

橋梁施工におけるコンクリートエンジニアリング

— 床版の合理化施工を目指して —

春日 昭夫*

1. はじめに

10年位前のビジネス書で「コンクリートエンジニアリング(Concurrent Engineering)」ということばがはやったことがある。製造の現場において、開発・設計の段階に生産・営業・販売などの人たちの情報をフィードバックし、コスト削減を目指す手法だそうである。筆者がかかわった高速道路の設計・施工で、床版の合理化施工を追求すべく、発注者と施工者が一緒になって開発・設計したことがある。これぞまさに、ユーザーである発注者も加わったコンクリートエンジニアリングだと思うが、現場ではおのおの立場の違うエンジニアが最良のものを求めてプロジェクトを進めていった。今回、是非ともこのような現場を若い方々にも知っていただきたいと考え、ここに技術への思いとして紹介するものである

2. 開発の背景

プレストレストコンクリート橋の主桁構造のなかで、上床版をリブやストラットで補剛した構造は、張出し床版の支間を長くできるため箱桁幅を小さくでき、また、多重箱桁となるところを一室箱桁にできるなど、上部工の軽量化、つまりコスト縮減につながる有効な技術である(図-1)。しかしながら、リブやストラットなどの突起物は型枠の組立や脱型に多大な労力を必要とし、その施工性改善が大きな課題であった。

この課題に最初に取り組むことになった古川高架橋¹⁾は、スパンバイスパン架設による都市内高架橋である。しかし、架設現場付近にプレキャストセグメントの製作ヤードを設置できないため、工場で作成して運搬する工場製プレキャスト工法を採用した。ここでできるかぎり主桁重量を削減するために上床版をリブで補剛する構造とし、上床版はセグメントを架設したあとに現場で施工する方法をとったが、型枠を使用したのでは施工期間がかかりプレキャスト工法の利点が活かさないことになる。この課題を解決するため

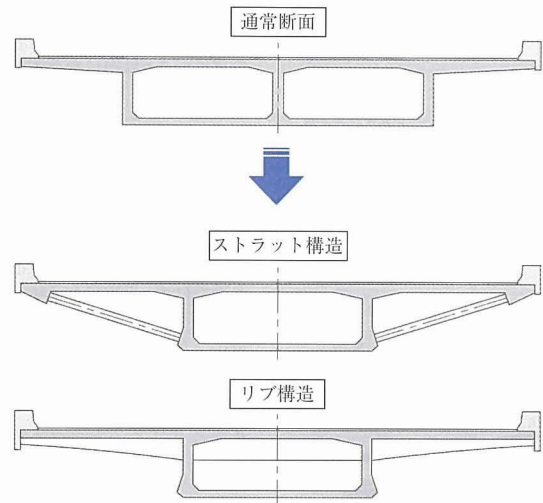


図-1 リブ、ストラット構造と通常断面

に、プレキャスト板を2.6m間隔のリブ上に敷き並べ、その上に場所打ちコンクリートを施工する工法を開発した。その結果、上床版の施工はほぼセグメント架設と同じ速さ(1径間を5日)でおこなうことができた。

古川高架橋の成功を受けて、次はこの技術を波形ウェブ橋に応用した。複合化することで主桁の軽量化を図った波形ウェブ橋は、リブやストラット構造との融合でさらなる軽量化が図れる。しかし波形ウェブ橋は古川高架橋のようにプレキャストセグメント工法ではなく、架設作業車による張出し架設や押出し架設などの場所打ちコンクリート施工が主流であった。そこで古川高架橋のような施工の省力化を実現するために、リブやストラットをプレキャスト化した工法を信楽第七橋と津久見川橋²⁾、桂島高架橋³⁾で開発した。この「適度なプレキャスト化」技術は施工性を損なうことなく、波形ウェブ橋の主桁重量をさらに軽量化することできた。

表-1にそれぞれの橋における技術の具体的な内容を示す。本技術は、①リブやストラットを用いることにより主桁重量を低減できる、②架設現場で上床版の型枠を用いないため支保工の省略と架設機械の軽量化が可能となる、③施工の省力化だけでなく型枠材として木材の使用を抑えることができるため環境負荷の低減が図れる、④PC鋼材が配置されたプレキャスト板は高耐久性、高品質の床版を構築することができる、などの特徴がある。

