

◇工事報告◇

府内大橋床版打替え工法の設計と施工

倉 迫 靖 夫*
 村 上 辰 己**
 花 田 久†
 福 本 泰 徳††

1. まえがき

近年、交通量の増大と車輦の大型化に伴い、道路橋床版の損傷が進み、打替えを余儀なくされる例が増えてきている。国道10号大分市内の府内大橋（旧橋）においても、竣工後25年を経過し、1日交通量は4万台以上に達するため、床版の損傷が著しく打替えが必要となった。

打替え工法の検討にあたって、交通量への対応が重要な条件となるが、片側1車線を供用しながら、片側半幅ずつ打替え施工を行うことが条件となった。

片側交通開放下の振動状態に対応でき、しかも急速施工できる工法として、国内では初めて本格的なプレキャストプレストレストコンクリート床版（以下プレキャストPC床版という）による床版打替え工法を採用し、昭和59年度、60年度の2年間で施工を完了した。ここに計画段階から、設計、施工、載荷試験等について報告する。

2. 府内大橋の概要

本橋は昭和35年に、国道10号が大分川を渡る地点に架設された、3主桁のゲルバータイプ溶接鋼板桁橋である。その後、42年に歩道部が増設され4主桁となっている。また55年には隣接して新橋が架設され、現在は4車線で運用されている。

旧橋の主な諸元は以下のとおりである。

- 場 所：大分市畑中～宮崎
- 路線名：国道10号
- 橋 格：1等橋（道示1956年）
- 構 造：（上部工）溶接鋼板桁ゲルバー橋
 （下部工）鉄筋コンクリート井筒基礎
 （床 版）鉄筋コンクリート床版

* 建設省大分工事々務所大分維持出張所長
 ** 建設省佐伯工事々務所道路管理課係長（前：大分維持出張所係長）
 † 富士ピー・エス・コンクリート（株）福岡支店技術部長
 †† 富士ピー・エス・コンクリート（株）福岡支店工務課（前：府内大橋工事所長）

橋 長：272 m (34.2 m + 5 × 40.6 m + 34.2 m)
 幅 員：8.0 m (車道) + 2.0 m (歩道)
 竣 工：昭和35年3月

