

[98] 格子状貫通ひびわれを有した床版の移動繰返し疲労試験

正会員 速藤 武平 (日本道路公団試験所)  
 正会員 ○ 藤田 信一 (日本道路公団試験所)

1 まえがき

道路橋鉄筋コンクリート床版の破損は道路管理上の重要課題である。最近の研究により床版の損傷にはねじりモーメント、せん断力などが強く影響し、これらにより貫通ひびわれ、ひびわれの角欠け、すりへりなどが生起されることが分ってきた。しかし貫通ひびわれが発生した後損傷が実橋に見られるような抜け落ちに進行する機構については十分解明されておらず、貫通ひびわれの床版耐力低下に与える影響も未知の状態である。筆者らは昨年度、実大模型床版を用いて実験を行い、移動繰返し载荷により床版の損傷が進行すること、ひびわれのずれを実測し、すりへり作用による床版損傷の可能性があることを明らかにした。しかし全体回数1300万回の19ton荷重载荷にもかかわらず、たわみ、鉄筋ひずみ等の増加は小さく、床版の抜け落ちを発生させるには更に数倍の载荷回数を要すると考えられた。そこで筆者らは床版を裏返して貫通ひびわれを強制的に発生させ、その後の床版挙動、疲労耐力を明らかにすることが問題解決の近道であると考えその実験を実施した。

2 試験方法

床版は道路橋示方書(昭和48年, 日本道路協会)にもとづいて製作した。その諸元を表1, 使用したコンクリートの配合, 強度を表2に示す。供試体は2辺単純支持とし, 図1の各点で载荷を行った。試験のフローは表3に示したが, まず床版を正規の状態(状態1)で1~15, 17, 20の17箇所に19tonで30~200万回の载荷を行いひびわれを状態1の床版下面(B面)に発生させた。その後床版を裏返した状態(状態2)で図1の各点に20ton各500回载荷し状態2の下面(A面)にひびわれを発生させた。その後再び状態1に戻し図1の右半分の载荷位置のみで移動繰返し载荷を行った。荷重19tonで700万回以上の载荷を行いその後荷重を30tonにし図1に示した载荷位置201~209の9箇所に集中的に载荷した。計測時の载荷位置は床版中央とし断わらない限り床版は状態1とした。ひずみ, たわみ, ひびわれのひらき, ずれを測定した他, 水の浸透を確かめるため载荷試験中床版上面に水を張った。

3 試験結果

3-1 ひびわれ

(i) ひびわれの発生

B面のひびわれは状態1のとき3tonで発生したがB面にひびわれが十分発達し

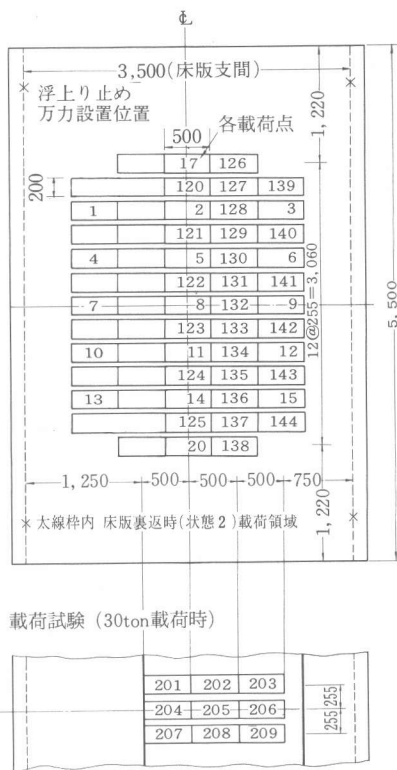


図-1 载荷位置図

表-1 供試体諸元

長さ	支間	版厚	主筋	配力筋
5.5 m	3.5 m	22cm	上側D19 ctc 250 下側D19 ctc 125	上側D19 ctc 150 下側D19 ctc 300

表-2 使用コンクリートの配合及び性質

粗骨材 最大 寸法	スランプ cm	空気量 %	水セメ ント比	s/a %	単位量 kg/m <sup>3</sup>			圧縮強度 kg/cm <sup>2</sup>		弾圧 係数
					セメント	水	減水剤	σ <sub>28</sub>	試験時	
25mm	9±1	4	57	43	271	154	チューボール 0.108	269	341	2.83× 10 <sup>-1</sup>

