

橋軸直角方向プレストレスを導入した鉄筋コンクリート床版の疲労耐久性

FATIGUE DURABILITY OF REINFORCED CONCRETE DECKS PRESTRESSED IN TRANSVERSE DIRECTION

大西 弘志*, 松井 繁之**

Hiroshi ONISHI and Shigeyuki MATSUI

*工修 大阪大学助手 工学部土木工学科 (〒565 大阪府吹田市山田丘 2-1)

**工博 大阪大学教授 工学部土木工学科 (〒565 大阪府吹田市山田丘 2-1)

Nowadays, development of long span slabs is required for reducing construction costs by making spacing of main girders larger. Application of transverse prestress on decks is considered to get high durability in those slabs. But there is few data on those slabs. So the authors have carried out the wheel load running test to survey fatigue durability of these decks. The authors got many useful results from two series fatigue tests until now. In this paper, effects of the transverse prestressing to RC slabs, magnitude of the prestresses and spacing of PC tendons are discussed.

Key Words: highway bridge slab, transverse prestress, fatigue durability, wheel running test

1. はじめに

現在建設が進められている第二東名・名神高速道路では少数主桁橋が採用されており、それにともない主桁間隔が大きくなり、長支間に対応できる床版の開発が必要となっている。この長支間用で、かつ現場打ち床版の一つとして、橋軸直角方向にプレストレスを導入する床版形式が考えられる。しかし、この形式の床版に対する輪荷重走行疲労試験例は少なく、その疲労耐久性は明確でない。そこで、本研究ではこの床版の疲労耐久性とそれに影響する要因を調査するため、プレストレス導入量やPC鋼材の配置、床版の支持条件等を変化させた供試体について小型輪荷重走行試験機を用いた疲労試験を行い、その結果を比較することにより、橋軸直角方向プレストレス導入の効果についての検討を行うことにした。現在の時点では表-1に示す15体の供試体について実験が終了している。これらの供試体中11体については予想通りの結果を得ることができたが、Bシリーズの4体の供試体においては当初の予想とは異なり、他の11体とは異なる傾向の実験結果を得た。この実験結果の相違の原因について、プレストレス筋の間隔の違いを考慮した数値計算を行い、床版構造の影響に関する検討を加えることにした。

2. 実験概要

本研究の疲労試験で使用した供試体の種類・载荷条件を表-1に示す。今回の実験で使用された供試体はそ

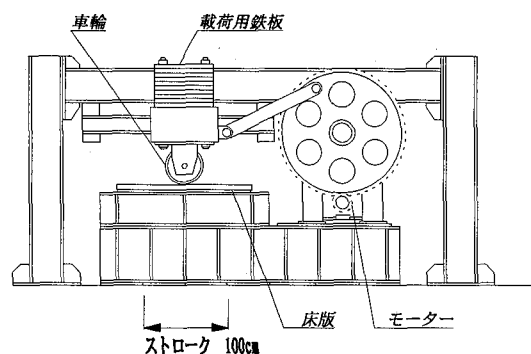
の構造・支持条件によってA～Dの4つのシリーズに分けられており、それぞれの供試体が属するシリーズは供試体名の最初の文字で示されている。供試体名の2文字目以降はP、Lに続いてプレストレス導入量(kgf/cm²)、輪荷重の大きさ(tf)となっている。また、Dシリーズの供試体には後で述べるようにPC鋼材を配置していないのでP以下の部分を省略してある。

表-1 供試体種類と条件

供試体名	プレストレス量	支持形式	荷重
AP0L2	0kgf/cm ²	単純支持	2.0tf
AP13L2	13.75kgf/cm ²	単純支持	2.0tf
AP27L2	27.5kgf/cm ²	単純支持	2.0tf
AP0L1.5	0kgf/cm ²	単純支持	1.5tf
AP13L1.5	13.75kgf/cm ²	単純支持	1.5tf
AP27L1.5	27.5kgf/cm ²	単純支持	1.5tf
BP7L2-1	7.5kgf/cm ²	単純支持	2.0tf
BP7L2-2	7.5kgf/cm ²	単純支持	2.0tf
BP15L2-1	15kgf/cm ²	単純支持	2.0tf
BP15L2-2	15kgf/cm ²	単純支持	2.0tf
CP13L2	13.75kgf/cm ²	固定支持	2.0tf
CP27L2	27.5kgf/cm ²	固定支持	2.0tf
CP13L1.5	13.75kgf/cm ²	固定支持	1.5tf
CP27L1.5	27.5kgf/cm ²	固定支持	1.5tf
DL2	0kgf/cm ²	単純支持	2.0tf

表－2 材料試験結果

シリーズ	圧縮強度	弾性率	ポアソン比
A・C	511kgf/cm ²	3.07E+5kgf/cm ²	0.2101
B・D	550kgf/cm ²	2.92E+5kgf/cm ²	0.177



図－1 小型輪荷重走行試験機概要

供試体の寸法はどのシリーズも1000×1600×60 (mm) である。これは実橋の約1/3のモデルであり、長辺を単純支持とした床版（以後、単純支持版と表記、床版支間80cm）と、長辺をH形鋼の支持桁にボルトジベル2列ずつを配置して固定したもの（以後、固定支持版と表記、支持桁ウェブ間隔80cm、フランジ端間隔60cm）の2種類を用意した。短辺（橋軸直角方向）は横桁による弾性支持とした。短辺を弾性支持としたのは、短辺を自由とした場合自由端から床版の破壊が始まるからである。なお、単純支持版は版中央に荷重を載荷した場合、隅の部分が浮き上がるため、四隅に浮き上がり防止装置を設置した。

供試体の鉄筋としては、主鉄筋、配力鉄筋ともにD6鉄筋を使用し、主鉄筋は圧縮側のピッチを9cm、引張側を4.5cm（かぶり1cm）、配力鉄筋は圧縮側のピッチを12.8cm、引張側を6.4cm（かぶり1.6cm）として配置した。また橋軸直角方向にプレストレスを導入するために床版厚の中央にP C鋼棒を配置した。使用したP C鋼棒の径は9.2mmであり、A、Cシリーズは中心から15cmピッチで計11本、Bシリーズは30cmピッチで計6本配置した。Dシリーズは床版内にP C鋼棒が入っていることによる影響をみるための床版であり、P C鋼材を配置しなかった。D以外の3シリーズでは各々の供試体ごとにP C鋼材一本あたりのプレストレス導入量を0t、1.2t、2.4tの3種類に変化させてプレストレスを床版に導入した。試験時の供試体コンクリートの強度を把握するため、疲労試験開始時に材料試験を併せて実施した。この材料試験結果を表－2に示す。この時点で材令は28日を超過していたため、以後の供試体の材料特性は表－2の値を用いることとした。

