

(37) 鋼板接着工法により補強したRC床版の疲労性状

大阪大学工学部 松井繁之 大阪工業大学 栗田章光
 大阪市立大学工学部 中井 博 大阪市土木局 黒山泰弘

1. まえがき

RC床版の補修・補強工法として現在までに開発された主なものは、床版スパンを短くし断面力を減少させる縦桁増設工法、鋼板を床版下面に接着し合成させ板剛性を増大させつ鋼板接着工法、床版上面の舗装を除去しコンクリートを打ち足す増厚工法、さらには全く新しく作り換える方法がある。一般に都市内道路においては交通の長期閉鎖が許されず、やむなく床版下面からの補修対策を講じる必要があり、前2者の工法が多用される。しかし、これまでこれらの工法に対する効果評価の報告は少く、十分な信頼性は与えられていない。特に、鋼板接着工法については合成効果の持続性、床版上面からの雨水の浸透による鋼板腐食、さらに耐久性につての評価が少い。筆者らは、幸いにも旧阪堺大橋の撤去に際し、現場載荷実験をし、さらに、未補強RC床版とこの鋼板接着工法を施した床版を切り出し、各種の疲労実験を行なう機会を得た。特に、一部の床版においては輪荷重重走行試験機による実験を行い、本工法の信頼性、安全性評価に関する基礎的資料を得ることができた。

2. RC床版の補強工法に関する既往の研究と問題点

これまで鋼板接着工法の効果評価のため、多数の基礎実験、および、実物大床版供試体による実験研究が行われている¹⁻¹⁴⁾。これらの成果を概説し、評価の現状をのべたい。

2.1 基礎的研究

文献1)の研究では、図1に示すような梁供試体に6mm厚の鋼板を接着し、静的試験・疲労試験によって、(a)コンクリートの初期ひびわれの有無の影響、(b)樹脂の注入法と圧着法の違い、(c)樹脂の養生条件の違い、について基礎的研究を行っている。その結果、以下の結論を得ている。

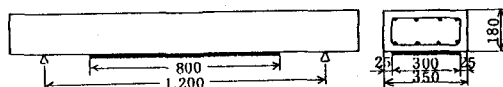


図1 文献1)の供試体

の養生条件の違い、について基礎的研究を行っている。その結果、以下の結論を得ている。

(1) 鋼板を接着した部分の耐力は向上したが、鋼板端部でひびわれが生じ、無補強版と同程度の荷重で破壊する。(2) 補強後の床版の弾性挙動は引張側コンクリート無視の合成断面で説明できる。また、ひびわれの影響はない。(3) 樹脂の施工法および養生条件の違いの差はない。(4) 鋼板の応力振幅で約 600 kg/cm² で疲労実験したが、静的と同様に鋼板止端部コンクリートのひびわれが増大して破壊した。

以上から、基本的には鋼板接着工法の効果は認められたが、鋼板止端の位置について今後の検討が必要であることを示唆した。

文献2,3)では、建設省の昭和47年度建設技術研究補助金を得て行った床版補強工法に関する研究を報告している。研究内容は、(1) 1.5×0.35×0.18m の梁供試体による鋼板接着工法とFRP接着工法の基礎的研究で、2.1 の研究と対になるように、a)鋼板厚さの影響、b)接着材層の厚さの違い、c)鋼板の接着長さの影響、d)1枚の鋼板と細幅の鋼板を並列して接着した場合の比較 等を基本的に検討するための静的載荷試験、および、(2) 3.0×6.0mの実物大の床版供試体による静的載荷実験と縦桁増設工法の基礎実験である。

これらの研究から、鋼板接着工法については、やはり鋼板とRC床版は合成され耐力も増大するが、鋼板の止端が弱点になることが強調された。

さらに、一般に本補強工法は交通開放下で施工されるため、交通による振動、たわみ変形、ひずみ等の影響が樹脂の充填性、硬化性、ひびわれ等に及ぼすことが考えられる。このため振動下での施工を実験で再現した模型供試体実験および実橋実験が行われた。その結果、樹脂の硬化中に振動があってもほとんど影響なく

良好な施工性が達成されると報告している⁴⁾。

2.2 実物大供試体による疲労実験 阪神高速道路公団では昭和52、53年度に「鉄筋コンクリート床版補修設計委員会」を設置し、鋼板接着工法に関する数多くの実験・解析を行い本工法の設計法の確立に努力した⁵⁻⁹⁾。その後も現在までコンクリート構造物の健全度に関する調査研究委員会を常設し、進んだ研究を継続している。これらの研究委員会の主な成果として以下のようなものが特筆できる。