た後であるにもかかわらず状態2の時A面には12ton載荷時までひびわれが生じなかった。これは乾燥収縮進行時（コンクリート打設から約1年）に死荷重によりB面は引張力を受けひびわれが促進されたのに反してA面は圧縮力が作用して乾燥収縮が打消されたものと思われる。20ton移動繰返し載荷によりA面に発生したひびわれを図2左に示した。その後状態1に戻し19ton, 30tonで移動繰返し載荷を行ったがB面のひびわれ進展は殆んどなかった。試験終了時のひびわれ状況を図2右に示した。30tonでの載荷中ひびわれに段差が生じ、角欠け、すりへりによる落下物が顕著になった。角欠けの大きなものは径3mm程度のものまでであった。

### (2) ひびわれのひらきとずれ

図3にA面ひびわれ発生前と後のB面ひびわれのひらきとずれの比較を示した。配筋方向ひびわれのひらきは床版中央付近Aで大きくなったが支点付近Iでは小さくなった。主筋方向ひびわれのひらきは床版中央（載荷点直下）のみ大きくなった。ずれは床版中央配筋方向ひびわれのずれのみ増加（最大700%）し他は小さくなった。この分布から床版は中央で折れ曲るような曲り方をしている傾向がうかがえる。繰返し載荷によって主筋方向ひびわれの閉じ量の増加と載荷点直下配筋方向ひびわれのずれに若干の増加がみられたがその他の変化は余りなかった。床版A面でもひびわれの動きが認められたが配筋方向ひびわれで特に顕著であった。

### 3-2 たわみ

A面ひびわれ発生前と後のたわみを比較すると床版中央たわみは荷重19tonで0.137mm/tonから0.176mm/tonへ28%の増加が見られた。しかし図4に示したように床版自由端のたわみ（S-1, S-19）と床版中央のたわみ（S-12）の比には変化がなく、床版剛度の低下は平均的で異方性版への変化や、橋軸方向有効幅の低下はなかった。19ton繰返し載荷により試験番号IV-17までは顕著な増加が見られたがIV-17からV-1の間では載荷位置変更によるものと思われる減少が見られた。荷重30tonでの繰返し載荷中は初期に変化が見られたが床版中央たわみを除いてその後の変化は余りなかった。各測点の床版中央たわみに対する比は図4に示したように一旦はより平準化の傾向を示したがV-1以後は床版中央付近のみに載荷した

ので再び元の比率に近くなった。

### 3-3 ひずみ

#### (1) 状態2（裏返し時）の鉄筋ひずみ

状態2としB面から載荷した時とA面ひびわれ発生前に状態1でA面から載荷した時の鉄筋ひずみを比較してみた。引張筋と圧縮筋が逆転するため状態2の引張筋のひずみは状

表-3 試験のフロー

	試験番号	前試験番号後の載荷内容
予備		〔床版を正規の状態で設置（状態1）〕 点1~15, 17, 20 (5, 7, 8, 9, 11, を除く) 19ton各30~40万回 点5, 7, 8, 9, 11, 19ton各100~200万回
	0-1 0-2	〔床版裏返し（状態2）〕 図-2の各点に荷重20ton各500回載荷
疲 勞 試 験	I-1	〔床版を元に戻す（状態1）〕 初期静載荷試験
	II-1	点8, 9, 5, 6, 2, 17, 11, 12, 14, 20* 19ton各4万回
	III-1	” ” 各6万回
	IV-11	” ” 各30万回
	IV-31	点120~125, 128, 130~133 ” ”
	V-1	点141, 142 ” ”
	V-14	点201~209 30ton各30万回
	VI-11	点205 30ton 150万回 点201~209 (205除く) 30ton各30万回 点205 30ton 230万回 点201, 203, 207, 209 30ton各1.5万回 点202, 204, 206, 208 30ton各3万回 点17 21ton各23万回
	VI-29	

\*: 点17, 20の載荷時は床版自由端に近いので載荷点直下の鉄筋最大ひずみが点8, 17, 20で同じようになるように荷重を小さくしている。点17は17ton, 点20は18ton。

