

# RC床版の最適補強時期に関する試験

保全施設部 保全技術課 冲野 真  
同 部 同 課 林 秀 侃  
同 部 同 課 仲 矢 忠 士

## 要 約

阪神高速道路公団では、床版疲労損傷の補修方法としてエポキシ樹脂で鋼板を接着する全面鋼板接着工法を採用している。本工法の有効性は、これまでの各種の研究で証明されているが、鋼板補強時期の差異が補強床版の耐久性に与える影響については、まだ研究されていない。そこで、これを明らかにするため、損傷度の異なる時期に鋼板補強した供試床版を用い走行試験装置により疲労試験を行った。その結果、本工法は床版補強工法として非常に高い効果を有しており、また、補強時期の差によりその効果に有意な差のないことが確認された。

本文は、鋼板接着時期の差異による補強床版の耐久性への影響について疲労試験結果を報告するものである。

## まえがき

道路橋RC床版の損傷は、維持管理上で大きな問題となっている。阪神高速道路公団でも、昭和47年の損傷発生以来、損傷要因の分析、補修・補強対策立案のために、解析的、実験的研究を進めてきた。そして、損傷床版に対しては、床版裏面にエポキシ樹脂で鋼板を接着する全面鋼板接着工法で補強を行っている。補修は主として、点検結果の①、Aランクを対象に、Bランクについても部分的に行っており<sup>1),2)</sup>、昭和60年3月現在で、約19,400パネル、全路線の約20%のパネルが補修済みである。また、未補修パネルにおけるAランク以上の発生率は減少傾向にあるが、Bランクの発生率は横ばい状態で、そのうちの2/3程度は約3年でAランク以上に移行する傾向にある。その

ため、まだまだ床版補強の必要があり、さらに、予防保全として低位ランクの損傷床版に補強を施すことも考えられる。

本工法による補強床版の有効性については、静的試験、疲労試験により確認されているが<sup>3),4)</sup>、鋼板補強時期が補強床版の耐久性に与える影響に関しては、まだ研究されていない。そこで、損傷度の異なる幾つかの供試床版に鋼板補強を行い、実橋の供用条件に近い状態を再現する走行試験装置を用いて疲労試験を行い、補強床版の耐久性について調べた。

本文は、鋼板接着時期の差異による補強床版の耐久性への影響についての疲労試験結果を報告するものである。

## 1. 実験計画

## 1-1 試験装置

この実験は、数種類の損傷度の異なるひびわれ床版に鋼板補強を施し、さらに載荷して補強床版の耐久性を見ようとするものである。そのためには、実橋と類似のひびわれ性状をもつ損傷床版が供試体となる。これを得る一般的な方法としては床版中央の1点で、輪荷重に相当する荷重を繰り返し載荷する方法（定点載荷法）、橋軸方向に多くの載荷点を設け、ある回数繰り返すごとに載荷点を順次移す方法（多点載荷法）および実際の輪荷重の移動をモデル化した輪荷重走行装置による方法（走行載荷法）がある。しかし、定点載荷法による場合、ひびわれ状況、破壊状況とも実橋のそれらと異なったものとなる。また、多点載荷法は実橋と類似のひびわれ状況は得られるが、荷重移動等に多大な労力を要する。そこで、本実験では走行載荷法により供試体を作成することにした。

また、供試体の大きさは、ひびわれ性状に及ぼす影響や鋼板補強に伴う次元解析の難しさ等を考えると、実物に近いものが望ましい。

この種の装置で比較的大型のものとしては、大阪市立大学、大阪大学、住友金属工業㈱のものがある。このうち、前2者のものは、一時に1体ずつしか載荷できない。本試験には数種類の損傷度が異なる供試体が必要であるので、複数の損傷床

版を同時に作れる住友金属工業㈱の装置によることにした。装置の概要を図-1に示す。

## 1-2 供試体の設計

### (1) 供試体の平面寸法および配置

供試体の平面寸法および配置は、次のことに配慮して決定した。

- ① 損傷度の異なる床版を速く作るため、できるだけ数多くの供試体を配置する。
- ② 前輪が床版に与える影響は少ないので、荷重としては後輪に着目し、後輪が供試体の中央に載荷されるようにする。
- ③ 供試体の設計・製作および実験結果の解析を容易にするため、床版は矩形となるようにする。
- ④ 主桁間隔は、床版ハンチ部の影響が入らないように、また、実橋の床版支間と輪帯幅との比がほぼ同じになるように決定する。
- ⑤ いずれの供試体も、できるだけ同一形状、同一載荷状態となるようにする。

このような考えで検討した結果、Aピットに4体、Bピットに2体配置することにした。また、供試体の長さと同幅は、それぞれ3.9、1.7m、床版支間は1.5mとした。なお、偶数番号の外側供試体は外側前輪が脱輪しないように供試体幅を100mm拡げている。

