

論文

[2038] PCC床版におけるPC版とRC部との材令差が疲労性状に与える影響

正会員 児島 孝之(立命館大学土木工学科)

正会員○水越 睦視(大阪セメント中央研究所)

正会員 長岡 誠一(大阪セメント中央研究所)

中上 明久(中研コンサルタント)

1. はじめに

PCC床版は断面の一部をプレキャストPC版とし、残りの断面部分を現場打ちRC部とした合成構造であり、施工の合理化、道路橋床版のひびわれ損傷の抑制に対して有利に作用することが期待される。その反面、打継部が構造上の弱点となる可能性がある。すなわち、PCC床版ではPC版とRC部の材令差による乾燥収縮ひずみとクリープひずみの進行の差から、打継面にはせん断応力、PC版とRC部両者には収縮ひずみ差を拘束する応力が生ずる。PCC床版のRC部打設時のPC版の材令(仮置日数)の相異が打継目あるいは現場打ちRC部コンクリートに及ぼす影響については1982年度の材料学会の調査により報告されている[1]。

道路橋RC床版は直接輪荷重を支える構造であるため、床版の損傷は収縮によるひびわれに道路橋特有の移動輪荷重が作用する一種の疲労破壊であると指摘されている[2]。しかし、PCC床版の疲労特性に関する報告はほとんどみられない。

本研究は1982年度の材料学会の調査において用いられたPC版の仮置日数の異なる3種類のPCC床版供試体について疲労試験を行い、打継時の材令差が疲労性状に及ぼす影響について検討を行ったものである。

2. 実験概要

2.1 供試体

供試体はPC版(後打ちRC床版が良好な付着性状を示すように上面には凹凸が設けてある)の材令1ヶ月、3ヶ月および6ヶ月にそれぞれRC床版を打継いだPCC床版3種類で、RC床版を打設した後、約8年経過したものである。PC版およびRC版に用いられたコンクリートの物性を表-1に、鉄筋およびPC鋼材の機械的性質を表-2に示す。

また、供試体の諸元および形状寸法を図-1に示す。なお、載荷前にはすべての供試体に

表-1 コンクリートの物性

	圧縮強度 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	弾性係数 ($\times 10^5$ kgf/cm ²)
RC床版	467**	29.0**	3.31**
PC板	545*	—	3.99*

*69日での値

**28日での値

表-2 鉄筋およびPC鋼材の機械的性質

名 称	呼び名	断面積 (cm ²)	降伏強度 (kgf/mm ²)	引張強さ (kgf/mm ²)	伸び (%)
異形鉄筋SD30	D13	126.7	36.3	54.0	25.7
PC鋼より線	3φ2.9	19.82	192.8	208.5	8.0

幅0.4mm程度の拘束応力によるひびわれがRC部打設面から鉛直方向に5～10本認められた。

2.2 実験方法

PCC床版の疲労試験には、油圧式疲労試験機(容量:静的30tonf動的25tonf)を用いた。載荷はまず曲げスパン172cmせん断スパン49cmのせん断スパン有効高さ比 $a/d=2.5$ のせん断卓越型の対称2点載荷を行った。しかし、せん断スパン内の損傷が顕著に認められなかったので、その後曲げスパン94cm、せん断スパン88cmの $a/d=4.5$ の曲げ卓越型の対称2点載荷により行った。疲労試験における載荷プログラムを図-2に示す。ここで、ステップ1の上限荷重は「道路橋示方書」

6.1.4に準じて床版にかかる死荷重と活荷重より算定した設計荷重である[3]。なお、PCC床版に作用する活荷重モーメントは等方性版として計算を行った。また、図中の上限荷重比は、曲げ破壊モーメントの実用計算法(曲げ破壊時の緊張材引張応力は矩形断面においては降伏点応力度に等しいと仮定)より算定した値に対するものである[4]。下限荷重は1.0tonfで一定とした。また、繰返し載荷速度は原則として3.75HZとし、荷重の波形は正弦波とした。