(1) 4.5mm の鋼板接着によって曲げ耐力は3倍に増大するが、せん断耐力の向上は期待できない。ただし、ひびわれ床版のせん断耐力の回復は期待できる。(2) 構造細目に関して、a)鋼板の端部はハンチ下端まで延ばすのがよい。b)ハンチ部のアンカーボルトは鋼板の剝離に対して効果が高い。c)橋軸方向での鋼板継目は添接板で連続させるのが望ましい。(3) 実橋床版の追跡調査から4年間の実用に対し全く劣化は見られない。約6年半経過した床版で接着していた鋼板をはがし、鋼板の錆の有無、および、樹脂の接着性の有効性を調査したがほとんど問題がなかった。(4) 鋼板接着工法は正曲げモーメントに対して補強するものであるが、モーメント分配により主桁上の負の曲げモーメントに対しても効果を与える。

2.3 その他 実橋における鋼板接着工法の効果評価に関しては多数の報告がある。これらは主に、施工後の現場載荷実験による評価であり、たわみの減少量と鋼板の発生応力によって評価している。

2.4 問題点 以上のような既往の研究から、おおむね鋼板接着工法は効果の高いものであることは理解できる。しかし、床版では現実の自動車の走行性を考慮した荷重下での疲労強度、疲労信頼性の評価が必要である。また、走行荷重ではどのような破壊性状が現われるかを観察し、今後の設計の基礎資料にする必要がある。これらの問題点の解決のため、旧阪堺大橋での現場載荷実験、および、切り出し版による室内実験を行った。特に、輪荷重走行試験機による疲労実験を実施することにした。

3. 旧阪堺大橋床版の特長と静的荷重下の評価

3.1 本橋床版の特徴 旧阪堺大橋は1径間15.86m、主桁間隔3.0m、幅員15.24mの上路式非合成プレートガーダー14連からなる橋長222.456mの橋で、昭和2年に架設された。大阪府道尼崎線の大和川に架かる橋である。昭和43年に市電の廃止に伴い道路橋として床版が打換えられた。そして、1部床版の劣化が激しいこと、および、新橋の橋脚部の杭打ち作業による振動が床版に悪影響を与えると判断され、昭和53年に一部の床版が鋼板接着工法によって補強された。

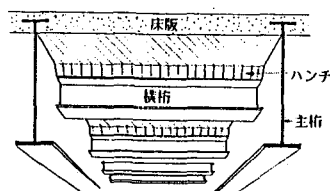


図2 旧阪堺大橋の床版構造

本橋上の交通は非常に苛酷なものであるが、未補強床版は比較的ひびわれが少なかった。この理由として本橋の床組の構造上の特長が考えられる。すなわち、図2に示すように、床版は主桁と約1.5m間隔で密に配置された横桁によって支持された連続版であったためである（主鉄筋が車両進行方向に配置され、車両進行方向に連続な版）。さらに、横桁上で幅の広いハンチを設け、実質的に床版スパンをより短くしていたことが考えられる。ただし、床版と主桁の結合は図2でわかるように単に主桁上フランジを床版内に埋め込んだ非合成型式であるため、ほとんどの床版は主桁上フランジに沿って貫通のひびわれを発生していた。主桁上で連続していたのは上側配力鉄筋だけであり、せん断剛性、曲げ剛性とも極端に小さかったためである。

昭和58年、橋脚の劣化が激しいこと、および、交通容量が小さいこと等の理由から、本橋が撤去されることが決定され、本橋梁の耐力、残存寿命、劣化診断等を総合的に行うことになり、一連の調査研究を進めた¹⁰⁻¹⁴⁾。床版に関しては現場載荷実験および室内実験を行うこととなり、未補強床版と補強床版との比較において研究することにした。

3.2 静的載荷による補強効果の評価 現場で床版を切り出す前に、トラック載荷実験とジャッキによる静的破壊実験を行った。トラックの載荷は図3に示す2～7の6パネルとした。各パネルの中央に片側後輪を載せたわみを測定した。一方、破壊試験は図3中のハッチングした2径間6パネルで行った。現場で載

荷装置を組み、破壊まで載荷した。

(A) トラック載荷による未補強床版の劣化度

著者の1人が、たわみおよびひびわれ密度から床版の劣化度が評価できると考え、たわみおよびひびわれ密度による劣化度判定法を提案しており、その判定法に基づいて、本橋床版の劣化度を判定することにした。¹⁵⁾

