

京都大学大学院 学生員 ○伊津野 和 行
 京都大学工学部 正員 山 田 善 一
 京都大学工学部 正員 野 田 茂

1. はじめに 土木構造物の安全性を考えた場合、荷重を正しく評価することは非常に重要であるが、また困難なことでもある。では、どのようなデータが必要だろうか。本研究の目的は、時間的に変動する荷重を、いくつかのパラメーター（継続時間、強度、発生率など）によって特徴づけ、これらを適宜変化させることにより、構造物の安全性にどのような影響を与えるかを検討することである。また、コード・キャリブレーションから求めた荷重係数についても2, 3の考察を行なった。

2. 安全性をどのように評価するか

荷重をFig. 1のようにポアソン再帰過程でモデル化し、Wenが提案した手法¹⁾によって荷重の組合せを評価する。構造物の安全性は安全性指標 β と破壊確率 P_f によって検討する。安全性指標にはHasofer-Lind型の $\beta = (R - Q) / \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_Q^2}$ を採用し、その計算にあたっては、Advanced Second Moment Methodを利用した。なおここで、 R と Q は抵抗力と組合せ荷重効果に関する確率変数である。

3. 死荷重と活荷重に対する構造物の安全性

ここでは、スパン20~300mの単純桁鋼道路橋（2車線）を対象として計算を行なった。荷重効果としては橋軸方向の最大曲げモーメントを考えた。死荷重は変動しないと仮定した。活荷重は、車の渋滞が橋の安全性に重要な荷重効果をひき起こすと考え、通常のスムーズな流れによる荷重は無視することにした。公称値としてはL-20の荷重および衝撃による最大曲げモーメントを考えた。荷重パラメーターは次のように求めた。自動車列荷重実態調査²⁾の結果（Table 1）を参考にして、それらの値がそのまま荷重強度の平均値となる場合をMとし、それより大きな荷重強度を設定するために、データに標準偏差を加えた値が平均値となることを想定しこれをM+ σ と表わす。次に発生率は、文献3)を参考に、スパン20mの橋で平均1日に2回、300mの橋で1日に1回渋滞が起り、その間では指数的に減少するとしてCase 1と、スパン長別に発生率がCase 1のそれぞれ半分となるCase 2

の2つを考えた。継続時間は1.5時間とした。荷重強度は第I種極値分布に従うと仮定した。橋の抵抗強度は安全率1.7として公称値を計算し、平均値はその1.2倍、変動係数は0.15と⁴⁾対数正規分布に従うとした。これらのデータを用いて計算を行なった結果がFigs. 2と3であり、4ケースの組合せ（#1~#4）について検討している。他に継続時間が2時間と3時間の場合についても検討したが、 β や P_f の結果に変化はみられなかった。Figs. 2と3はほぼ同じ傾向を示しているため、どちらを安全性の尺度として用いてもこの場合あまり大差はないであろう。Wenの手法を用いた場合、破壊確率 P_f を求めるほうが簡単となる。まず#1と#2、#3と#4を比較すると、荷重強度の影響はかなり大きいことがわかる。それに対して#1と#3、#2と#4を比較すると、渋滞発生率の影響はそれほど大きくないといえよう。このことから、渋滞が頻繁に起こる地域よりも、大型車両の混

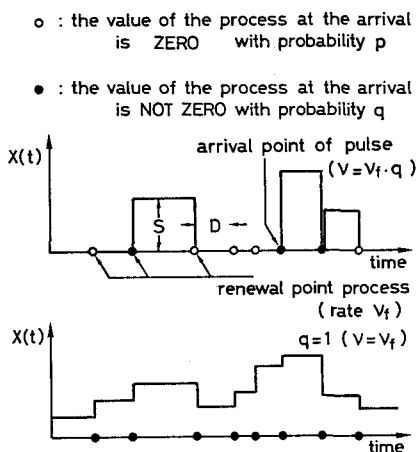


Fig. 1 Renewal Pulse Process

Table 1 Statistic Data of Live Load (After Refs.2),3),4))

Span	L/L_n	* COV	**	L_n/D_n	*** Frequency
20 m	0.52	0.25	1.26	0.249	
40 m	0.55	0.28	0.80	0.415	
60 m	0.56	0.30	0.63	0.183	
80 m	0.56	0.33	0.53	0.073	
100 m	0.57	0.33	0.45	0.034	
150 m	0.65	0.33	0.34	0.025	
200 m	0.62	0.31	0.29	0.013	
250 m	0.63	0.30	0.27	0.005	
300 m	0.61	0.30	0.25	0.003	

