

道路橋コンクリート系床版の疲労耐久性評価法に関する研究

A study about fatigue durability evaluation method for highway bridge slabs

玉越隆史*、土田隆司**、中洲啓太***、石尾真理***

Takashi TAMAKOSHI, Takashi TSUCHIDA, Keita NAKASU, Mari ISHUIO,

*工修 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路構造物管理研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市大字旭1番地)

**パシフィックコンサルタンツ株式会社 交通技術本部 構造部 (〒163-0730 東京都新宿区西新宿2-7-1)

***国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路構造物管理研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市大字旭1番地)

Wheel running tests have been conducted to develop new types of slabs such as Pre-stressed slabs or composite slabs recently. However, it is still difficult to design structural details quantitatively against fatigue damage because the current evaluation method under the increased loading conditions is relative comparison with calibrated slabs. In this study, in order to propose an absolute durability evaluation method, authors carried out FEM analysis with damaging rules of concrete elements. The analysis results reveal that the results of calculation using proposed rules fit the experimental results.

Key words: fatigue, stress amplitude, finite element method, Wheel Running Tests

1. はじめに

道路橋のコンクリート床版の損傷は昭和40年代より各地で顕在化し、主として自動車荷重の繰返しに伴う疲労の影響によるものと考えられている。

特に、松井¹⁾によって開発された、輪荷重を床版供試体に直接移動繰返し載荷する試験法によって定点載荷試験では再現できなかった実橋に近い状態の損傷過程が再現されたことなどから、床版の疲労には荷重が移動するという要因が大きく影響していることが明らかになった。その後土木研究所など、様々な機関で同様の実験が繰返され²⁾、同じ試験に供した床版同士であれば疲労耐久性の優劣を相対的に評価できるようになった。しかしながら、実験では支持条件や床版厚など多岐にわたる実橋の条件を忠実に再現することには限界があるだけでなく、計画される橋梁の床版条件毎に輪荷重走行試験を実施することは経済的にも現実的でなく、解析的にそれら进行评估する手法の開発が求められてきた。さらに道路橋示方書も平成14年の改訂から性能規定化の概念が導入され、要求性能さえ満足されれば鋼コンクリート合成床版などの新形式の床版であっても採用可能であることが明確となっており、近年様々な新形式の床版が提案されるようになってきている。一方、これらの性能の検証に有効な疲労耐久性を評価する手法は現在のところ確立されているとはいえず、床版としての静的な押し抜きせん断破壊耐荷力などを指標として間接的に評価するしかないのが現状である。

そこで、本研究では、コンクリート床版では鋼部材と同様に変動応力の繰返しの影響が床版コンクリート(の各部)で疲労ダメージとして蓄積され、それが一定レベルに達した部分で破壊(ひびわれの発生)が

生じるものと仮定し、それを定式化した解析によって疲労損傷の進展過程の再現を試みた。もしこのような仮定で解析的に床版コンクリートの疲労損傷が表現できたならば、多様な形式のコンクリート床版についても疲労耐久性を定量的に評価できる手法の確立につながるものと期待できる。

2. 損傷状態の解析的再現

2.1 床版コンクリートの応力状態と疲労

コンクリートの疲労破壊の厳密なメカニズムについては十分には解明されていないが、粗骨材とマトリックス間の付着力の低下やひび割れの発生と伝播による断面積の減少なども関わっている。その他、セメントペースト中に発生する微小ひび割れによる有効断面積の減少に起因して作用応力に耐えられずコンクリートの破壊が進展するなどの仮説も考えられている³⁾。

一方、輪荷重移動載荷試験の結果から、RC床版の疲労損傷はマクロ的には概ね以下のような過程で進行するものと認識されている。

- 1)1方向(支間方向)ひび割れの存在または発生
- 2)ひび割れの2方向化(格子化)
- 3)ひび割れの進展(ひび割れ密度の上昇)
- 4)ひびわれ部などでの段差、角落ちの発生
- 5)押し抜きせん断破壊の発生

また、既往の鋼コンクリート合成床版の輪荷重移動載荷試験結果では、床版の耐荷力が著しく喪失するような構造的破壊に至るまえに、圧縮側のコンクリートにひび割れが生じたものや、内部の補強鋼材よりひびわれが水平方向に進展するケースのあることが確認されている⁴⁾。このようなひび割れは、底鋼板や内部に鉄筋以外の鋼材がないRC床版やPC床版では生じて

