

北海道大学

正員

藤田嘉夫

角田与史雄

清水建設

○小野 定

1. ま え が き

橋床版は主桁と異なり一個の輪荷重がその設計荷重の大部分を占めるため、過大な荷重作用の存在や作用頻度の増大があれば、その破壊安全性に大きな影響を及ぼす。近年わが国の道路橋床版に時々損傷が見受けられたことから、著者らはその合理的な設計法を確立していくための基礎的な研究を行なっている。本研究は、現在までに入手したデータと輪荷重および床版耐力に関する種々の仮定に基づいて、橋床RC版の静的曲げ、疲労曲げ、静的押抜きせん断および疲労押抜きせん断の十種の破壊型式についてその生起確率を概略的に見積ることにより、いずれの破壊型式が床版の安全性に卓越的影響をもつか等について調べたものである。

2. 計算上の仮定

破壊確率の計算には荷重および耐力についての統計的資料を必要とするが、必ずしも十分なものが無いのでここでは下記のような仮定を設けた；

1) 輪荷重の大きさ別の密度分布としては建設省が調査を行なった全国17地点の全輪荷重分布結果(図-1)¹⁾を用いる。静的破壊確率の計算に用いる最大輪荷重としては、上記の分布の末端部のデータより10回当りの最大値の期待値および分散を推定し(人為的制御を無視)、さらにこれを正規分布に置き換えた(図-2)。

2) 輪荷重の接地面積についてはタイヤのJIS規格、メーカーの仕様、各種自動車の車輪配列などを参照とし、さらに舗装による荷重分配も考慮して5t以下の輪荷重の載荷周長 b_0 を105cm、12t以上は180cm、その他は130cmと仮定する。

3) 床版の静的曲げ耐力としては、連続支持一方向版を対象として図-3に示すメカニズムによる降伏線理論解を用いることとし、その不確実性は変動係数10%を見込み、正規分布に従うものと仮定した。

4) 床版の静的押抜きせん断耐力については、著者らの行なったRC版の実験データおよび既往の普通コンクリートRC単純支持版の実験データの統計的解析によって得た、次式を用いることにする。²⁾

$$P = 0.674 (b_0 + 3\pi d) d (\sqrt{\sigma_B} + 0.5 p \sigma_y) / (1 + d/20 \text{ cm}) \quad (1)$$

上式の不確実性は、上記の実験データに対する測定値/計算値の比のばらつきに基づいて、変動係数10%とし、正規分布に従うものと仮定した。

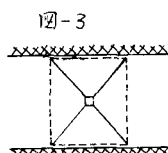
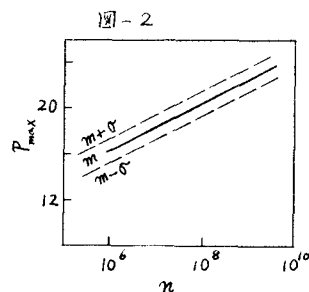
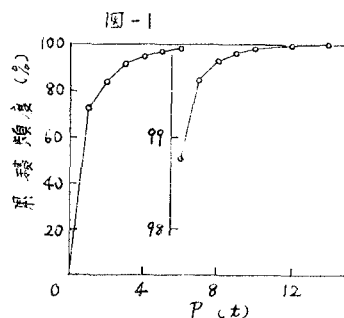
5) 床版の曲げ疲労としては鉄筋の疲労破断を対象とし、既往の各種の異形棒鋼の実験結果を参考として、SD24のS-N曲線を大ざっぱに次式によって近似した。また、この式の不確実性として、 $\log N$ の偏差に対する標準偏差を

$$\log N = 14.3 - 10 \sigma / \sigma_y \quad (2)$$

0.5とし、 N が対数正規分布に従うと仮定した。

6) 鉄筋の実応力度は、設計荷重(衝撃20/(50+L)を含む)のもとで丁度その許容応力度に一致し、荷重の大きさと鉄筋応力度が比例関係にあるとみなした。

7) RC版の疲労押抜きせん断耐力としては、著者らの行なった模型版(VII)の実験結果



より、実験荷重/静的耐力比 R に対して次の関係を用いる。また、 $\log N$ の実験値の下式からの偏差のばらつき

$$\log N = 10.9 - 8.94 R \quad (3)$$

に基づき、その標準偏差を0.55とし、 N が対数正規分布に従うと仮定する。

3. 計算結果および考察

静的破壊確率は、来る目標耐用年限中の最大荷重の確率密度関数を $f_s(x)$ 、その載荷面積に対する版の耐力の分布関数を $F_R(x)$ とすると、次式によって与えられる(かつこ内は正規分布の場合)。

$$p = \int_0^{\infty} f_s(x) F_R(x) dx \quad (= 1 - \Phi((m_R - m_s)/\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_s^2})) \quad (4)$$

