

1. はじめに 道路橋示方書では、床版を設計する際に大型車の交通量に対して考慮を行っている。しかし、床版の疲労に対する主因は輪荷重とその回数であり、大きい荷重で輪数の多いセミトレーラ類の増加による影響は大きく、大型車の交通量のみを設計に配慮する方法は合理的ではない。また床版には過大な輪荷重と隣接する2軸が相互作用を及ぼすタンデム軸の影響が大きく、その特性は路線により大きく異なる。そこで近畿管内において実施した各路線の荷重測定データを主成分分析とクラスター分析により分類し、その結果を各路線種の代表値とした床版厚の提案を行う。

2. 分類結果による各路線種の特徴 各指標の相関係数行列をもとに計算を行い、固有値、累積寄与率を分析のための特性値として第2主成分までを採用することにした。各指標の変動状況を分析した結果、トラック重量の大きい路線ほど大きな値を取ることが分かっているので、第1主成分は荷重因子と推測される。第2主成分はセミトレーラの割合が大きいほど値が大きくなるので、車種特性因子と推測される。これらの主成分に対する各指標の因子負荷量を算出し、説明力の強い第1主成分、第2主成分についてプロットを施した。その概略図を図-1に示す。また、指標の構造が不明確でも、似たものどうしを主観を交えずに一定の算法で分析し、多変量を一度に分類するために、クラスター分析を適用した。以上の結果と各路線の交通特性を基に路線名を付けた。

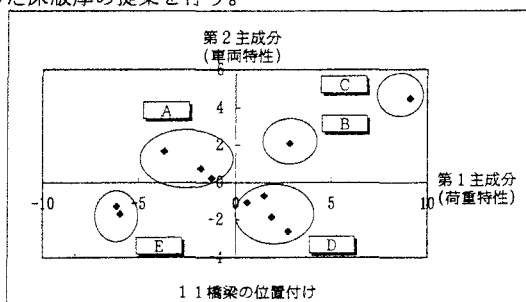


図-1 因子負荷量の2次元表示

表-1 各路線種別の交通特性

記号	路線種名	特徴	2軸車混入率	3軸ダンプ混入率	セミトレーラ混入率	平均軸重	平均総重量
A	一般道路相当	自動車重量は小さく、セミトレーラ混入率も低い	59.6%	24.2%	3.3%	4.3ton	11.7ton
B	都市間連絡道路相当	自動車重量は大きく、3軸車の混入率が高い	32.7%	45.5%	6.1%	6.0ton	17.1ton
C	産業道路相当	自動車重量は非常に大きく、セミトレーラ混入率も高い	30.6%	34.2%	13.3%	6.8ton	21.4ton
D	地方道路相当	自動車重量はやや大きく、2軸・3軸車の混入率が高い	42.9%	38.5%	4.8%	5.6ton	15.6ton
E	都市内道路相当	自動車重量は小さく、2軸車の混入率が極めて高い	83.5%	11.1%	0.3%	3.8ton	8.7ton

交通・各路線種別の混入率・荷重特性を表-1に示す。以下の数値は大阪大学でこれまで実測した経験値である。

3. 使用限界に対するS-N曲線の作成

実橋床版の使用限界に対するS-N曲線を評価するため、輪荷重走行試験機による疲労実験データを再整理して求めた。使用限界の試案としては床版下面のひび割れ密度が 10m/m^2 に達するときと仮定した。通常、床版の破壊モードは押し抜きせん断を示すが、使用限界に至る過程は曲げによるものと判断してS-N曲線を作成した。(図-2)

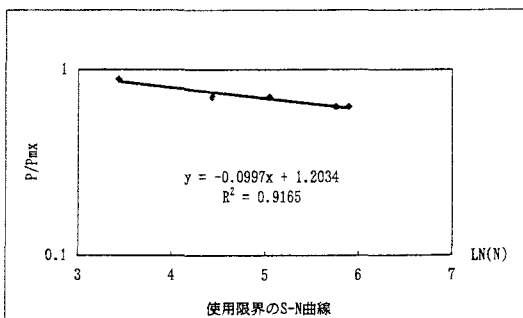


図-2 使用限界に対するS-N曲線

4. 等価繰り返し回数法による疲労寿命の評価 マイナー則により、 (P_0, P_1) という荷重が床版に対して作用し、これらの荷重がそれぞれ (N_0, N_1) 回に達したとき破壊に至るとすれば、次式が成り立つ。

$$\log\left(\frac{P_0}{P_{\max}}\right) = -k \cdot \log N_0 + \log C \quad \log\left(\frac{P_1}{P_{\max}}\right) = -k \cdot \log N_1 + \log C \quad K: S-N \text{ 曲線の傾きの逆数}$$