いない。このような現象の考察から、床版コンクリートのどの部位であっても応力変動の繰り返しおよびその大きさが関係してコンクリートの破壊が生じ、進展していくことが疑われた。そこで、鋼部材のように変動応力の繰り返しの影響が床版コンクリートの各部で蓄積し、それがある値を越えるとひび割れの発生を生じるという疲労モデルを仮定した。

コンクリートの疲労は、従来から一軸の室内疲労試験結果から、コンクリートに作用する最小応力と静的強度の比 S_{min} 、最大応力と静的強度の比 S_{max} 、を用いて例えば式-1のような被害則に従うものと理解されてきた⁵⁾。

$$\log N = 17 \frac{1 - S_{max}}{1 - S_{min}} \dots \dots \dots \text{式-1}$$

(ただし、N：応力繰返し数 $\leq 2 \times 10^6$)

一方、道路橋のコンクリート床版では、輪荷重の移動の影響を受け、内部の応力は多軸応力状態であり、かつ応力方向も荷重の移動につれて3次元的に複雑に変化する。さらに鋼コンクリート合成床版のように内部に様々な形状の鋼部材が配置されると、その周囲では局部的に大きな応力が発生することにもなる。したがってコンクリートそのものの疲労が応力変動の繰り返しによると仮定してもその変化量の累積を考慮するためには一方向の応力変化から定式化された知見をそのまま適用することは困難である。

このようなことから本研究では、応力方向が複雑に変化する床版コンクリートに対して疲労への影響の観点から応力変化量の累積を表現する手法について検討した。

2.2 床版コンクリートの疲労被害則の検討

2.2.1 検討方針

検討では、床版内部のコンクリートの応力状態をある程度の精度で再現できる解析モデルを構築し、それに対してコンクリートの疲労被害則を仮定して適用し、得られる損傷過程を実コンクリート床版に対する輪荷重移動載荷試験結果と比較した。なお、今回は、床版内部の応力状態が解析でも比較的忠実に再現されると考えられるRC床版を中心に検討を行った。

2.2.2 検討方法

本研究では、コンクリートの疲労がコンクリート各部での疲労被害の蓄積による破壊の進展と捉えているため、解析にあたっては床版をある程度細かな要素に分割しないと実床版との対比が困難となる。また3次元的な応力変化を評価するためには、解析においても荷重を移動させる必要があり、ここでは5点に荷重を順次載荷して変化を把握することとした。対象床版および解析モデルの概要を図-1,2に、解析条件を表-1に示す。

コンクリートの疲労被害則は、表-2に示すように3次元的な応力変化に伴う要素の変化量の積算ルールとして4つの異なる表現を仮定してそれぞれ解析を行い比較検討した。

疲労被害則はいずれも対数軸に従うものとした(図-3)。CaseAは直応力全てを考慮し、その回数との関係は、CornelisenとReinhardtが提案している疲労強度関係式を用いるケース。CaseB,Cは、変動する各応力成分の増分をひずみエネルギー変動量として算出した値を指標とするケース。CaseDは弾性ひずみエネルギー変化の振幅量を指標とするケースである。破壊基準はCaseBは圧縮破壊、CaseC,Dは引張破壊とし、S-N線の勾配は傾向把握のため全て同じ値(=8)を仮定した。

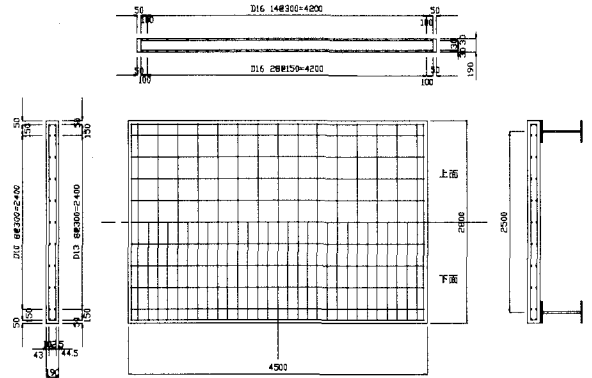


図-1 供試験体概要

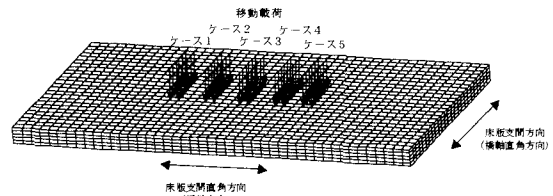


図-2 解析モデル図

表-1 解析条件

解析方法		線形FEM解析
モデル概要	1要素の大きさ	38×100×100(mm)
	鉄筋入力モデル	埋込み鉄筋
	コンクリート弾性係数	E=25000N/mm ²
	鉄筋弾性係数	E=200000N/mm ²
	要素破壊後の剛性低下	コンクリート弾性係数を1/10
支持条件		桁部線支持(ピン)