また、リブやストラットと組み合わせることにより、あらゆるPC橋に適用でき、経済性に優れた汎用性のある技術である。とくに、本技術がなければ古川高架橋のU形コ



* Akio KASUGA

三井住友建設(株) 土木管理本部
PC設計部長

表 - 1 開発技術の具体的な内容

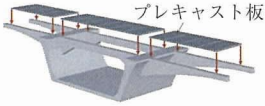
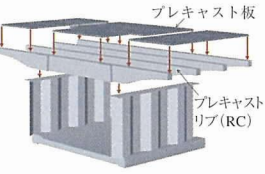
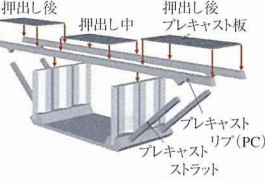
技術の概要図	技術の具体的な内容
<p>古川高架橋 (スパンバイスパン架設)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 従来のセグメント形状や張出し床版のみのあと施工とはまったく違った世界初のU形断面のセグメント U形断面のねじり挙動は解析と実験で確認 リブ+プレキャスト板+場所打ちコンクリートという新しい床版構造は解析と実験で確認
<p>信楽第七橋・津久見川橋 (張出し架設)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 従来の荷揚げ設備の能力を超えないようプレキャストリブの重量が5t以内になる形状の最適化を実施(写真-1) さらなる施工の省力化を図るため、リブ内にPC鋼材定着部を内蔵 PC鋼材が定着されるリブ付近の挙動は解析と実験で確認 新しい床版構造と波形ウェブの挙動は解析で確認 幅員の広い二室箱桁の信楽第七橋では5t以内になるようリブを二分割
<p>桂島高架橋(押し出架設)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 張出し床版のあと施工を可能とするリブ+ストラット構造(写真-2) 耐久性を重視したストラット基部とリブとストラットの接合構造 張出し床版のあと施工により押し出し時重量を半減 新しい床版構造と波形ウェブの挙動は解析で確認 押し出し時の反力が作用する下床版コンクリートの局部応力は解析と計測で確認



写真 - 1 最適化されたリブ

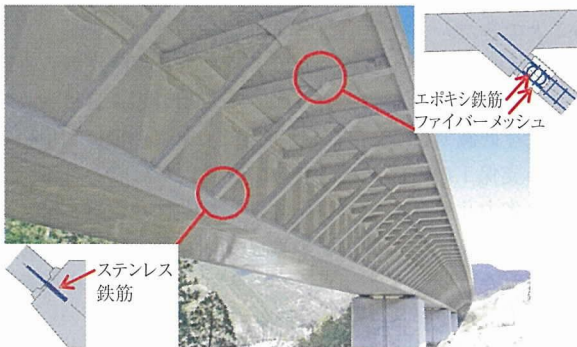


写真 - 2 リブ+ストラット構造

アセグメントはあり得ず、「適度な部分プレキャスト化」という、今までの場所打ちとプレキャストの中間に位置する新しいコンセプトが、施工の省力化に大きく寄与することを実証したといえる。表 - 2 には既往技術との施工性の比較を示す。

表 - 2 既往技術との施工性比較

		既往技術の場合	開発技術の場合
古川高架橋	上床版の施工日数	20日/1径間 (L = 40 m)	5日/1径間 (L = 40 m)
	セグメント数 (図-2)	1800個	1300個
	架設ガーダー重量	900 t	330 t
信楽第七橋 津久見川橋	施工日数	15日/1ブロック (L = 4.8 m)	8.5日/1ブロック (L = 4.8 m)
	架設作業車重量 (図-3)	110 t	70 t
桂島高架橋	上床版(コア)の施工日数	20日/1押し出し区間 (L = 54 m)	10日/1押し出し区間 (L = 54 m)
	押し出し時最大反力	25800 kN/1支点	12900 kN/1支点