供試体に載荷した輪荷重は、2.0tと1.5tの2種類とし、図－1に示す小型輪荷重走行試験機によって橋軸方向の中央線上で移動載荷した。今回使用した小型輪

荷重走行試験機は、道路橋R C床版上を走行する輪荷重を再現し、床版の疲労実験を行うものである。小型輪荷重走行試験機の性能は載荷能力：0～2t、荷重移動範囲：床版中央から±50cm、移動速度：23往復/分、車輪幅：10cm、車輪の接地面：4×10 (cm)である¹⁾。また、輪荷重走行部分には車輪の直接載荷による床版表面の磨耗を防ぐため、床版表面に2mm厚の鉄板を敷いて軌道とした。このため、実際に床版に荷重が作用する面積は5.1×8.1 (cm)となっている。

今回の一連の実験では、すべての供試体に対して、輪荷重走行開始前に数回床版中央に静的載荷し、測定を行った。その後50万往復を目標走行回数として走行載荷を行った。適宜、走行途中で試験機を停止させ、輪荷重を床版中央に静的に載荷して測定を行った。静的載荷時の測定・観察項目は、床版のたわみ、床版表面、主鉄筋、配力鉄筋、P C鋼棒のひずみ（A、Cシリーズのみ）、床版表面に発生したひび割れの発生・進展状況である。たわみの測定では、橋軸方向中心線上に床版中央から前後に20cm間隔に5個の変位計を設置し、荷重による版の性状の変化をこの方向のたわみ変位でとらえた。ひび割れ発生・進展状況の調査では、目視によって床版の上面、下面のひび割れ状況を観察し、分布傾向の変化や、ひび割れ発生回数が確認できるようにした。また、AP27L20とB～Dシリーズの9体では床版下面の中央付近で橋軸直角方向に発生したひび割れに、3方向ゲージを貼付してひび割れの動きを測定した、すなわち、ねじりモーメントによるひび割れをはさむコンクリートの水平方向ずれ変位、曲げモーメントによる開き、せん断力による鉛直方向ずれの3つを測定した。

3. 実験結果

本研究で行われた試験の結果の概要を表－3に示す。この表からも明らかのように、P C鋼材を密に配置したA、Cシリーズでは10体の供試体の内、破壊1体、

表－3 実験結果一覧

供試体名	荷重	終了回数	最終状況
AP0L2	2tf	424502	疲労破壊
AP13L2	2tf	366655	使用限界超過
AP27L2	2tf	513483	破壊せず
AP0L1.5	1.5tf	500000	破壊せず
AP13L1.5	1.5tf	502271	破壊せず
AP27L1.5	1.5tf	505764	破壊せず
BP7L2-1	2tf	437975	疲労破壊
BP7L2-2	2tf	164786	疲労破壊
BP15L2-1	2tf	89897	疲労破壊
BP15L2-2	2tf	95682	疲労破壊
CP13L2	2tf	490193	破壊せず
CP27L2	2tf	510001	破壊せず
CP13L1.5	1.5tf	500001	破壊せず
CP27L1.5	1.5tf	500000	破壊せず
DL2	2tf	70392	疲労破壊

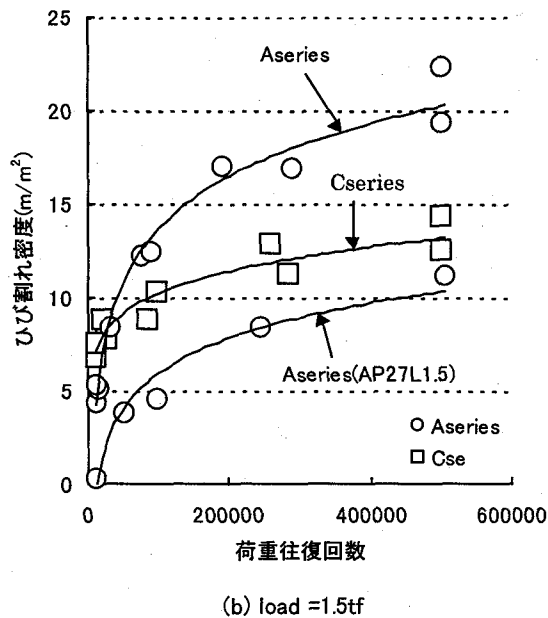
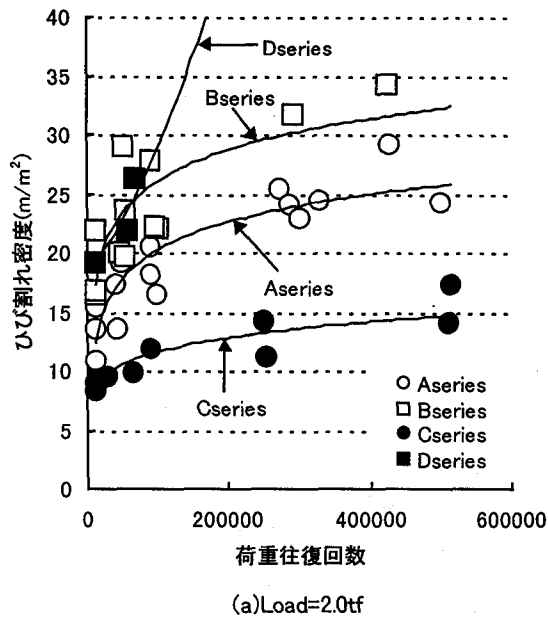


図-2 ひび割れ密度と荷重往復回数の関係

使用限界を超えていると認められたために試験を中止したものの1体であったのに対し、B、Dシリーズでは5体中3体が荷重往復回数10万以下で破壊、もっとも良好な結果を示したもののでも約44万往復で破壊するという結果となった。以下に各測定項目のうち、とくに結果に差が現れたひび割れの発生状況とたわみの発生状況について述べる。

3.1 ひび割れの発生・進展状況

図-2に荷重往復回数とひび割れ密度の関係、図-3に荷重走行1万往復終了時のプレストレス導入量とひび割れ密度の関係を示す。以下にそれぞれのシリーズにおけるひび割れの発生・進展状況について述べる。