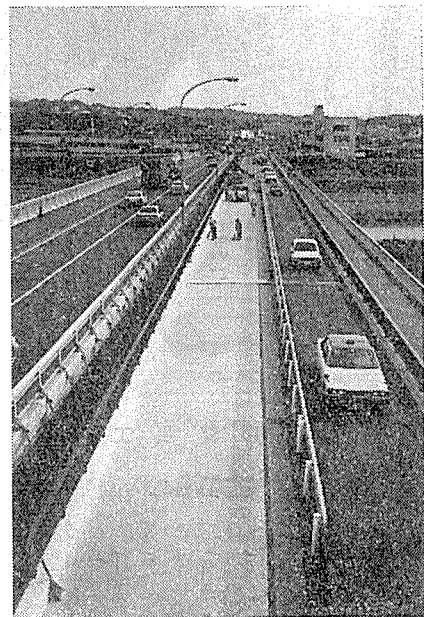


写真-1 橋梁全景

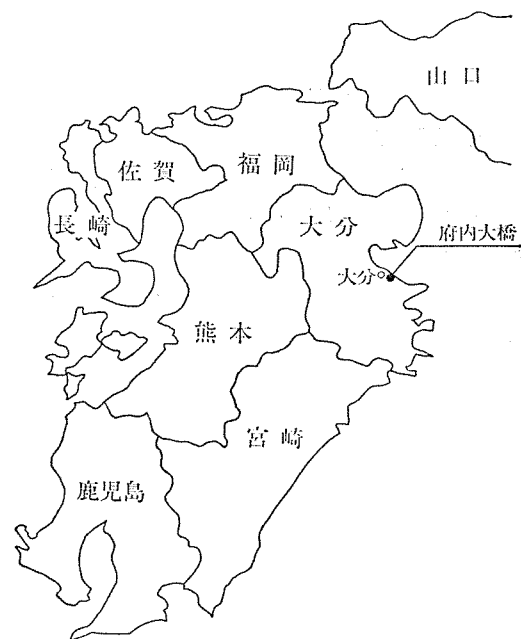


図-1 橋梁位置図

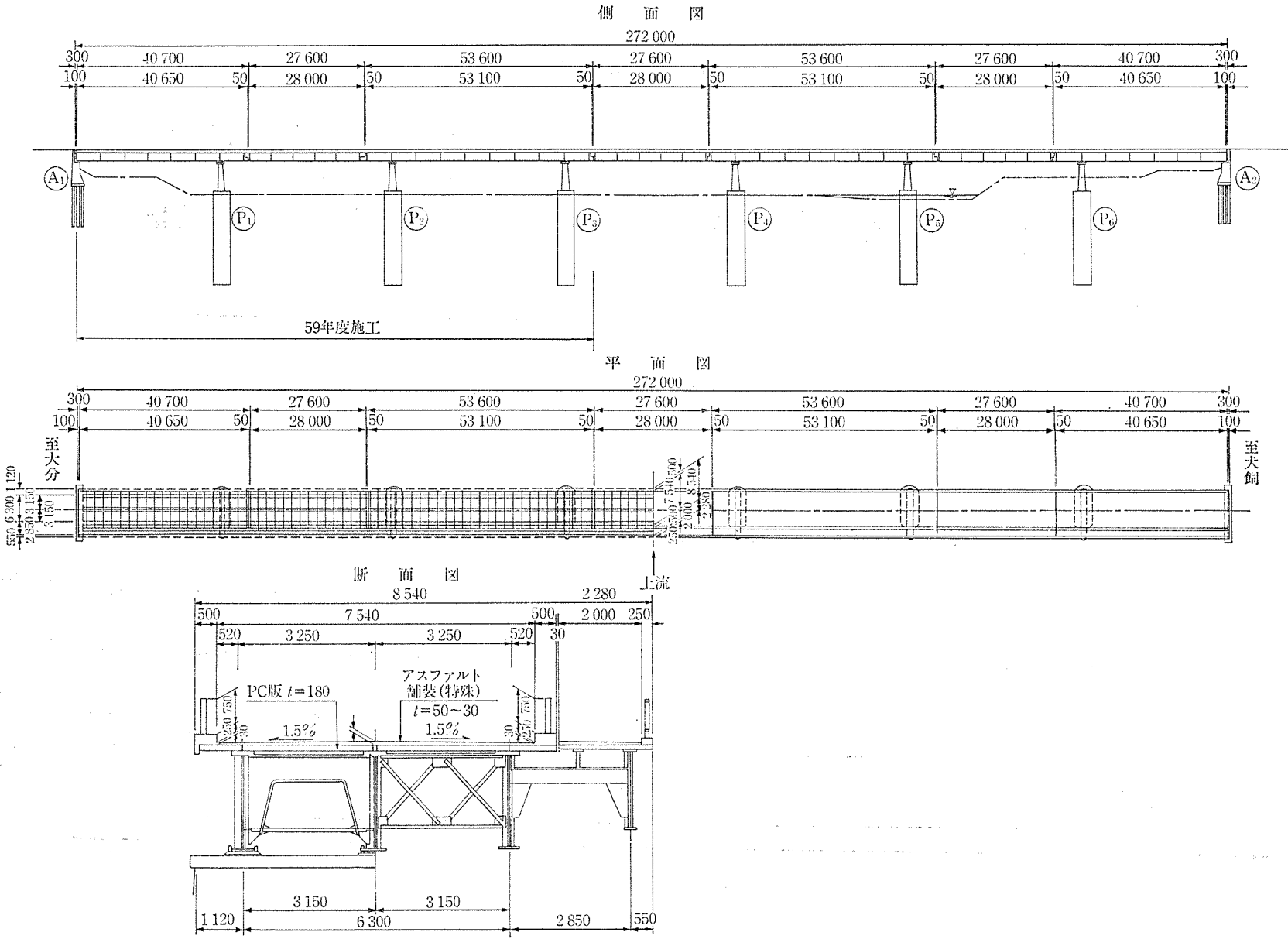
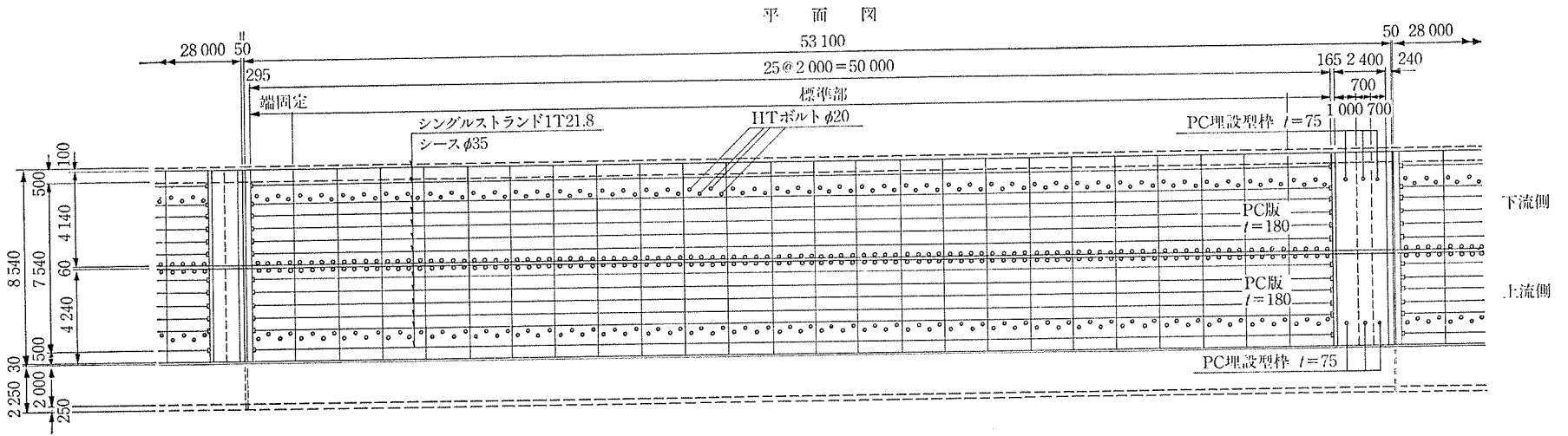