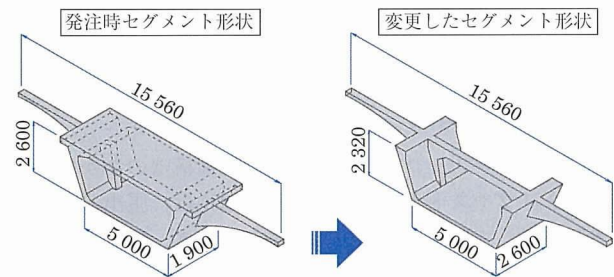


図 - 2 既往技術とのセグメント比較

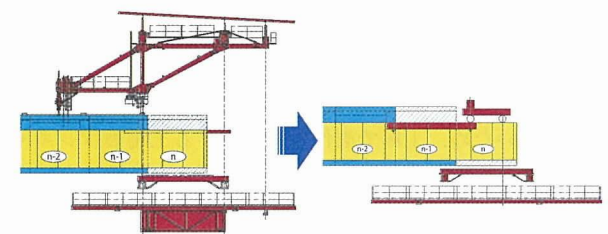


図 - 3 既往技術との架設作業車比較

3. 開発の経緯

プレキャスト板+場所打ち床版自体の力学的挙動はコンボ橋で実証済みであるので、各プロジェクトにおいてリブやストラットと組み合わせられた挙動や、PC鋼材を定着することによる挙動を確認しながら開発を進めていった。技術開発におけるプロジェクトごとの課題と対応策は表 - 3のとおりである。本技術のような新しい構造の開発は、FEM解析により最適な形状を求めて設計し、その妥当性を実物大実験により検証していくという手法をとった。

表 - 3 技術開発における課題と対応策

取組んだ課題	対応策
古川高架橋 (1999年7月～2002年12月)	
・上床版の施工の省力化	プレキャスト板+場所打ち床版で型枠・支保工を省略
・セグメントの軽量化	リップ付きU形形状のセグメントを採用
・U形セグメントのねじり挙動	FEM解析による設計と実物大供試体によるねじり荷重実験で妥当性を確認 (写真-3)
・リップ+プレキャスト板+場所打ち床版の挙動	FEM解析による設計と実物大供試体による静的荷重実験で妥当性を確認
信楽第七橋・津久見川橋 (2002年6月～2004年12月)	
・波形ウェブ橋における張出し施工の工程短縮	プレキャストリップ+プレキャスト板+場所打ち床版で型枠・支保工を省略
・リップに定着されたPC鋼材定着部付近の挙動	FEM解析による設計と上床版の実物大部分モデルによる施工実験で妥当性を確認 (写真-4)
・波形ウェブ上のリップ+プレキャスト板+場所打ち床版の挙動	FEM解析による設計で確認
桂島高架橋 (2003年11月～2005年5月)	
・押出し施工時の波形ウェブと下床版コンクリート接合部の局部応力	FEM解析による設計と計測により妥当性を確認
・リップ+ストラット+プレキャスト板+場所打ち床版の挙動	FEM解析による設計で確認
・ストラット接合部の耐久性	エポキシ鉄筋+ファイバーメッシュとステンレス鉄筋を使用

4. 開発の効果

(1) 古川高架橋

上床版をあと施工とするリップ付きU形コア断面は、運搬時30tという重量制限のなかでセグメント長を長くとることができる。その結果セグメント数を発注当初の1800個(セグメント長1.9m)から1300個(セグメント長2.6m)に削減することができた。また、セグメント重量を軽減したことにより、架設ガーダー重量を900tから330tに軽量化することができた。

(2) 信楽第七橋・津久見川橋

長さ4.8mの1ブロックの施工日数を従来工法の15日か



写真-3 実物大モデルによるねじり挙動実験



写真-4 実物大モデルによるPC定着部付近の確認実験

ら8.5日に短縮でき、全体工期を85%に短縮できた。そして、架設作業車の重量を従来工法の110tから70tに低減できた。また、波形鋼板を架設材として利用するため、張出し最大時のPC鋼材が不要になる。

(3) 桂島高架橋

コンクリート断面に比べて押出し施工時の主桁重量を50%、完成時で75%に低減でき、その結果主桁を補強するPC鋼材量を半減することができた。また、押出し施工時の主桁重量低減により、主桁製作ヤード設備、手延べ桁、押出し用ジャッキ等の架設設備費を低減することができた。

波形ウェブ橋の省力化工法はその後9橋にて設計・施工中であり(表-4)、また、リップ+ストラットのコア断面先行施工技術は、第二東名高速道路の山切1号高架橋に応用された(写真-5)。本技術は、床版施工の省力化が図れるばかりでなく、高耐久性・高品質の床版を構築することができる。また、リップ+ストラットとの組合せを条件によって変えることで、あらゆる橋梁に対応可能な技術である。