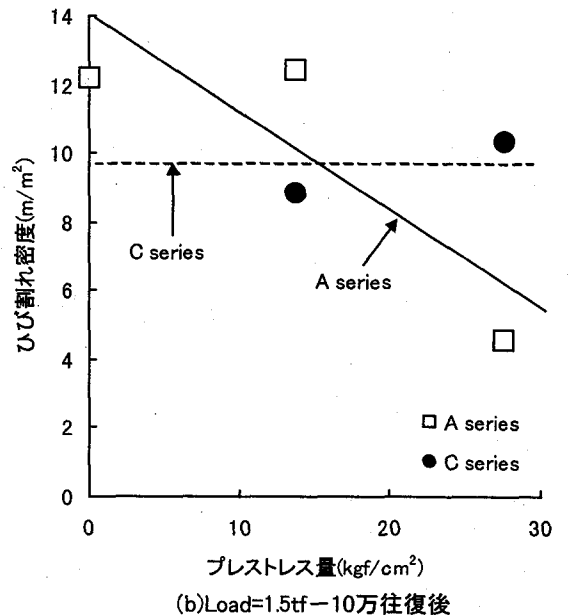
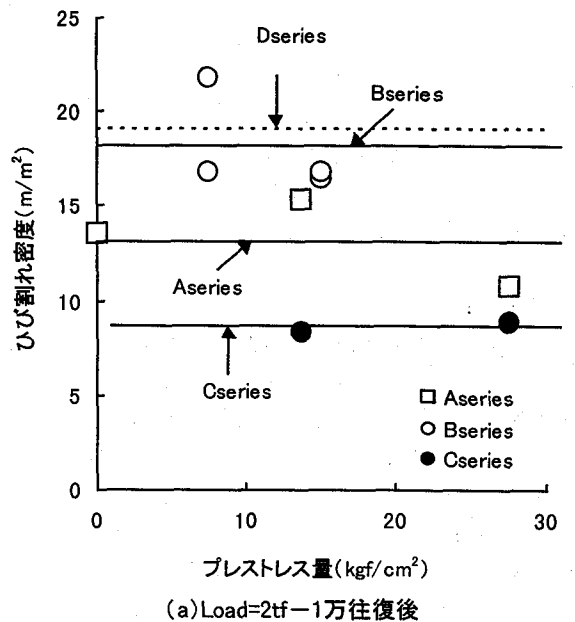


図-3 プレストレス導入量とひび割れ密度の関係

(1) Aシリーズ

一般に、床版の疲労実験では橋軸方向中心線付近において橋軸方向、橋軸直角方向に一定の間隔でひび割れが発生し、徐々にひび割れが格子状に進展していく²⁾ことが知られている。同じ傾向がこのシリーズのすべての供試体で確認された。2tf荷重時では初期荷重から安定した状態に移行する10000往復までは、ひび割れの発生状況に明確な差が現れず、この傾向は走行回数が増加しても変化しなかった。これに対し、1.5tf荷重時では初期荷重から10000往復終了までの間にプレストレス量の大小によるひび割れ密度の違いが明確に現れた。すなわち、荷重走行1万往復終了時にAP0L1.5、AP13L1.5のひび割れ密度とAP27L1.5のひび割れ密度の

間にはかなり大きな差が確認された。また、AP27L1.5では2.0tf载荷で見られた橋軸直角方向のひび割れ発生は非常に少なかった。その後の荷重走行によってそれぞれひび割れが進展し、試験終了時にはAP0L1.5、AP13L1.5のひび割れ密度とAP27L1.5のひび割れ密度の間には1万往復終了時よりもプレストレス導入量によるさらに大きな差が現れた。

(2) Cシリーズ

このシリーズでは床版が支持桁に拘束されているため橋軸直角方向にプレストレスを与えることによって、橋軸方向にもボアソン効果による2次的なプレストレスが効率的に導入され、ひび割れの発生が遅くなることが期待される。2.0tf载荷時にはAシリーズの場合と同様、初期载荷から10000往復の間に橋軸直角方向、橋軸方向中心線上にひび割れが発生した。その後のひび割れの進展状況は、Aシリーズに比べて緩やかであり、試験終了時においても明確な格子状のひび割れは確認できなかった。1.5tf载荷時のCP27L1.5ではAシリーズとは異なり、初期载荷から10000往復の間に橋軸直角方向と橋軸方向中心線上に、多数のひび割れが発生した。しかし、より条件の厳しいCP27L2では良好な結果を示しているため、この現象は供試体の誤差によって引き起こされている可能性があると考えられる。1.5tf载荷時においても2tf载荷時と同様、1万往復終了後はひび割れの進展はあったものの、試験終了時において明確な格子状のひび割れは確認できなかった。

(3) B、Dシリーズ

2tf輪荷重走行開始後500往復～1000往復の間にBシリーズの4供試体ともPC鋼材の配置位置において橋軸直角方向にひび割れが発生しているのが確認できた。最もひび割れの進展が遅かったBP7L2-2供試体でも5000往復までには同様のひび割れが見られた。DL2供試体では25000往復で、その他の床版でも走行回数50000往復の頃には格子状ひび割れ網が形成された。その後は破壊に至るまでの間に、どの供試体でもひび割れ幅の拡大・角落ち等の現象が多く確認された。Bシリーズの供試体についていえば、より大きなプレストレスを導入した場合のほうが、ひび割れの早期発生・進展とそれに伴うひび割れ幅の拡大・角落ちなどの現象が加速された。

3.2 たわみの発生状況

床版中央の活荷重たわみと荷重往復回数の関係を図-4に示す。この図を見ると、初期载荷から1000往復までの間にひび割れが急速に発生し、これに伴ってたわみが急増し、その後はひび割れの増加速度が緩やかになるためそれに併せてたわみも一定の傾きを保ちつつ漸増していく様子がわかる。今回の実験供試体のすべてについて同様の傾向が見られたが、破壊したAP0L2