たわみ結果の一例を図4に示す。図に2つの理論値を記したが、劣化度判定式(1)に必要な値である。

$$D\delta = (W - W_0) / (W_c - W_0) \quad (1)$$

ここに、W：実測たわみ

W₀：コンクリート全断面有効の理論たわみ、

W_c：引張側コンクリート無視の理論たわみ。

ひびわれ密度は図5に示したように1パネルの床版下面に対し、ハンチを省いた太い実線で囲まれた面積で評価した。ひびわれ密度による劣化度判定には(2)式を用いた。

$$Dc = Cd / 10.3 \quad (2)$$

ここに、Cd：測定したひびわれ密度。

さて、全判定結果を図6に示した。伸縮継手に近い第2パネルを省いて、劣化度は0.3と評価できる。この結果からほとんど劣化していないと言え、床版スパンが短いことが劣化を抑えていたと考えられる。

(B) ジャッキ載荷による鋼板接着工法の補強効果の評価

におけるより詳細な挙動および耐荷力を調べるためジャッキによる破壊実験を実施した。この実験から得られた床版中央の荷重-たわみ曲線を図7に、最終耐荷力を表1に示した。

1) 荷重-たわみ曲線からの効果評価 舗装を付けたままの未補強床版JS、JTの弾性範囲内である30tまでの傾きは補強床版JP、JR、JQの傾きの約3倍となった。この比から補強効果が評価できる。

まず、両床版の残留剛性について考察する。表2は未補強床版の各種状態の断面剛性である。先に示した劣化度から、主鉄筋断面、配力鉄筋断面ともひびわれ深さが等しいと仮定すると、最後の欄に示した剛性であると推定できる。一方、補強床版は、鋼板の厚さを4.5mm、樹脂層の厚さを8mmと推定し、さらに、樹脂の充填によりコンクリートが全断面有効の状態に戻ったと仮定すると、主鉄筋断面、配力鉄筋断面とも約79000 cm⁴/m となる。

さらに、補強床版は等方性床版と仮定できるが、未補強床版は異方性床版であるため、この異方性によるたわみ増加を考慮する必要がある。

表2 R C床版の剛性 (cm⁴/m)

断面	全断面有効剛性	引張側無視剛性	推定剛性
主鉄筋断面	52500	15000	32400
配力鉄筋断面	49700	7300	20300

表1 最終耐荷力(t)

未補強床版	
JS	JT
175	168
補強床版	
JP	JQ
179	150
	165

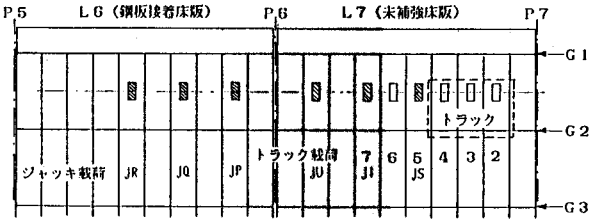


図3 現場載荷実験パネル

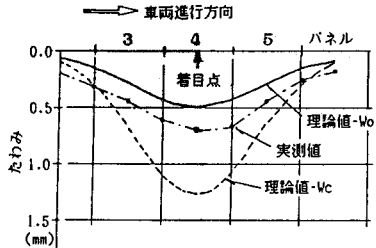


図4 パネル4の床版中央点のたわみ状況

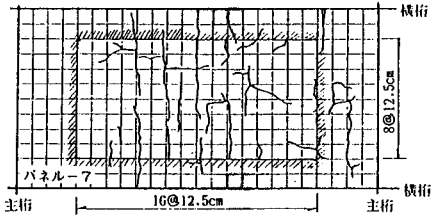


図5 パネル7のひびわれ状況

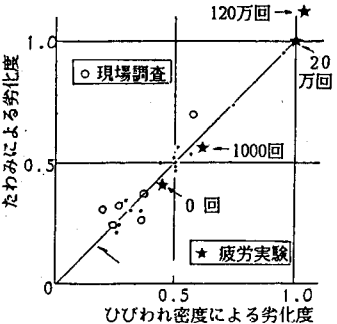


図6 劣化度判定結果

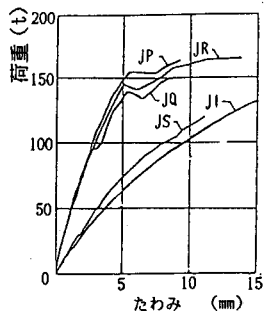


図7 ジャッキ載荷の荷重-たわみ結果

図8に異方性度とたわみの関係を示したが、推定剛性の比から等方性板と仮定した場合より約1.14倍増大することになる。

よって、実剛性を用いると、未補強床版のたわみの補強床版のたわみに対するたわみ比の推定値は次式ようになる。

$$\text{たわみ比} = (\text{補強床版主鉄筋断面の剛性} \div \text{未補強床版主鉄筋断面の剛性}) \times \text{異方性による増加率} \quad (3)$$