載荷試験における測定項目は、スパン中央たわみ、コンクリートひずみ、ひびわれ幅、打継面のずれである。たわみは最小目盛り1/100mmのダイヤルゲージを用いて、ひずみはスパン中央におけるコンクリートの上下縁に貼付した電気抵抗線ひずみゲージにて測定した。さらに、コンクリート側面のひずみを図-3に示す位置でホイットモア

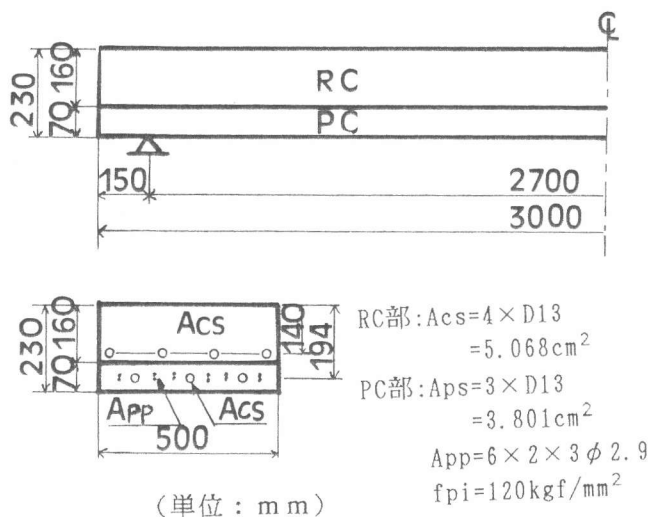


図-1 PCC床版の諸元および形状

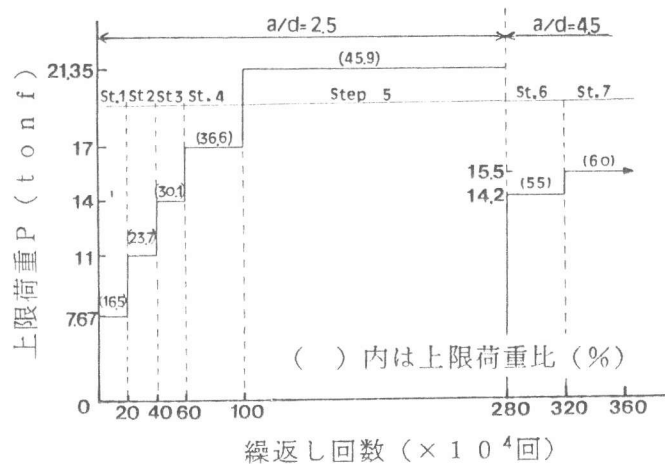


図-2 疲労試験における載荷プログラム

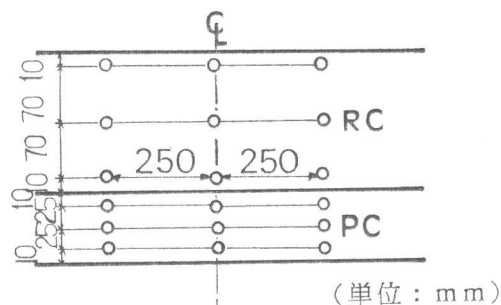


図-3 コンクリート側面ひずみ測定位置

ひずみ計によりそれぞれ測定した。ひびわれ幅は曲げひびわれの代表的なものをPCC床版の下縁より3.5cmの位置で、斜めひびわれの代表的なものについても床版高さ中央部でクラックスケールにより測定した。また、打設面のずれをせん断スパン内において、はりの下縁から6.5cm（プレキャストPC版上部）と8cm（後打ちコンクリート部下部）の位置に貼付したプラグ間の距離を3点、ホイットモアひずみ計により測定した。これらの測定項目は、1万、5万、20万、40万、60万...と20万回毎に繰返し載荷を中断し、静的載荷を行い測定した。その際の載荷手順は単調載荷(0tonf→上限荷重)とした。

