

CS-39 主桁によって弾性支持された長支間 RC 床版の疲労設計に関する一考察

大阪大学大学院 学生員 ○桐川 潔*1 大阪大学大学院 フェロー 松井繁之*1
春本鐵工 正員 江頭慶三*2

1. はじめに

少数主桁橋の鉄筋コンクリート床版（以下、RC 床版とする）の支間は、道路橋示方書（以下、道示とする）の規定範囲（4m）を超えることとなり、その設計法の確立が急がれる。そこで、文献 1）により、長支間床版に対応した活荷重曲げモーメント式を提案した。さらに、支間長が増加すると、床版の疲労破壊はコンクリートのせん断疲労破壊から、鉄筋の疲労破壊に移行すると考えられることより、これら 2 種の疲労現象を考慮した疲労設計から最小床版厚を決定した²⁾。しかし、文献 2)では単純版に限定して最小床版厚を提案しており、また、主桁の剛性の影響も入っていない。そこで、この研究結果を基礎とし、主桁によって弾性支持された連続版についても試設計を行った。

2. 床版詳細

筆者らがこれまでに提案した曲げモーメント式により、支間 30m の 3 本主桁で 2m, 4m, 6m の床版支間長に関して基準の床版断面を決定する。提案式は床版コンクリートのひび割れに伴う直交異方性、鋼主桁と RC 床版の剛性の比（相関剛比 H）も考慮している。床版詳細、曲げモーメント式を表-1、表-2 に示す。

3. 押し抜きせん断疲労破壊に対する検討

これまでに、移動輪荷重走行試験機を用いた床版の疲労実験により、コンクリートのせん断疲労破壊に対する S-N 曲線が求められている²⁾。

$\log(Q/P_{sx}) = -0.07835 \log N + \log 0.4554$ (1)
 Q : コンクリートのひびわれが進展し、床版支間方向にはり状化したときのはり幅 B に分布する載荷線の橋軸直角方向せん断力 (tf), P_{sx} : B の幅のはりのせん断耐力 (tf), N : 活荷重走行回数。

2)で設計した床版で FEM 解析を行い Q を求め、式(1)を用いてコンクリートのせん断疲労破壊回数

を求める。解析の際に載荷する荷重は基本的に B 活荷重とするが、疲労を考える場合にはそのような載荷確率はほとんど無い。そこで橋軸直角方向には最大 2 台が載荷されると仮定し、1 台分は正規の設計荷重、2 台目はその 0.5 倍の設計荷重とした。また今回は 3 本主桁で解析を行ったため、文献 2)と同様にせん断に着目して、外桁付近と中桁付近について解析をおこなった。コンクリートのせん断疲労破壊が起こると考えられる位置を図-1、押し抜きせん断疲労回数を表-3 に示す。

4. 鉄筋の疲労に対する検討

コンクリート中の鉄筋の疲労破壊回数を求める。S-N 曲線は次の式を使用した³⁾。

異方性、せん断力、疲労、相関剛比、長支間床版、床版厚

*1 〒565 吹田市 山田丘 2-1 TEL 06-879-7621

*2 〒551 大阪市 大正区 南恩加島 6-20-34 TEL 06-552-1464

表-1 床版設計断面（連続版）

支間長 b: (m)	2		4		6		
	相関剛比	5	∞	5	∞	5	∞
床版厚 t: (cm)		19	19	23	23	31	31
主鉄筋 pitch (mm)	D19@105	D19@145	D22@100	D22@125	D22@100	D22@110	
σs	1314	1384	1290	1396	1383	1396	
σc	80	71	80	78	69	67	
My	4.41×10^5	3.43×10^5	7.84×10^5	6.86×10^5	1.24×10^6	1.14×10^6	

σs: 鉄筋の曲げ引張応力度 (kgf/cm²), σc: コンクリートの曲げ圧縮応力度

My: 主鉄筋の曲げモーメント (tf · m/m), Mx: 配力鉄筋の曲げモーメント

表-2 床版の設計曲げモーメント式

R	主鉄筋方向の曲げモーメント (My)		配力鉄筋方向の曲げモーメント (Mx)	
	単純版	$[0.09b+0.14]P(1+i)$	連続版	$[0.04b+0.62]My + [0.39/H]P(1+i)^2 + [0.04b+0.57]Mx + [0.16/10]P(1+i)$
i: $=20/(16H)$, H: $E_1/\sqrt{D_1}$, D ₁ = $E_1/(12(1-\nu_1^2))$				
Ig: 主桁の断面2次モーメント (m ⁴), L: 床版スパン長 (m)				

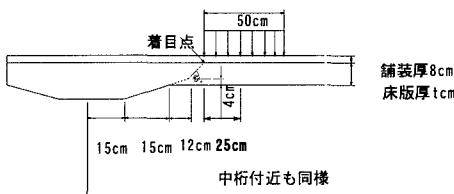


図-1 床版支間 6m でのせん断力載荷位置

$$\log \sigma_{\max} = 2.037 - 0.145 \log N \quad (2)$$

σ_{\max} : 活荷重による鉄筋の曲げ引張応力度(kgf/cm²)