実剛性を入れて計算すると2.77となる。この結果は実験値より若干小さ目であるが、未補強床版の剛性の推定誤差を考慮すると妥当なものと言える。以上から、補強床版は、約5年の供用後においても、RC床版と鋼板は合成され、かつ、コンクリートが全断面有効の状態を保持していると結論づけられる。

2) 最終耐力からの評価 表1より、未補強の平均は約170tで、補強床版の平均は165tとなっており、両者には有意の差はないことから、鋼板接着工法は最終耐力に対しては効果はないと言える。最終破壊はRC床版特有の押し抜きせん断破壊を呈し、鋼板は静的せん断耐力の増加をもたらさないと考えられる。しかし、図7から、合成効果・補強効果は約150tまで持続したことは評価してよい。

3) 総合評価 静的荷重下において、鋼板接着工法は実用上大きな補強効果を有する。

4. 室内実験の方法

4.1 供試体 疲労性状を調べる供試体は運搬の関係上、図9に示す主桁と横桁で囲まれる1パネルとした。主桁および横桁を付けたまま切り出した。コンクリート部の寸法は2100×2800mmであった。表3に示すような間隔で主鉄筋・配力鉄筋が配置されていた。補強鋼板は5mm厚であった。接着した鋼板の寸法・アンカ・ボルトの配置状況は図10に示す通りであった。

なお、使用材料を機械的性質は表4に示す。

4.2 実験の種類と方法

供試体として未補強床版3体、補強床版3体を用意し、これらを表5に示す3種の実験に割り当てた。

(A) 静的試験 実橋は複雑な境界条件を持っている

ため、単純な条件下で耐力力を調べる目的で1体を静的破壊試験にまわした。載荷位置は版中央で、載荷板として輪荷重走行試験の場合と同様の30cm×12cmとし、長辺を横桁と直角になるように置いた。支持条件は横桁が沈下しないようにしたのでその上で単純支持、他の2辺は主桁と縁切れているので自由と考えられる。

(B) 一定点載荷による疲労実験 本実験は従来の疲労実験結果と比較すること、ならびに、基本的な疲労性状を見るため実施した。本床版では載荷面を示方書の50cm×20cmとし、長辺方向を実橋通りに横桁に平行とした。測定項目は、たわみ、鉄筋ひずみ、目視によるひびわれ観測、たたき点検による補強鋼板の付着切れ等である。

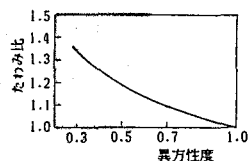


図8 異方性とたわみ比の関係

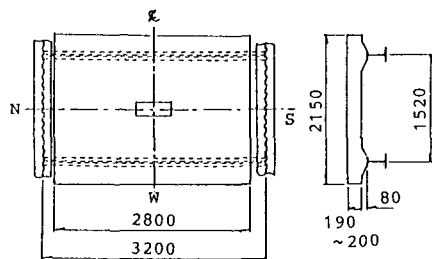


図9 供試体の採取状況

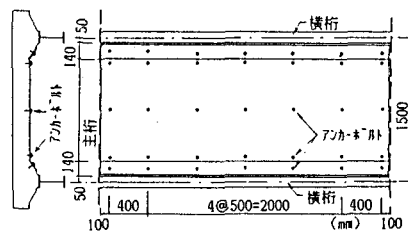


図10 鋼板接着状況

表3 配筋状態

		主鉄筋断面	配力鉄筋断面
上側鉄筋	径	φ15.7	φ12.5
	間隔	37 cm	31 cm
	有効高	5.7cm	9.0cm
下側鉄筋	径	φ15.7	φ12.5
	間隔	12.1cm	15.5cm
	有効高	15.8cm	14.9cm
	かぶり	3.3cm	4.75cm

表4 材料の性質

コンクリート		ck = 330 kg/cm ² E = 3×10 ⁵ kg/cm ²
鉄筋	φ16	σ _y = 3450 kg/cm ² σ _t = 5300 kg/cm ² E = 1.84×10 ⁶ kg/cm ²
		σ _y = 3580 kg/cm ² σ _t = 5300 kg/cm ² E = 1.85×10 ⁶ kg/cm ²
	φ13	