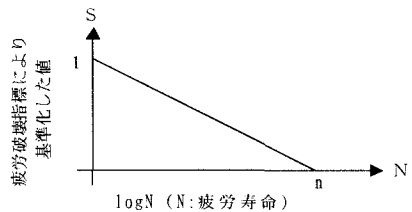


図-3 仮定したコンクリートのS-N線図の基本形状

具体の解析は、まず1回の移動載荷(位置を変えた5点の連続した載荷が相当)結果から各要素の着目す

る応答値の振幅量を算出する。

表-2 仮定したコンクリートの疲労被害則

case	用いた指標	回数との関係
A	要素の応力 3 成分 ($\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$) それぞれの直応力振幅と破壊の回数を設定	$\log N = 9.46$ $-7.71(\sigma_{\max}/\sigma_{ct}) - 3.37(\sigma_{\min}/\sigma_{ct})$ $\sigma_{ct} = 2.5 \text{ N/mm}^2, \sigma_c = 30.0 \text{ N/mm}^2$
B	要素の直応力ひずみ 3 成分 ($\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$) の変動量を用いた振幅量と破壊の回数の関係を設定	$\log N = 8(1 - S_{\max})$ S: 振幅エネルギーの比 ($S = U/U_0$) $U_0 = 0.01125 \text{ N/mm}^2$ $U_n = \frac{1}{2}(\sigma_{\delta x} \varepsilon_{\delta x} + \sigma_{\delta y} \varepsilon_{\delta y} + \sigma_{\delta z} \varepsilon_{\delta z})$ $U = \sum(U_n)$
C	要素のひずみ 3 成分 ($\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$) と、せん断ひずみ 3 成分 ($\gamma_x, \gamma_y, \gamma_z$) の変動量を用いたひずみエネルギー相当量と破壊の回数を設定 (ただし、直応力に関しては引張応力領域の振幅のみを考慮)	$\log N = 8(1 - S_{\max})$ S: 振幅エネルギーの比 ($S = U/U_0$) $U_0 = 0.0001125 \text{ N/mm}^2$ $U_n = \frac{1}{2E}(\sigma_{\delta x}^2 + \sigma_{\delta y}^2 + \sigma_{\delta z}^2)$ $-\frac{\nu}{E}(\sigma_{\delta y} \sigma_{\delta z} + \sigma_{\delta z} \sigma_{\delta x} + \sigma_{\delta x} \sigma_{\delta y})$ $+\frac{1}{2G}(\tau_{\delta xy}^2 + \tau_{\delta yz}^2 + \tau_{\delta zx}^2)$ $U = \sum(U_n)$
D	要素の主応力ひずみ 3 成分 ($\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$) によるひずみエネルギー振幅量と破壊の回数を設定 (ただし、引張応力領域の振幅のみを考慮)	$\log N = 8(1 - S_{\max})$ S: 振幅エネルギーの比 ($S = U/U_0$) $U_0 = 0.0001125 \text{ N/mm}^2$ $U_n = \frac{1}{2}(\sigma_{1n} \varepsilon_{1n} + \sigma_{2n} \varepsilon_{2n} + \sigma_{3n} \varepsilon_{3n})$ $U = \text{MAX}(U_i) - \text{MIN}(U_i)$

