

鳥取大学工学部 正会員 高岡宜善

鳥取大学工学部 正会員 白木 渡

鳥取大学工学部 学生員○安田 守

1. まえがき 本研究では二径間連続形状を持つ道路橋の床版を対象として、破壊に影響があると見られる重車両が作用する場合の静的応答の評価をシミュレーション手法を用いて行なう。まず、阪神高速道路公団による活荷重実態調査の結果に基づいて、破壊に影響があると見られる注目車種の確率モデルを作成し、シミュレーションを行なって張り出し版の静的応答の確率特性値を評価する。そして、その結果を用いて床版の信頼度の評価を行なう。また、現行示方書における床版の曲げモーメントレベルとの比較検討を行なう。

2. 版の基礎理論 ここでは、二径間連続形状の版の例として、自動車荷重（部分分布荷重）を受ける単純支持連続版と張り出し版を考える。図1のような座標系を考え、Z方向の変位を版のたわみ $w(x, y)$ とすると、そのつり合い方程式は式(1)のようになる。ここに P は床版に作用する荷重であり、 D は版の曲げ剛性で $D = Eh/12(1-\nu^2)$ 、 ν ：ポアソン比、 h ：版厚、 E ：ヤング率である。一般に版のつり合い方程式を解くとき、その解は周辺の支持条件の影響を受ける一般解と荷重条件の影響を受ける特解の和によって得られる。特解を求める1つとして式(2)に示すナビエの2重級数があり、一般解を求める1つとして式(3)に示すレビーの解がある。ここに、 a, b は長方形の横および縦の長さであり、 A_m, B_m, C_m, D_m は係数である。 α_{mn} は荷重 P を2重フーリエ級数展開したときの係数で、本研究では部分分布荷重を考えるため式(4)のようになる。ここに u, v, f, η は図1に示すような諸量である。単純支持連続版および張り出し版のたわみ w は図2、3、4に示すような載荷条件あるいは支持条件の版の重ね合わせと考えられる。それぞれの条件を満たすように式(2)と式(3)を解くわけであるが、式(5)に示すような周辺モーメント $f(x)$ が作用する場合、 $f(x)$ の中に未知係数 E_m が含まれる。そのため、中間支持辺でのたわみの傾きが版1と版2で等しいという関係を用いて未知係数を求める。

3 シミュレーション手法による道路橋床版の静的応答の確率特性値の評価法

本研究では、シミュレーションを行なうに際して必要な活荷重モデルとして、阪神高速道路公団設計荷重(H.D.L.)委員会が作成したモデルを用いることにする。これによれば、床版の破壊に影響があると思われる軸重は7車種8軸種である。これは各軸種の重量分布を理論分布に当てはめたときに軸重20t以上の発生確率が0.1以上のものを選定したものである。理論分布のあてはめとしては、積載車に対数正規分布、過積載車に指数分布を用いている。また、軸重は輪重に変換する。以下にシミュレーション方法の概要を示す。活荷重パラメータの特性に従い車両特性を定める。これより注目車種を1台発生させ、あらかじめ設定

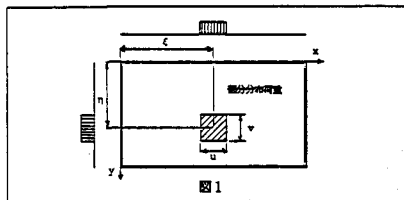


図1

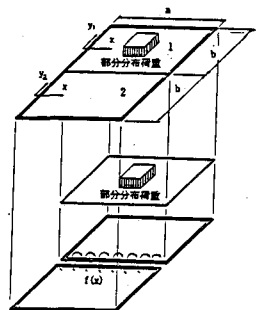


図2

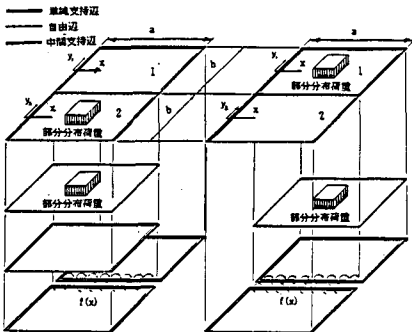


図3

図4

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = \frac{P}{D} \quad (1)$$

$$w = \frac{P}{D} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\alpha_{mn}}{(\lambda_m^2 + \eta_n^2)^2} \sin \alpha_m x \sin \frac{n\pi y}{b} \quad (2)$$

$$w = \sum_{m=1}^{\infty} (A_m \cosh \alpha_m y + B_m \alpha_m y \sinh \alpha_m y + C_m \sinh \alpha_m y + D_m \cosh \alpha_m y) \sin \alpha_m x \quad (3)$$

$$\alpha_{mn} = \frac{16P}{\pi^2 m n u v} \sin \frac{m\pi u}{2a} \sin \frac{n\pi v}{2b} \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b} \quad (4)$$

$$f(x) = \sum_{m=1}^{\infty} E_m \sin \frac{m\pi x}{a} \quad (5)$$

した計算機内の床版上に載荷する。この際、注目輪重の載荷位置は単純支持連続版と張り出し版とでは多少異なった載荷にしている。橋軸方向は両方とも床版中央断面に載荷するが、橋軸直角方向では、単純支持連続版の場合、図5に示すように各パネル中央を中心として標準偏差30cmのばらつきをもつ正規分布に従うものとし、張り出し版の場合は、図6に示すように中間支持辺を中心として同様の正規分布に従うものとする。床版に定められた注目断面上の観測点ごとの荷重の応答値を求めるという操作を所定の回数繰り返して得られた値にアンサンブル統計処理を施すことで輪重による床版の静的応答値の確率特性値を求める。また同時に、断面上の最大曲げモーメントの特性値も求める。