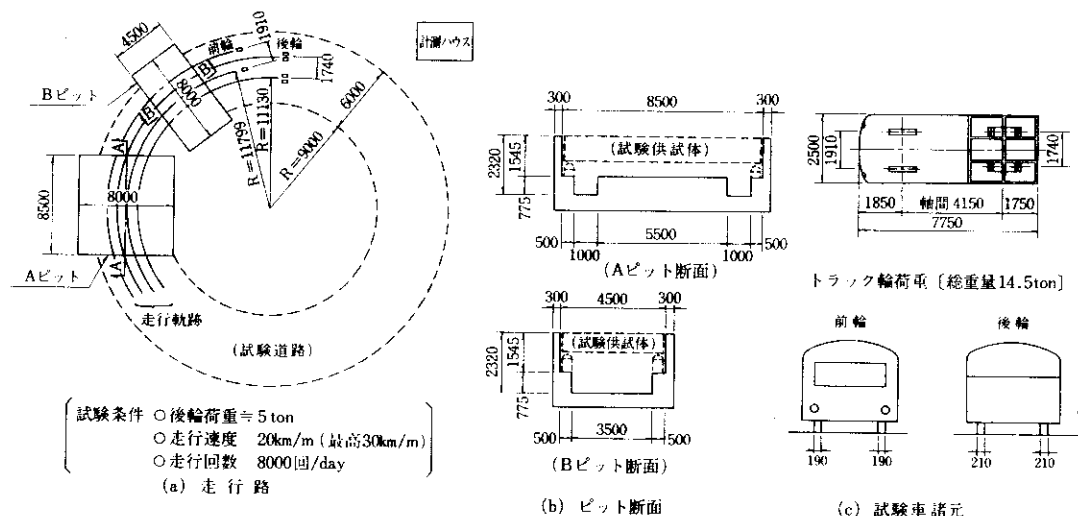


図-1 道路耐久性試験装置

## (2) 床版

供試床版は、阪神高速道路に比較的多い、主桁間隔が3.85m、床版厚さ18cmの実橋床版の応力状態に近くなるように、床版厚、鉄筋量および補強鋼板厚をパラメータとして次のような制約条件のもとで検討した。

- ① 比較検討のための曲げモーメントは、道路橋示方書（以下道示）の単純版の式により求める。
- ② 試験装置の制約から、荷重は最大5tとする。
- ③ 使用鉄筋はD-10とする。
- ④ 施工性から、鉄筋のかぶりは20mmとする。

検討の結果、損傷床版を速く作る必要があること、また、実橋では過積載車により過大な応力状態になることがしばしばあること等を考慮して、供試体の床版厚は8cm、配筋は主鉄筋D10ctc100、配力筋D10ctc150mmとした。

比較検討では、活荷重による曲げモーメントを道示の式により求めたが、この式は輪帯幅が50cmとして解析したときの近似式である。しかし、今回の試験に用いた輪帯幅は、後輪もシングルタイヤであるので約210mmしかない。したがって、道示の式は適用できない。そこで、有限要素法解析により床版に作用する曲げモーメントを計算し、床版を設計した。その結果、載荷荷重を4.3tとすれば、前に検討した結果とほぼ同じになるので、後輪荷重は4.3tとした。この時の鉄筋とコンクリートの応力 $\sigma_s$ 、 $\sigma_c$ は、それぞれ次のようになる。

主鉄筋方向  $\sigma_s = 2778 \text{ kg/cm}^2$ 、 $\sigma_c = 140 \text{ kg/cm}^2$

配力筋方向  $\sigma_s = 3049 \text{ kg/cm}^2$ 、 $\sigma_c = 158 \text{ kg/cm}^2$

## (3) 主桁

通常、この種の疲労試験は、床版だけに着目しているため、床版は主桁上で単純支持となるようにして行われている。すなわち、主桁上では敷きモルタルで支持、浮き上がりはクランプで止める方式で実験されている。しかし、実橋には合成桁が多いこと、今回の実験では載荷荷重が大きく床版端部で浮き上がりの心配があることから、主桁上フランジにスタッドを取り付け合成桁とした。ただし、主桁の応力レベルを実橋に合わせると主桁の製作が非常に困難となるので、供試体と実橋の主桁応力の相関性は無視した。

## (4) 補強鋼板

### 1) 補強鋼板厚

補強鋼板厚の選定にあたっては、次の要因を考慮した。

- ① 補強鋼板の応力度が実橋に近い鋼板厚とする。
- ② 鋼板厚と床版厚との比を実橋に合わせるように配慮する。
- ③ 補強床版の耐荷力上の最終破壊形状は、鋼板のはがれであり、このような現象が起こるような鋼板厚とする。
- ④ 床版のひびわれへの樹脂の浸透は、樹脂注入時の圧力と注入停止後の鋼板の板ばね効果によると考えられる。したがって、このような板ばね効果が期待できる鋼板厚とする。
- ⑤ 施工が困難とならない鋼板厚とする。

このような条件で検討した結果、上記の要因を総合的に満足する鋼板厚  $t = 2.3 \text{ mm}$  を採用することにした。

### 2) アンカーボルトの配置および径

補強鋼板を床版に取り付けるアンカーボルトは実橋では最大500mm間隔で配置されているが、本実験では床版鉄筋および補強鋼板に貼付するひずみゲージ位置を考慮して、300~360mm間隔に配置することにした。なお、前述の板ばね効果はアンカーボルト間隔に関係し、この値は実橋に比べ大きすぎると考えられるので、樹脂注入時のたわみが実橋とほぼ同じとなるよう、中間点に仮支持材を入れることとした。

また、アンカーボルトの径については、樹脂注入時の作用引抜き力と許容引抜き力との比からいえばM6でよいが、供試床版厚が薄く埋込深さを大きくできないことからM8を使うこととした。

