

I-190

道路橋RC床版の疲労寿命照査と疲労設計

大阪大学工学部 学生員○野村朋宏

大阪大学工学部 正員 松井繁之

大阪大学工学部 正員 福本嘯士

1. まえがき 過去の多くのひびわれ損傷を教訓にして道路橋鉄筋コンクリート床版の設計法が昭和42年頃から数次にわたり改訂され、現行示方書のものを見るに至った。しかし、この設計法にもひびわれを考慮した曲げモーメント式を与えていないこと、せん断に対する照査がないこと、疲労を考慮していない等の点について若干の問題点が指摘される。

筆者らはこれまでRC床版のひびわれ損傷機構を説明するため、輪荷重走行試験機による疲労実験を重ねてきた。そして、床版の疲労強度あるいは疲労寿命を推定できる合理的なS-N曲線を求めた。ここでは、このS-N曲線を利用し、昭和39年示方書と現行示方書によって設計した2種の床版について疲労寿命を計算し、両結果の比較のもとで、床版設計について考察するものである。

2. 輪荷重走行試験機法によって求められたS-N曲線 輪荷重走行試験機による疲労実験から得られたS-N曲線は図1に示すようなものである。縦軸を作用荷重／ある幅の主鉄筋断面のせん断耐荷力の無次元量（ P/P_{sx} ）で表示している。このような表現を用いることで配力鉄筋量が違ってても、S-N曲線は1本に統一化され、任意の断面の床版の疲労寿命を推定できるようになった。 P_{sx} の算定式としては式(1)が適用できる。

$$P_{sx} = \tau_{smax} \cdot 2 \cdot B \cdot X_m + \sigma_{tmax} \cdot 2 \cdot B \cdot C_m \quad (1)$$

ここに、 $B=b+2d_d$ 、 b ：載荷板の配力筋方向の辺長、 d_d ：配力鉄筋の有効高さ、 τ_{smax} ：コンクリートの最大せん断応力度、 $\tau_{smax} = 0.252 \cdot \sigma_{ck} - 0.000246 \sigma_{ck}^2$ 、 σ_{tmax} ：コンクリートの最大引張応力度 $\sigma_{tmax} = 0.583(\sigma_{ck})^{2/3}$ 、 σ_{ck} ：コンクリートの圧縮強度、 X_m ：主鉄筋に直角な断面の引張側コンクリートを無視した断面の中立軸深さ、 C_m ：主鉄筋のかぶり厚さ。

3. 疲労寿命の照査法 輪荷重走行試験機による疲労実験から、RC床版のひびわれ損傷過程は、初期に荷重の走行に起因するねじりモーメントと配力鉄筋断面に作用するせん断力の交番によって

主鉄筋方向ではり状化し、その後、主鉄筋断面がせん断力によって疲労破壊すると説明できる。疲労強度には、輪荷重の大きさはもちろんであるが、板構造の特性から、通行位置も大きな影響因子となっていると考えられる。以上から、コンクリートの疲労に関してもマイナー則が成立すると仮定すると、荷重及び通行位置の変動の影響、衝撃の影響を入れた場合の疲労寿命評価は式(2)～(4)によって求められる。

$$N_{eq} = \int_0^{\infty} (\eta)^m p(x) dx \int_0^{P_{max}} (P/P_0)^m p(P) dP \cdot (1+i)^m \cdot (Q_{xmax}/Q_{x0})^m \cdot N_T \quad (2)$$

ここに、 η ：着目点における断面力の影響係数、 $p(x)$ ：通行位置に関する確率密度関数、 α, β ：通行の限界位置、 m ：log-log表示されたS-N曲線の傾きの絶対値、 P ：任意の輪荷重、 P_0 ：基本輪荷重、 P_{max} ：最大輪荷重、 $p(P)$ ：輪荷重に関する確率密度関数、 i ：衝撃係数、 N_T ：日交通量

