

(92) PC合成床版を用いた箱桁橋の設計・施工

日本道路公団 一宮工事事務所 工事長 田牧 厚
 日本道路公団 一宮工事事務所 西山 晶造
 極東工業(株) 大阪支店工事部 正会員 三好 利行
 極東工業(株) 技術本部技術部 ○山崎 淳

1. はじめに

今回施工した今伊勢高架橋および黒田高架橋の構造形式は、PC 3径間連続ラーメン箱桁橋である。本橋の断面形状は、桁高が低く、しかも上下線一体型式のためウェブ本数が多い。このため内型枠の施工において、通常の箱内支保工施工では、型枠組立、解体作業が繁雑となることが予想された。したがって、これを改善し、施工性を向上させることを主目的に、上床版部にPC合成床版工法を採用することにした。

PC合成床版工法は、桁橋において多数の施工実績があり、各種の検討や試験も行われ、設計施工指針なども整備されている。このことから本橋の設計施工においても、従来の設計手法に沿って検討を行った。

また、実橋において、確認の意味でプレストレス導入時と荷重載荷時に計測を行った。

2. 橋梁概要

以下に、橋梁諸元と構造一般図を示す。

工事名；東海北陸自動車道 今伊勢高架橋(PC上部工)工事

工事場所；愛知県一宮市今伊勢町馬寄～愛知県葉栗郡木曾川町大字黒田

工期；平成7年11月1日～平成9年6月22日(600日)

発注者；日本道路公団名古屋建設局一宮工事事務所

橋梁名；今伊勢高架橋および黒田高架橋

構造形式；3径間連続PC箱桁ラーメン橋

橋長；95.800m(101.000m)

支間；27.350m + 39.000m + 27.350m
 (26.450m + 46.000m + 26.450m)

幅員；2 × 9.915m

活荷重；B活荷重

()内は黒田高架橋

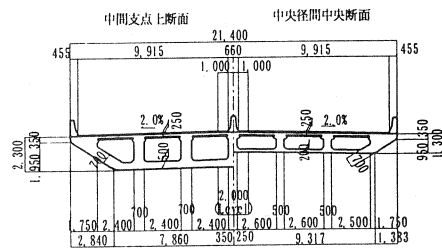


図-1 断面図

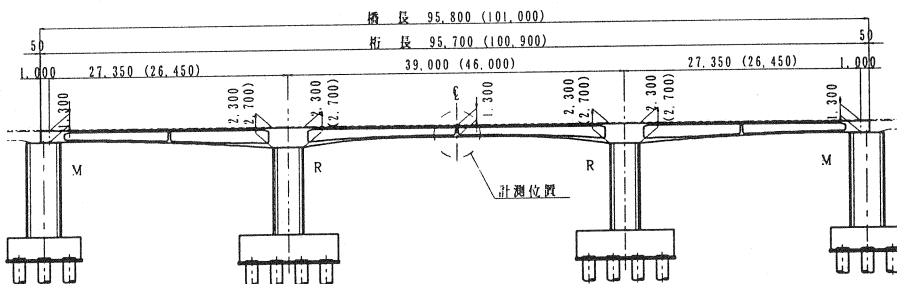


図-2 側面図

3. 設計について

3.1 床版厚等の決定

1) 部材寸法の基本値

PC合成床版の部材厚を決定するに当たり、参考文献^{1) 2)} 参照し、以下の項目を基本条件とした。

- ① PC板の厚さは、7cm以上。
- ② 現場打ちコンクリートの厚さは、PC板厚の1.5倍以上。
- ③ PC板と場所打ち部の厚さを合わせたPC合成床版としての厚みが、道示Ⅲ5.4.1によるもの。
- ④ 現場打ちコンクリートに配置する鉄筋の径は、13, 16, 19および22mmを標準とする。

また、中心間隔は、10cm以上かつ30cm以下とする。

床版厚の基本寸法は、①②③の条件により、PC板厚7cm以上でかつ床版厚24cm以上となる。

ここで、鉄筋加工や薄い床版内での配置、施工性などを考慮して鉄筋径はD19mm以下とした。

2) 部材厚の検討

床版の支間は、桁端部のウェブ拡幅への対応を考慮してPC合成I桁のように上フランジを設ける型式とし、従来のRC床版断面と比較して、荷重増加にならないようにフランジ寸法を決定した。

この床版支間に対して、参考文献²⁾ の標準設計を参考に、上の条件を満足するPC板と場所打ち部の厚さを検討し、PC板厚 8cm+場所打ち部厚 17cm=床版全厚 25cmとした。(図-3)