疲労破壊確率は、荷重レベル i の疲労寿命を N_i 、実験作用回数の期待値を $\bar{n}_i$ とすると、次式によって与えられる(下段の式は2.項に述べた仮定に基づく場合で、 $\log N_i = A - B R_i$ 、 p_{n_i} : n_i の確率密度)。

$$p = \int_0^{\infty} f_{N_i}(x) dx, \quad \sum_i \bar{n}_i / N_i = 1 \quad (5)$$

$$p = \Phi\left\{(\log m \sum_i 10^{B R_i} p_{n_i} - A) / \sigma\right\}$$

破壊確率の計算に用いたRC床版の主な諸元値を表-1に示す。

ここに、床版AおよびBはスパン2m級および4m級のほぼ最小寸法のもの、床版Cは現行規定にはずれる薄厚版の例である。また、同一位置(影響領域内)を通過する輪荷重数と正確に見積ることが困難なため、 n を度数として取扱った。

表-1

No.	d (cm)	↑ (%)		備考
		主	面	
A	13	1.15	0.90	SD24 $\sigma_b = 240 \text{ kg/cm}^2$ 舗装厚5cm
B	19	1.00	0.80	
C	11	0.94	0.24	

図-4

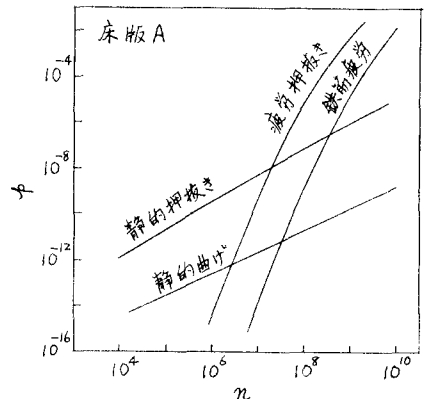


図-5

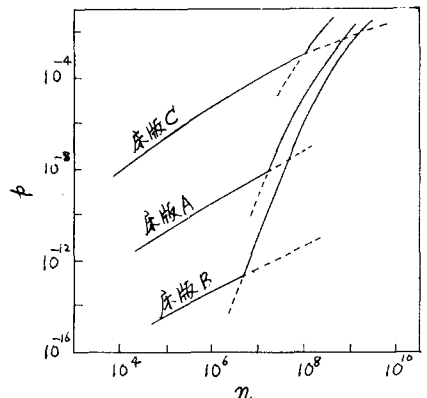


図-4は床版Aについて各種の破壊型式に対する破壊確率値を比較したものである。これより橋床版の破壊安全性は曲げよりも押抜きせん断によって支配され易いこと、および交通量の非常に大きい床版の設計においては、疲労破壊とくに疲労押抜きせん断破壊に対する安全性について十分な考慮を払わなければならないことが示されている。なお、各荷重レベルの疲労累積損傷に対する寄与率については、曲げ疲労においては10t以上の荷重が約90%を占めて過大荷重の重要性が示されたのに対して、疲労押抜きせん断においては8t以下の荷重が約90%、3t以下の荷重が約50%であり、交通量が最も重要な要因であることが示された。

図-5は、静的および疲労押抜きせん断破壊確率について、上記3種の床版の比較を行なったものである。これによれば、静的破壊確率は床版の種別によって大きな相違が見られ、設計曲げモーメントまたは版厚と適当に選ぶことによって所定の安全度の床版を容易に得ることができることがわかる。しかし交通量が極端に多い場合のように疲労破壊が支配する領域においては、床版の諸元値を変化させても安全度の変動は比較的小さく、従ってこのような場合には設計荷重の割増し等を行なうよりも、主桁の位置などの構造上の措置による方が有効であろうことが言える。

1) 設計活荷重に関する研究—交通荷重の実態と橋梁設計への適用—

用—建設省土木研究所資料第701号、橋梁研究室、昭46.11

2) 角田、高田、奈良；RC版の耐力について、土木学会年次学術講演会概要集V、昭49.9