.00	1.38	0.98	1.00
	2	0.81	0.98	1.00	0.79	0.98	1.00
	3	0.38	0.98	1.00	0.20	0.98	1.00

表 3 荷重・耐力係数 (上限値 400kN)

VR	β_T	終局限界状態			変形の使用限界状態		
		ϕ	γ_D	γ_T	ϕ	γ_D	γ_T
0.1	1	1.11	0.98	1.96	1.10	0.98	1.76
	2	1.03	0.98	1.96	0.98	0.98	1.69
	3	0.94	0.98	1.96	0.85	1.00	1.69
0.2	1	1.23	0.98	1.96	1.20	0.98	1.76
	2	1.05	0.98	1.96	0.90	0.98	1.69
	3	0.87	0.98	1.96	0.61	0.98	1.69
0.3	1	1.39	0.98	1.96	1.39	0.98	1.76
	2	1.08	0.98	1.96	0.78	0.98	1.69
	3	0.81	0.98	1.96	0.20	0.98	1.69