表5 供試体と実験種類

	未補強床版	補強床版
静的試験	1	—
一定点載荷	1	1
輪荷重走行試験	1	2

(C) 輪荷重走行試験機による疲労実験

RC床版の抜け落ち現象は当然疲労と考えられるが、このような破壊に至る主因は自動車が移動することであると着眼し、輪荷重を走行させる試験機が開発された。この試験機による疲労データから、実橋RC床版の破壊状況がシミュレートできること、および、疲労寿命が推定できることが明らかになり、道路橋RC床版の疲労実験方法として有効なものである。

さて、本試験装置の機能、および、近年のRC床版ではその主鉄筋方向が車両進行方向に直角である1方向版が多く、かつ、床版補修するのがこの種の床版に多いということから、荷重の走行方向を実際の走行方向から90°変化させることにし、基礎資料を得ることにした。載荷面積は30cm×12cmで、

この面積をもって床版中央から±75cmの範囲で荷重を往復走行させることにした。なお、2つの供試体の走行位置は図11に示す通りで、補修床版IIではハンチ部でのせん断耐久性を評価するため、走行中心を約22cm偏心させた。測定項目は(B)と同様である。

5. 実験結果と考察

5.1 静的耐荷力

実測結果は40tであり、著者の1人が提案した押し抜きせん断耐荷力式¹⁶⁾を用いた計算値は43tであり、ほぼ一致していると言える。なお、実橋の耐荷力は舗装を除いたJ1で110tであり、載荷板として50cm×20cm、方向を長辺が横桁に平行としたため、このように耐荷力が増大した。この場合の計算値は100tであり、やはりよい一致を見た。

5.2 一定点載荷による疲労実験結果

(A) 未補強床版 載荷荷重の履歴を表6に示す。まず、外観的に、第2段階の荷重24tで400万回までほとんど異常はなかった。第3段階に入ると約50万

回で載荷板直下の引張側主鉄筋1本が疲労破壊し、86万回までに5本の主鉄筋が疲労破壊した。これらの破壊は一定点載荷の特徴であり、鉄筋が降伏ひずみ以上のひずみ振幅で繰返し載荷されるためである。床版の押し抜きせん断耐荷力は約72.5tと推定されるので、P/Psは0.51となり、既往のS-N曲線と比較すると図12のようになり、これまでの実験値とほぼ一致する疲労寿命を有する床版であったと評価できる。¹⁷⁾

(B) 補強床版 補強床版は疲労強度が高いことが予想されたため、

第1段階から22t振幅で200万回まで載荷した。この間、鋼板の付着破壊は全く見られなかった。200万回以降の第2段階では37tに最大荷重を上げ、35t振幅の繰返し載荷を300万回まで行ったが、この荷重下でも全く異常が発生しなかった。実験を計500万回で中断した。