実橋において単位時間に、 $P_1, P_2, \dots, P_n$ という荷重がそれぞれ $N_1, N_2, \dots, N_n$ 回作用すると考え、その荷重がある確率密度関数 $f(p)$ に従うとすれば、基本荷重 P_0 に変換式は次のようになる。

$$N_0 = \int_0^{P_{\max}} \left(\frac{P}{P_0}\right)^m \cdot f(p) dp \times N_i$$

上式は輪荷重走行試験機における換算値であり、これを実橋の床版の状態にあてはめるため通行位置・曲げモーメントの影響線・接地面積・衝撃の影響等の補正を行い、等価繰り返し回数を計算した。

5. タンデム軸の曲げモーメントに対する影響度

3軸ダンブトラック・セミトレーラ類にみられる2個の軸重が近接した距離に位置するタンデム軸は一般に重量が大きく、床版の疲労にとって重要な要因である。そこでTimoshenkoの板理論を用いて換算を行った。

この結果を図-3に示す。図に示すようにその影響は床版支間の関数として表され、床版支間が増加するにつれ、その相互作用も増加することがわかり、疲労に対する影響度が大きくなる。

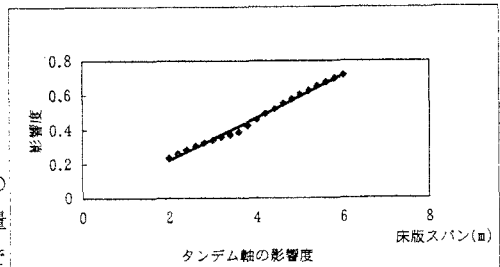


図-3 タンデム軸の影響度

6. 路線種別の設計床版厚 これまでに述べてきたように床版の疲労には輪荷重による影響が大きく、また、その重軽・頻度は路線ごとに大きく異なる。そこで、体系化した各路線種別の荷重モデルを各路線種の代表値として、対象橋梁を1台の大型車が通行した際の影響度を調べた。この結果を図-4に示す。また、この結果を用いて、床版スパン別(2,4,6m)の各路線別の床版厚を求めた。(大型車交通量1000台/日、設計寿命50年、鉄筋はD19を使用し、かぶりは一律に3cmとした。)結果を図-5に示す。

この結果から、床版スパン2mで産業道路が厚くなった理由としては荷重の大きさと輪数の多いセミトレーラ混入率による違いといえる。

また、床版スパン6mで産業道路が2mの場合と比較して、他の路線種との差が極端に大きくなったのはタンデム軸の相互作用に寄与するものが大きい。

以上のことから、床版厚を考える場合には床版スパンの短い場合はセミトレーラの混入率を長支間の場合はタンデム軸を有する車種についての考慮が必要といえる。

また、疲労設計車種としては3軸車ダンブトラックが妥当であるが、セミトレーラの混入率の高い路線ではその影響を考慮する必要がある。

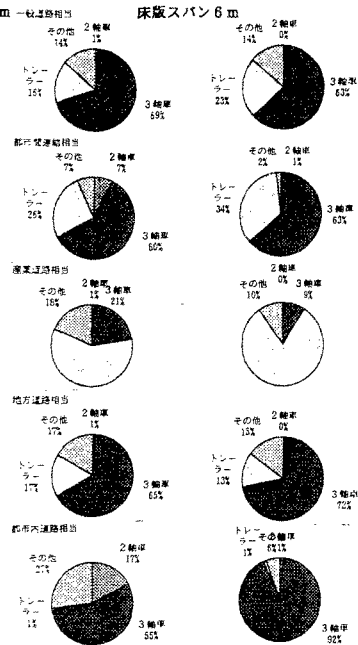


図-4 各車種の影響度

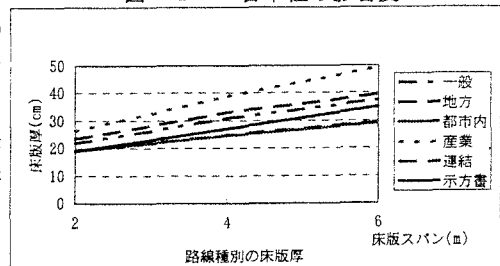


図-5 路線種別の床版厚の提案