

超速硬コンクリートによる床版全面打替工事

清水功雄*

渡辺智三**

1. まえがき

交通量の増加と車輛の大型化により、鋼桁の鉄筋コンクリート床版の損傷が進行し危険な状態になるケースが多く見られる。その補修方法として、様々な方法が試みられているが、長期的に信頼のおける方法としては、損傷した既設床版を解体し現行の設計指針にもとづく強度を持つ床版に置き替える方法が望ましい¹⁾。

また、床版の損傷がひどくなるまで放置せざるを得ない橋梁は迂回路を容易に設置できない重要な路線である場合が多い。工事に当たっては、昼間の交通止めを極力

避けることのできる工法が要求されており、プレキャスト床版の利用など床版打替工法の開発も多く報告されている²⁾³⁾。

筆者らは、完成後約20年経過して、鉄筋コンクリート床版の損傷が著しい曲線合成箱桁の床版補修工事を超速硬コンクリート（ジェットコンクリート）を用いることで、昼間の車輛交通を確保しながら、床版の全面打替工事を施工した。

本文では、曲線単純合成桁の床版打替工法の手順と、交通規制の状況および、超速硬コンクリートの施工について報告する。

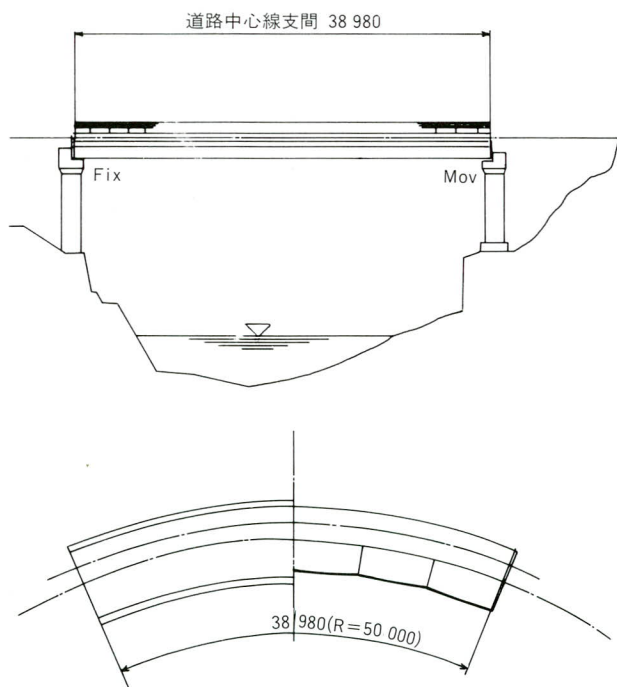
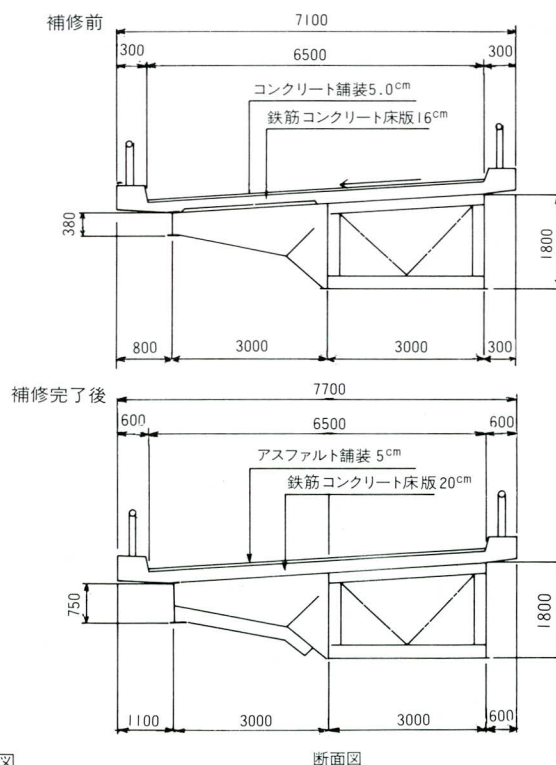