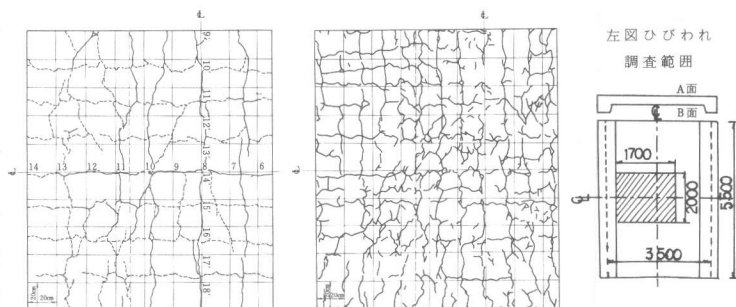


図-2 ひびわれ状況（左：A面，右：B面）

態1のそれより計算上95%大きくなるがひびわれの入らなかった荷重8tonでは $\frac{1}{2}$ 程度に小さく(状態1では荷重3tonでひびわれが発生した), A面にひびわれが十分入った後でも65%増にとどまった。

(1) 状態1の鉄筋ひずみ

A面ひびわれ発生後の床版中央主筋ひずみ(ML-9)は発生前の値の20%増となり $581 \times 10^{-6}$ (荷重は19ton)であった。この値は等方性版理論をもとに慣用計算法で求めた値 $594 \times 10^{-6}$ に近かった。また中央から橋軸方向に1.4m離れた点ML-1(図5参照)でも25%増加していた。一方引張側配筋筋ひずみの増加は載荷点直下で12%見られたもの他点では見られなかった。図5に示したように繰返し載荷による影響は殆どなかったが引張側鉄筋ひずみML-5, ML-11に若干の増加と荷重30ton載荷時に圧縮鉄筋ひずみ, MU-9, MU-11の減少が見られた。圧縮鉄筋ひずみの減少は30ton荷重は床版中央付近のみに載荷したので押し抜きせん断時に見られるような全引張状態の応力状態に近くなった。あるいは圧縮鉄筋の付着が弱くなり部分的に応力伝達が悪くなったことなどが原因として考えられる。

3-4 水の浸透

裏返し(状態2)で載荷を行った時および貫通ひびわれ発生後状態1で移動繰返し載荷を行った時に床版上面に深さ約1cmに水を張り, 水が下面から漏れ出すかを観察した。しかし, 19ton 載荷 760万回, 30ton 載荷 930万回の繰返し載荷にもかかわらず, また貫通ひびわれが明らかに生じているにもかかわらず水の下面への浸透は見られなかった。