图-2 全体一般图



横断面図

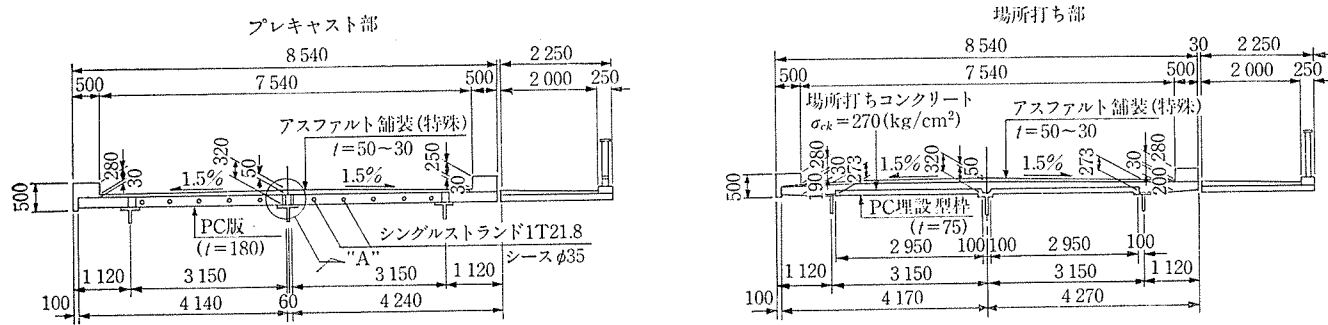


図-3 PC版配置図

3. 補修工法の検討

3.1 床版の損傷状況

本橋の床版については、主桁間隔 3.15 m に対し 18 cm 厚の鉄筋コンクリート床版となっていた。舗装が 5 cm のコンクリート舗装となっており床版と一体となっているが、床版の損傷状況は横断方向のひびわれが 1~2 m ピッチで貫通しており、そのひびわれ幅は 0.2~0.4 mm に達していた。過去に樹脂注入による補修がなされているにもかかわらず、各所に漏水のあとが見られ、錆じるが主桁をよごしていた。

この原因としては、交通量が著しく多いことはもとより、床版厚が薄いこと、配力筋が主桁の 25% 程度と少ないことなどがあげられる。このほかの条件として、橋体がゲルバー構造であるため、支点付近の床版が引張応力を受けるため、横断方向のひびわれが多く発生している状況がみられた。

3.2 交通量の現状と施工方法の選択

府内大橋は 35 年竣工の旧橋 2 車線と、55 年竣工の新橋 2 車線の 4 車線で運用されている。1 日の交通量は 4 万台を超えており、工事にあたり、これに対する適当な迂回路もないため、交通容量を現橋でもって確保せねばならない。

このため計画段階より警察協議を実施し、交通に与える影響について検討を重ねた結果、旧橋の 1 車線を供用しつつ、他の 1 車線について、打替え工事を実施することとした。

補修工法については、6 案について検討した。

- 1) 鋼板接着工法については応急的な処置であること
- 2) 場所打ち RC 床版については工期が長くなること、供用中の橋梁での場所打ちコンクリートの施工に不安が残ること
- 3) グレーチング床版、PC 合成床版はセミプレキャストの床版として場所打ち部を多く残すが、場所打ちコンクリートはできるだけさけるべきであること
- 4) プレキャスト床版工法として、SB 床版と PC 床版とがあるが、プレキャスト PC 床版が、施工性、耐久性、経済性の面で、1)~3) の難点を相当に

カバーして、すぐれていると考えられること等、検討の結果プレキャスト PC 床版工法の採用に踏み切るものとした。

4. プレキャスト PC 床版の設計

4.1 床版厚およびプレキャスト PC 床版の形状寸法

床版厚の決定については、主桁断面に余裕がなく、床版厚を現在の規定まで増厚した場合、主桁断面の応力度が許容値をオーバーするなどの問題が生じるため、旧床版厚と同一の 18 cm と決めた。床版の幅については製作、運搬上の制約より 199 cm とした。版長については片側幅員の 4.24 m (4.14 m) とした。1 枚あたりの重量は約 3.7 t となった。

4.2 プレキャスト床版目地部の設計

床版をプレキャスト化する場合の問題点の 1 つは、床版間にできる横断方向の目地（横目地という）、一次施工、二次施工の床版間にできる道路中心線に添った目地（縦目地という）、プレキャスト床版と主桁の接続部にできる目地（連結目地という）などの目地の設計をいかにするかである。目地部の不適切な処理は床版の耐久性を低下させる原因となるため今回の設計においても慎重な検討を重ねた。