3.2 床版の設計手法

床版は、合成桁橋と同様の設計手法による。つまり、床版支間中央は合成構造として検討し、支点上および橋軸直角方向は、RC部材として検討する。

PC板と現場打ちコンクリートとの接触面のせん断強度は十分であり、両者が完全に一体化した合成部材として挙動することは、参考文献¹⁾ 等によって確認されている。このことから、床版としての構造自体には問題ないと考えられる。

3.3 主桁設計時のPC板

1) 主方向

PC合成床版のPC板部は、橋軸方向に継目があり不連続であることから、橋面、活荷重等の外力に対しては、有効断面としてPC板を考慮しないものとした(荷重のみ考慮)。部材剛度算定時には、PC板を除く場所打ちコンクリートのみを考慮した断面諸数値を用いた。主方向検討時におけるPC板の剛性の有無によって生じる応力度の差は、計算によると設計荷重時で4~5kg/cm²程度である。ただし、不静定力の算定については、PC板を考慮した場合の断面力のほうが、より大きくなることもあるため、安全側をとり、これを有効断面に含めている。

場所打ち形式の橋梁にPC合成床版工法を用いる場合、PC板敷設後にプレストレスを導入するという点に、合成桁橋の場合との相違がある。設計時には上記に準じて、PC板部を断面に含まず、荷重のみ考慮としているが、計測によってプレストレスの流れを確認することにした。

2) 横方向

横方向についても、BOXラーメンによる検討において、PC板の剛性の有無による断面力差は、ほとんどなく、影響はわずかである。ただし、床版のハンチ部がないことによって床版からの断面力の伝達に影響を与えている可能性がある。しかし、参考文献^{1) 3)} の解析、実験の報告によれば、PC合成床版の場合、必ずしもハンチがないことが構造上の弱点にはならないとされている。

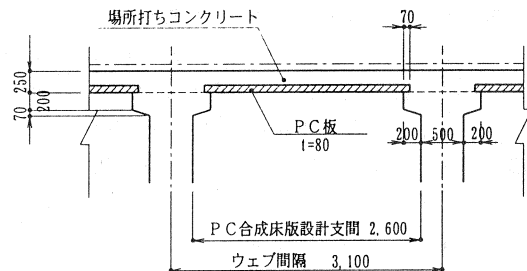


図-3 床版部材寸法

4. 施工について

4.1 施工概要

本工事の施工条件は、橋に平行した既設道路と中央支間下に交差道路があり、中間橋脚の施工より橋体工施工完了までの間、道路規制を行う必要があった。また既設道路を隣接工事が工事用道路として共同使用すること、本線と交差道路の桁下空間の確保のための開口部の設置、施工ヤードの確保等の条件を考慮し、支柱式支保工にて施工した。橋体の施工においては、上床版部にPC合成床版工法を採用することで、施工性の向上を図ることができた。

PC合成床版工法の箱桁橋への採用に際し、施工上の特徴として次のものを挙げる事ができる。

- a) 床版型枠及び支保工材の組立・解体作業が省略できるため、労務の省力化を図ることが可能である。
- b) PC板の敷設後、足場の安全性が確保される。
- c) PC板は、工場製作であるため、品質の安定した製品を現場に供給できる。また、PC部材を使用することにより上床版の耐力が高まる。
- d) 現場作業おける産業廃棄物(型枠廃材)を減らし、環境保全につながる。
- e) 上床版の内型枠による施工に比べ、PC板は型枠としてのコスト面においては割高となるが、床版工の工程を短縮できるため支保工の存置日数が減り、全体工程の短縮を図ることができる。

以下、主にPC合成床版工法の施工について報告する。

4.2 工程管理

図-4に、本橋で採用したPC合成床版工法とRC場所打ち施工の場合の比較工程表を示す。PC合成床版の施工は、準備工を含め1橋当たり約30日である。これに対し、従来のRC場所打ち施工の場合、上床版施工後に、床版内型枠材及び支保工材の解体作業と、これらの材料の搬出口となる上床版開口部の施工があり、完了までに想定で約55日を要する。つまり、比較して約1ヶ月工期短縮が見込めることになる。

工 法	工 程 日	1		2	
		10	20	10	20
PC 合成 床版	準備工	5			
	PC板敷設・自地工	12			
	床版工	20 (R#-3/27/1-1)			
	準備工	5			
RC 場所 打ち	型枠・支保工	20 (R#)		10 (R#)	
	床版1	25 (R#-3/27/1-1)			
	床版工			10 (R#-R#-3/27/1-1)	
	開口部				