図-1 一般図



断面図

* 技術本部技術開発部付課長

** 千葉工場工事部工事計画課

2. 工事概要

工事名	菖蒲橋橋梁指定修繕工事
工事場所	和歌山県有田郡清水町
発注者	和歌山県（湯浅土木事務所）
橋梁形式	単純合成曲線箱桁
支間	38.98m 幅員6.50m
曲率半径	R=50m（道路中心）
工期	昭和59年9月22日～60年3月5日
工事内容	a) 縦桁・ブラケット補強桁の製作・架設 b) 鉄筋コンクリート床版打替 c) 橋面工・塗装工

一般図を図-1に、着工前の全景を写真-1に示す。



写真-1 着工前全景



写真-2 張出部の床版クラック状況

3. 床版の状態

補修前の鉄筋コンクリート床版の状態を見ると、ブラケット側張出部の床版下面に主筋および配力筋方向ともひび割れが高密度に発生しており、遊離石灰の見られるひび割れも多い。また、箱桁のブラケット側腹板に沿って0.3mm以上のひび割れが発生している（写真-2）。

この張出部の一部パネルは、鋼製型枠を用いた床版コンクリートの打替補修がほどこされているが、十分な効果は得られていない。

これらの状況から、道路管理者により張出部側一車線は交通規制されており、橋梁上のみ交互通行の処置が取られている。

ひび割れの発生原因としては、昭和58年度の調査⁴⁾により、① 張出部の床版支持桁の剛性が不足しており、過大な輸荷重による不等沈下を生じる。② 床版の支間3.0mに対して床版厚16.0cmと版厚が薄く、配力筋の不足と相まって、ひび割れ発生の主要原因とされている。

4. 施工要領

(1) 施工方法の考え方

前述した床版クラックの状況と、図-1の断面の特殊性から、床版打替を前提とした、補修の施工条件として、

- ① 工事中の迂回路は確保できない。また仮橋の設置は技術上むずかしい。このため、最低限昼間の一車線の交通（路線バス含む）は確保する。
- ② 幅員6.5mであるが、構造上、張出部だけの床版状態における活荷重対荷に対しては、不安定となり危険であるばかりでなく、補強材を必要とすることから、施工に当たっては、箱桁側の一車線をコンクリートの分割打替をくり返ししながら施工することで、昼間の交通を確保する。
- ③ 設計上、床版厚を主桁応力度が許容できる範囲で増し、それに見合う、床組の剛性を得るよう断面を増大させる。
- ④ 曲線合成箱桁であることから、床版打替時の荷重の変動と、活荷重対荷に対して、支間中央に支保工を設ける。ただし、支保工の基礎位置は、ダム湛水の水面下で、急峻な沢の中央部に位置することにな

るので、基礎コンクリートの施工時期と安全性には慎重な配慮が必要である。

(2) 施工順序

施工時の夜間通行止めの期間を短くすることと、コンクリート打設直後の材令の若い時に振動及び変形によるクラックの発生をできるだけ少なくするために、断面方向の施工区分を図-2のように、3段階に分けて施工した。作業手順を図-3に示す。

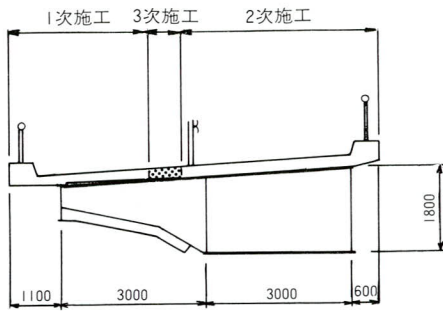


図-2 施工区分図

(3) 1次施工

張出部の既設床版コンクリートをはつり、ブラケットの補強、既設縦桁撤去、新縦桁取付のあと、全長にわたり早強コンクリートを打設する。補強桁を写真-3に示す。

曲線内側の張出部のコンクリートを全面はつり取った所で、支間中央部に設けた支保工上の仮支点到最大70t程の反力が生じるとともに、連続桁作用を生じることになる。ところが本橋の場合、ウェブ厚9mm、フランジ厚11mmで、局部耐荷力が小さいことから、仮支点到の補剛材を溶接するとともに、中間支点的ジャッキアップ量を極力少なくして、負モーメントによる応力に対処することにした。このため、仮支点是、コンクリートのはつり状況に合わせて常時調整を行った。