結論として、部材間の空隙（目地部）については無収

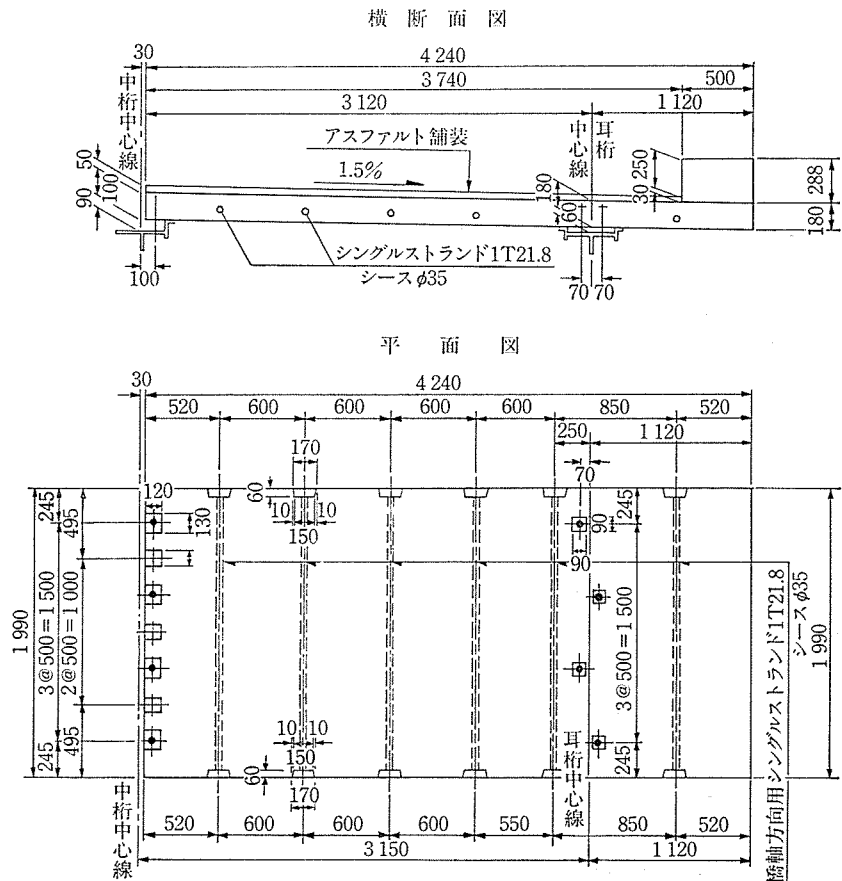


図-4 PC 版形状図

◇工事報告◇

縮グラウト材を充てんし密着させた後に、プレストレスによる軸力を与えることにより、ひびわれ発生を防止するとともに止水を完全にする構造とした。具体的には、横目地部に対しては床版に橋軸方向のプレストレスを導入し、連結目地部（縦目地部）については高張力ボルトを使用し、床版と主桁フランジを垂直方向に締付け軸力を与えるものとした。これらの軸力により長期間の輪荷重の繰返し応力に対しても充分抵抗できる構造とした。

4.3 プレキャスト床版の断面力の算出

プレキャスト床版の断面力の算出は、道路橋示方書に従い通常の一体床版として計算した。ただし中桁上の縦目地部の床版の連続性については無視し、支間中央の断面力については単純版として安全側の計算を行った。

縦目地部の床版の連続性については、構造的には期待しないが、過大なクラックの発生を防止するため、RC連続構造として計算し、鉄筋および連結鋼板を溶接により継ぎ連続構造とした。

床版に与えるプレストレスの程度は支間モーメントに対してはフルプレストレスとなるよう設計した。断面の不足する張出し部床版については、鉄筋を追加配置することにより PRC 部材（三種 PC）として設計を行った。橋軸方向のモーメントに対しては現場施工のポストテンション工法による縦締めによりパーシャルプレストレス部材（二種 PC 部材）として設計を行った。この結果、PC 版の設計基準強度を 550 kg/cm^2 とした。

4.4 施工時の床版の検討

今回の打替えの施工は半幅施工となるので、中桁上で旧床版を切断し、片側ずつ床版を打ち替えることになる。このため施工途中の供用状態に対して、中桁が床版の支持桁として期待できないので、中桁近くに仮設縦桁を配置し床版を支持させるものとした。この仮設縦桁は主桁ウェブ間を継ぐ仮設横桁にて支持する構造とした。これら仮設増桁は床版自重と輪荷重に耐えるよう設計を行った。

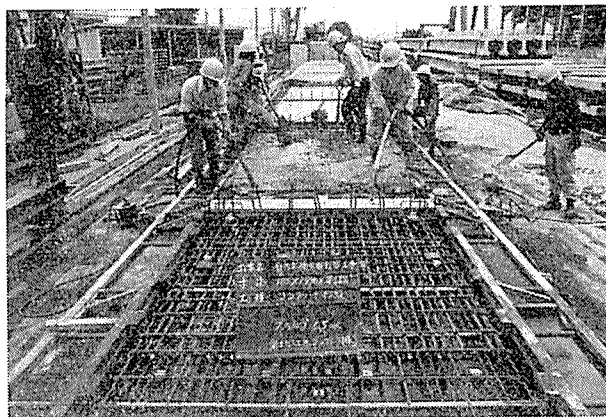
5. 施 工

5.1 PC 版の工場製作

PC 版はプレテンション PC 工場の製作ベンチにおいて製作した。PC 版の寸法が $2 \text{ m} \times 4.24 \text{ m}$ と大型となるため、特に PC 版の寸法精度には配慮し、底枠はメタル型枠とし据付け時のレベル精度は $\pm 1 \text{ mm}$ におさまるよう注意して据付けを行った。また床版取付けボルト部を補強する埋込み金具類については、取付け位置の精度を出すため底枠にボルト留めを行い固定した（写真—2）。