### 3) 樹脂注入圧

鋼板接着時の樹脂注入圧は、ひびわれへの樹脂浸透深さと大きな関係を持っている。注入圧を高くして浸透深さを大きくすることは、実橋との相関上避けるべきである。しかし、

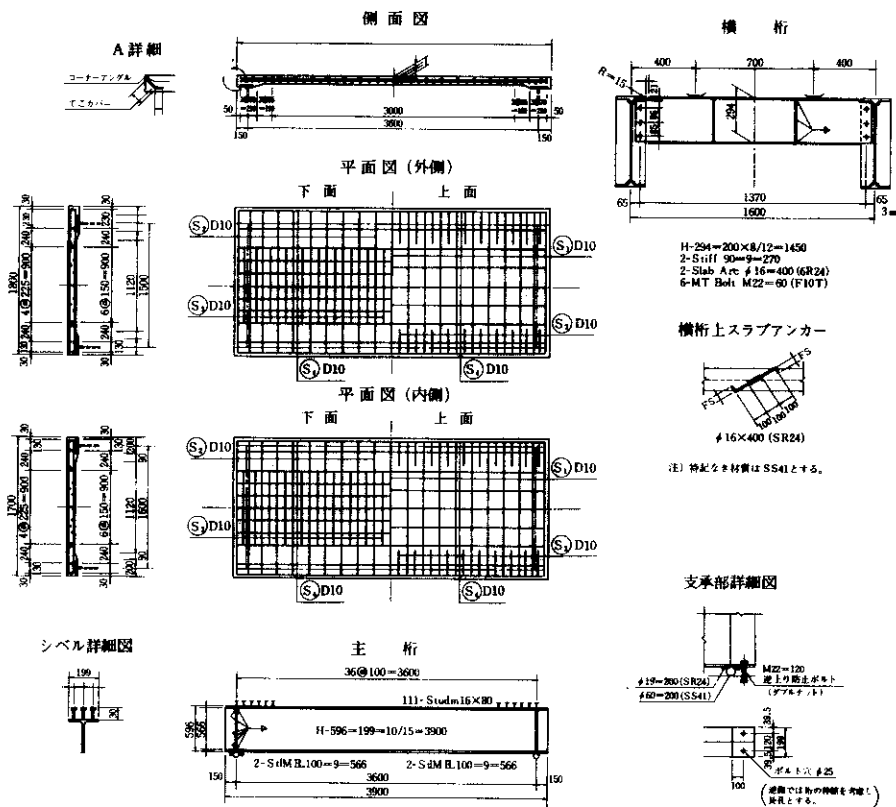


図-2 供試体詳細図

解析的に最適な注入圧を求めることは困難であるので、実橋での $0.3\text{kg}/\text{cm}^2$ より幾分小さい $0.2\text{kg}/\text{cm}^2$ とした。

以上のような検討の結果決定した供試体を、図-2に示す。

### 1-3 供試体の製作

#### (1) 使用材料

##### 1) コンクリート

コンクリートは、阪神公団仕様の床版用コンクリート (RN302B) のうち、小さめの粗骨材を使用した配合の生コンクリートをポンプ打設した。材令68日におけるコンクリートに関する管理試験の結果、圧縮強度  $397\text{kg}/\text{cm}^2$ 、ヤング係数  $3.2 \times 10^5$ 、引張強度  $24.8\text{kg}/\text{cm}^2$ 、曲げ圧縮強度  $42.8\text{kg}/\text{cm}^2$ 、ポアソン比  $0.171$ であった。最終的な解析は、こ

の値を用いている。

#### 2) 鉄筋

鉄筋の機械的性質の試験を行った結果、平均値で降伏点 $3743\text{kg}/\text{cm}^2$ 、引張強さ $5344\text{kg}/\text{cm}^2$ 、伸び $25.9\%$ とJIS規格よりかなり高い目であった。

#### (2) 床版の出来形

床版厚の出来形は、試験結果に大きな影響を与えるので、厳しく管理した。その出来形は $79.0 \sim 81.7\text{mm}$ で、おおむね良好であった。

### 1-4 試験手順

試験は、供試体の特色を把握するために静的試験を行った後、疲労試験を行うことにした。

静的試験は、6体の供試体のうち2体を使って走行試験での荷重面積と同じ大きさの載荷板 (幅 $210 \times$ 橋軸方向長さ $310\text{mm}$ )を用いて、 $0 \sim 1.5 \sim$

0～3.0～0～4.3tと0.2tピッチで載荷した。

疲労試験は走行載荷法により、供試床版が所定の劣化度に達した段階で鋼板補強を行い、予定の走行回数まで試験を続けた。

### 1-5 計測項目とその方法

静的試験および疲労試験では、次の項目について計測することにした。

#### (1) 静的試験

##### ① ひびわれ

試験開始前の乾燥収縮ひびわれおよび試験後のひびわれ状況を、スケッチおよび写真で記録する。また、主要個所のひびわれ幅を計測する。

##### ② 変位

試験時の床版および主桁の変位を測定する。

##### ③ ひずみ

床版の上・下側主鉄筋、配力筋および主桁の上下フランジ、腹板のひずみについて計測する。

#### (2) 疲労試験

疲労試験の測定は、所定の走行回数に達した時に、試験車を載荷位置に停止させた状態で行う。載荷位置は、支間中央L/2点およびL/4点とし所定走行回数としては、1, 1千, 1万, 10, 20, 30, 40, 60万回および鋼板補強時とした。なお、計測は載荷直前、載荷時、載荷後に行った。

①ひびわれ、②変位、③ひずみの3項目については、静的試験と同じであるが、主要個所のひびわれについてはクリップ型変位計によりずれの計測を行う。変位については、主桁の面外変形の影響を除外できる方法で測定する。また、補強鋼板のひずみも測る。その他に次の項目についても計

測する。

##### ④ 鋼板のずれ、はがれ

補強鋼板の継目のずれをクリップ型変位計で計測するとともに、たたき点検により、はがれ等の変状を観察し記録する。

##### ⑤ 輪荷重強度

試験車の内外後輪の荷重を、走行時および静止時に計測する。

### 1-6 床版劣化度の判定

実橋における床版の劣化度の判定は、主としてひびわれの幅および密度によっている。しかし、供試床版は厚さが薄いので、これらの性状は、実橋のそれとはかなり異なる。また、鉄筋応力度についても、ひびわれ位置の影響を受け劣化度判定の指標とはなりにくい。松井の大型供試体による室内試験および実橋床版の調査研究<sup>9)</sup>によると、床版の劣化度とひびわれ密度とたわみには相関関係があることが明らかにされている。そこで、試験での鋼板補強の時期は、主としてたわみにより判定するが、ひびわれの状況等も考慮して、総合的に決定することにした。また、使用限界状態となる走行回数は、押抜きせん断耐力に関係し、本試験では相当な回数が予想されるので、走行試験の状況によっては、途中から荷重を増すことも考えた。

## 2. 試験結果

### 2-1 静的試験

静的試験は、No.5, No.6 供試体について行ったが、ほぼ同様の結果であったので、以下No.5 供試体について示す。



図-3 静的載荷時のひびわれ状況 (供試体No.5)