$$N_r = 10^{(-\log(P_0/P_{sx}) + \log 1.6597) \cdot 11.91} \quad (3)$$

$$T_r = N_r / N_{eq} \quad (4)$$

4. 疲労破壊寿命の計算結果と考察

対象床版と条件 適用示方書としては昭和39年示方書及び現行示方書を選定した。評価対象の橋とし

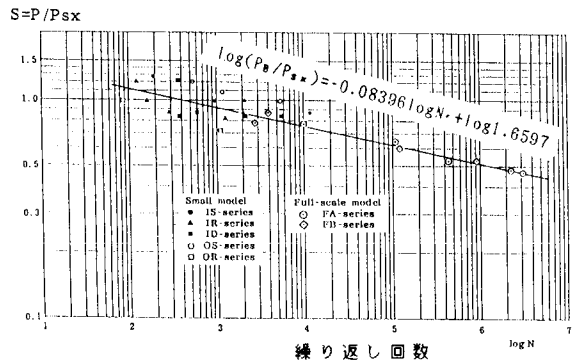


図1 走行荷重を受ける床版のS-N曲線

て図2に示す5つの形式のもの選んだ。幅員は車線幅、車線数等から決定し、これに対して床版支間が2.0m～4.0mの間で約0.5mピッチで変化するように主桁配置を考えた。コンクリートの基準強度は300kg/cm²とした。交通量は日交通量で1日1レーン当り30000台とする。前軸及びタンデム軸の影響を考慮すると1日1レーン当り65000軸が通過することになる。輪荷重頻度分布としては建設省のデータ及び阪神高速道路公団の車種別のデータを用いた。また衝撃係数は、示方書で決められている値を用いた。次に、適切な着目点を選定する必要がある。過去の損傷報告例を分析すると重度の損傷はハンチ部付近で多発している。主鉄筋断面に作用するせん断力は主桁に近づくに連れて大きくなるので、この付近に最頻通行位置が重なると、損傷が速いことが理解できる。よって、主桁から50cmの点を着目点とした。通行位置の頻度分布としては阪神高速道路公団のデータを用いた。せん断力の影響線は有限要素法で求めた。

結果及び考察 評価結果を表1に 表1 疲労寿命評価結果

示す。これより建設省のデータを用いた場合と、阪神高速道路公団のデータを用いた場合とでは、疲労寿命に著しい差がみられることがわかる。建設省のデータは多少古く、信頼性に不安が残るが、このように荷重データの違いは、疲労寿命に大きな影響を与えることがわかる。

次に通行位置の違いの影響を見るために支間3.5mのもので、現行示方書に従って設計された床版に対し、着目点を変えて行った疲労照査の結果を図3に示す。これを見ると疲労を考慮した場合には最頻通行位置を支間中央付近とした方が良いと考えられる。

次に阪神高速道路公団の荷重データを用いて行った疲労設計の一例を示す。ここでは設計寿命50年とするが、雨水の影響を考え支間4mの疲労寿命600年をキャリブレーション値として計算を行った。ただし車両通行位置を主桁から75cmとした。結果を図4に示す。この結果から床版厚は現行示方書で定められているものより若干薄くして良いと考えられる。これも通行位置を支間中央になるようにすると飛躍的に安全側になると思われる。

「参考文献」 1)松井繁之：移動荷重を受ける道路橋RC床版の疲労強度と水の影響について、コンクリート工学年次論文報告集、1987。 2)阪神高速道路公団：HDL委員会報告、1987。

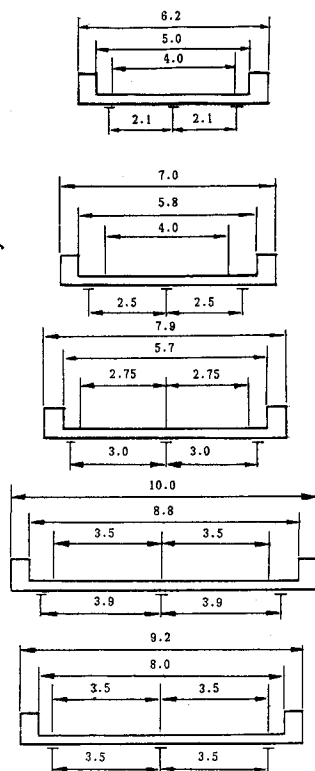


図2 幅員構成と主桁配置

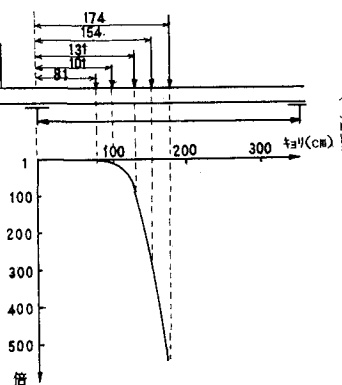


図3 通行位置と寿命比の関係

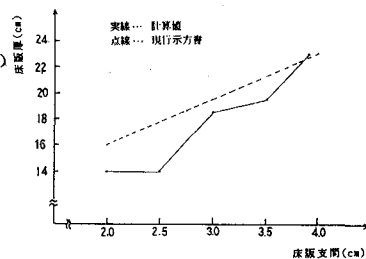


図4 疲労を考慮した場合の床版厚と支間の関係