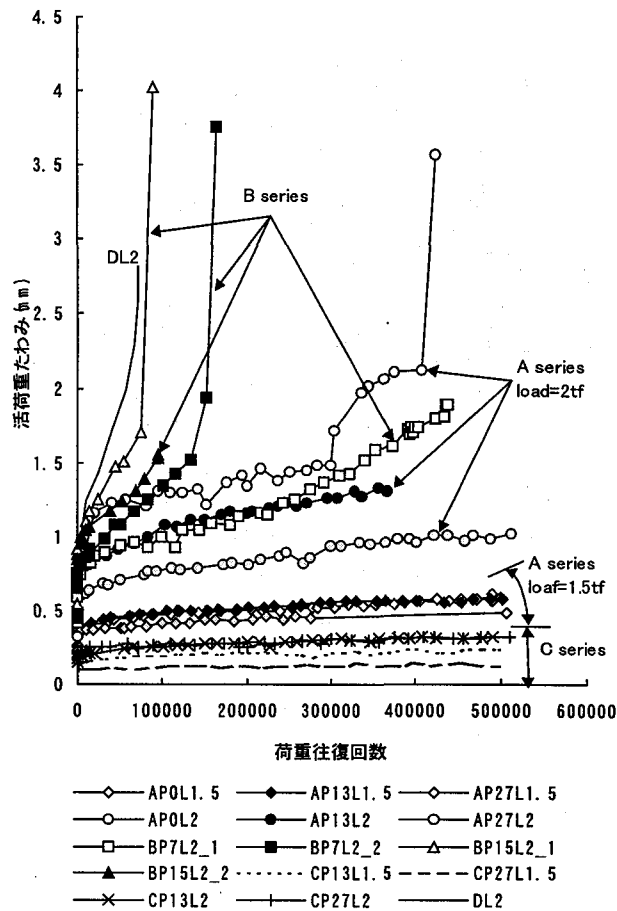


図-4 活荷重たわみと荷重往復回数の関係

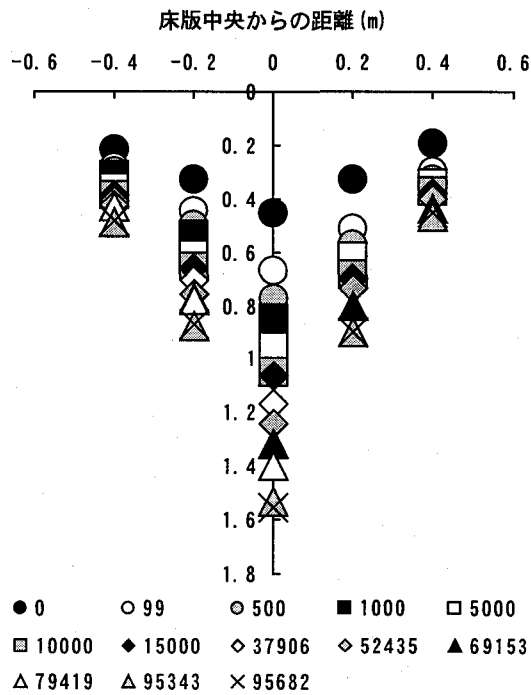
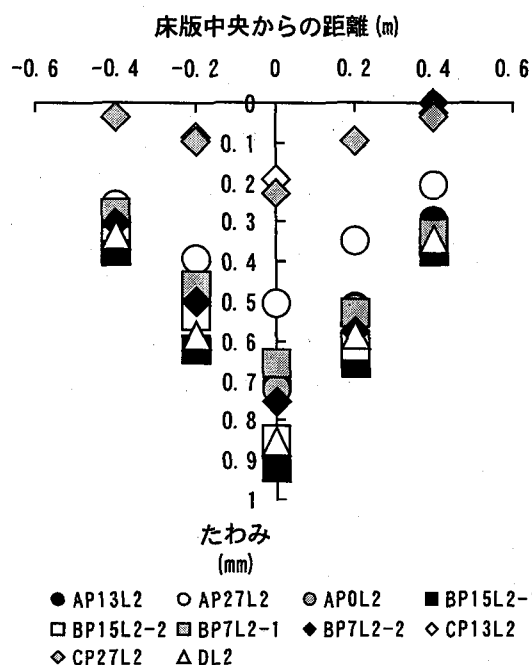
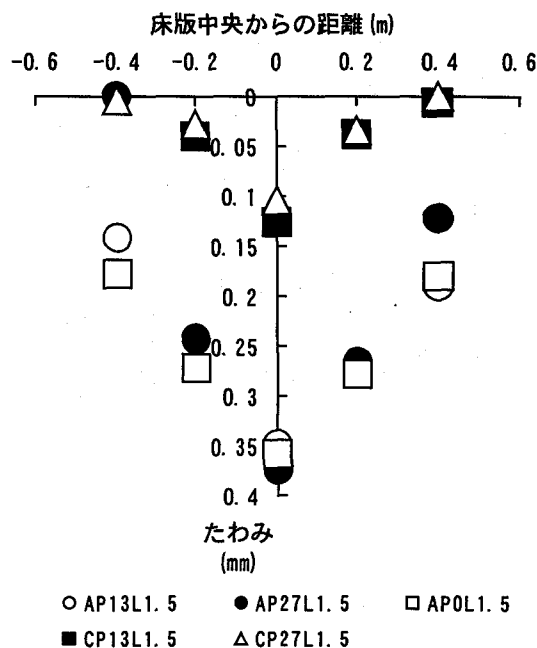


図-5 活荷重たわみの分布状況の変化(BP15L2-2)



(a) Load=2.0tf



(b) Load=1.5tf

図-6 活荷重たわみの分布状況 (荷重走行1万往復終了時)

供試体とB、Dシリーズの供試体では、供試体の破壊の直前に急激にたわみが増加した。荷重の走行回数が増加するとともに橋軸方向中心線上における活荷重たわみの分布曲線が変化する様子の一例を図-5に示す。たわみ分布曲線は全ての供試体に対し共通して中央がとがった分布を示しており、輪荷重走行によりひび割れが進展するに従い、コンクリート床版の有効断面積が減少し、剛性が低下していくことが確認できる。また、供試体間のたわみ発生状況の相違を見るために、荷重走行1000往復終了時における各供試体の活荷重たわみ分布状況を図-6に、荷重走行1万往復終了時におけるプレストレス導入量とたわみとの関係を図-7に示す。図-6を見ると、Cシリーズでは活荷重たわみの発生が他の床版よりかなり抑制されている。しかし、この図や図-4の結果ではCシリーズの床版間ではプレストレス導入量の違いの影響がほとんど見られず、床版の支持条件によるたわみの抑制効果がプレストレス導入量による影響度よりも卓越したためと考えられる。Aシリーズではプレストレス導入量が大きくなるに従い、1.5tf荷重の活荷重たわみを除き、2tf荷重時には活荷重たわみ、残留たわみとも減少している。BシリーズBP7L2-1、BP7L2-2の2供試体のたわみは図-7(a)(c)からAシリーズの直線上に乗っているがプレストレス導入量を多くしたBP15L2-1、BP15L2-2供試体のたわみの方が大きくなった。従って、Aシリーズのような比較的密にP C鋼材を配置した床版では、プレストレス導入量を増やすと、活荷重たわみ及び、残留