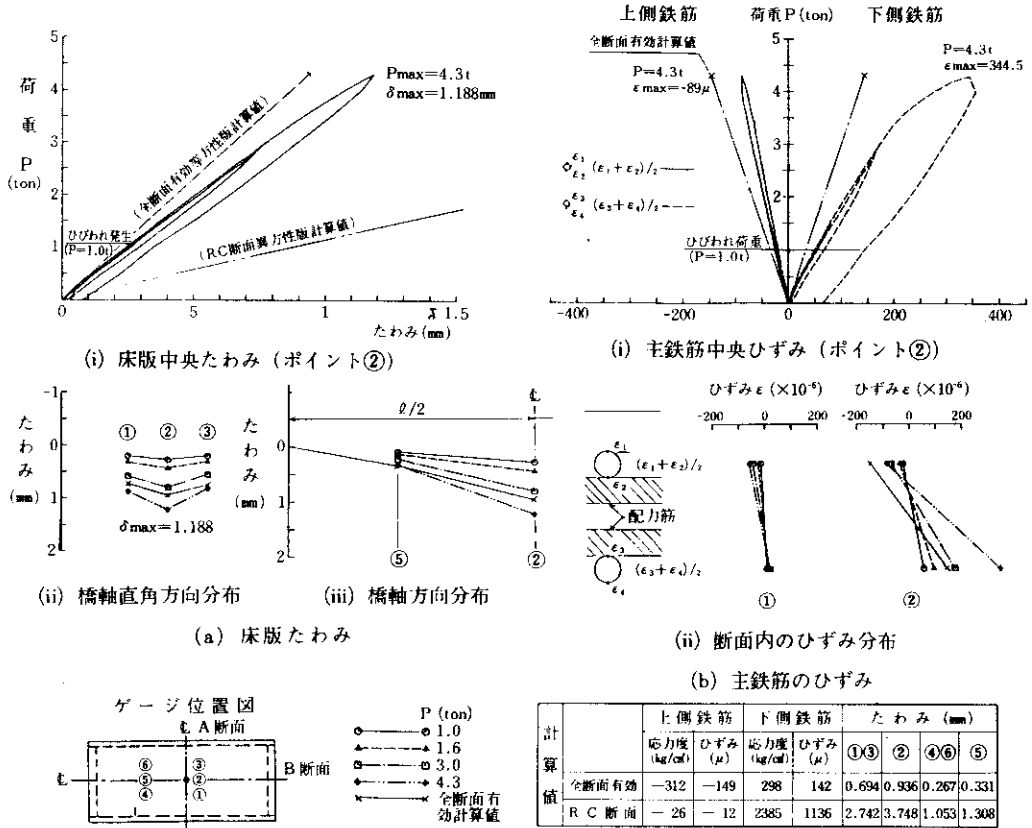


図-4 静的試験結果 (供試体No. 5)

(1) ひびわれ

図-3に静的試験前後のひびわれ状態を示す。ひびわれ幅は全て0.1mm以下である。

(2) 床版たわみ

静的試験によって得られた床版中央の荷重-たわみの関係を図-4(a)に示す。同図には目視によって確認したひびわれ発生荷重も示してある。

ひびわれ発生時まで、ほぼ全断面有効等方性版としての計算値に一致しており、最大荷重でも等方性版に近い挙動を示している。

また、橋軸方向および橋軸直角方向のたわみ分布とも、載荷盤直下を除いて、最大荷重時でも等方性版に近い。このことは、荷重によるひびわれ発生が載荷盤直下付近に限定されていることを示している。

(3) 鉄筋のひずみ

図-4(b)に床版中央での主鉄筋の荷重-ひずみの関係および断面内の主鉄筋ひずみ分布を示す。これより、上側鉄筋のひずみは全断面有効とした値より大きく、下側鉄筋はそれより小さい。また、中央位置では、ひびわれ発生に伴って中立軸が上側に移動するが、ゲージ①、③では、ひびわれの影響はみられないことがわかる。

(4) 主桁のたわみおよびひずみ

主桁のたわみの実測値は計算値とほぼ一致していたが、ひずみについては上フランジ下面位置に中立軸があり、計算値とかなり異なっている。これは床版の有効幅に起因するものと考えられる。

## 2-2 疲労試験

疲労試験における鋼板補強は、前記したように床版たわみ、ひびわれ等を総合的に判断して、仮の損傷ランクC, A, (A), 超(A)で行った。各供試体の鋼板補強時の走行回数、ひびわれ状況等を表-1に示す。なお、供試体No.5, 6は比較供試体として鋼板補強せずに用いたが、No.5供試体は163150回で破損したので床版を打換えた。

### (1) 床版たわみ

走行各所定回数での床版たわみ値(載荷時-載荷後)をプロットしたものを図-5に示す。この図より以下のことが言える。

- ① 測定値は、各所定回数ごとでかなり変動しているが、鋼板補強後は変動は小さくなっている。
- ② 鋼板補強のない状態では、 $N=2\sim6$ 万回でピークが現れ、その後、過去の室内試験結果と異なり、漸減する傾向がみられる。これは、試験が長期にわたったので、試験期間内での温度等の環境条件の変化による影響が含まれているものと考えられる。
- ③ 鋼板補強した供試体No.1~4では鋼板補強時期に関係なく、ほぼ等しい値を示し、補強後もほぼ一定な値となっており、全断面有効に近い状態まで回復している。

