

支保工架設による張出し床版にストラットを有する箱桁橋の設計 ～上川高架橋(下り線)～

(株)安部日鋼工業・(株)エム・テック共同企業体 正会員 ○竹中 秀樹
 (株)安部日鋼工業・(株)エム・テック共同企業体 正会員 中田 錠司
 中日本高速道路(株) 横浜支社静岡工事事務所 五藤 正樹

1. はじめに

上川高架橋は、第二東名高速道路の静岡県藤枝市に位置する橋長390.0m、最大支間51.5mのPRC8径間連続箱桁橋である。また、有効幅員16.5mを有する広幅員橋梁で、張出し床版がストラットで支持された構造を採用している。従来のストラットを有する箱桁橋は、張出し架設工法やプレキャストセグメント工法が多かったが、本橋の架設工法は、桁下部が平地であり支保工の組立てが容易であること、施工中に桁下空間を有効利用できること、および経済性を考慮して支柱式支保工架設工法を採用した。張出し架設工法の場合では、ストラットの配置間隔がブロック長で決定され、間隔が一定とならない。これに対し、場所打ち支保工施工の場合はストラット間隔を一定にできるため、外観に優れる上、ブロック割によるストラットの増加がなく経済的であると考えられる。また、施工上の制約を受けることがないため、最適なストラット配置とすることができる。本稿では、最適なストラットの接合部位置、接合部タイプおよび配置間隔を決定する際に行った比較検討の結果を中心に報告する。

2. 橋梁概要

本橋の工事概要を以下に示す。主桁断面図を図-1、全体一般図を図-2に示す。

工事名：第二東名高速道路

上川高架橋(PC上部工)下り線工事

構造形式：PRC8径間連続箱桁橋

橋長：390.0m

支間長：49.8m+5@51.5m+50.0m+29.3m

有効幅員：16.5m

平面線形：R=5,000m

縦断勾配：2.0%

横断勾配：2.5%

架設方法：支柱式支保工

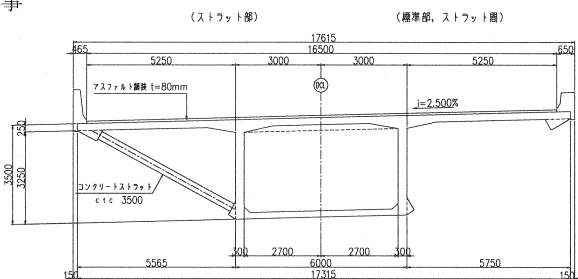


図-1 主桁断面図

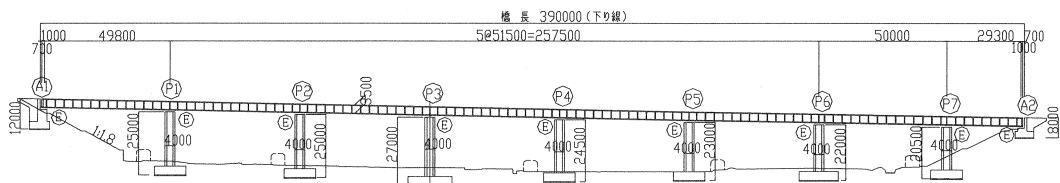


図-2 全体一般面図

3. 上床版およびストラットの検討

3.1 検討概要

上床版およびストラットを設計するにあたり、以下の検討を行った。

- (1)最適なストラットの接合部位置, 接合部タイプおよび配置間隔の検討。
- (2)打ち継目近傍に発生する, エッジビーム縦縮め緊張による引張応力および床版材齢差による温度応力や乾燥収縮による引張応力(以下、温度応力と称す)を考慮したプレストレスの導入方法の検討。

3.2 最適なストラット配置の検討

(1)検討内容

ストラットの配置間隔は, 張出し架設工法ではブロック長, プレキャストセグメント工法ではセグメント長で決定され, 施工上の制約を受ける。しかし, 本橋は支保工による場所打ち施工であり, 施工上の制約を受けないため, 最も経済的となるストラット間隔とすることができる。張出し床版の断面力は, ストラット間隔, ストラット接合部位置(張出し床版支持位置)および接合部タイプの影響を受ける。本橋では, 最適なストラット配置を検討するにあたり, まずストラット接合部位置を決定し(検討①), 次にストラット接合部タイプ別に最適なストラット間隔を決定した(検討②)。解析モデルを図-4に示す。