たわみの抑制には寄与しており、効果が認められた。しかし、Bシリーズの結果では、残留たわみ・活荷重たわみがともにプレストレス導入量の増加に伴って増加しており、明らかにAシリーズの傾向と異なる結果となっている。このことから、Bシリーズのような比較的疎にP C鋼材を配置した床版では、ひび割れを逆に助長する原因を与えているようである

4. 床版使用寿命の推定

本研究で行った一連の実験では、Aシリーズで荷重走行回数50万往復時までにAP0L2供試体が破壊(42.45万往復)、AP13L2供試体が版としての性能を著しく失っていたので途中終了した(36.67万往復)。また、B、DシリーズではBP7L2-1供試体が走行回数43.8万往復まで破壊しなかったが、その他は試験開始後早期に破壊した。しかし、それ以外のA、Cシリーズの8供試体では実験終了時点において、まだ版として機能していると確認できた。以上のような状況から、供試体間の耐久性比較には最も理解しやすい破壊寿命や、ある

表-4 使用限界時のたわみ仮定値

シリーズ	荷重	たわみ仮定値
A	1.5tf	0.918mm
A	2.0tf	1.22mm
B	2.0tf	1.54mm
C	1.5tf	0.408mm
C	2.0tf	0.543mm
D	2.0tf	1.52mm

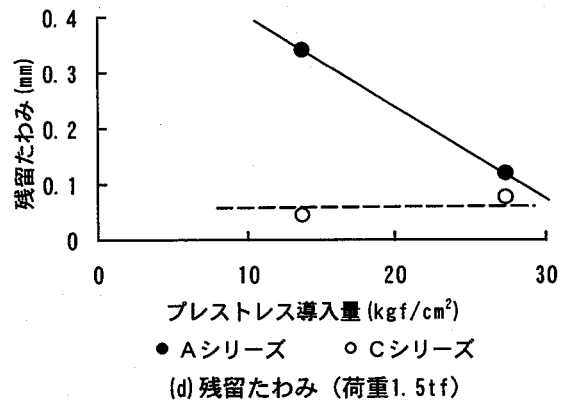
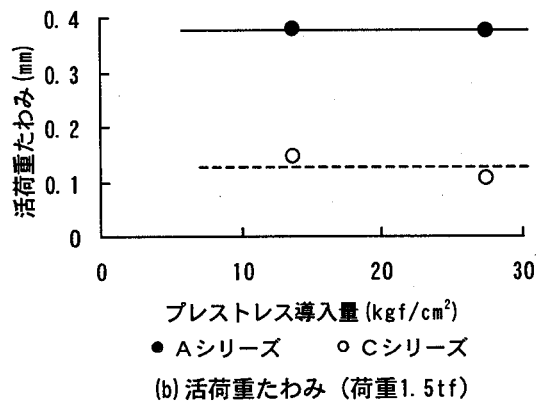
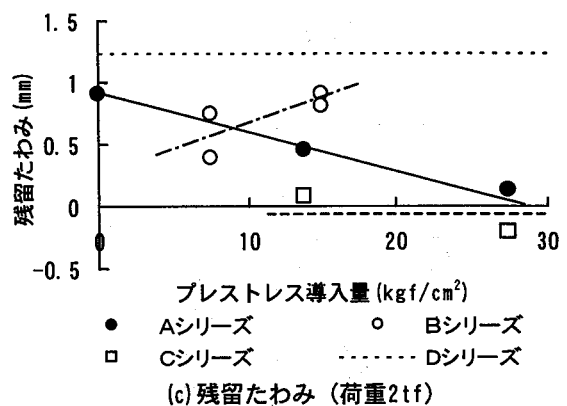
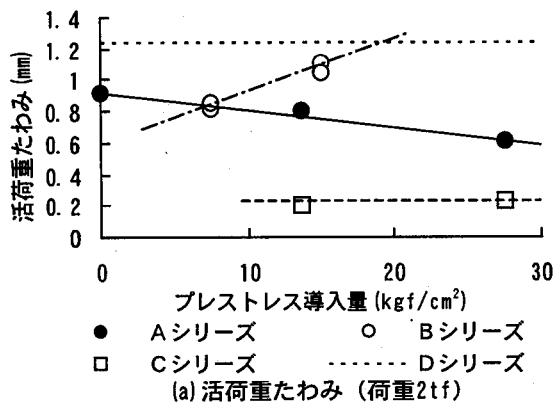


図-7 プレストレス導入量とたわみの関係 (荷重走行1万往復終了時)

程度の有意な走行回数を経た後に測定された値を指標として用いることが困難であるといえる。このことから、本研究では床版の耐久性を確認するために、以下に記すような手法を用いて使用限界状態に至るまでの荷重走行回数を測定データから推定し、比較を行った。

今回は床版使用寿命の推定方法として、床版中央における活荷重たわみ-往復回数曲線に着目した。図-8に使用寿命の推定方法の概要を示す。床版中央の活

表-5 推定寿命一覧

供試体	荷重	実験終了回数	推定寿命
AP13L1.5	1.5tf	502271	1205500
AP13L2	2.0tf	366655	365900
AP27L1.5	1.5tf	505764	179100
AP27L2	2.0tf	513483	690250
AP0L1.5	1.5tf	500000	1619000
AP0L2	2.0tf	424502	76800
BP7L2-1	2.0tf	437975	404700
BP7L2-2	2.0tf	164786	145100
BP15L2-1	2.0tf	89897	53780
BP15L2-2	2.0tf	95682	98383
CP13L1.5	1.5tf	500001	2311000
CP13L2	2.0tf	490193	1579000
CP27L1.5	1.5tf	500000	4985000
CP27L2	2.0tf	510001	1480000
DL2	2.0tf	70392	28235