4 数値計算例および考察 実際に数値計算を行って、活荷重の作用によって注目断面上に発生した曲げモーメントの確率特性値の評価および床版の曲げに対する信頼度の評価を行なう。結果の一例を図7、8に示す。これらの図はそれぞれ輪重の載荷幅を変化させた

ときの注目断面における曲げモーメントの平均値と分散を示したものである。本研究では載荷幅 $v=50\text{cm}$ を基本としているが、これを1として、図7の場合、0.5倍したものをA、1.5倍したものをBとする。同様に、図8の場合、0.6倍、1.4倍したものをC、Dとする。この結果より、載荷幅の変化は曲げモーメントに少なからぬ影響を与えることがわかる。このような荷重に関するパラメータの変化が床版の曲げモーメントにおよぼす影響を調べて設計に反映させていくことが必要であろう。つぎに、床版の注目断面上に発生する最大曲げモーメントに着目してその確率特性値を調べ、規定された超過確率($10^{-7} \sim 10^{-5}$)のもとでの許容モーメントレベルと荷重載荷幅比との関係を示すと図9、10ようになる。図9は単純支持連続版のものであり、図10は張り出し版のものである。まず図9の場合、注目車種が現行の設計レベルを超過する確率が 10^{-2} となり、非常に大きいことがわかる。図10においても超過確率は $10^{-2} \sim 10^{-4}$ で、それでもやはり大きな値といえる。最後に貴重な資料を提供してくださったH.D.L.委員会各位にお礼申し上げます。

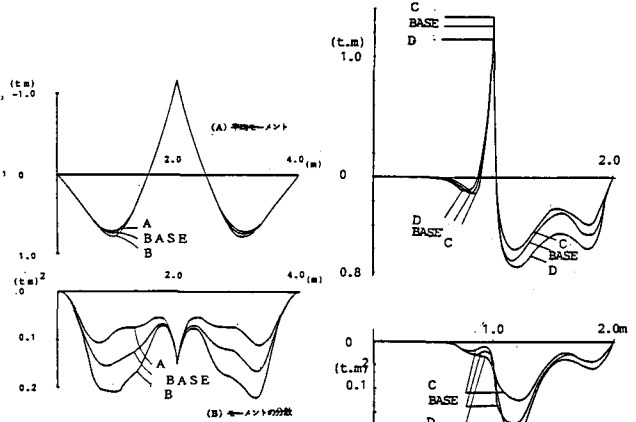
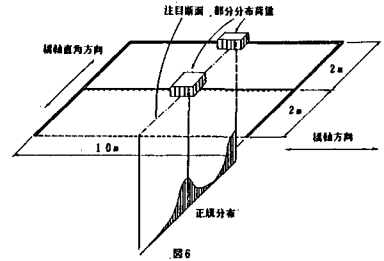
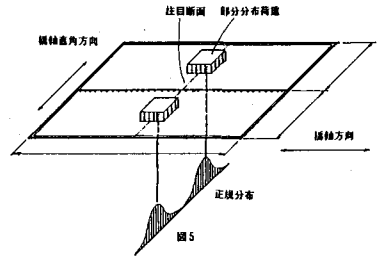


図7

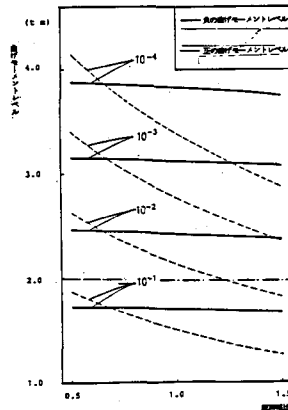


図9

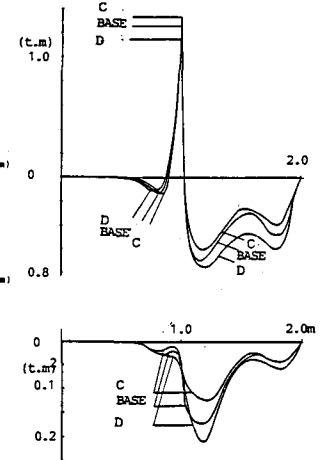


図8

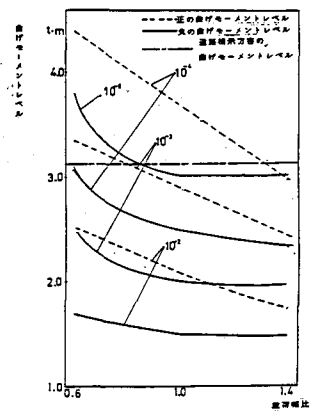


図10

- 1) P.S. チモシェンコ他：板とシェルの理論(上)，ブレイン図書，1973-7.
- 2) 阪神高速道路公団設計荷重(H.D.L)委員会：活荷重実態調査資料，1983～1984.