3. 実験結果および考察

疲労試験結果の概要を表-3に示す。

3.1 変形性状

図-4に代表的なもの(M-3)の繰返し載荷にともなう荷重～スパン中央たわみの関係を示す。すべての供試体の荷重～スパン中央たわみ

曲線の形状は類似しており、PC版と後打ちRC部の材令差による相異はほとんど認められなかった。図より荷重～たわみ曲線は上限荷重レベル3ステップ目までは直線となっているが、曲げひびわれの発生が認められた上限荷重レベル4ステップ目から曲線の折れ曲がりが見れ、曲げひびわれ発生後のたわみの増大が認められる。また、280万回以降の荷重～たわみ曲線の勾配が緩やかになっているのは a/d を2.5から4.5に大きくしたためである。

図-5に上限荷重作用時のスパン中央たわみと繰返し回数の関係を示す。図より、すべての供試体で各上限荷重レベルにおけるたわみの増加は繰返し初期に生じており、それ以降は大きな増加はみられない。しかし、上限荷重レベル5ステップ目からたわみの増加が顕著になりはじめ、

表-3 PCC床版供試体の疲労試験結果

供試体名	RC部打 継ぎ材令	曲げひびわれ 発生荷重レベル	斜めひびわれ 発生荷重レベル	疲労寿命 N	破壊 形式
M-1	1ヶ月	4ステップ	5ステップ	7ステップ目2840回	A
M-2	2ヶ月	4ステップ	5ステップ	7ステップ目379180回	A
M-3	3ヶ月	4ステップ	5ステップ	7ステップ目409000回	A

A：曲げスパン内での鉄筋とPC鋼材の破断

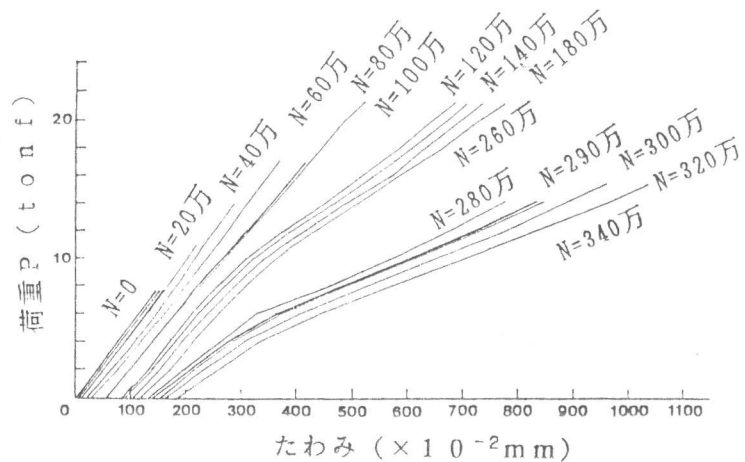


図-4 荷重～スパン中央たわみの関係

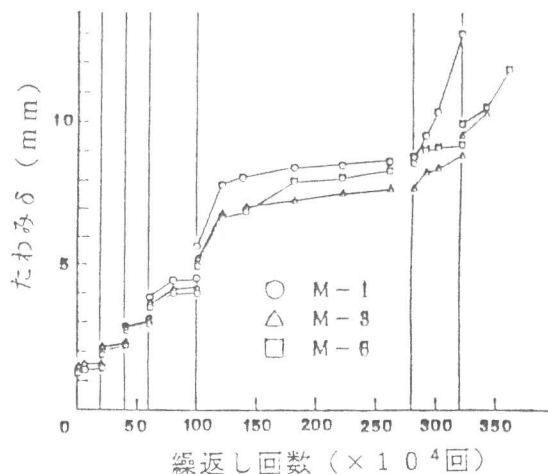


図-5 上限荷重載荷時のスパン中央たわみの関係

破壊直前で繰返し回数にともなってたわみが急激に増加し破壊に至っている。

図-6に残留たわみと繰返し回数の関係を示す。この図より、すべての供試体で残留たわみは総たわみ4~10%の範囲にあり変形の回復性能はすぐれているとみなせる[5]。また、破壊に至った上限荷重レベル7ステップ目では残留たわみは総たわみの14~18%程度になっており、変形の回復性能が低下していることがうかがえる。しかし、スパン中央たわみと繰返し回数の間にも明確な材令差の影響は認められなかった。