### (2) 鉄筋応力度

主鉄筋応力度の計測結果を図-6に示す。この結果をまとめると次のようである。

- ① 一般的傾向として床版たわみ同様、 $2\sim6$ 万回でピークが現れ、内側供試体(No.1, 3, 5)で $2000\sim2200\text{kg}/\text{cm}^2$ 、外側供試体(No.2, 4, 6)で最大 $1800\text{kg}/\text{cm}^2$ 程度の値を示している。
- ② 床版支間方向の応力度分布は、必ずしも対称な形ではないが、これはひびわれ位置とゲージ貼付位置に関係するものと考えられる。
- ③ 鋼板補強供試体(No.1~4)では、補強時期に関係なくほぼ一定で、補強後の応力度は内側供試体で $100\sim110\text{kg}/\text{cm}^2$ 、外側供試体で $100\sim190\text{kg}/\text{cm}^2$ である。
- ④ 供試体No.5の破壊( $N=163150$ )直前の応力度は、 $1100\text{kg}/\text{cm}^2$ 程度であった。

- ⑤ 最終走行回数( $N=60$ 万回)まで破壊しなかった無補強供試体(No.6)では、3万回以降減少傾向を示し、試験最終時の応力度は $1300\text{kg}/\text{cm}^2$ であった。

また、配力筋応力度の計測結果も、全体的傾向としては主鉄筋応力度のそれと同様に、 $N=2\sim6$ 万回でピークが現れ、それ以降減少する傾向がみられ、鋼板補強した供試体では、その時期に関係なく、補強後ほぼ一定な応力度となっている。

### (3) 補強鋼板の応力度

鋼板応力度の計測結果を図-7に示す。この図より、鉄筋応力度の場合と同様に、補強時期に影響されずに補強後ほぼ一定応力度となっていることがわかる。

断面内の鋼板応力度分布を図-8に示す。同図より、主鉄筋・配力筋方向ともに、ほぼ直線分布となっており、その値は全断面有効としての計算値に近く、補強鋼板は構造部材として機能し、鋼板補強により剛性が全断面有効に近い状態まで回復しているものと考えられる。

### (4) 主桁の応力度

主桁応力度の計測結果は、鉄筋応力度の結果とほぼ同様なので省略する。

### (5) 補強鋼板のずれ

供試体No.1~4の隣接鋼板間の相対ずれ量を測定した結果、最大 $0.01\text{mm}$ 程度と小さく、走行載荷によるずれは生じなかったと考えられる。

### (6) ひびわれ状況

各供試体のひびわれ進展状況の一例として供試体No.3の状況を図-9に示す。ひびわれ進展状況についてまとめると次のようである。

1) 乾燥収縮ひびわれは、供試体間で若干の差異はあるが、床版下面では橋長の $1/2$ および $1/4$ 点付近に多く生じている。また、床版上面には見られなかった。

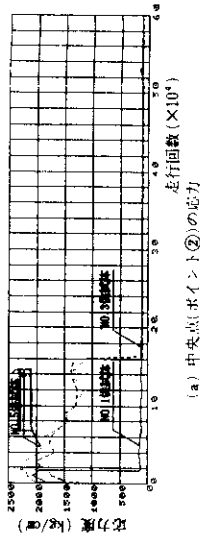
2) 床版下面のひびわれ発生過程は次のようである。

- ①  $N=1$ で橋軸方向中央にひびわれが発生する。
- ② その後、ひびわれ数も増加し、亀甲状のひびわれが形成される( $N=1\sim4$ 万回位)。

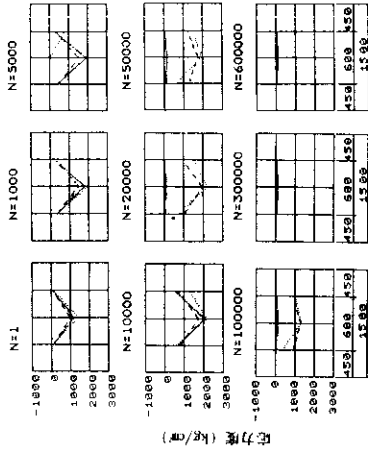
表-1 鋼板接着時の損傷状況

供試体番号	既定損傷区分	鋼板接着時の走行回数	鋼板接着時の供試体状況等	備考
1	損傷度が比較的大きな時点で鋼板補強	17000回	<ul style="list-style-type: none"> <li>亀甲状ひびわれが十分に発達した段階</li> </ul>	
2	損傷度が中程度の時点で鋼板補強		<ul style="list-style-type: none"> <li>供試体No.1に比して十分な亀甲状ひびわれが発達していない段階</li> <li>供試体No.1と同時期</li> </ul>	
3	超④ 損傷度が最も大きい時点で鋼板補強	163150回	<ul style="list-style-type: none"> <li>ハンチ付近を除く全端に亀甲状ひびわれが発達した段階</li> <li>供試体No.5破壊時</li> </ul>	
4	C 損傷度が比較的軽微な時点で鋼板補強	50000回	<ul style="list-style-type: none"> <li>荷重方向ひびわれが発生し始めた段階</li> </ul>	
5				N = 163150回にて破壊
6				試験期間内破壊せず (N = 60万回)

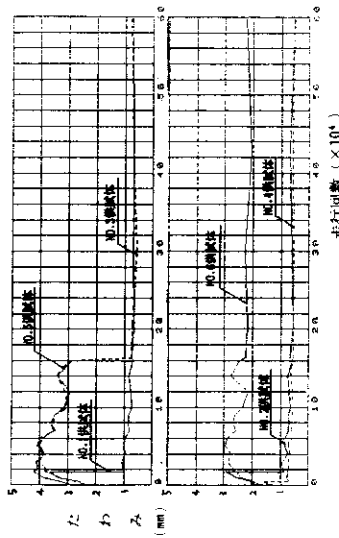
注) 供試体No. 5, 6: 鋼板補強せずに比較供試体として用いた。



(a) 中央点(ポイント②)の応力



(b) 断面内の応力分布(A-A断面)