図-2の断面図から1次施工分の床版支持桁としては縦桁1ヶ所のみで、箱桁側は木製型枠・支保工により3次施工完了時まで荷重を負担することになる。特に大型車輛通過時の振動に対して、打設済の床版にクラックの発生が予想されたが、徐行の徹底と型枠のゆるみ止めの処置などの効果もあり、クラックの発生を防止できた。

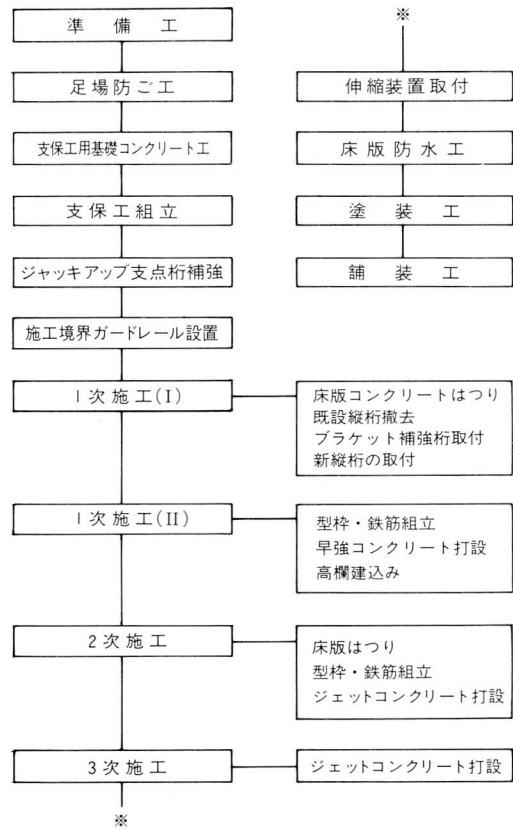


図-3 作業手順図

しかしながら、本橋のような曲線桁の場合は、張出部のコンクリート硬化後に施工する箱桁部のコンクリート打替に伴う、死荷重たわみの変化等により、コンクリート応力には相当影響を受けると推定される。ここでは合成断面とした場合の完成時の床版応力度が $\sigma_{cu} = 60 \text{ kg/cm}^2$ 程度なので、施工中の変形等に対して十分余裕があり安全であると判断したが、支保工のジャッキアップ量には十分注意した。

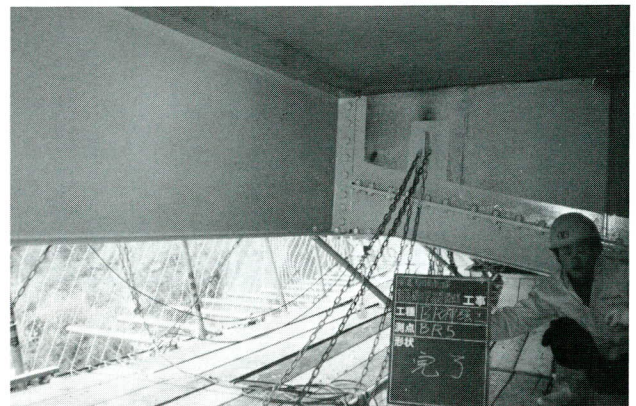


写真-3 ブラケット補強と新縦桁

(4) 2次施工

箱桁側の床版を図-4のごとく、9パネルに分割し、コンクリートはつり作業・型枠と鉄筋組立・コンクリート打設を交互にくり返し施工した。1パネルは長さ4.5m、幅4.1m、コンクリート体積4.3m³である。

作業は夜間とし、2パーティーで、1パネル3日の作業をラップさせて図-5に示すようなサイクルで順次施工した。各作業のうち、はつり作業が工程を左右した。

パネル間の配力筋の継手は、全て機械式とし、ブロック間の作業性の向上を計った。これは、作業順序が図-4のように、仮覆工のつごうにより、1パネルづつとびとびに施工することが必要なためにとった処置で、継手の信頼性の上からも効果があった(写真-4)。