図-7にスパン中央部のコンクリート上縁ひずみと繰返し回数の関係を示す。図より、すべての供試体において、たわみの増加が顕著になりはじめた上限荷重レベル5ステップ目以降においてもひずみの顕著な増加はなく圧縮部コンクリートの疲労損傷はほとんど進行していないものと考えられる。

3.2 ひびわれ性状

図-8に曲げひびわれ幅と繰返し回数の関係を、図-9に残留ひびわれ幅と繰返し回数の関係を示す。なお、曲げひびわれ幅は大きい方から3点、斜めひびわれ幅は左右1点選んだ測定値の平均値である。

図-8より、曲げひびわれ幅はすべての供試体で破壊直前まで0.04~0.2mmの範囲にありプレストレストコンクリート部材の目標値0.2mmを満足している[6]。そして、その後曲げひびわれ幅が増大し破壊に至っている。

図-9より、残留ひびわれ幅は破壊直前まで変化がなく0.02mm程度であり、PC版のプレストレスによるひびわれ抑制効果が現れていると思われる。

図-10に斜めひびわれ幅と繰返し回数の関係を示す。図より、材令差による

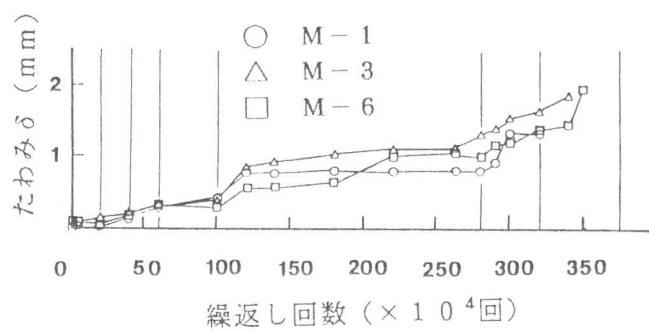


図-6 残留たわみ～繰返し回数の関係

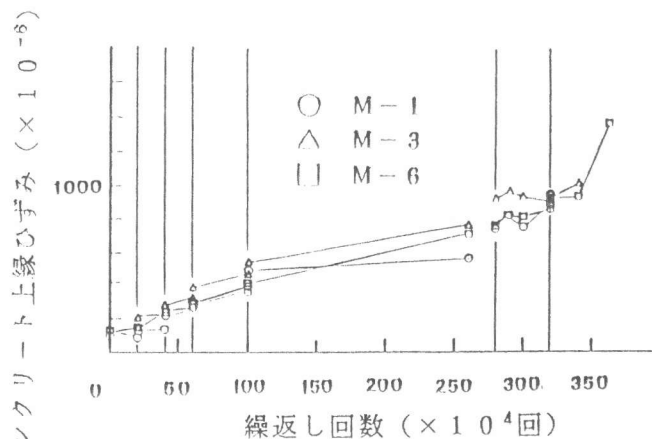


図-7 コンクリート上縁ひずみ～繰返し回数の関係

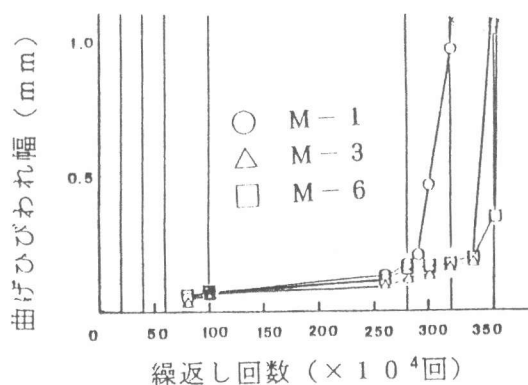


図-8 曲げひびわれ幅～繰返し回数の関係

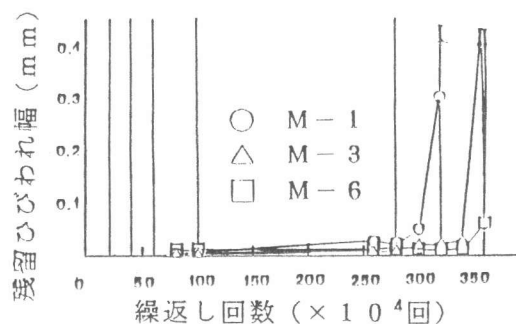


図-9 残留ひびわれ幅～繰返し回数の関係

差異はほとんどみられず、斜めひびわれ幅は発生から破壊まで一定で、曲げひびわれ幅が増加しはじめた上限荷重レベル6,7ステップ目でも増加しなかった。これは a/d が大きくなったことで一定曲げモーメントに対するせん断力が小さくなり、破壊にはせん断より曲げがより大きく関与したためと考えられる。