供試体の配置

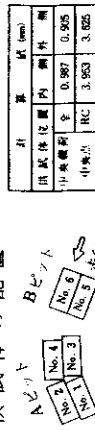
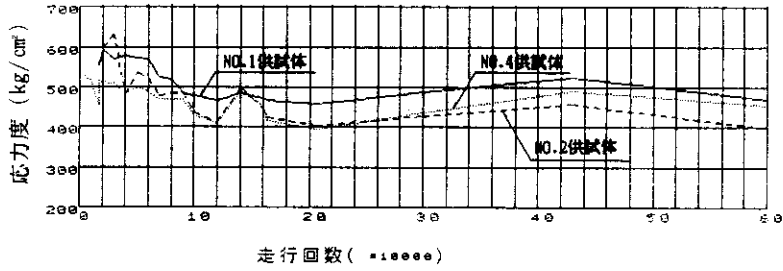


図-5 走行回数と床版たわみ(中央断面・中央載荷)

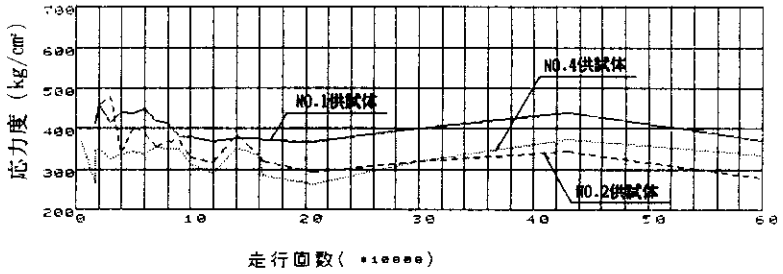


図-6 下側主鉄筋応力度





(a) 橋軸直角方向



(b) 橋軸方向

図-7 走行回数と補強鋼板応力度  
(中央断面・中央載荷)

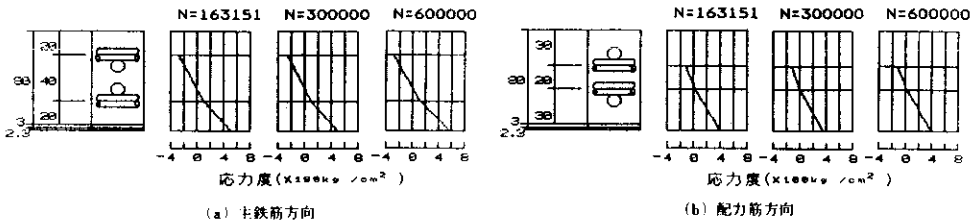


図-8 断面内の鉄筋・鋼板応力度分布  
(供試体No.3、中央断面・中央載荷)

- ③ さらに、ひびわれ面の劣化に伴い、角落ち、床版上面へのひびわれの貫通等が生じ、雨水による遊離石灰の流出が見られる (N = 7 万回付近)。
- 3) 床版上面については次のようである。
- ① 橋軸方向端部に輪荷重の衝撃力によるひびわれが、橋軸直角方向に発生する (N = 5 千回位)。
- ② その後、床版下面のひびわれ増加に伴い上面のひびわれ数も増加する (N = 1 ~ 4 万回程度)。
- ③ さらに、ハンチ端部上面に橋軸方向ひびわ

- れが徐々に発生する。
- 4) 鋼板補強後の床版上面のひびわれの進展速度は、無補強供試体のそれに比して、若干遅くなるが、最終的にはほぼ同様に形成される。
- 5) 床版上下面とも、ひびわれ間隔は鉄筋ピッチに収れんするようである。
- (7) ひびわれ幅  
ひびわれ幅は、温度変化の影響を受けて走行回数ごとにばらついているが、最大で0.025mm となっている。また、橋軸直角方向の方が橋軸方向に比べて幾分大きな値を示している。