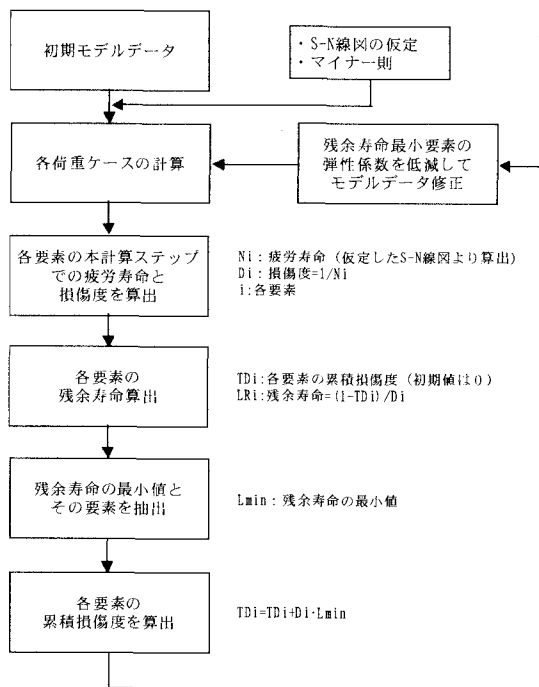


図-4 解析方法の概要

これに仮定した被害則を適用して各要素の損傷度を算出して破壊条件に達した要素を破壊させる。ここでコンクリート要素のひび割れ発生に相当する要素の破壊は、要素のヤング係数を 1/10 に低下させて表現した。これは主応力方向が絶えず変化しているコンクリート

内部を微視的に要素単位で評価しているためであり、ひびわれ方向という概念は入っていない。そして以下同様の操作を繰り返して順次要素を破壊させていく。解析方法の概要を図-4 に示す。また対照実験となる輪荷重載荷試験の結果を図-5~8 に示す。

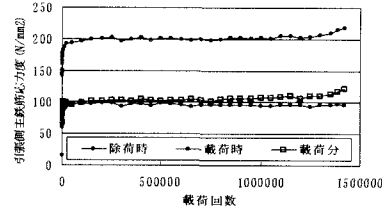


図-5 床版中央の主鉄筋応力度

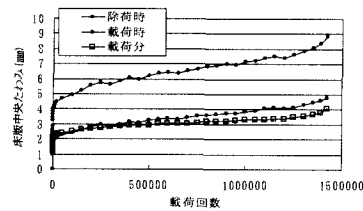


図-6 床版中央たわみ

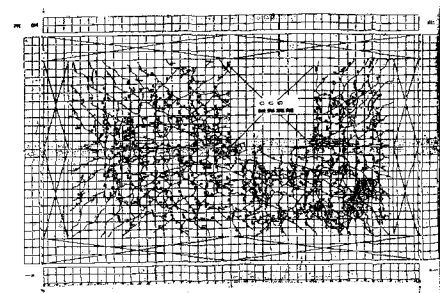


図-7 試験後のひび割れ状況 (床版下面)

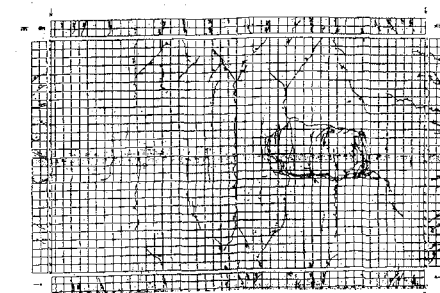


図-8 試験後のひび割れ状況 (床版上面)

2.2.4 検討結果

(1) 解析手法の妥当性の検討

直応力振幅しか考慮していない caseA、破壊の限界値を圧縮破壊で設定した caseB は要素の損傷の順序やたわみの進展性状などが実験と大きな乖離を示したためここでは結果を省略する。図-9,10 に caseC と caseD のたわみ性状、および引張鉄筋応力の増加傾向を示す。絶対値には乖離があるがいずれも変化傾向は実コンクリート床版の実験結果で一般に見られる傾向と類似したものとなっている。

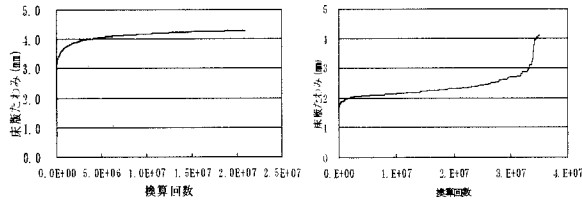


図-9 たわみ性状

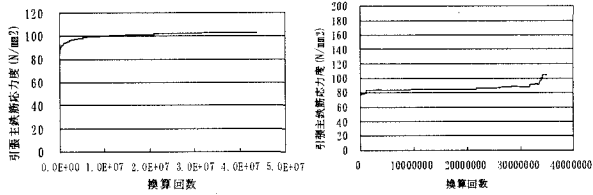


図-10 引張主鉄筋応力性状

図-11に caseD の床版下面の損傷過程を示すが、床版下面の中央部から徐々にひび割れが増加し、かつ徐々に密度化していく現象がみられる。図-12,13に caseC と caseD の床版上下面の損傷状況を示すが、caseC では床版上面側も早期から損傷が進展しており、たわみ量も大きくなっている。これは caseD が主応力に関して引張応力領域の振幅のみ考慮するのに対し、caseC ではせん断応力分も全て考慮しているため、せん断による破壊への寄与が支配的となったものと考えられる。