3.3 打継面におけるずれ性状

図-11に打継面におけるずれ量と繰返し回数の関係を示す。なお、打継面におけるずれの値は左右せん断スパン6箇所の平均値とした。ずれ測定プラグ間にひびわれが進入したときはずれの値ではなく、ひびわれ幅の値を測定してしまうためプラグ間にひびわれ進入後の測定値は無視し、進入直前までの測定値を用いた。

図より、上限荷重レベルが大きくなるにつれて、ずれ量は増加する傾向にあるが、すべての供試体でずれ量は $20 \times 10^{-3} \text{mm}$ 以下となっている。乙藤等はずれ量が $50 \times 10^{-3} \text{mm}$ に達すると一体性が著しく損なわれることを実験的に認めている[7]。また、小林はずれ量が $30 \times 10^{-3} \text{mm}$ 程度で非一体性の挙動が顕著になりはじめると報告している[5]。これらのことから、M-1、M-3、M-6すべての供試体でPC版と後打ちRC部の一体性は失われていないと考えられる。

3.4 破壊性状および疲労寿命

表-1に示したように、後打ちRC部打設時のPC版の材令が1ヶ月であるM-1は、上限荷重レベル7ステップ目の $N=2840$ 回で、M-3は7ステップ目の $N=379180$ 回で、M-6は7ステップ目の $N=409000$ 回で破壊した。また、3体ともすべて、曲げスパン内の鉄筋とPC鋼材の破断により疲労破壊した。

図-12に代表的なもの(M-6)の破壊状況を示すが、他の供試体もほぼ同じ破壊状況であった。すなわち、すべての供試体で損傷は曲げスパン中央部付近に集中的に生じ、圧縮部コンクリートは損傷せず、引張域でのコンクリートの損傷が進み、その位置で鉄筋およびPC鋼材が疲労破断し破壊に至った。鉄筋はPC版内で3本中