表 - 4 実績表

橋梁名	発注機関	構造形式	橋長	最大支間	完成年
1 津久見川橋	日本道路公団 九州支社	5径間連続ラーメン橋	291m	75m	2004年
2 信楽第六橋	日本道路公団 関西支社	2径間連続Tラーメン橋	152m	78m	2004年
3 信楽第七橋	日本道路公団 関西支社	5径間連続ラーメン橋	384m	89m	2004年
4 鬼怒川橋	東日本高速道路(株) 関東支社	16径間連続桁橋	1005m	72m	2006年
5 つなぎ沢橋	東日本高速道路(株) 東北支社	4径間連続ラーメン橋	306m	97m	施工中
6 萱尾川橋	西日本高速道路(株) 関西支社	5径間連続ラーメン橋	303m	79m	施工中
7 赤淵川橋	中日本高速道路(株) 横浜支社	(6+5)径間連続桁橋	885m	115m	施工中
8 瀬戸川橋	西日本高速道路(株) 九州支社	3径間連続ラーメン橋	249m	116m	施工中
9 上伊佐布第一高架橋	中日本高速道路(株) 横浜支社	7径間連続ラーメン橋	528m	103m	設計中
10 長谷橋	西日本高速道路(株) 九州支社	2径間連続Tラーメン橋	162m	80m	施工中
11 茶谷場橋	西日本高速道路(株) 九州支社	3径間連続ラーメン橋	167m	62m	施工中
12 床木川橋	西日本高速道路(株) 九州支社	2径間連続Tラーメン橋	131m	65m	施工中



写真 - 5 コア断面先行施工技術の応用例

6. おわりに

これらの技術開発は、発注者の技術力と理解なしではけっして実現することはなかった。開発にあたって発注者側はさまざまなエンジニアが関与したが、とくに、古川高架橋では池田博之氏（現 NEXCO 中日本）、水口和之氏（現 NEXCO 東日本）、信楽第七橋・津久見川橋では宮内秀敏氏（現 NEXCO 中日本）、中藪明広氏（現 NEXCO 西日本）、前田良文氏（現 NEXCO 西日本）、桂島高架橋では和田宣史氏（現 NEXCO 中日本）、青木圭一氏（現 NEXCO 中日本）らと設計の最前線で侃々諤々の議論を交わした。旧日本道路公団のエンジニアがよいものを造ろうとする姿勢にあらためて敬意を表したい。

昨今の建設業はなにかと閉塞感が支配しがちである。わ

れわれの技術はなにもなくて当たり前で、世の中からすれば空気みたいな存在かもしれない。しかし、橋梁建設の現場では日々高度な技術論争がおこなわれ、少しでもいいものを目指すエンジニアたちがいるのである。筆者は、幸いにもそのような現場にかかわることができ、このことを少しでも伝えることが責務だと考え筆を執った。今回の事例のように、設計・施工の過程で発注者が望む性能になるように仕様を決める手法は仕様調達といえる。そして、これは今移行しようとしている性能調達に逆行するといわれるかもしれない。しかし筆者は、ものを造るプロセスでの発注者と施工者の技術論争によって、これからもまだ新しい技術が生まれてくると確信しており、このエンジニアとしての喜びを、次世代の方々にも是非経験していただきたいと思う。

これには特別なことは必要ない。ただひたすら、人の何倍も考えることである。安藤忠雄のことばを借りれば「24時間考えろ」である。ひらめきやアイデアは、その結果与えられる褒美であると筆者は考える。本稿が少しでも若いエンジニアの励みになれば幸いである。

参考文献

- 1) 池田, 水口, 春日, 室田, 古川高架橋の設計と施工, 橋梁と基礎, 2001年2月, 2001年3月。
- 2) 村尾, 田中, 宮内, 佐川, 毛利, 西村, 信楽第七橋・津久見川橋の設計と施工, 橋梁と基礎, 2004年2月。
- 3) 青木, 和田, 松本, 中村, 桂島高架橋の設計と施工, 橋梁と基礎, 2005年1月。

【2006年10月18日受付】



新刊図書案内

PC技術規準シリーズ

外ケーブル構造・プレキャストセグメント工法 設計施工規準

頒布価格：会員特価 4 000 円（送料 500 円）

：非会員価格 4 725 円（送料 500 円）

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会 編
技報堂出版