5.2 仮設増桁の取付け

仮設増桁の取付けは、交通に影響を与えないよう、床



写真—2 PC 版の工場製作



写真—3 床版仮受け用仮設増桁取付け

版工事に先行して、橋梁下から搬入した部材をウインチで吊り上げ、チェインブロック等の手工具を使い人力により取付けを行った（写真—3）。

5.3 橋面交通規制

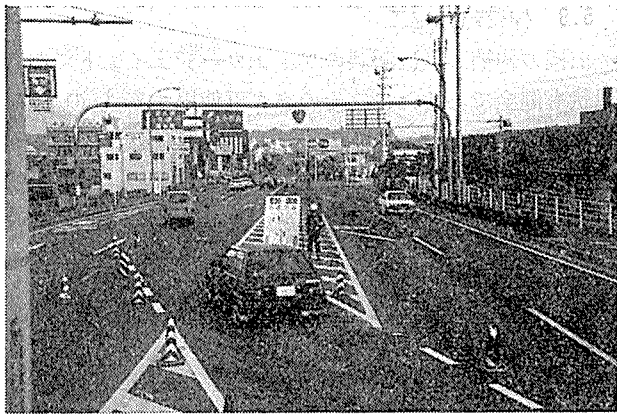
施工は、旧橋の片側車線を締め切り、片側施工で行った。通交車線と工事車線との防護柵については、通行車両が工事区域に進入することを防ぐと同時に、作業者を交通事故から守るためにも頑丈なものとし、 300×300 の H 鋼にガードレールを建て込んだものを据え付けた。

上下線合わせた一日交通量は 4 万台以上に達し、大分市南部からの進入口に位置するので、早朝 6:30~9:00 の時間帯については、上り車線である旧橋の交通量が 1800 台/時にも達するため、通常は下り車線となっている新橋の一車線を上り車線に切り替え交通渋滞の発生を防いだ。両側の進入口にはガードマンを配置し誘導したため比較的スムーズな交通の流れが確保できた。

なお、着工の 1 月ほど前から、報道機関に対し工事の必要性や規制の方法を PR するとともに、国道 10 号沿いに、かなりの箇所に広報版を設置し、市民の理解を求めた。工事期間中、一件の苦情もなかった（写真—4）。

5.4 床版撤去

旧床版の撤去については、現場作業を簡略化する目的



写真一4 交通規制の状況



写真一5 コンクリートカッターによる床版切断



写真一6 ブレーカーによる鋼桁上床版はつり

で、できるだけ大型ブロックのまま搬出できるよう、コンクリートカッターを使用しブロック状に切断した。橋軸方向には、幅員中央部の縦目地にそい切断し、横断方向には1.8m~2.0mのピッチで切断した。主桁と床版の連結部についてはクランプ筋で結合されているため、ブレーカーを使用してはつり出し、ガス切断し除去した。切断ブロックは3~4tの重量(2m×4m程度)としトラッククレーンにより吊り上げ撤去した(写真一5、6)。

5.5 連結部山形鋼の溶接

旧床版と新床版の据付け高さを一致させるため、旧床版ハンチ高さに相当する高さに、主桁フランジ側面に添って山形鋼を溶接により取り付け、高さ調整を行った。この山形鋼の表面にはスポンジ状のゴムを貼り付け、その後に架設するプレキャストPC床版とのなじみを取らせた。

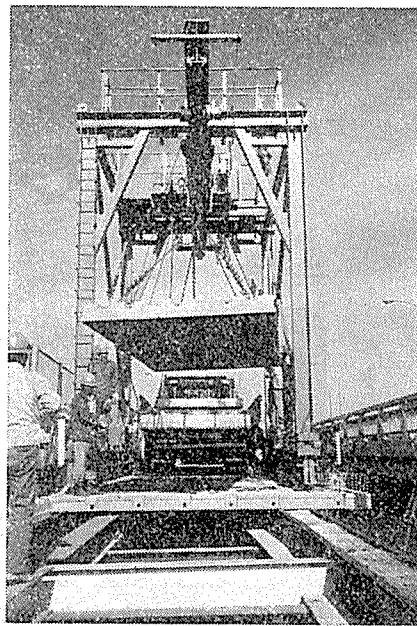
5.6 PC床版の架設

約4m×2m、重量3.7tのPC版を通行車線に近接して架設する場合、安全面からの細心の注意を必要とする。

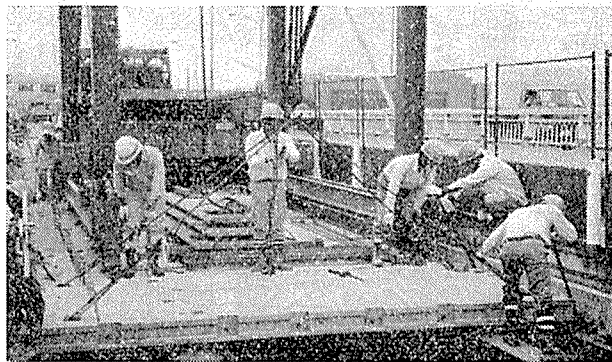
トラッククレーンによる架設を考えた場合、ブームせん回転が必ず通行車線をおかすので、通行車線の一時的な交通止めを必要とする。このため工事車線だけで処理できる自走式の門型架設機を製作し使用した。このため架設は順調に進み、十分安全な作業が行えた(写真一7、8)。