図13は床版中央のたわみ変化図であるが、全く安定していることが認められる。実測の活荷重たわみは、

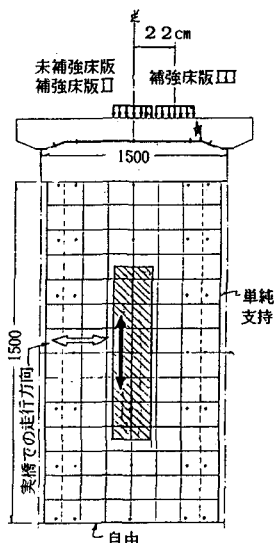


図11 輪荷重走行位置

表6 一定点載荷試験における荷重履歴

	荷重 (t)	回数 (万回)
未補強床版 I	2-13	200
	2-24	200
	2-37	86
補強床版 I	2-24	200
	2-37	300

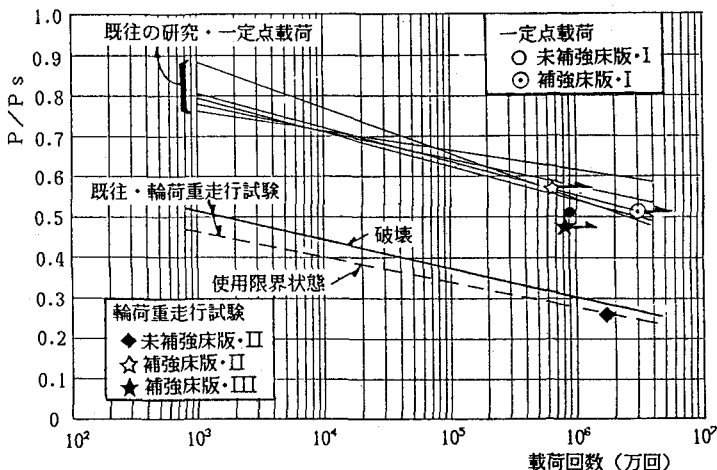


図12 S-N結果の比較

37 tの載荷でもまだ全断面有効と引張側無視の両理論値の中間にあり、合成床版として健全に挙動していることが理解できる。

未補強床版と疲労寿命を比較すると最低でも3倍の延びがある。

今回の疲労実験ではハンチ部の剝離は全く発生せず、鋼板をハンチ下端まで伸ばした効果の大きいことも確認できた。

5.3 輪荷重走行試験機による疲労実験結果

走行試験での各供試体の載荷履歴を表7に示す。

(A) 未補強床版の結果 本床版の静的耐荷力が40 tであったことから、本実験では約100万回程度で破壊するよう荷重を13 tと決定した。しかし、実際には10.9 tしか作用していなかったため寿命が延びた。そこで、床版下面のひびわれ密度の判定で使用限界状態に達した時点で実験を終了した。図14は実験開始前と終了時のひびわれ状況である。一定点載荷の場合よりひびわれが多く発生しているのは、荷重載荷面積を小さくしたこと、および、荷重の移動載荷効果のためである。この最終ひびわれ状況からひびわれ密度が約10.5と計算され、使用限界状態に達したと判断した。さらに、ハッチングしたひびわれに段差が見られ、角落ちが多く発生したことも判断の基準になった。途中のひびわれについても観察しひびわれ密度の変化状況を求めたが、図6に示すように変遷していた。

この使用限界状態の判定は図15に示したたわみからも判定できる。すなわち、活荷重たわみが約73万回で引張側コンクリート無視の理論値から顕著に増加した。実験後、床版をで切断したが、中央断面で図16に示すようなせん断破壊の前兆である斜めひびわれが発生していた。

本実験結果を図12の既往の同種のS-N結果と比較した。この結果からもやはり使用限界状態に達していたと言える。以上の結果から、まず、本橋の未補強床版の疲労強度はこれまでに得たS-N曲線で説明できることがわかった。

(B) 補強床版の結果 未補強床版の疲労寿命が大きいことから表7に示すような荷重を載荷した。鋼板の破壊性状を観察することが第一目的であるた

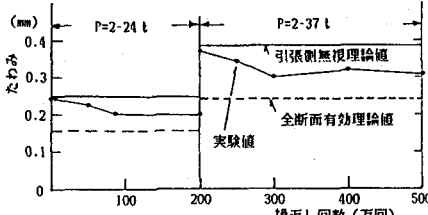


図13 載荷点下の最大たわみの変化状況

表7 走行試験における荷重履歴

	荷重 (t)	回数 (万往復)
未補強床版 II	10.13	2
	10.93	79
補強床版	10.93	15
	16.54	40
	21.80	45
	24.78	21
補強床版 III	20.54	41

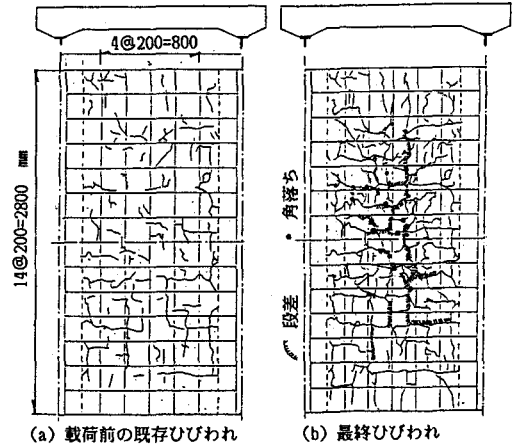


図14 未補強床版下面のひびわれ状況

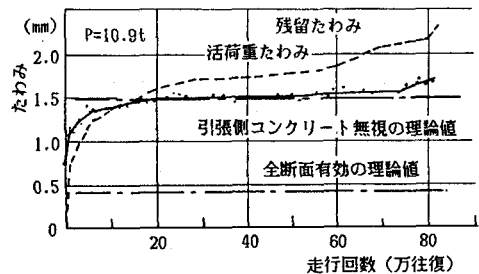


図15 未補強床版・床版中央点のたわみ変化状況

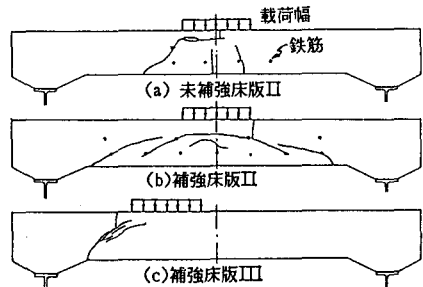


図16 中央横断面におけるひびわれ状況

め、疲労の進行が止れば荷重を増加させることにした。

結果の概要として、走行荷重による疲労実験でも鋼板接着工法を施した床版は非常に疲労寿命が向上し、この補強方法の安全性・信頼性は非常に大きいものであることが判明した。