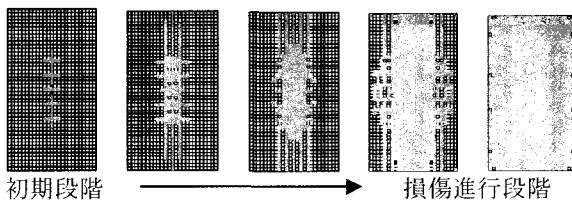


図-11 caseD 損傷の進展 (床版下面)

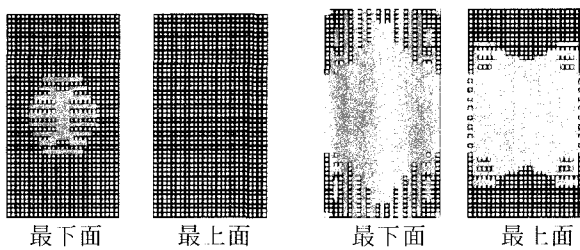


図-12 caseC 損傷の進展

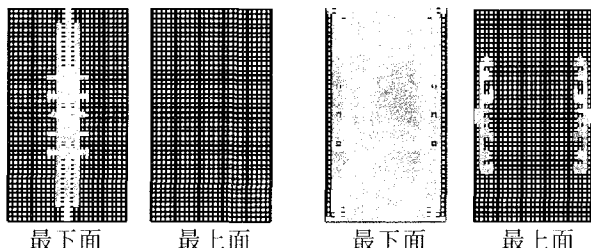


図-13 caseD 損傷の進展

コンクリートの不均質性もあり、実床版ではひび割れは方向が一定せずかつ必ずしも連続的に進展しないため、比較的大きな要素を全方向に対して軟化させる本解析ではひびわれ性状の再現性には限界があるが、caseD によってたわみ増加や破壊進展の傾向は比較的実現象に近いものが表現された。

(2) 疲労被害則の適用性の検討

たわみ量や鉄筋応力など絶対値には乖離があるものの caseD では一般的な RC 床版の疲労損傷の進展の特徴に比較的良好な傾向の劣化過程が見られた。そこで条件の異なる RC 床版と PC 床版の既往の輪荷重載荷実験結果と caseD を適用した解析の比較を行った。検証対象とした床版の緒元を表-3,4 に示す。

表-3 対象床版(構造)

供試体	床版厚 (mm)	幅 (変位) (mm)	長さ (mm)	荷重 (kN)	適用示方書
② RC39-167	"	"	"	"	"
③ RC39-196	"	"	"	"	"
④ RC47	200	"	"	"	昭和 48 年示示
⑤ NI ^{*)}	180	2000 (1800)	3000	210	"
⑥ DR1 ^{*)}	190	"	"	142	昭和 39 年示示
⑦ PC	180	2800 (2500)	4500	157 ^{*)}	平成 8 年示示

^{*)}「道路橋RC床版のひび割れ損傷と耐久性」平成3年12月 阪神高速道路公団、阪神高速道路管理技術中心
^{*)}道路橋コンクリート系床版の疲労と設計法に関する研究 昭和59年11月 松井繁之
^{*)}15tENからスタートし、4万回毎に20kNずつ増加させる階段荷重

表-4 対象床版(材料および配筋)

供試体	コンクリート						引張主鉄筋 (有物長さ)	引張副鉄筋 (有物長さ)	圧縮副鉄筋 (有物長さ)	
	Ec	αc	α1	引張主鉄筋 (有物長さ)		引張副鉄筋 (有物長さ)				
				σ _y (N/mm ²)	N/mm ²	σ _y (N/mm ²)				N/mm ²
① RC39-105	1.62×10 ⁴	13.6	1.44	D16φ150 (160)	D16φ300 (30)	D16φ300 (110)	D16φ300 (42)			
② RC39-167	2.34×10 ⁴	31.1	2.49	"	"	"	"			
③ RC39-196	2.39×10 ⁴	29.7	2.69	"	"	"	"			
④ RC47	2.31×10 ⁴	29.9	2.92	D13φ125 (130)	D13φ250 (30)	D16φ100 (110)	D16φ200 (58)			
⑤ NI ^{*)}	2.79×10 ⁴	54.2	3.88 ^{*)}	D16φ300 (150)	D16φ300 (30)	D16φ125 (130)	D16φ250 (60)			
⑥ DR1 ^{*)}	2.00×10 ⁴	29.0	2.54 ^{*)}	D16φ300 (130)	D16φ180 (30)	D15φ250 (115.5)	D15φ400 (44.5)			
⑦ PC	2.67×10 ⁴	42.9	3.66	D13φ250 (120)	D13φ250 (30)	D13φ125 (120)	D19φ250 (50)			