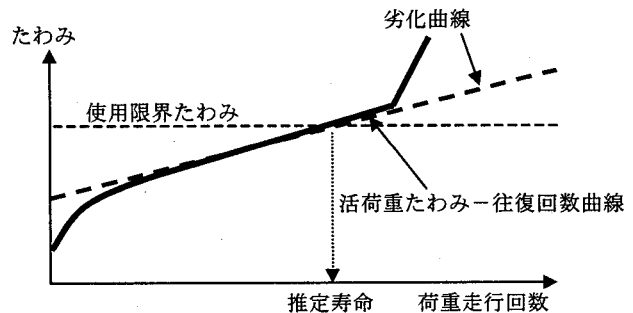


図-8 使用寿命推定の概要

荷重たわみ-往復回数曲線では、図-8に示されるように活荷重たわみは輪荷重載荷初期(0~100,000往復)において大きく増加した後、緩やかな勾配で増加し、さらに破壊直前にたわみが大きく増加するという傾向が一般に認められる。そこで、本研究では初期と末期の増加率の大きい部分を取り除いた部分の曲線を劣化曲線と見なし、その劣化曲線を元に求めた回帰曲線を用いることで、使用限界までの寿命を推定できると考えた。この方法を実際の実験データに適用した例を図-9に示す。今回の実験データの多くではこの図に示すように劣化曲線部分を直線で回帰するとよい相関関係が得られたので、使用寿命推定には劣化曲線から求まる回帰直線を採用した。また、床版が寿命に達した

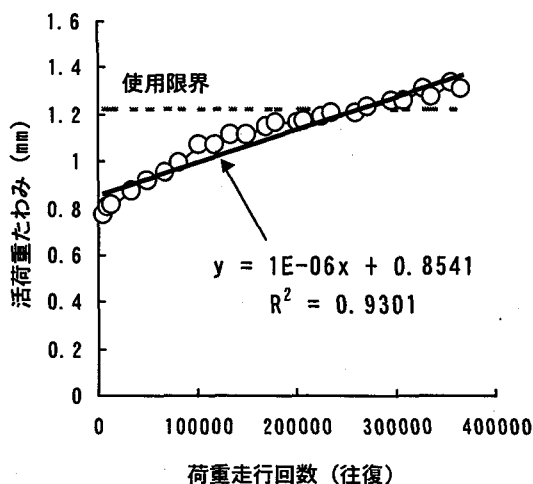


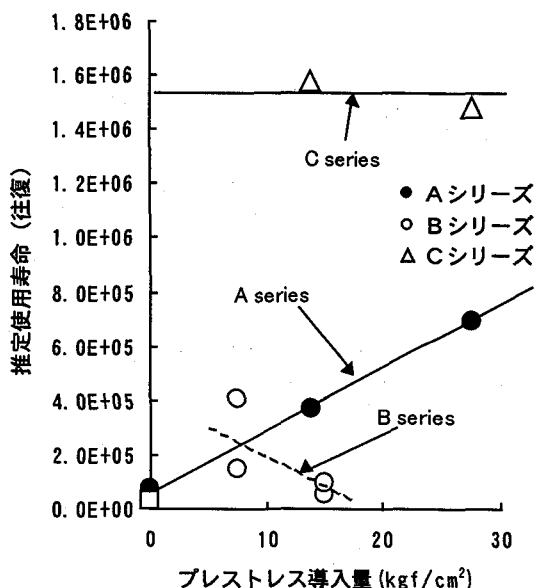
図-9 劣化曲線例 (AP13L2)

時の活荷重たわみの値として、プレストレスが導入されていない状態で主鉄筋断面・配力鉄筋断面ともにひび割れが中立軸まで到達していると想定したときに発生する活荷重たわみの値を採用した。これらの値を表-4に示す。

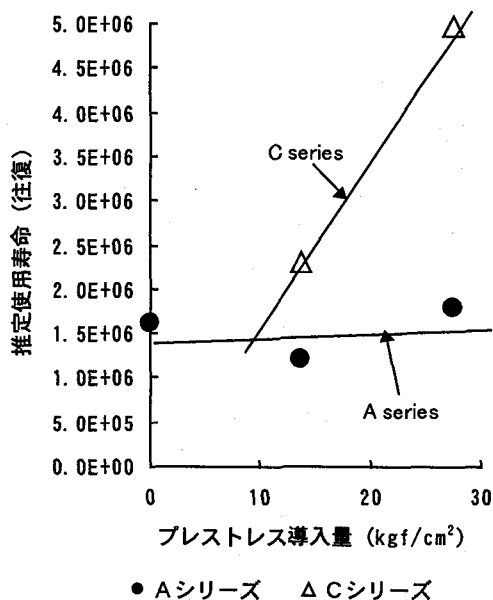
上記の方法に基づいて得られた推定寿命の一覧を表-5に示す。また、载荷荷重ごとに推定寿命の比較を行った結果を図-10に示す。この図では、縦軸に推定使用寿命を横軸にプレストレス導入量をとっている。

2tf輪荷重を载荷した場合 (図-10 (a))、Aシリーズに属する供試体ではAP0L2、AP13L2、AP27L2の順で寿命が増加しており、プレストレス力の大きさが疲労耐久性に影響を与えていることがわかる。また、床版を支持桁と合成し、固定支持としているCP13L2、CP27L2の供試体の推定寿命間に大きな差は認められないが、この2体の推定寿命は、同じ大きさのプレストレスを導入したAP13L2 (365900往復)、AP27L2 (690250往復)の寿命を大幅に上回っている。このことから、Cシリーズの床版では、プレストレスの導入量よりも、床版を支持桁と合成させることの方が床版寿命の延長に大きく寄与していると言える。ところで、BシリーズではBP7L2-1とBP7L2-2が図-10 (a) からAシリーズに含まれる床版と同程度の寿命を有していると判断できたが、BP15L2-1、BP15L2-2についてはプレストレスの導入量に対してかなり低い耐久性しか有していないとの結論となった。

1.5tfの輪荷重を床版に载荷した場合には、図-10 (b) にみられるように、Cシリーズの方でプレストレスの大きさの違いが明らかに現れた。1.5tfという荷重では、使用限界に至る寿命が長いため、床版剛性の低下度は小さく、断面の応力状態はまだ弾性範囲内にあり、固定支持版であるCシリーズの場合プレストレスの影響が線形的に現れたものと思われる。このこ