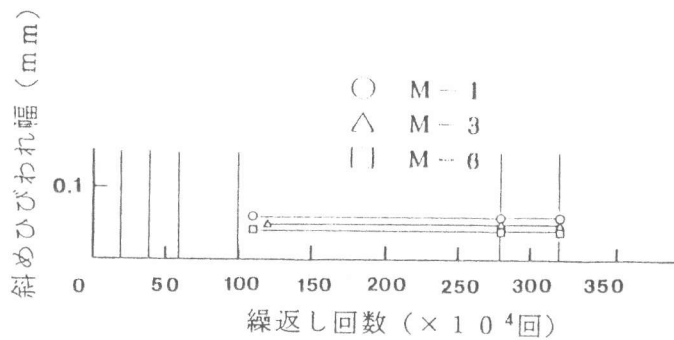


図-10 斜めひびわれ幅～繰返し回数の関係

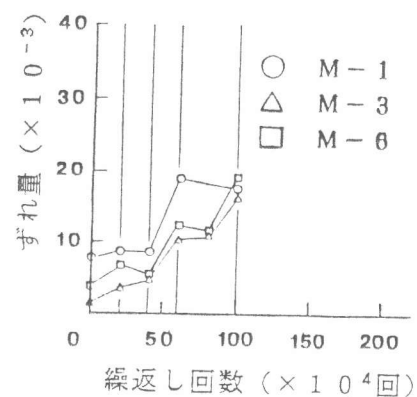


図-11 ずれ量～繰返し回数の関係

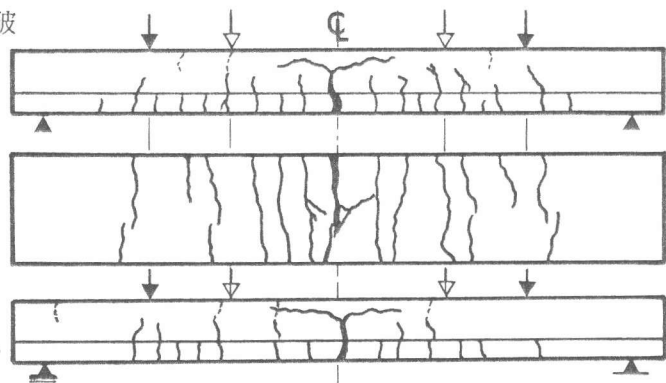


図-12 破壊状況

1～2本破断し、さらにRC部内でも、4本中1～2本鉄筋の破断が認められた。また、PC鋼線は6箇所それぞれφ2.9の3本より線を2本配置していたが、鉄筋がPC版内で2本破断したM-1を除けばPC鋼材の破断は5～6箇所で生じており、ほとんどのPC鋼線が破断した。このように、M-1、M-3、M-6の疲労寿命と破壊性状にはほとんど差異は認められなかった。

4. まとめ

PCC床版では、PC版と後打ちRC部の材令差が大きいほど収縮差による拘束応力とひびわれの発生の可能性が大きくなるため、材令差をあまり大きくしないほうがよいことが既に明かになっている。本研究はPCC床版におけるPC版と後打ちRC部の材令差がPCC床版の疲労性状に及ぼす影響を明らかにすることを目的として実験を行った。その結果、本実験の範囲内の材令差はPCC床版の疲労性状にはほとんど影響を及ぼさないことが明らかになった。

参考文献

- 1) 日本材料学会・阪神高速道路公団：PCC床版におけるPC板とRC部との材令差が打継目に与える影響調査、コンクリート基礎性状に関する調査研究(その2)報告書、第2章、1983.3
- 2) 岡田 清・岡村 宏一・園田 恵一郎・島田 功：道路橋RC床版のひびわれ損傷と疲労性状、土木学会論文報告集、No. 321、pp. 49-61、1982.5
- 3) 日本材料学会・阪神高速道路公団：PC埋設型 枠床版の耐荷性状に関する調査研究報告書、1982.3
- 4) 坂 静雄・岡田 清・六車 熙：プレストレスコンクリート、朝倉書店、1961
- 5) 小林 和夫：コンクリート合成はりに関する研究、京都大学博士論文、1973.2
- 6) 日本建築学会：プレストレスト鉄筋コンクリート(Ⅲ種PC)構造設計、施工指針、同解説、P. 7、1986.10
- 7) 乙藤 憲一・笹戸 松二・浜本 富美雄・御子柴 光春・大西 清治：コンクリート合成桁の接合面に関する研究、プレストレストコンクリート、Vol. 9、No. 2、1967.4