^{*)} αcを用いて文献内で算出された値

1) RC 床版

図-14~17に①~⑥の鉄筋コンクリート床版における実験結果と計算結果の破壊回数の関係を示す。

それぞれの実験結果では破壊の定義が厳密には同じではないが、それぞれの論文等で公表されている資料に示された破壊回数を正とした。一方解析では、床版のたわみ量や鉄筋ひずみ量が急増し始める時点破壊とした。

図-14に①~③の同一構造同士の破壊回数の関係を示すが、解析と実験の結果は同様な傾向となった。

また、図-15に④、図-16に⑤、図-17に⑥を含めた関係を示す。図-16では実験と解析で破壊順序が全て同じであり、図-15,17では一部順序が逆転しているが、疲労実験自体のばらつきを考慮すると、定性的には解析による疲労耐久性の傾向が実験結果と概ね整合したのものとなっていると考えられる。

2.3.3 PC 床版

RC 床版では、引張応力が卓越する下方より要素の

破壊が生じ、要素破壊後にもその要素およびその近傍

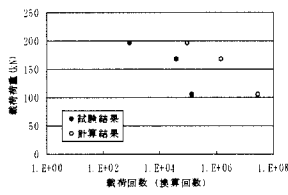


図-14 ①②③の関係

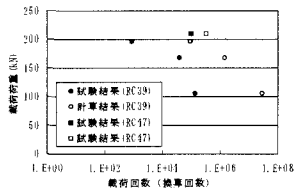


図-15 ①②③と④

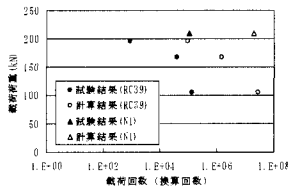


図-16 ①②③と⑤

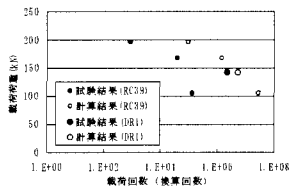


図-17 ①②③と⑥

は基本的に引張応力が卓越する。しかしPC床版では、移動載荷重の影響で高い引張応力の繰返しが生じて要素が破壊しても、荷重が載荷しない状態ではプレストレスの影響でその要素が圧縮応力状態となる場合がある。このとき実コンクリートではひび割れ発生後も圧縮力に抵抗できるため解析においてもその挙動を再現しないと疲労損傷の進展傾向が近似できない。すなわちRC床版の解析と同様に、破壊後に全方向に対して要素のヤング係数を低下させると要素破壊後に圧縮応力にも軟化した抵抗を示すことになる。よって、PC床版の解析では要素破壊後の引張応力状態では、剛性を低下させる一方、圧縮応力状態には剛性が低下しないという非線形特性を考慮する必要がある(図-18)。

ただし、この方法では非線形要素数の増加につれて飛躍的に計算量が増大してしまうため、今回は既往の疲労試験結果から、1方向プレストレス床版では、プレストレスと並行な方向のひび割れがほとんどであることも考慮して、損傷後の剛性低下方向を制限して計算を行った(図-19)。

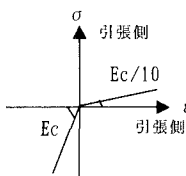


図-18 材料特性(非線形)

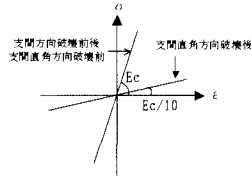


図-19 材料特性(確認用)

PC床版の輪荷重移動載荷試験における荷重は階段状に漸増させており、促進試験を行っているが、荷重レベルと破壊回数の関係は現在のところ必ずしも明確でない。よって解析は157kNの一定荷重載荷とした。たわみ性状を図-21に示す。図-20は荷重増加後のたわみ量のみを初期荷重に比例換算したもので、回数の逆算はおこなっていない。実験での荷重条件が異なることから最終破壊に関してRC床版との絶対的な比較はできないが、要素に入力される振幅量がRC床版に対して小さく、同じ要素数(例えば1000要素など)を損