また 3 本主桁橋では、正の最大曲げモーメントが発生する床版支間と、負の最大曲げモーメントが発生する中桁上での解析をおこなつた。FEM 解析を行う際の載荷条件は、せん断力を求める際と同様にする。疲労破壊回数を表-4 に示す。

5. 疲労耐久性に対する検討

RC 床版の疲労寿命として考えられる 50 年相当の輪荷重実測値⁴⁾を使用し、輪荷重を軸重(輪荷重 10t)に換算し等価繰り返し回数を求める。また軸重分布の違いにより実測値を大型車混入率の多い「臨海工業地帯」と「一般国道」の 2 種に分類した。これら 2 タイプの荷重で実橋 50 年相当の最低限必要な耐久回数を算出し、疲労破壊回数と比較することにより安全性を評価する。安全な場合は床版を薄くし、危険な場合は厚くする。結果を図-2 に示す。また各床版支間ごとに 2 種類の疲労破壊に対する各々の床版厚が求まり、厚い方をその床版支間での床版厚とする。文献 2)で求めた値との比較を図-3 に示す。

6.まとめ

コンクリートのせん断疲労破壊に対して安全な床版厚は外桁付近と中桁付近でほとんど変わりではなく、床版支間の増加にしたがい床版厚は厚くなる。

次に鉄筋の曲げ疲労破壊に対しても、床版支間の増加にしたがい必要な床版厚は厚くなつたが、床版支間 6m の場合においては、中桁上で支間以上に大きな曲げモーメントが発生するため必要な床版厚が急激に増加した。また長支間では H=5 の方が H=∞より厚い床版厚が必要となった。これは主桁の不等沈下の影響であると考えられる。

以上より主桁の剛性が低い場合は長支間で曲げモーメントに危険側の影響を与えることが解った。また、一般的に連続版より単純版の方が発生する曲げモーメントが小さくなるため床版厚を薄くするよう規定されているが、せん断力は単純版と連続版でほとんど同じ値となるため、コンクリートのせん断疲労破壊の起こる短支間では床版厚を厚くしなければならない。

表-3 押し抜きせん断疲労破壊回数

相関剛比	床版支間	外桁付近	中桁付近
H=5	2m(19cm)	7.92	5.36
	4m(23cm)	6.96	4.83
	6m(31cm)	69.3	54.7
H=∞	2m(19cm)	3.07	6.37
	4m(23cm)	4.59	1.90
	6m(31cm)	62.7	27.9

(× 10⁵回)

表-4 鉄筋の曲げ疲労破壊回数

相関剛比	床版支間	外桁付近	中桁付近
H=5	2m(19cm)	2.9	2.05
	4m(23cm)	113	19.9
	6m(31cm)	149	4.88
H=∞	2m(19cm)	39.2	1.02
	4m(23cm)	73.8	5.20
	6m(31cm)	130	14.8

(× 10⁵回)

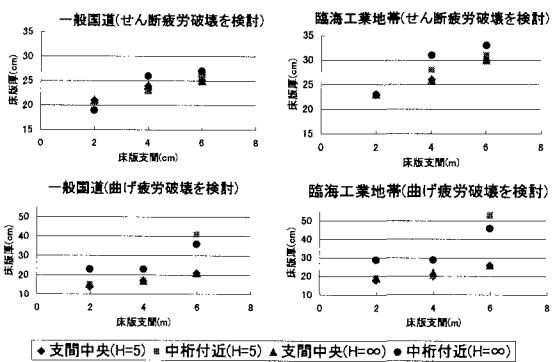


図-2 等価繰り返し回数との比較による最小床版厚

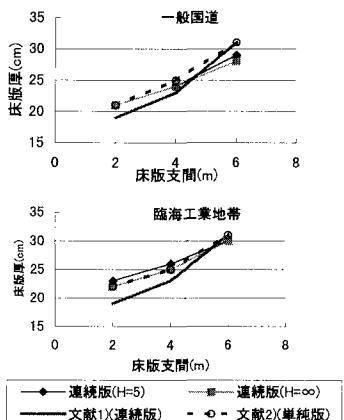


図-3 疲労を考慮した最小床版厚

[参考文献] 1)Matsui,Egashira: : Study on Design Bending Moments for Various Concrete Floor Slabs on Highway Bridges, Osaka University Technical Report Vol.47, No1,1997 , 2)松井,江頭,桐川:長支間 RC 床版の疲労設計法に関する一考察,構造工学論文集 Vol.44A,1998, 3)藤岡,平城,大谷,鬼頭:異形鉄筋の疲労試験データの統計的処理, 土木学会第 48 回年次学術講演会概要集第 I 部, pp730-731, 1993, 4)谷垣博司:近畿圏内の道路橋における交通荷重の実体から見た路線別交通特性と橋梁部材の確立論的安全性評価に関する基礎的研究, 大阪大学修士論文, 1996