図17は床版中央の最大たわみの変化状況である。補強IIでは16t載荷では全く安定していること、補強IIIでは22tの載荷でもやはり安定していることがわかる。未補強床版と比較すると、補強IIでは、25tの荷重を20万回載荷しても最大たわみは約1/2.5しか発生していない。

この25tの載荷終了時には図18に示したように鋼板の剝離は床版面積の約2/3まで発生していたが、たわみが少なく、かつ、安定していることから、鋼板の剝離は曲げ剛性を低下させる影響をもたないと言える。まだ十分な合成効果を残していることを物語っている。この効果の保持はアンカーボルトによるものと考えてよいであろう。ただし、剝離の影響は残留たわみには現われていた。鋼板の剝離は載荷前から両主桁付近だけが起っていたが、16tの荷重では増加の傾向はほとんどなく、第2列目のアンカーボルトがその進展を防止していた。

補強IIIでは40万回まで載荷したが、図18(b)に示したように最初の1万回までに剝離が荷重の偏心側で若干生じたが、それ以降は全く進行しなかった。これからもアンカーボルトのせん断補強効果の大きいことが認められる。

以上の補強床版2体の疲労結果がどのように向上したかを見るために、やはり図12のS-N曲線上にプロットした。未補強床版に25tないしは22tを載荷したならば約200回あるいは約2000千回で疲労破壊するものと考えられる。これらの数値と比較すると、鋼板補強することによって約200~2000倍以上も疲労寿命が向上したことになる。以上から、鋼板接着工法による床版補強は全く信頼性の高い工法であると結論付けてもよいであろう。

図19は活荷重たわみ分布を示している。ここで1つ興味ある考察ができる。すなわち、この図は荷重を25tに換算した場合の全荷重段階のたわみ分布である。この実験値に対し、理論値として鋼板とコンクリートが完全合成されていると仮定した単純板曲げ解析による2種を書入れ比較をしたが、引張側コンクリート無視の理論値を載荷初期から越えていると言う結果となった点である。このことは、鋼板接着床版はエポキシ樹脂とかぶり深さ程度のアンカーボルトしか使用していないため完全合成の状態となっていないことを示している。そこで、実験値を説明するため、エポキシ樹脂層のせん断変形を考慮して、不完全合成理論による解析を試みた。その結果、同図中に示すようにほぼ一致するようになった。ただし、この理論値には鋼板の剝離領域を考慮した。