傷させる換算回数がRC床版に比して飛躍的に大きくなることは確認できた。

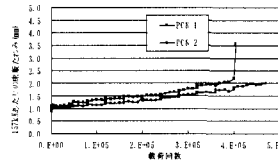


図-20 PC床版載荷分たわみ (実験)

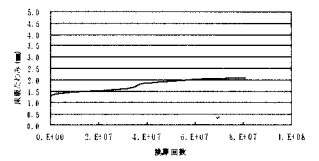


図-21 PC床版たわみ(解析)

3 疲労耐久性評価への課題と検討

3.1 課題

これまで床版コンクリートそのものに疲労被害則を適用することで輪荷重移動載荷試験での損傷過程に近似した過程を解析的にある程度表現可能であることを示した。ただし定量的な疲労設計に用いるため解析手法として確立するためには以下の課題が残されている。
○床版内部の破壊進展過程の再現性の確認。

現在実験結果との整合性は、表面に現れたひび割れ性状と床版のたわみ量や鉄筋応力について検証を行ってきたが、疲労耐久性を設計で制御する上で重要となる床版内部でのひび割れ(要素の破壊)の進展過程についての比較ができていない。

○定量的な疲労耐久性の評価

今回設定した疲労被害則によって解析結果と実験結果では疲労耐久性の優劣についての相対的評価や定性的傾向についてはある程度整合性のある結果が得られたが、実務設計に用いる場合、所要の耐久性に対して合理的かつある程度の信頼性でもって性能が照査できなければならない。そのためには、被害則の定式化にあたっては適用の範囲を明確にした上で少なくとも安全側で、かつ過大でない疲労耐久性が実現されることを示す必要がある。特に要素破壊後の材料特性に関してはヤング係数の低下のさせかただけでもPC床版やその他の様々な形式の床版においても汎用的に適用できる設定方法を確立する必要がある。

本研究では、提案する解析方法の妥当性を評価するために、過去の試験結果では明らかにされていない床版内部のコンクリートの損傷進展状況についての知見を得る目的で輪荷重移動載荷試験を実施した。

3.2 輪荷重移動載荷試験結果

3.2.1 実験諸元

実験は土木研究所の輪荷重走行試験機を用いた。実験の概要を表-5に示す。今回は道路橋示方書の最小全厚規定には従わず、道路橋示方書の設計曲げモーメントの設定方法に従い、T荷重を60kNとした設計曲げモーメントを設定して設計したもの(1体目)と、その配筋条件を同じとし、版厚を20mm増加させたもの(2体目)とした。載荷荷重は、相対2辺が単純支持された無限長板として中心に載荷する荷重による主鉄筋

応力度が 140N/mm² 程度なる荷重を基に設定した。

表-5 実験概要

供試体寸法	幅(mm)	長さ(mm)	厚さ(mm)	支間(mm)	2体目
配筋	配置		径	ピッチ(mm)	2体目
	上筋(圧)		D19	150	
	配力(圧)		D13	300	
	配力(引)		D13	150	
	下筋(引)		D19	150	
材料強度 (コンクリート)	強度 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)	ポアソン比	割れつ強度 (N/mm ²)	2体目
	28.26 <29.74	29.35 <30.97	0.209 <0.206	2.37 <2.45	
載荷荷重	1体目	1~15000 80kN	45000~ 175000 100kN	175000~ 250000 120kN	2体目
	2体目	1~30000 120kN	30000~ 360000 140kN		

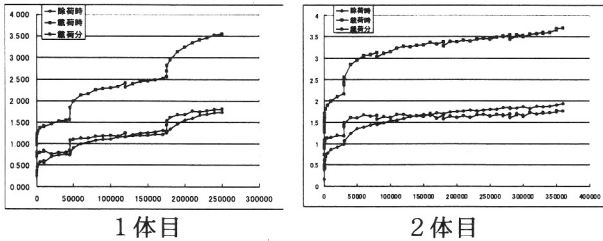


図-22 たわみ性状

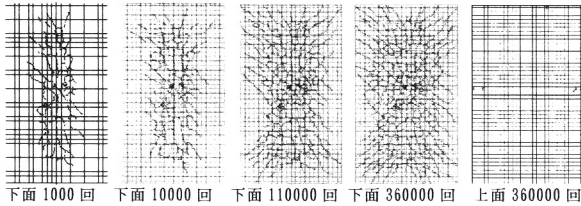


図-23 ひび割れ概要 (2体目)