(a) 2tf载荷時

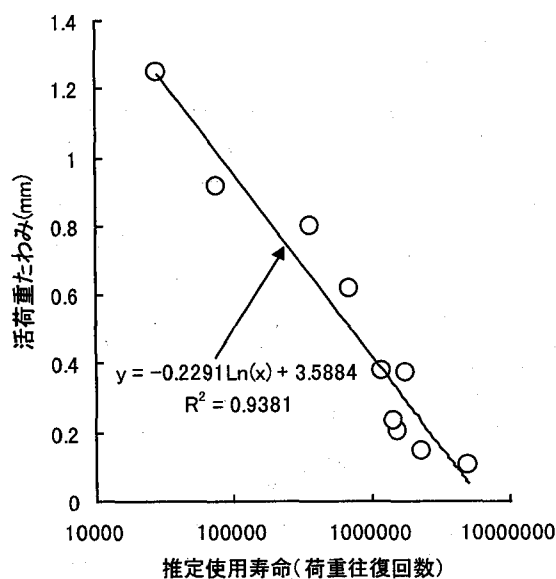


(b) 1.5tf载荷時

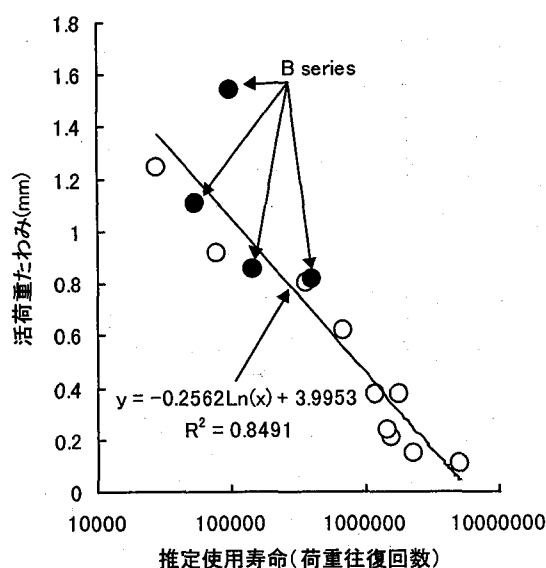
図-10 プレストレス導入量と推定使用寿命との関係

とから、2tf载荷の場合には、軌道直下の部分のみが大きな断面力を発生し、それに伴う急激な断面剛性の低下があり、プレストレス量の差が現われにくいものとなっていたようであると考えられる。

また、初期の測定値と使用寿命の間にどのような関係があるかを調査した結果を図-11に示す。図-11では縦軸に荷重走行1万往復終了時の活荷重たわみ、横軸に推定使用寿命をとった。図-11 (a) を見ると、構造の詳細が異なるA、C、Dの3シリーズのデータをまとめているにもかかわらず、この二つの量の間には非常に良い相関があることが明らかにわかる。また、



(a) B series を除外した場合



(b) B seriesを含む場合

図-11 活荷重たわみと推定寿命との関係
(荷重走行1万往復終了時)

図-11(a)に示したデータにBシリーズのデータを付け加えたものを図-11(b)に示す。この図を見ると、(a)のときよりもばらつきが大きくなってはいるが、データをよく見れば、図中の回帰曲線から大きく外れている点は1つだけであり、このことからBシリーズについてもA、C、Dシリーズと同じ傾向が見られる可能性が高いと考えられる。このことから、今回の実験では床版に初期に与えられた損傷の多寡がその後の使用寿命に達するまでの期間の劣化過程に大きな影響を与えており、それは今回実験したどの形式の床版にも当てはまることであったことがわかった。また、図-11にも示したように推定使用寿命と荷重走行1

万往復時の劣化度との間における相関はきわめて高く、荷重走行1万開時の劣化度を用いて使用寿命の予測が可能である可能性が高いことがわかった。

5. 数値計算の概要

今回の一連の実験では、A、Cシリーズの床版については当初の予想通りの結果を得ることができたが、Bシリーズの4体の供試体についてはプレストレスの導入量を大きくした床版の破壊が先に起こるとい、全く予想に反する実験結果を得た。そこで、本研究では数値計算を行って、今回の実験結果に影響を与えた要因の1つであると考えられる、プレストレスの導入位置間隔と導入量を変化させることによる応力状態の変化を調べることにした。今回の数値計算では、供試体床版の対称性を考慮してその1/4について弾性計算を行うことにした。また、数値計算のモデルは供試体床版を2cm×2cmの4角形要素で分割したものを用い、プレストレスの導入位置には実際のプレストレスと等価になるように面内方向の集中荷重を付与した。また、4角形要素の物性は異方性として計算した。この結果のうち、床版の疲労においてひび割れの入りやすい方向である橋軸方向と橋軸直角方向の2つに垂直な方向に作用する応力、すなわち橋軸直角方向応力と橋軸方向応力について見ることにした。

5.1 橋軸直角方向応力

図-12~14に示された橋軸直角方向応力の導入状況を見ると、どのモデルにおいても床版の橋軸方向中心線の付近では、ほぼ期待通りのプレストレスが導入できるという結果になっている。しかし、その分布状態には差がある。つまり、A、Cシリーズの床版モデルでは床版長辺から約10cmのところまでプレストレスが一定のレベルに落ち着いているのに対して、Bシリーズの床版モデルでは一定の応力に落ち着くのは長辺から約20cm内側のところである。また、それに伴い期待していた圧縮応力が導入できていない部分が端部から15cm付近のところまで来ており、A、Cシリーズの床版モデルの結果よりも5cmほど内側まで応力が抜けていることになる。ところが、短辺側から見ると、A、Cシリーズでは圧縮応力が10kgf/cm²を下回る部分が短辺から10~15cm内側までであるのに対し、Bシリーズでは5cm以下となっている。

5.2 橋軸方向応力

図-15~17に示された橋軸方向応力の分布状況を見ると、Aシリーズの床版では、床版の中央部分の広い範囲に小さいながらも引張応力が分布していることが範囲に変化する事がわかる。このことが、支点での回転や変位の拘束による効果が橋軸直角方向応力の分布状態では大きな違いのみられなかったこの2種類の床版

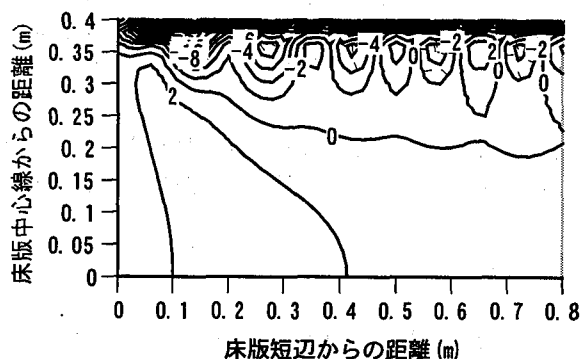


図-12 橋軸方向応力の分布
(Aシリーズ、プレストレス27.5kgf/cm²)