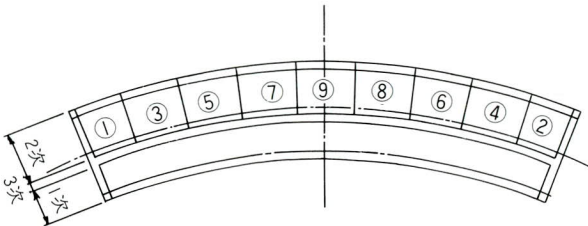


図-4 施工パネル分割図

	1日		2日		3日		4日		5日	
	昼	夜	昼	夜	昼	夜	昼	夜	昼	夜
はつり		①				②				③
型枠・鉄筋			①				②			
打コン					①					②
仮床版取付			①		①		②		②	

図-5 作業サイクル図 (○はパネルNo.)

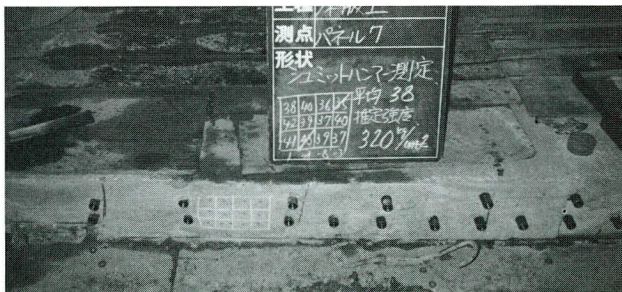


写真-4 配力鉄筋の機械継手

はつり作業から路面開放まで3日かかるので、その間1パネル分を、昼間のみ写真-5のような仮床版を用いて覆工した。仮床版は全長7.3mでガードレールを取付けた鋼製パネルである。

コンクリートは、超速硬コンクリートによった。超速硬コンクリートは、小野田セメント(株)のジェットセメントを使用し、専用ミキサー車(ジェットモバイル車)を現場に常駐させ打設した。このコンクリートは、可使時間がひじょうにみじかく、専用の凝結遅延剤(ジェットセッター)を使用しても30分程度なので、1回の打設量が4.3m³と小量にもかかわらず、専用ミキサー車の使用は必須の条件になる。施工状況を写真-6に示す。

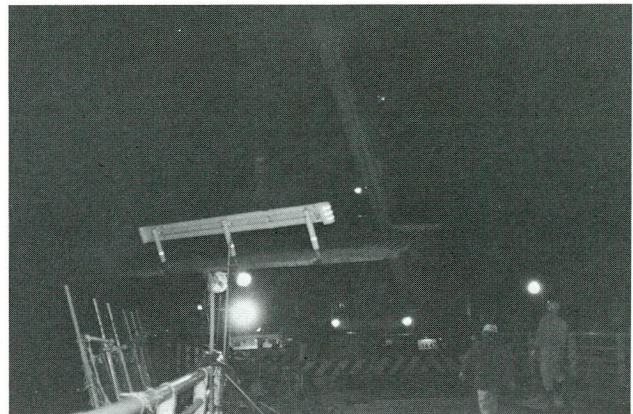


写真-5 ガードレール付仮床版



写真-6 超速硬コンクリートの打設状況

使用したコンクリートの性質については後述するが、施工時期が1月~2月の厳冬期の夜間工事となり、気温5℃~0℃で、谷筋の風の強い場所であるため、計画段階では、交通開放に必要なコンクリート強度の発現を打設後3時間で可能であるとして、1パネルの施工を、1

日目にはつり作業を行い、2日目に配筋と打コンを行い1サイクル2日の工程としていたが、3時間強度が試験練りで得られなかったこともあり、交通開放まで5時間とし1サイクル工程を図-5のように3日に変更して施工した。

打設時の低温対策として、ジェットヒーターを用いて保温養生を行うなどして、クラックの発生を防ぐことができた。

打設パネルの進行に合わせて、死荷重たわみ分の中間支点高さの調整を1パネルごとに行い、死荷重時に合成桁とならないよう管理した。しかしながら、1次施工の床版と同様、合成桁としての床版応力は十分に把握できない部分も多く、今後の検討課題としたい。