5.7 主桁連結ボルトの取付け

床版と主桁の連結については通常のスタッドボルトを



写真一7 門型架設機によるPC版吊上げ、移動状況



写真一8 PC版の架設状況

◇工事報告◇

使用せず高張力ボルト (F10 T-M20) を使用した。

ボルトはプレキャスト PC 版架設後に、床版上面より主桁フランジに削孔し取り付け。ボルトの締付けは、手締め程度とし、本格的な締付けは床版の縦締め緊張完了後フランジ上の空間に無収縮モルタルを充てん硬化させた後に行った。締付けは床版下面から行い、締付けトルク値は正規の軸力を導入した。なお、ゆるみ防止の点からダブルナットとした。

5.8 横目地モルタルおよび縦締め緊張

PC 版間にできる横目地については PC 版側面を凹形に製作しておき、現場において PC 版架設後、この目地部に無収縮モルタルを充てん硬化させ一体化を図った。

横目地部の設計は、輪荷重によるせん断力に対し締付け軸力による摩擦で抵抗させるよう設計しており、このモルタル層はせん断キーを形成し、締付け緊張により止水が完全になり、耐久性が向上する。締付け緊張はシングルストランド $\phi 21.8\text{mm}$ を片車線あたり 6 ケーブル使用し、1 スパンを 1 ブロックとして締付けを行った。ジャッキスペースとして残る 1~2m の端部床版については、一期施工では PC 合成床版による場所打ちとしたが、二期施工目は全量プレキャスト床版として工期の短縮をはかった (写真-9, 10)。

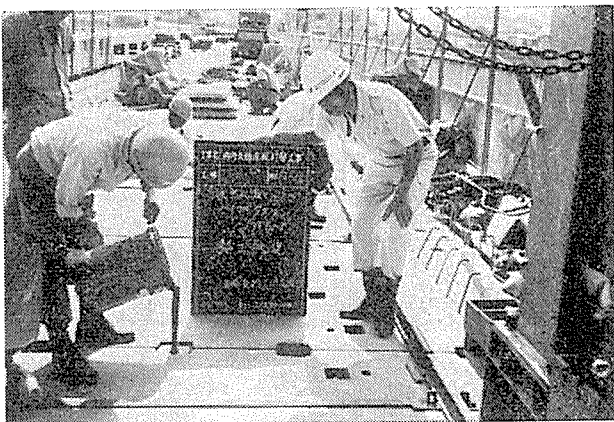


写真-9 横目地への早強性無収縮モルタル充てん

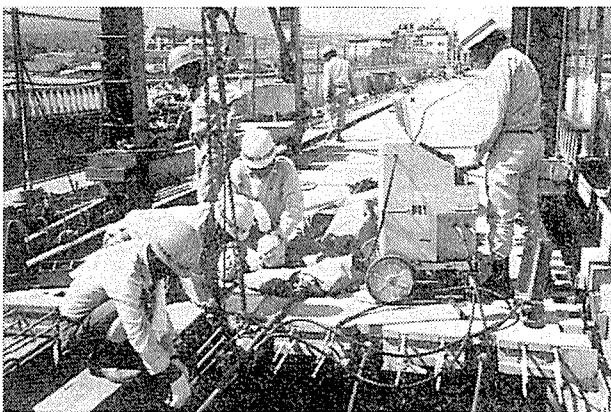


写真-10 橋軸方向縦締め緊張工

5.9 伸縮部の施工

旧橋の伸縮装置は鋼製のフィンガージョイントであり現状も健全であるため、そのまま再使用するものとした。

床版撤去のさいに補強鉄筋をいためるため、補強鉄筋を追加配置し PC 版と伸縮部との間の 20~30 cm の部分については超早強コンクリートによる場所打ちで施工し一体化を図った。

5.10 橋面上

今回、地覆については通常の場所打ちで施工した。また高欄は旧橋のものを修正してそのまま再使用した。地覆の場所打ちについては、プレキャスト床版工が比較的短期間で終了するため、地覆工の工期が長く感じられた。今後の課題として、プレキャスト化を進めていく場合、地覆のプレキャスト化についても検討の余地があると考えられる。

5.11 施工と工程

施工は 59 年度大分側 3 スパン、60 年度佐伯側 4 スパンの打替えを行った。施工順序および全体工程を図-5、図-6 に示す。橋体への影響を小さくするため施工は 1 スパンずつ行った。1 スパン片側車線についての標準的な工程を図-7 に示す。59 年度は、1 サイクルに約 26 日を要しているが、床版撤去、場所打ち部の施工 (養生を含む) にかかりの日数を要しており、プレキャスト床版工は約 10 日間で終了している。このことから、60 年度は場所打ち部の施工を減らすため、床版緊張端部のプレキャスト化を行った。これにより工期を約 20 日間短