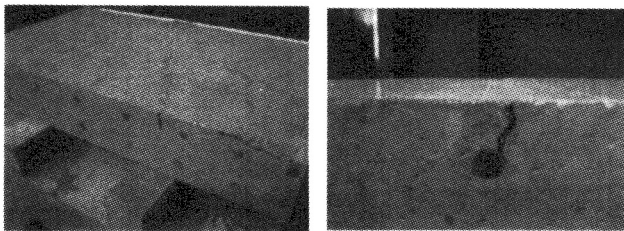


写真-1 切断部 (下面より)

3.2.2 実験結果

実験のたわみ性状を図-22に、2体目におけるひび割れ概要を図-23に示す。両者とも破壊には至っておらず、また上面ひび割れもほとんどない。下面ひび割れには角落ちが確認され、最大残留ひび割れ幅は実験終了時1体目で0.05mm、2体目で0.16mmであった。実験終了後の中央付近での切断面を写真-1に示す。破壊しておらず、荷重を載荷していない場合の、コンクリートのひび割れ深さの確認は困難であるが、目視では被りコンクリートにひび割れが確認された。今回の実験では、ひび割れの進展として、少なくとも床版下面全般に先行して広がる事が確認できた。今回は実験を途中で終了しているため、この後ひび割れが深さ方向に進展することが過去の破壊状態から予想される。

3.2.3 計算による確認と耐久性評価への課題

過去の輪荷重移動載荷試験同様、疲労被害則を用いた実験床版の損傷現象の再現性に関して、同様の解析モデルにて計算した。過去の実験結果の再現性、たわ

み性状は初期段階で急増し、その後緩やかな傾きになる。初期段階は引張領域の破壊が先行するが、その後を疲労破壊の連続と考えられるため、そのたわみの微増の勾配を計算で確認できれば寿命を予測することにつながる。過去の実験結果の検証では、たわみや鉄筋応力の変動に関して整合は十分でないが、それらの応答算出に主たる条件となる破壊後の剛性低下に関しては同様にヤング係数を1/10として計算した。

図-24に1体目の3万回までの載荷たわみと、S-N線の勾配を8とした場合の2.5万回までの計算におけるたわみを示すが、実験結果に比べ解析ではたわみが大きくなる結果となった。変形量が大きいとひずみ振幅量が異なるため寿命の精度が大きく影響する。この原因は損傷後の剛性低下率が主に影響していると考えられ、床版剛性にみあったひび割れ後の特性を考慮することが特に重要であることがわかった。

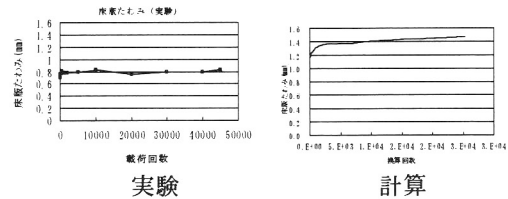


図-24 たわみ性状 (載荷分)

4 今後の課題

コンクリート床版の疲労耐久性を解析的に評価する手法として、コンクリートの小分割された要素毎に累積疲労被害則を適用してひびわれ損傷の進展過程を解析的に再現する手法について検討した。損傷範囲の拡大していく過程は特にRC床版で過去の実験結果と解析結果でかなり類似したものとなった。一方、荷重の載荷回数と損傷程度の定量的な関係については乖離があり、多様な形式の床版に対する汎用性のある疲労設計法として確立するには、被害則のキャリブレーションなど定量的な関係の精度向上が課題として残った。

引き続き、既往の疲労耐久性評価手法を補完し、多様な形式の床版に適用可能な疲労設計法の確立に向けた検討を継続していく予定である。

参考文献

- 1) 松井繁之：道路橋コンクリート系床版の疲労と設計法に関する研究，大阪大学学位論文，昭和59年
- 2) 例えば 国土技術政策総合研究所：道路橋床版の疲労耐久性に関する試験，国総研資料第28号
- 3) 石橋、児島ら著；コンクリート構造物の耐久性シリーズ「疲労」，技報堂出版
- 4) 例えば 国土交通省土木研究所：道路橋床版の輪荷重走行試験における疲労耐久性評価方法の開発に関する共同研究報告書(その5)－評価編－,2001.3
- 5) 土木学会：コンクリート標準示方書構造型態照査編，平成14年