高欄は安全対策上、前後のパネルで固定したまま取りはずさず利用し、床版打設後すぐに、地覆を施工することにした。

(5) 3次施工

超速硬コンクリートを、夜間交通止めにより、打設した。これは、コンクリートの凝固開始直後の振動を避けることで、できるだけクラックの発生を防ごうとするために、1次と2次施工の間を帯状に3次施工分としたものである(写真-7)。

打設時の低温に対処するため、下面はレンタン、上面はジェットヒーターによる加温養生を行った。交通開放後5時間ほど後に、一部主筋方向にクラックを発見した。

このクラックの原因としては、車輛通荷時のねじれ、および、打設済コンクリートとの温度差から、新旧コンクリートの付着と乾燥収縮などの影響が重なったものと考えられる。0.05~0.15mmのクラックには樹脂注入を行い、後で弱点とならぬよう手当した。

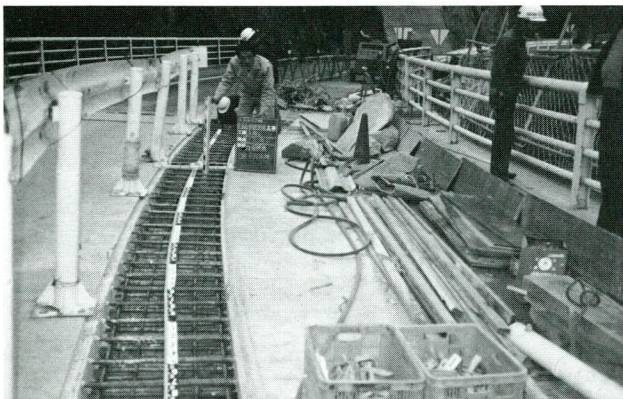


写真-7 3次施工コンクリート打設前状況

橋面工として、防水層の塗付を行うことで、耐久性についても十分と考えている。

(6) 作業工程

工程表と交通規制の期間を表-1に示す。

表-1 工程表

	59年			60年		
	10月	11月	12月	1月	2月	3月
準備・段取工						
1次施工						
2次施工						
3次施工						
橋面工						
交通規制(夜間)						

5. 超速硬コンクリートの品質

使用した超速硬コンクリートの配合設計を表-2に示す。ジェットセメントの温度の影響と凝結遅延剤の添加による始発時間の関係は図-7に示されている。

表-2. コンクリート配合報告書

指 定 事 項							
コンクリートの種類		コンクリート所要条件					
		骨材寸法 mm	所要強度 kg/cm ²	スランプ cm			
ジェットコンクリート		20	σ_{3h} =240	12 ± 2.5			
コンクリートの配合							
水セメント比 W/C %	細骨材率 S a %	コンクリート 1m ³ に用いる材料 (kg)					
		セメント C	水 W	砂 S	砂利 G	減水剤 M/F (150)	遅延剤 ジェットセッター
36.5	40	400	146	723	1139	8	気温で調整する

注) 厳寒期(気温5℃以下)の場合はシート掛けの上から温床マット、温床線又は、ジェットヒーター等による給熱養生を行うこと。

配合設計に当たって、第1の着目点は交通開放を予定している打設後3時間時点での圧縮強度と新旧コンクリートとの打ち継ぎ部の曲げ強度が十分であるかどうかということである。

試験練りによる圧縮強度は、3時間強度 $\sigma_{3h} = 220 \text{ kg/cm}^2$ 、5時間強度 $\sigma_{5h} = 282 \text{ kg/cm}^2$ であった。交通開放に必要な圧縮強度の判定基準として、合成桁の床版圧縮強度 $\sigma = 280 \text{ kg/cm}^2$ 程度と考え、 $\sigma_{3h} = 220 \text{ kg/cm}^2$ では十分ではない。さらに、寒中コンクリートの夜間施工という悪条件に加えて、曲線桁としてのねじりモーメントなどによる新旧コンクリートの打継目の強度にも不安が残ったため、監督員との協議により、交通開放を5時間以上とした。