* : Mean to Nominal
** : Coefficient of Variation
*** : Load Ratio

入率が高い地域でデータを集めるほうが実用的だといえる。

4. 荷重係数に関する考察

Figs. 2と3から、スパン長によって安全性がかなり異なり、このままでは設計上不合理なことがわかる。では一様な安全性を得るにはどのような荷重係数を与えればよいだろうか。そこで荷重係数の形式としては $\phi R_n \geq \gamma_Q Q_{m2}$ を、(ϕ :強度係数、 R_n :抵抗強度の公称値、 γ_Q :荷重係数、 Q_{m2} :荷重効果の公称値) キャリブレーションの実施のための目標安全性指標にはFig. 2の#1で得られた β 値にTable 1のスパン別の生起頻度をかけて得られた値3.3を採用した。 $\phi=0.9$ として計算した結果がFig. 4である。死荷重の係数は $\gamma_D=1.3$ 、活荷重の係数 γ_L はスパンによってかなり異なる値となった。これをそのまま設計に反映するのは実際的ではないので、図中の④、⑤、⑥のような近似を考えて β を逆算した結果がFig. 5である。⑥のように全スパン長で γ_L を一定に設定すると、Fig. 2と同様な傾向をもつ安全性しか得られずスパンによって信頼性にばらつきがあるが、④、⑤による近似では現行設計よりもかなり改善された安全性を達成できよう。しかし、荷重係数は荷重の公称値と密接な関係があり、荷重係数を設定する際には、荷重の公称値についても考察を加えることが必要であろう。⁵⁾

5. 結論

- ①活荷重強度の変化は、構造物の安全性に非常に大きな影響を与える。
- ②活荷重の発生率の相違は安全性にあまり影響を与えないが、荷重強度も同時に増加すると非常に危険となる。
- ③活荷重の平均継続時間が1~2時間変化しても β や P_n に影響はない。
- ④現行の設計法ではスパン長によって安全性にばらつきがある。一様な安全性レベルを設定すれば、強度係数と死荷重の係数はどのスパン長でもほぼ一定、活荷重の係数はスパン長の関数として表示できる。

6. 参考文献

- 1) Wen, Pearce: Stochastic Models for Dependent Load Processes, SRS NO. 489, Univ. Illinois at Urbana-Champaign, 1981.
- 2) 国広 朝倉: 自動車列荷重の実態からみた道路橋主構の設計活荷重, 土木技術論, 第15巻4号, 1973.
- 3) 藤野 伊藤 遠藤: シミュレーションに基づく道路橋設計活荷重の評価, 土木学会論文報告集, 第286号, 1979.
- 4) 木下 伊藤 藤野: 信頼性アプローチによる鋼道路橋の荷重係数の評価, 第33回土木学会年次学術講演会講演概要集, I-150, 1978.
- 5) Rockey, Evans: The Design of Steel Bridges, Granada, 1981.

7. 謝辞 本研究の実施に当り有益な助言を頂いた京大工学部村松和助教授に謝意を表します。

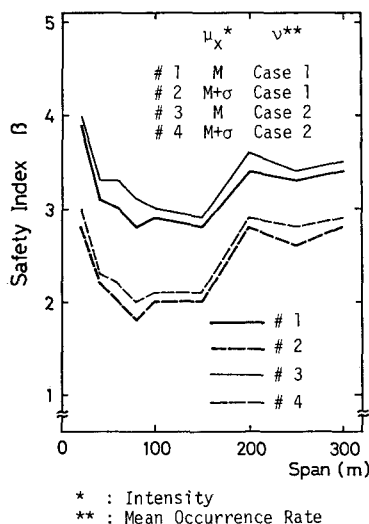


Fig. 2 Safety Index β

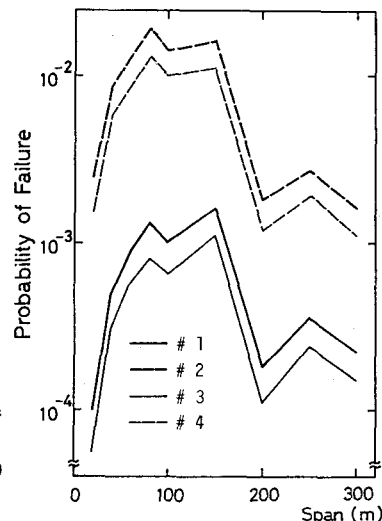


Fig. 3 Probability of Failure

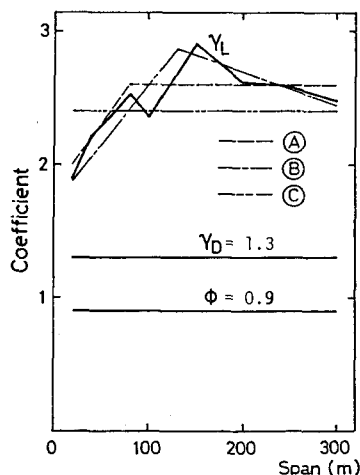


Fig. 4 Load and Resistance Factors

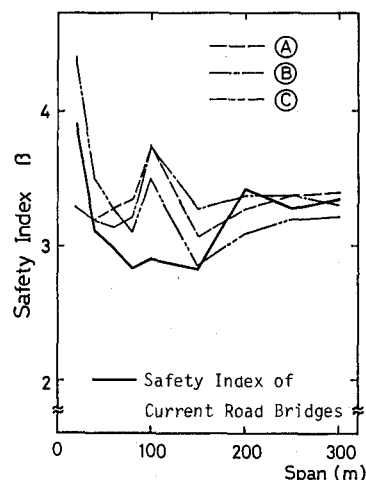


Fig. 5 Safety Index by Approximation Method