図-4 比較工程表

4.3 下床板及びウェブの施工

下床板とウェブ部分の施工は、1日当りのコンクリート打設に要する作業量、生コンプラントの生産能力、およびウェブ本数が多いことによる作業の複雑さなどを考慮し、橋体を5分割に分けて施工した。1区分毎の施工完了後、すみやかに上フランジ打継ぎ目部の仕上げ・清掃処理を行い、PC板敷設の準備を整えた。

4.4 PC合成床版の施工

1) 施工順序

施工フローを図-5に示す。

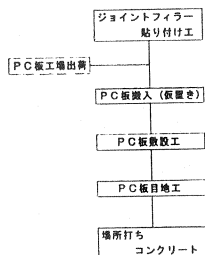


図-5 施工フロー

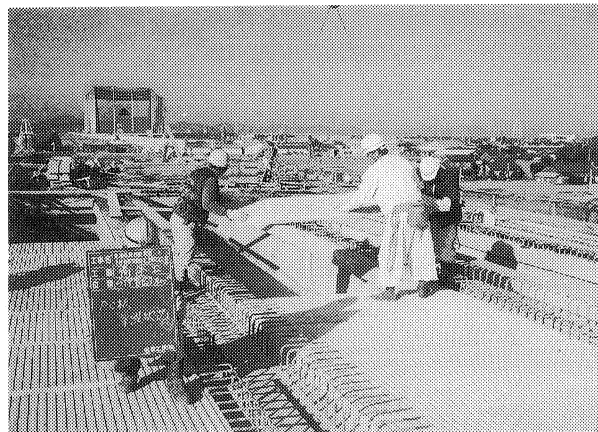


写真-1 PC板敷設状況

2) PC板の搬入及び敷設

PC板は、島根県のPC工場にて製作を行い、通常のJIS規格のプレテンション方式の桁と同様の製造、品質管理にて製作を行った。工場製作されたPC板を、トラックにて現場に搬入し、トラッククレーンで荷下ろし作業と同時に敷設を行った。PC板数量は、今伊勢高架橋では8種類のタイプで498枚、黒田高架橋では41種類のタイプで524枚、合計1,022枚であった。PC板の標準サイズ(988×2340×80)1枚の重量は、約450kgである。敷設作業前には、あらかじめ上フランジ部のPC板設置部分の清掃を行った。PC板とコンクリート面とのなじみを得るためと、床版コンクリート打設時のモルタル漏れを防ぐため、フランジ部にジョイントフィラーを貼り付けた。

3) PC板目地工及び床版工

PC板の敷設完了後、PC板相互の継ぎ目に無収縮モルタルを充填した。床版の鉄筋組立作業後に、コンクリートを床版全面一括にて打設し、十分な養生を行って、床版施工を完了した。

5. 計測概要

5.1 計測の目的

今回の計測は、箱桁にPC合成床版工法を使用した場合の応力性状を確認することが目的である。このため、計測する箇所も必要最小限とし、床版としての性能の確認などは、過去の試験結果と照合する程度にとどめることにした。

5.2 計測項目

確認項目は、外力(プレストレス導入時、荷重載荷時)の変化に対する部材の一体性、PC板端部付近の応力変化状況で、温度補正用に温度分布を計測した。

①部材の一体性確認

桁断面の応力分布を、ウェブおよび床版部にて計測

②PC板端部での応力状況変化

橋軸直角方向断面の計測、PC板目地を挟んだ橋軸方向断面の計測

③温度分布

PC板及び主桁部の温度分布の計測

5.3 計測位置

計測は、2橋のうちで中央径間の支間の長い黒田高架橋で行った。計測位置は、中央径間中央とし、上り線側の中央付近である(図-6)。各ゲージの配置は、図-7~図-9)。