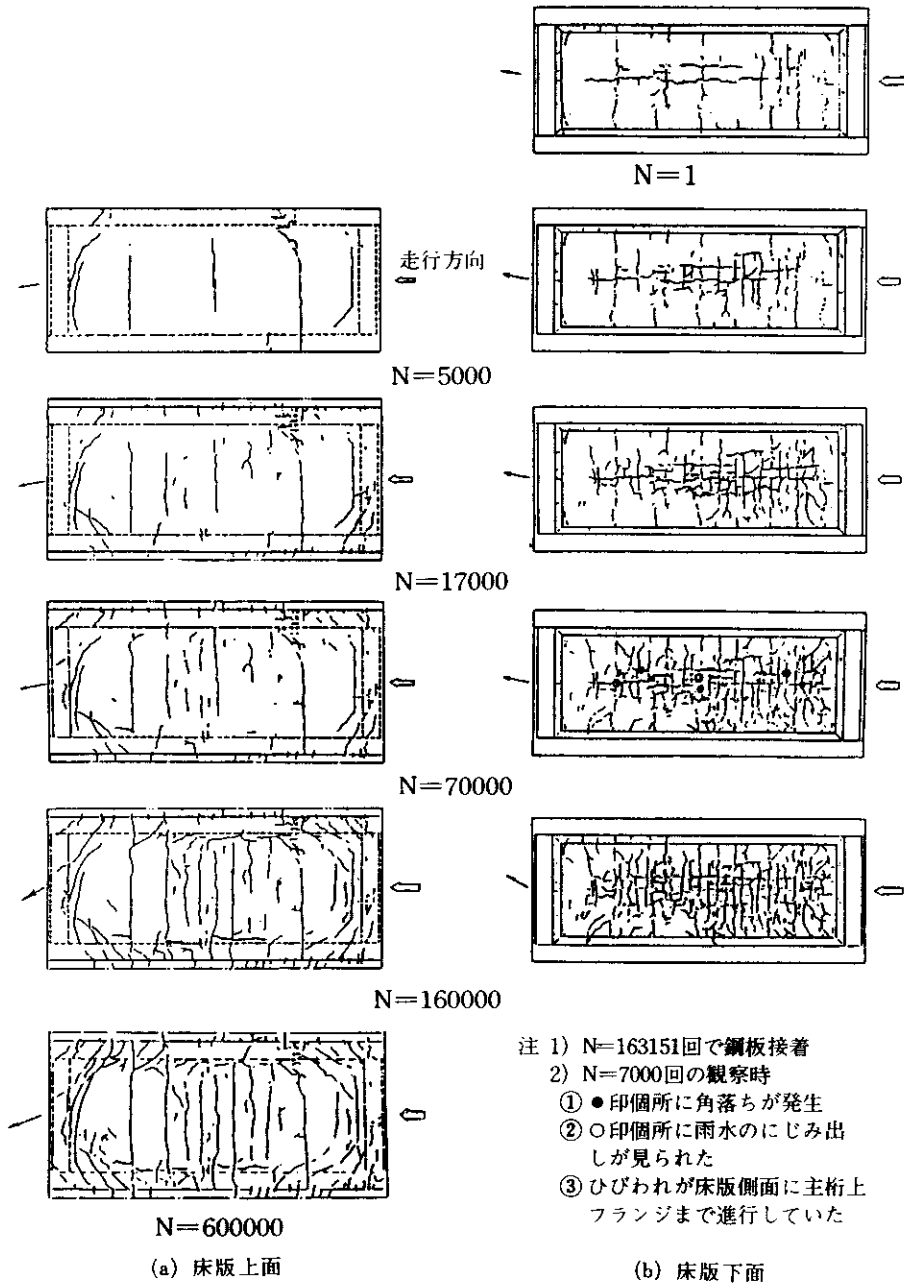


図-9 ひびわれ進展状況 (供試体No.3)

(8) ひびわれ密度

図-10に供試体No.5, 6についての走行回数とひびわれ密度の関係を示す。同図には鋼板補強した供試体No.1~4の鋼板補強時のひびわれ密度も合わせて示してある。なお、ひびわれ密度は格子密度法により、メッシュ間隔を20cmとし、算定対象面積は床版中心より橋軸直角方向へ80cm、橋軸方向へ2mの1.6m<sup>2</sup>として計算した。

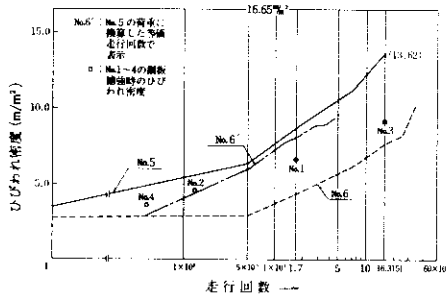


図-10 ひびわれ密度 - 走行回数の関係

走行試験中の輪荷重の大きさは外側と内側で異なっており、数回の測定の前平均値で内側輪5.175t外側4.315tとなっていた。そこで、No.6 供試体については内側輪荷重を基準として松井の式により等価走行回数を求め、No.6'として示している。また、図中のひびわれ密度16.65m/m<sup>2</sup>は平均ひびわれ間隔が鉄筋間隔となった場合のものである。これより、本供試体では、ひびわれ密度15m/m<sup>2</sup>程度で破壊すると考えられる。また、橋軸方向ひびわれ密度は橋軸直角方向のそれより小さい。これは鉄筋ピッチによると考えられる。

(9) 補強鋼板のはくり状況

鋼板補強した供試体のうち、たたき点検によって、はくりが見られた供試体No.3, 4についてその状況を図-11に示す。

供試体No.3は、損傷度が極めて高い状態で補強したもので、補強後、わずか6万回ではくりが拡がっている。また、供試体No.4は、損傷が極めて軽微な状態で補強したもので、施工当初より小

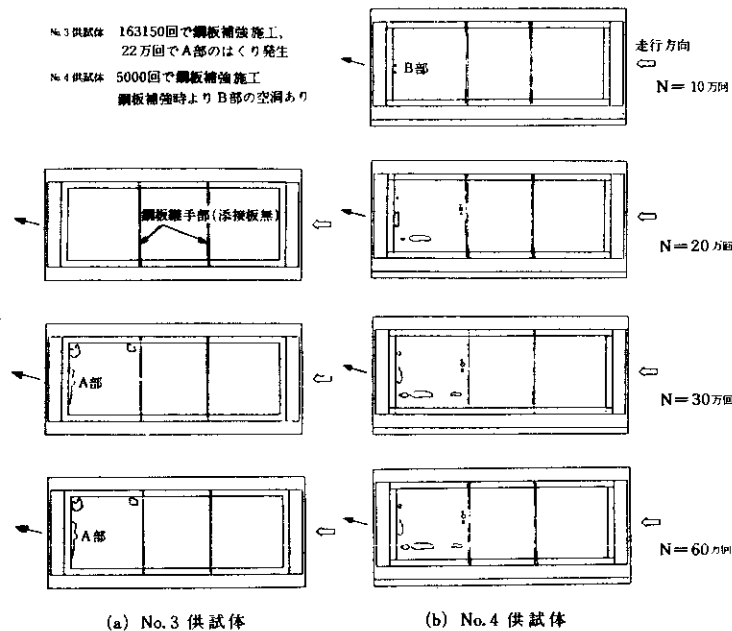


図-11 鋼板のはくり状況

なはくりが見られたが、 $N=20$ 万回付近から拡大傾向を示している。

以上の結果から、次のようなことが言える。

- ① 鋼板のはくり現象は、鋼板周辺部より順次拡大する。
- ② はくり位置は、床版上面ひびわれに影響される。
- ③ いずれの供試体でも輪荷重が床版から出る側に生じている。

### 3. 考 察

前章で述べたように、疲労試験における床版たわみ、鉄筋応力および鋼板応力等が2～6万回でピークとなり、それ以降、漸減する傾向を示しており、既往の室内試験結果と異なっている。

この要因としては、定量的な説明は困難であるが、定性的には次のように考えられる。

図-5に示すたわみ-走行回数関係で、たわみ値(載荷時-無載荷時)がピークとなった時期は夏期(7, 8月)である。したがって、床版上下面の温度差が大きく、無載荷時には下面に生じたひびわれが温度応力により閉じ、見かけ上の床版剛性が高くなるが、載荷時には荷重によりひびわれが開き急激な剛性の低下を来す。その結果、たわみ測定値が大きくなった。一方、試験時期が秋・冬期になるにつれ、温度による床版のたわみ方向が荷重載荷の場合と同方向となり、上述の床版の見かけ上の剛性増がなくなり、たわみが減少したと考えられる。