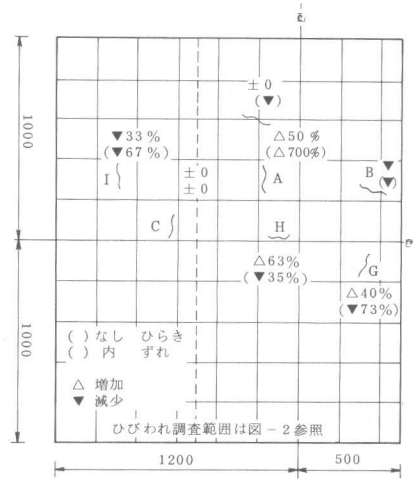


図-3 A面ひびわれ発生前後のB面ひびわれのひらきとずれの比較

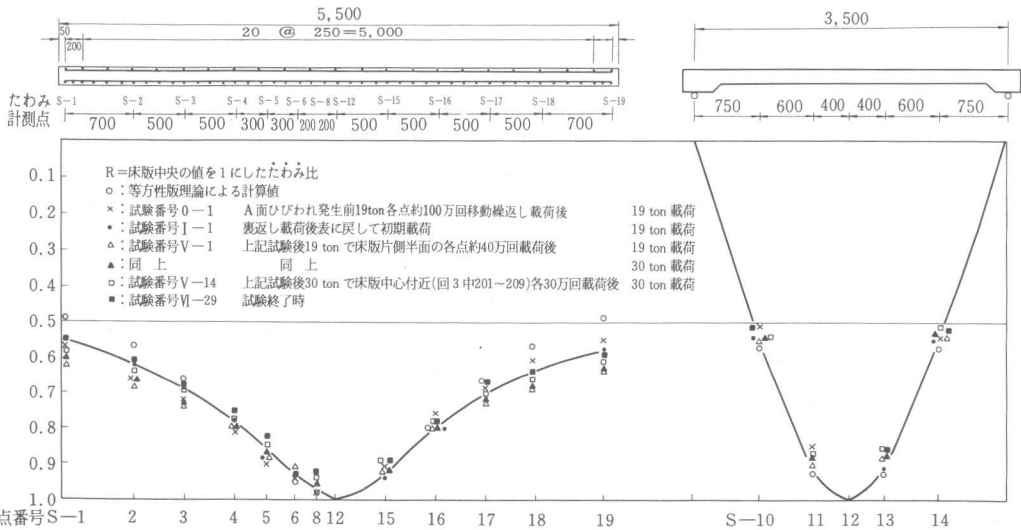


図-4 たわみ分布図

#### 4 まとめ

以上の結果をまとめると次のようになる。

(1) 予め状態1で荷重19ton, 1300万回の繰返し載荷を行いひびわれを十分発達させた床版に貫通ひびわれを発生させ、引続き移動繰返し載荷を行った。ひびわれ貫通後の載荷回数は荷重19ton(主鉄筋最大応力 $1200\text{kg/cm}^2$ )で760万回, 30ton(同 $1800\text{kg/cm}^2$ )で930万回とした。しかしたわみには増大が見られたものの、床版の抜け落ちはもとより、水の浸透も起こらなかった。

(2) 貫通ひびわれ導入後の繰返し載荷で変化を生じたのは、たわみ、30ton載荷時の圧縮鉄筋ひずみ、ひびわれの開きとずれでは載荷点直下を通るひびわれのひらきおよび配力筋方向のひびわれのずれで、他には余り変化が無かった。

(3) 荷重30tonでの移動繰返し載荷時にはひびわれの角欠け(最大3mm径)が多量に発生した。この角欠けは床版上面にも見られた。

(4) 裏返し載荷(状態2)時のひびわれ発生荷重はかなり大きくひびわれ発生には乾燥収縮の影響が大きいと考えられる。

(5) 裏返し載荷(状態2での載荷)による貫通ひびわれ発生によりひびわれの開き、ずれ、床版のたわみ、主筋ひずみの増加はそれぞれ63, 700, 28, 20%であり、ひびわれのずれが特に大きく開きがそれについている。貫通ひびわれを見付けるのにはひびわれのずれを計るのが有効と考えられる。

(6) 貫通ひびわれ発生後の移動繰返し載荷では前項(2), (3), (4)で述べた以外に目立った変化は起こらなかった。これはひびわれの動きが主に配力筋方向ひびわれで活発で、主筋方向ひびわれでは余り動きが見られず、たわみ比率分布も貫通ひびわれ発生前と殆んど変わらず、また主筋ひずみの増加が橋軸方向で一様な傾向が見られたことなど床版の曲げ性状が幅の広い梁としてのものに近く主筋量が配力筋量より多いのにかかわらず主筋方向剛度の高い異方性版としての挙動にならなかったことと関連していると考えられる。

#### 5 あとがき

格子状に貫通ひびわれを発生させた床版に19tonで760万回, 30tonで930万回の載荷を行ったが床版の抜け落ちはおろか、水の漏れも起らなかった。実際の床版では通行車により載荷を受けるため、本実験の載荷方法とはねじり繰返し数などの点で異っており、裏返し載荷により導入した貫通ひびわれは配力筋方向のひびわれが卓越しており実際の状態とは異っていると考えられるが、このようにひびわれの発達した床版でもこれだけの重荷重をこれだけの回数耐えられることは実際床版がひびわれ発生後も相当期間重荷重に耐えられることを示している。なお本試験の貫通ひびわれ発生前の部分については文献1に詳しく報告した。最後に本試験の実施に尽力された建設機械化研究所の各位に謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 赤井・藤田：鉄筋コンクリート床版の疲労試験 第2回コンクリート工学年次講演会 講演論文集
- 2) 赤井・藤田：鉄筋コンクリート床版の疲労試験(第4報), 試験所報告(昭和54年度) 日本道路公団試験所

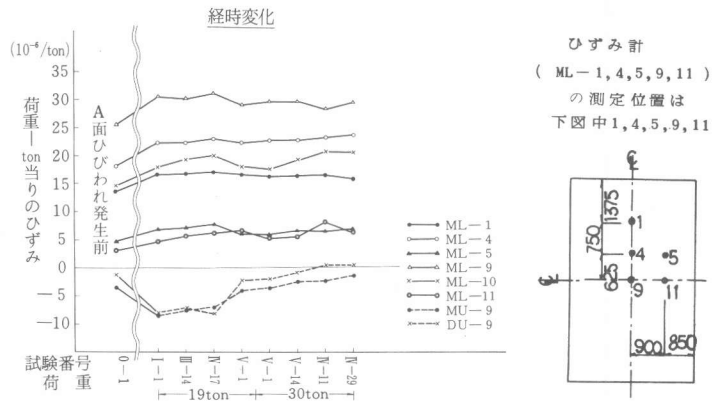


図-5 荷重1ton当りひずみの経時変化