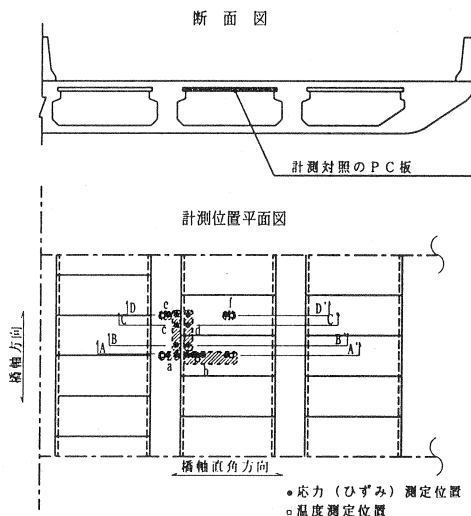


図-6 計測位置図

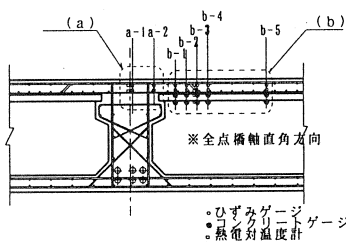


図-7 A断面

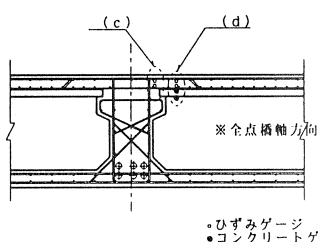


図-8 B, C断面

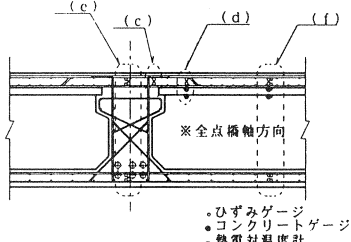


図-9 D断面

5.4 プレストレス導入時

導入時の計測は、自動計測とし、緊張するケーブルを随時マークしながら、計測データをパソコンに取り込めるようにした。

5.5 静的荷重載荷

実橋にB活荷重に相当する荷重を載荷することは、困難であること、また今回の計測時にトラック等の車両を橋面上に搬入することができなかったという事情もあり、荷重を静的に載荷することにした。載荷荷重は、クレーンのウェイトを利用し、橋面下からクレーンにより所定の位置に載荷した。荷重の内訳は以下の2ケースである。

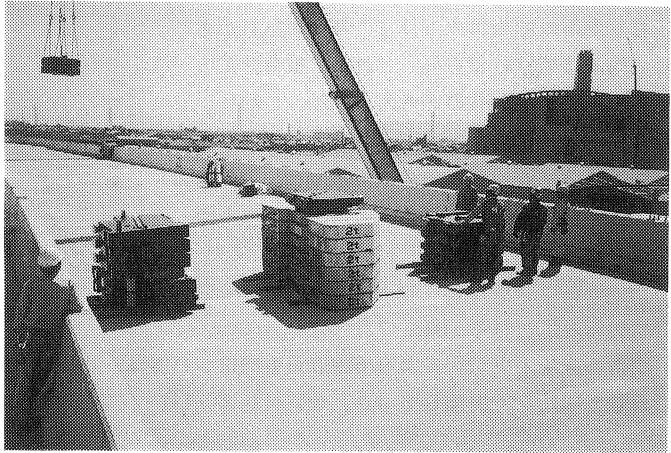


写真-2 荷重載荷状況

- a) 中央支間中央に約 $P=85t$ を中央径間中央部の幅員方向に並べるように載荷した。このときの橋軸方向の主桁応力(ひずみ)を計測する。計測は、載荷する荷重段階毎に行う。
- b) 床版部中央に $P=10t$ を載荷し、橋軸直角方向の床版応力(ひずみ)を計測する。

5.6 データ解析と計算値との比較

計測値の妥当性を検討するに当たり、詳細設計における平面骨組モデルでの計算、及び確認の意味で FEM解析にて検証を行った。(図-10, 図-11)

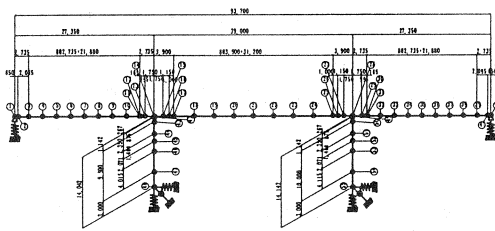


図-10 平面骨組解析モデル

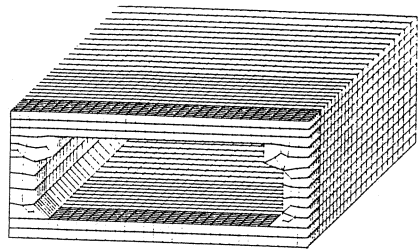


図-11 FEM解析モデル

5.7 計測の結果について

1) プレストレス導入時

導入時の橋軸方向のひずみの傾向は、場所打ち部に関しては、ほぼ平面骨組モデルでの計算値に近い圧縮ひずみが生じている。また、目地をはさんだ両側(c, d)において、同じようなひずみ分布となっており、場所打ち部には、ほぼ計算どおりのプレストレスが導入されていると考えられる。しかし、PC板下面に、引張方向のひずみが生じている箇所もある。(図-12)