また、用いた樹脂のずれ定数は樹脂のせん断弾性係数から推定し、樹脂の厚さを8mmと仮定した。

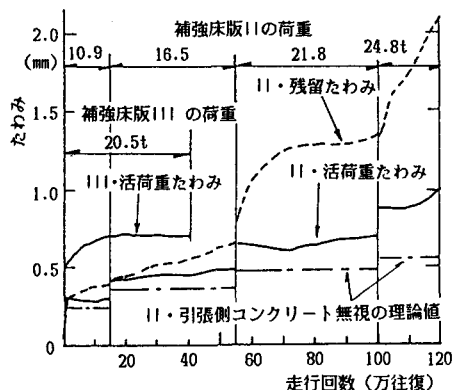


図17 補強床版・床版中央点のたわみ変化状況

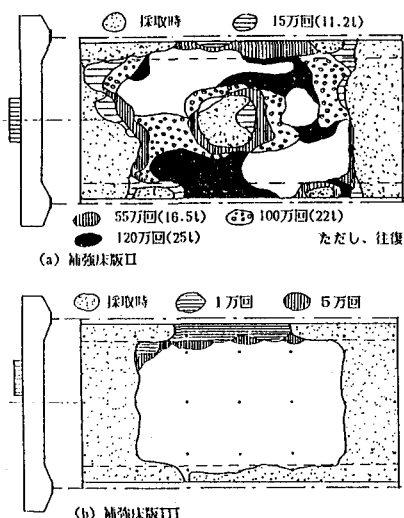


図18 補強床版の鋼板剝離状況

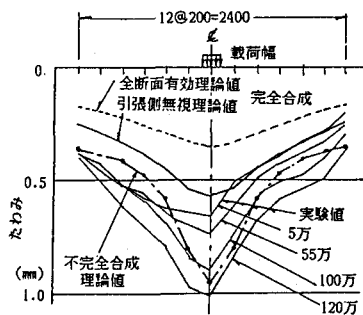


図19 補強床版IIの中央縦断面のたわみ分布状況

図16に試験終了後切断した補強床版の断面状況も示したが、せん断破壊の兆候であるひびわれが発生していた。これらのひびわれ発生があってもたわみが増加せず大きな荷重で耐えたのはアンカーボルトおよびエポキシ樹脂の接着効果のためであろう。事実、切断前に鋼板を強制的に剝離させたが、樹脂は鋼板あるいはコンクリートによく接着していた。

6. 結 論

本研究は現在RC床版の補強方法として多用されている鋼板接着工法の効果評価を実験的に行ったものである。ほとんどの供試体は疲労強度が高く、最終破壊するまでには至らなかったが、本工法が信頼性の高いものであるとの保証は出来たものと考えられる。鋼板接着工法はRC床版と鋼板が合成され、曲げ剛性を高めるだけでなく、せん断耐力をも向上させていると言える。

補強床版の疲労強度が非常に向上したのは、鋼板との合成のため変位が小さくなったこと、および、この結果としてひびわれ面でのこすり合わせが極端に拘束されるためであろう。

アンカーボルトは鋼板の剝離防止、および、合成効果の保持に大きな効果をもたらしている。鋼板の端をハンチ下端まで延ばし、ハンチ部でアンカーボルトによって固定することが好結果を与えた。

今後、さらに実験を行い最終破壊性状、最終寿命を調べたいと考えている。

謝辞 本研究は大阪市と長大橋技術研究会・旧阪堺大橋研究委員会の協力で行なわれたものである。さらに、疲労実験においては大阪大学卒業生および近畿大学卒業生の協力があつた。また、実験後の床版切断には(株)ショーボンド建設に御協力いただいた。ここに関係各位に謝意を表する次第である。

〔参考文献〕

- 1) 建設省土木研究所：鋼板接着による鉄筋コンクリート床版補強に関する研究、土木研究所資料 第 681 号、昭和46年4月。
- 2) (株)ショーボンド：鉄筋コンクリート床版補強工法の開発に関する研究、昭和48年3月。
- 3) 同上 (その2)、昭和48年3月。
- 4) (株)ショーボンド：振動中に補強した「鋼板接合法」の効果、ショーボンド技術資料シリーズ No. G-003、昭和51年3月。
- 5) 首都高速道路協会：床版補強の設計施工に関する調査研究(その1)報告書、昭和55年3月。
- 6) 首都高速道路公団、阪神高速道路公団、首都高速道路協会：床版補強の設計施工に関する調査研究(その2)報告書、昭和56年3月。
- 7) 同上 (その3)、昭和57年3月。
- 8) 阪神高速道路公団、阪神高速道路管理技術センター、コンクリート構造物の健全度に関する調査研究委員会：コンクリート構造物の健全度に関する調査研究業務報告書、昭和57年3月。
- 9) 阪神高速道路公団大阪管理部：既設床版鋼板補修箇所調査業務報告書、昭和59年1月。
- 10) 黒田、羽田野、松井：旧阪堺大橋の床版の現場載荷実験について、第39回土木学会年次学術講演会 1-190、昭和59年10月。
- 11) 武田、西堀、谷平：旧阪堺大橋の床版の破壊実験について、同上 1-191。
- 12) 内海、栗田、平城：旧阪堺大橋の床版の現場載荷実験について、同上 1-192。
- 13) 中井、亀井、黒山：旧阪堺大橋の健全性の調査研究について、同上 1-193。
- 14) 中井、松井、栗田、黒山、羽田野：旧阪堺大橋の実荷重特性と健全性の一考察、日本材料学会 第7回設計における信頼性工学シンポジウム 22、昭和60年12月。
- 15) 松井、前田、吉岡：RC床版のひびわれ損傷度の判定について、第40回土木学会年次学術講演会 1-498、昭和60年9月。
- 16) 松井、前田：鉄筋コンクリート床版の押し抜きせん断耐荷力の評価式、土木学会論文報告集 第348号/V-1、1984年8月。
- 17) 前田、松井：輪荷重移動装置による道路橋床版の疲労に関する研究、第6回コンクリート工学年次講演会論文集 [56]、1984。