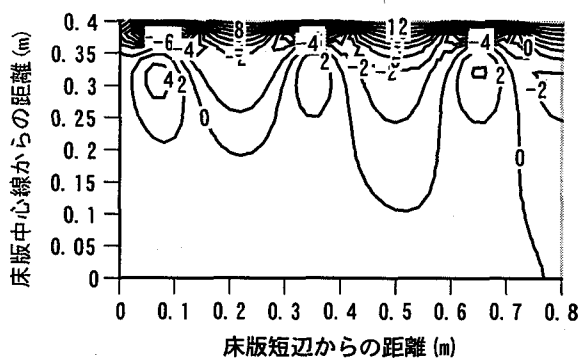


図-13 橋軸方向応力の分布
(Bシリーズ、プレストレス15kgf/cm²)

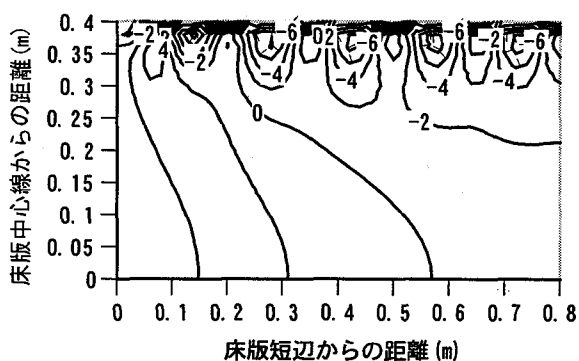


図-14 橋軸方向応力の分布
(Cシリーズ、プレストレス27.5kgf/cm²)

の間で試験結果が大きく異なった原因であろうと考えられる。さらにBシリーズのモデルの結果を見ると、プレストレス導入位置から5～10cm内側において、局所的に2kgf/cm²～4kgf/cm²の引張応力が発生しているのが認められる。この応力発生位置は実験時に床版の両面（上面・下面）でひび割れの早期発生が確認された部位と一致している。このような引張応力の分布はA、Cシリーズの床版モデルの計算結果からは確認できなかったものであり、この局所的に存在する引張応力がこの形式の床版におけるプレストレス導入量と破壊寿命との逆転を引き起こした原因であると思われる。

以上のように、今回の数値計算の結果から、プレストレス導入位置間隔を大きくとりすぎると、たとえ同

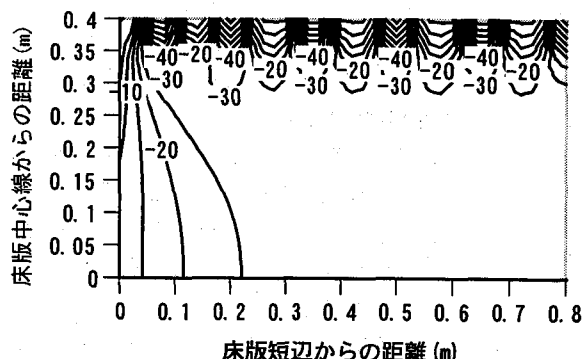


図-15 橋軸直角方向応力の分布
(Aシリーズ、プレストレス27.5kgf/cm²)

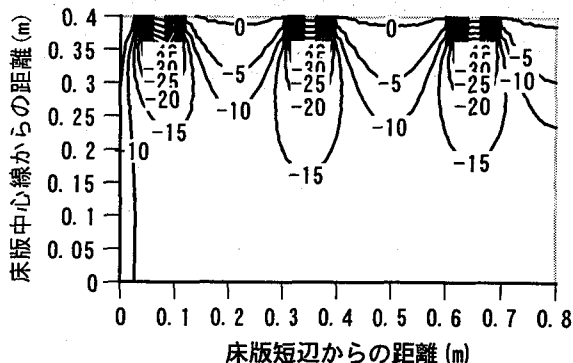


図-16 橋軸直角方向応力の分布
(Bシリーズ、プレストレス15kgf/cm²)

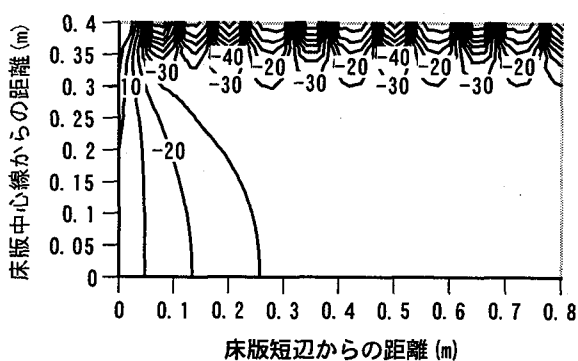


図-17 橋軸直角方向応力の分布
(Cシリーズ、プレストレス27.5kgf/cm²)

じ大きさの圧縮応力が発生するようにプレストレス力を付与しても、橋軸直角方向に橋軸方向引張応力が集中的発生、橋軸直角方向ひび割れの原因となることが分かった。また、このひび割れは貫通ひび割れであるので、結果としてプレストレスの導入位置を密に配置して少しずつプレストレス力を付与した場合よりも床版の梁状化を促進してしまう状況になることがわかる。したがって、今後は床版の疲労耐久性にとって最適なプレストレス導入位置間隔と導入プレストレス力の大きさについて調査する必要があることが分かった。

6. まとめ

本研究から導かれた結論は以下の通りである。

- 1)橋軸直角方向プレストレスを導入することによって床版のたわみは抑制され、試験初期段階終了時（荷重走行1万往復終了時）のひび割れ密度は小さくなり、床版の疲労耐久性が向上する。
- 2)単純支持版と固定支持版を比較した結果、支持条件によってたわみやひび割れの動きが大きく変わる。このことから支持桁との合成によって床版の支持条件を固定支持に変化させることで床版の剛性低下が抑えられることが確認できた。
- 3)プレストレス導入位置間隔と導入量の組み合わせによって床版に悪影響を及ぼし、劣化を促進させることがある。
- 4)荷重走行1万往復終了時の床版の活荷重たわみは床版の使用壽命と密接に関係しており、この値を用いて使用壽命を予測することが可能である。

- 5)使用限界壽命を推定した結果、適切な間隔で橋軸直角方向プレストレスを導入することによって大幅に延命させているしていることが明確になった。

最後に、この研究を行うにあたり、社団法人鋼材倶楽部の援助を頂いた。ここに記して感謝の意を表するものである。

参考文献

- 1) 松井繁之：水環境下における道路橋RC床版の耐久力向上のための防水工の研究、平成元年度科学研究費補助金研究成果報告書，1990.3
- 2) 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，1984.10