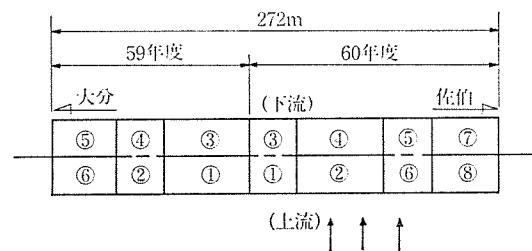


図-5 施工区分

59年度		8	9	10	11	12	1	2	3
工区	月								
下流側			①	②	③	④	⑤	⑥	
上流側									

60年度		8	9	10	11	12	1	2	3
工区	月								
下流側									
上流側		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧

図-6 施工の全体工程

工種	59年度施工										60年度施工															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6
1 片側交通規制開始 防護柵設置	■																									
2 床版撤去 (カッター, はつり)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																
3 主桁フランジ部加工																										
4 PC版架設																										
5 縦締め緊張工																										
6 主桁連結部締付け																										
7 端部場所打ち部の施工																										
8 地覆部 場所打ち高欄建込み																										
9 舗装																										
10 片側交通規制切替 防護柵移動																										

図-7 1 スパン 30~40 m の片側施工工程

縮することができた。

6. 試 験

6.1 プレキャスト床版縦目地部の疲労試験

今回、本格的なプレキャスト PC 床版の採用を決めるにあたり、九州工業大学渡辺教授、出光助教授に参加していただき事務所内に技術検討委員会を設け、プレキャスト PC 床版工法の解決すべき点について検討を行った。完成した PC 床版は橋軸方向、橋軸直角方向ともプレストレスが導入されており、RC 床版に比べ、ひびわれ、たわみ両特性は極めて優れたものとなる。構造上弱点があるとすれば中央主桁上の縦目地部であろうと考えられたので、この部分の実物大試験体を製作し、設計曲げモーメント相当の荷重による疲労試験を実施した。試験の状況を写真-11 に示す。

試験時に行う測定項目は、PC 床版のたわみ、コンクリートのひずみ、ひびわれ、ハイテンションボルトのひずみ、注入モルタルと PC 版との打継目の開き、主桁フランジのひずみなどである。疲労試験ではスパン中央断面にひびわれは生じないため、静的載荷によりひびわれ

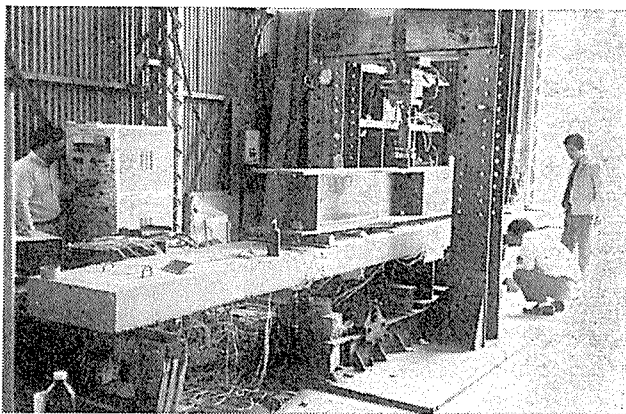


写真-11 疲労試験状況

発生荷重およびひびわれ発生後の過大荷重に対する挙動などを調べた。

試験結果および考察として、
1) 中央主桁上のプレキャスト PC 版端部には、設計曲げモーメント相当の荷重 7 t を 10 回載荷した時点でひびわれが数本発生した。それらの幅は以後ほとんど変わらず 200 万回載荷後も 0.04~0.08 mm と小さく、除荷時は目視で確認できない程度に閉じた。

- 2) 繰返し荷重によるプレキャスト PC 版と注入モルタルとの打継目の開きは 0.005~0.01 mm とひびわれ幅より小さく、ほとんど問題にならない程度であった。
- 3) 主桁とプレキャスト PC 版を連結したハイテンションボルトの増加応力は 20~40 kg/cm² と非常に小さく、その疲労が問題となることはないと考えられる。
- 4) スパン中央部には 200 万回載荷後にひびわれは生じなかった。また、たわみの実測値は連続版としての計算値に近い値を示した。
- 5) ひびわれ発生荷重は連続版としての計算値とほぼ等しく、ひびわれ発生以後も、たわみおよびコンクリートのひずみ等の実測結果は本床版が連続構造として挙動することを示した。

以上の実験結果から、懸念された主桁上の接合部は、図-8 に示した程度の補強を行っておけば弱点となることはなく、むしろ連続構造として取り扱えることが明らかになった。

6.2 実橋載荷試験

実際に床版打替えの効果を確認する目的で、実橋載荷試験を実施した。載荷試験は A₁-P₁ スパンについて打

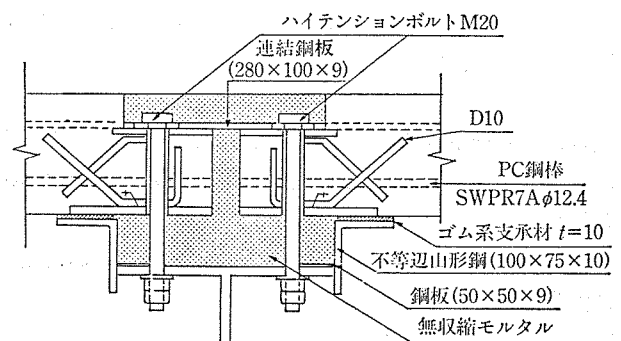
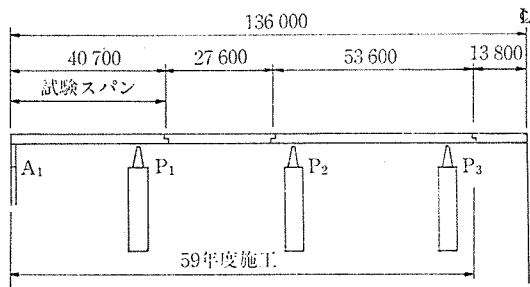