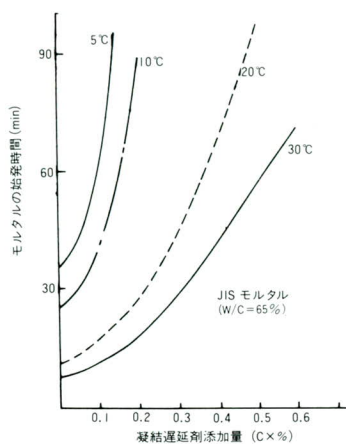


図-7(a) 凝結遅延剤の添加量とモルタルの始発時間の関係⁵⁾

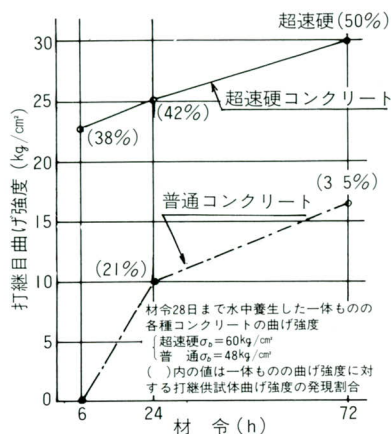


図-7(b) 打継供試体曲げ強度(20°C)⁶⁾

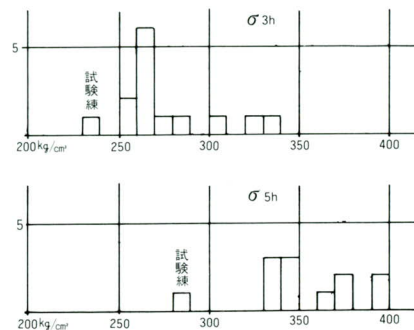


図-8 超速硬コンクリートの圧縮強度

このことから、コンクリートの打設は午前0時頃には終了しなければならず、やむを得ず、1サイクルではつり1日・鉄筋組立と打コン1日の2日の計画を、鉄筋組立を2日目、打コンを3日目として1サイクルを3日工程に変更することになり、工程への影響は無視できなかった。

超速硬コンクリートの σ_{3h} と σ_{5h} の圧縮強度試験結果のヒストグラムを図-8に示す。

幸い、圧縮強度は試験練を下まわることなく、 $\sigma_{3h}=260 \text{ kg/cm}^2$ 、 $\sigma_{5h}=330 \text{ kg/cm}^2$ 以上を得たので、超速硬コンクリートとしての性能を十分に生かしたと判断している。

6. あとがき

超速硬コンクリートの使用により、夜間の交通止めのみで、床版打替工事を無事完了した。

本橋で用いた工法は、曲線桁あるいは合成桁の床版打替のように、床版のプレキャスト施工を行いにくい場合に有効な方法である。しかしながら、本文中で述べたごとく、今後の問題として残った課題もあり列挙しておく。

- ① 専用のジェットモビル車を1日打設量が少ない場合でも長期用車する必要がある、超速硬コンクリートがひじょうに高価となる一因ともなっている。より簡易な設備で施工でき、コストダウンが計れば、使用範囲も広がるはずである。
- ② 今回の3次施工の間詰めコンクリートに、橋軸直角方向に打設直後に、クラックが発生している。こ

のように帯状に既設コンクリートの間に打設する場合両コンクリート間の温度差およびねじりモーメントに対して、十分な検討が必要である。

工事中の交通確保に神経を使いつつも、地元住民の協力もあり無事竣工した。工事に当り、湯浅土木事務所の方がたには大変お世話になった。またショーボンド建設(株)和歌山営業所には、施工に協力いただいた。深謝する次第である。

<参考文献>

- 1) (社)日本道路協会；道路橋補修便覧；昭和54年2月 P.60
- 2) (社)土木学会；鋼とコンクリートの合成構造に関する調査研究報告書；昭和60年3月
- 3) 土木学会関西支部共同研究グループ；プレキャスト床版を用いた合成桁橋の耐荷性と実用化に関する研究報告書(1)；昭和60年6月
- 4) 湯浅土木事務所・橋梁コンサルタンツ(株)；菖蒲橋調査委託工事報告書；昭和58年
- 5) 内川他；ジェットセメントコンクリートの配合(調合)設計指針 小野田研究報告Vol.26；No.91；1974
- 6) 戸川他；舗装用超速硬超早強セメントコンクリートの新旧打継ぎ目曲げ強度；セメント・コンクリート No.333；1974