また、内・外側供試体のたわみ傾向の相違は床版の損傷度に係わり、損傷度が高いほど床版の見かけ上の剛性変化が大きいと推定できる。

次に鋼板補強時の床版損傷度について考えてみる。当初の計画では、たわみを主として判定することを考えていたが、前述のように温度変化の影響により、たわみによる判定が困難である。そこで、ひびわれ密度による判定を行った。

鋼板補強時等のNo.1～6供試体のひびわれ密度を図-10に示した。この結果を無次元化して表すと、図-12のようになる。ここで $D_f$ 、 $N_f$ とし

ては、それぞれ16.315万回、13.62m/m'を用いた。これはNo.5供試体の破壊( $N=16.315$ 万回)直前の $N=16$ 万回での、ひびわれ密度が13.62m/m'であり、ほぼ出尽くしていると考えられることによる。同図には実橋における判定基準も合わせて示している。これより、鋼板補強したNo.1～4供試体の補強時の損傷度は、No.1-A, No.2, 4-C, No.3-と考えられる。

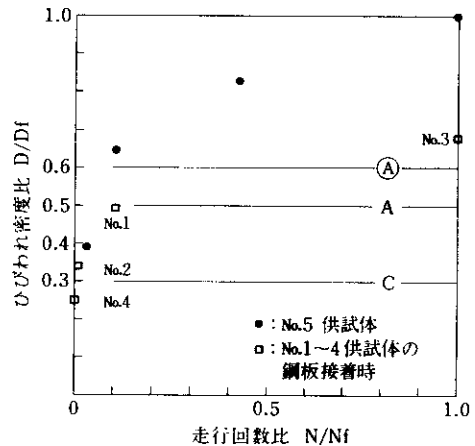


図-12 ひびわれ密度と走行回数との関係

試験終了時に鋼板のはくりが観察された、No.3, 4供試体について行った切断調査の結果(写真-1, 2参照)、

- ① No.3供試体では床版主鉄筋方向切断面には押抜せん断ひびわれと考えられるひびわれが形成され、破壊直前であった。写真中の赤いものは注入した樹脂で、深くまで浸透しているのがわかる。
- ② No.4供試体では、ひびわれはほとんど進展していない状態であった。

ことから、上記の判定は妥当であると思われる。

以上のことから、全面鋼板接着工法はRC床版の補強方法として有効であり、損傷度別に見た場合、どのランクで補強しても良いと言える。

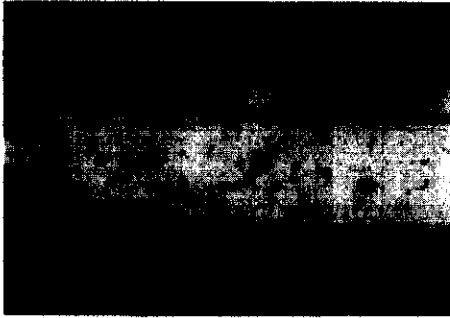


写真 - 1 No.3 供試体

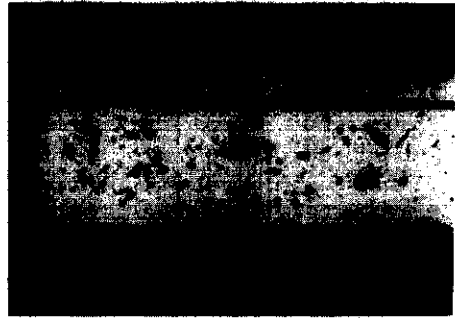
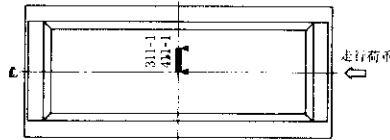


写真 - 2 No.4 供試体

写真撮影位置



## あとがき

現在、阪神高速道路公団でRC床版の補修方法として実施している全面鋼板接着工法の有効性および耐久性からみた場合の最適補強時期について走行載荷装置を用いて検討した。その結果、全面鋼板接着工法は道路橋RC床版の補修工法として有効であることが確認できた。

本試験では、補強時期による有意差はなかったが、疲労試験としては供試体数が少ないので、実橋補強床版の追跡調査等により、本試験結果の妥当性を、さらに調べる必要があると思われる。また、No.5 供試体は16.315万回で破損したが、当供試体はN = 7万回でひびわれ貫通による下面への雨水の浸透が生じており、破損当日も降雨があった。このことは、水がRC床版の疲労強度低下の要因の一つであることを示しており、今後は水の影響に関する研究を行わねばならないと思われる。

最後になりましたが、本研究を進めるにあたって、ご指導をいただきました阪神高速道路管理技術センターに設置したコンクリート構造物の耐久性に関する調査研究委員会（委員長 岡田京都大学名誉教授）の委員各位、特に同委員会第一分科

会の園田主査および松井委員に感謝します。また実験の遂行ならびに解析にご尽力して下さいました住友金属工業㈱の山川、喜田、部坂の各氏およびオリエンタルコンサルタンツ㈱の橋場、山田の各氏、元同社の大滝氏にも感謝します。

## 参考文献 1

- 1) 道路構造物の点検標準（土木構造物編）  
昭和60年 9月 阪神高速道路公団
- 2) 床版補強設置方針 昭和57年 5月  
阪神高速道路公団
- 3) 例えば、床版補強の設計施工に関する調査設計報告書 昭和55年 3月  
阪神高速道路管理技術センター
- 4) 例えば、岡田清編 道路橋鉄筋コンクリート床版のひびわれ破壊機構と合理的設計法に関する研究 昭和55年 3月
- 5) 松井繁之、博士論文