図-8 主桁上 PC 版連結詳細

◇工事報告◇

表一 新・旧床版のたわみ

床版種類 載荷状態	旧RC床版	新 PC 床版 (mm)	
		測定値	補正值
L-1	0.31 (1.00)	0.43	0.25 (0.81)
R-1	0.17 (1.00)	0.20	0.12 (0.71)
L-2	0.37 (1.00)	0.51	0.30 (0.81)
R-2	0.17 (1.00)	0.18	0.11 (0.65)
R-1・L-1	0.21 (1.00)	0.25	0.15 (0.71)
平均	(1.00)		(0.74)

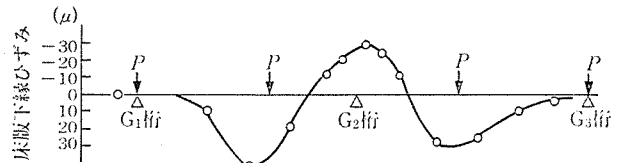


図一 載荷試験位置

替えの前後に実施した。荷重には砂利を満載した 20 t ダンプトラック 2 台を用いた。表一にスパン中央断面での新、旧床版の最大たわみ量を示す。載荷状態の欄で L, R は左、右車線を、1, 2 は台数をそれぞれ示す。橋軸方向の載荷位置はスパン中央とした(図一参照)。旧 RC 床版の設計値は床版厚 18 cm, コンクリート舗装厚 5 cm となっていたが、実際にはそれらの値はそれぞれ、21.5 cm, 5.5 cm であった。新 PC 床版の補正值は版厚が旧 RC 床版のそれと等しいと考えた場合の値である。また、() 内の値は旧床版に対する比を示す。厚さ一定の条件の下では新 PC 床版のたわみは打替え前の 75 % となっており、床版の剛性は改善されている。

図一は新 PC 床版について、スパン中央断面における橋軸直角方向の下縁コンクリートひずみ分布を示したものである。載荷状態は L-1, R-1 である。中央主桁部に大きなひずみが生じており明らかに連続床版として挙動している。橋軸方向の連続性についても横目地上にゲージを貼付して調べたところ、その点のひずみと PC 版コンクリート部のそれとがほとんど連続的に変化しており、縦締めにより完全に一体化していることが確かめられた。

表二は同じ載荷状態において、スパン中央での主桁のたわみ量を比較したものである。この場合も新 PC 床版についてのたわみが小さく、剛性改善の効果は上がっている。また、非合成桁として設計されているにもかかわらず、



図一 10 PC 床版下縁コンクリートのひずみ分布

表二 主桁のたわみ

主桁	平均 (mm)			
	G ₁	G ₂	G ₃	平均
非合成桁としての計算値	19.3	16.0	12.6	15.97 (2.39)
合成桁としての計算値	8.1	7.2	6.3	7.20 (1.08)
旧 RC 床版 測定値	7.1	6.7	6.2	6.67 (1.00)
新 PC 床版 測定値	6.7	6.4	5.7	6.27 (0.94)

ならず、新、旧いずれも合成桁として挙動していることが分かる。主桁と PC 床版とを連続するハイテンションボルトの応力を測定したところ、荷重による最も大きな応力変動は 136 kg/cm² であった。この程度の変動応力では疲労に対しても問題ないと考えられる(表二)。

7. ま と め

今回の床版打替え工事は、完全に交通止めできない状況での施工であるため、多くの困難があったと言える。

また現橋床版の損傷状況等から判断して、新設する床版の耐久性については充分配慮する必要があった。

これらの条件を種々検討の結果、大型のプレキャスト PC 版による施工を採用することにした。しかしプレキャスト床版についての実績は少ないため、構造の詳細については設計段階より、充分な検討を重ね確実に期した。またプレキャスト部材の縦目地部分については、事前に試験を行いその安全性の確認を行った。

現道工事であるため、施工計画についても充分検討を重ね実際の施工に入ったので、重交通の中の狭い空間の作業であるにもかかわらず、トラブルなしに完成することができた。完成した床版についての性能については実橋載荷試験を行い確認したが期待どおりの成果を得ることができたと言える。

今後、維持補修の時代に入り打替えを必要とする橋梁床版も急増してくるものと考えられるが、現道の床版打替え工事において、早期の交通開放は第一条件であるため、今回のプレキャスト PC 床版工法は参考になるものと考えられる。

本工事の計画から完成まで、貴重な御意見をいただきました九州工業大学の渡辺教授、出光助教授に心から感謝の意を表します。

【昭和 62 年 3 月 25 日受付】