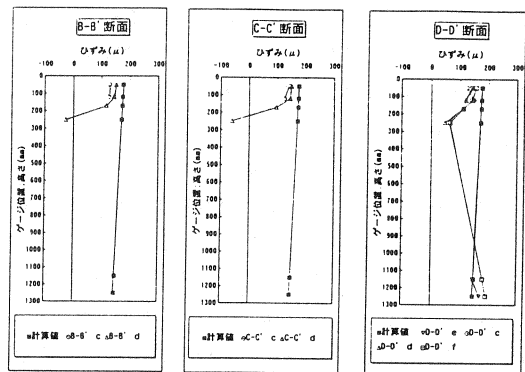


図-12 プレストレス導入時

2) 荷重載荷時

中央支間荷重載荷時は、各断面において、場所打ち部上床版のひずみ分布に多少の乱れがあり、傾向は把握しづらい。これは、載荷荷重の影響を直接受けたものと考えられる。しかし、D断面のウェブ(e)と床版部(f)の下縁側のひずみは計算値に近いことから、桁断面としての性能には問題ないと思われる。また、PC板下面では、(d)部分で多少の引張ひずみが生じているが、これは床版としての下縁引張の影響を受けていると思われる。(図-13)

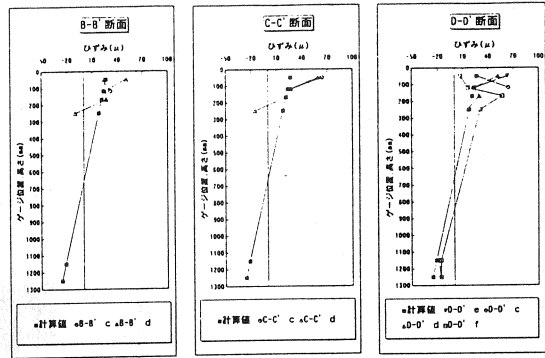


図-13 荷重載荷時

また、床版中央載荷による橋軸直角方向については、計測値の傾向としてはFEM解析値に近く、合成床版として問題なく機能している。(図-14, 図-15)

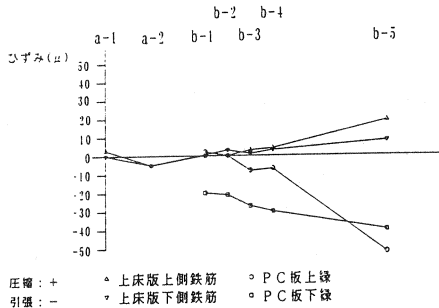


図-14 床版荷重載荷時

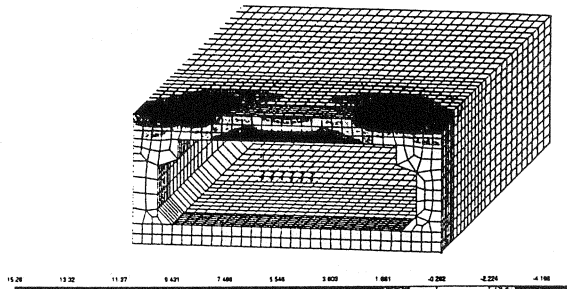


図-15 FEM解析(床版荷重載荷)

3) 考察

今回の計測結果によると、橋軸直角方向に関しては、PC板と場所打ち部が一体となった挙動を示し、合成床版として機能していることがわかる。しかし、橋軸方向については、プレストレス導入時にPC板下面に引張応力が生じる箇所があった。この理由は、目地の影響が剛性の違いによる影響かは不明であるが、この結果だけで評価すると、設計時には、PC板を有効断面として考慮しないほうが妥当であると思われる。

6. おわりに

特に今回は、PC合成床版工法を適用するにほどよい床版支間であったという、条件にも恵まれた面もあったが、他の箱桁橋においてPC合成床版工法を用いる場合にも、従来の設計手法、施工方法で十分対応可能であると思われる。ただし、一室箱桁などの場合には、スケールメリットは出にくいと考えられ、採用を検討する場合には、経済性に関しても十分な検討を行う必要がある。

以上この報告が、同種の箱桁にPC合成床版工法を採用する場合の参考になり、今後の現場での施工性、安全性などの向上につながればと期待している。

7. 参考文献

- 1) PC合成床版工法設計施工指針(案)コンクリートライブラリ-第62号 昭和62年3月 土木学会
- 2) 道路橋PC合成床版工法設計施工便覧 平成6年8月 PC合成床版協会
- 3) 速谷高架橋の設計と施工 プレストレストコンクリートVol. 28, No. 5, Sept. 1985
- 4) PC合成床版工法のPC連続合成桁橋への適用(PC合成床版の模型実験報告について)
第2回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集 (社)プレストレストコンクリート技術協会 1991年11月
- 5) PC合成床版工法のPC連続合成桁橋への適用(PC合成床版工法の実橋実験報告について)
第3回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集 (社)プレストレストコンクリート技術協会 1992年11月