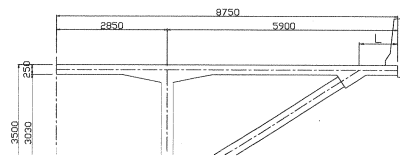


図-3 ストラット接合部位置

検討①: 最適な接合部位置の決定。

検討する上床版側ストラット接合部位置L(図-3)は, 張出し床版先端から0.26m, 1.0m, 1.2m, 1.5mの4ケースとし, 接合部タイプを突起タイプとした。ストラット間隔は2.5mとした。

検討②-1: ストラット接合部を突起タイプとした場合の最適なストラット間隔の決定。

突起タイプは, エッジビームタイプと比較して張出し床版の橋軸方向曲げモーメントが大きくなるため, ストラット間隔は2.0~3.5mで検討した(0.5m間隔で4ケース検討)。

検討②-2: ストラット接合部をエッジビームとした場合の最適なストラット間隔の決定。

検討するストラット間隔は, 2.0~4.5mとした(0.5m間隔で6ケース検討)。

発生応力度および設計断面力は, ストラット部材にBEAM要素を用い構造中心を対称境界とした3次元FEM解析により求め, 必要なP C鋼材量, 鉄筋量およびストラット断面形状寸法を決定し, 経済比較を行った。

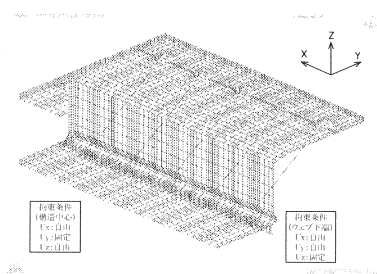
(2)検討結果

検討①結果について

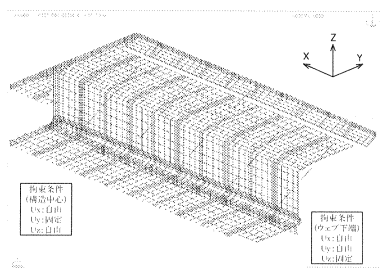
床版横縮めP C鋼材量について, ストラット接合部位置Lが1.0mの場合が最も少なくなり, 1.0mを超えると, 接合部位置での床版負曲げが大きくなり, 鋼材量が増加する傾向が見られた。また, ストラット接合部位置を張出し床版中間部とすると, 張出し床版先端部では風荷重時および衝突荷重時での曲げモーメントが大きくなり, 橋軸直角方向鉄筋量が増加することとなった。

最適なストラット接合部位置は, 最も経済的であった張出し床版先端から0.26m位置(張出し床版先端部)(表-1)とした。

この結果をふまえ, 検討②-1, ②-2のストラット接合部位置は張出し床版先端部として比較を行った。



検討①: 突起タイプ



検討②-2: エッジビームタイプ

図-4 解析モデル

表-1 ストラット接合部位置の検討結果

ストラット位置 L	P C鋼材		橋軸直角方向鉄筋		橋軸方向鉄筋		ストラット形状	経済比較
	横縮め	縦縮め	上段	下段	上段	下段		
0.26m	IS21.8	φ500	なし	D16 @125	D16 @125	D22 @100	□290 × 290	1.000
1.0m	IS21.8	φ625	なし	D22 @125	D19 @125	D22 @125	□300 × 300	1.001
1.2m	IS21.8	φ500	なし	D22 @125	D19 @125	D22 @125	□290 × 290	1.035
1.5m	IS21.8	φ375	なし	D22 @125	D19 @125	D22 @125	□300 × 300	1.141

※経済比較は、最も経済的な接合部位置0.26mを1.0とした比率とする。

検討②-1 結果について

ストラット間隔が2.0~3.5mの場合、床版横締めP C鋼材量および橋軸直角方向鉄筋量に差が見られず、ストラット間隔が橋軸直角方向の曲げモーメントに与える影響は小さいと考えられる。しかし、橋軸方向については、ストラット間隔を広げると曲げモーメントが大きくなり、床版鉄筋量は増加する傾向が見られた。橋軸方向鉄筋の配置鉄筋は、床版の構造細目よりD25 @100を上限とした。

表-2 ストラットの接合タイプと配置間隔の検討結果

検討内容②-1: 突起タイプ

ストラット間隔	P C鋼材		橋軸直角方向鉄筋		橋軸方向鉄筋		ストラット形状	経済比較
	横締め	縦締め	上段	下段	上段	下段		
2.0m	1S21.8 @500	なし	D16 @125	D16 @125	D16 @125	D22 @125	□280 × 280	1.021
2.5m					D19 @125	D22 @100	□290 × 290	1.019
3.0m					D25 @125	D25 @125	□300 × 300	1.021
3.5m					D22 @125	D25 @100	□310 × 310	1.019

検討内容②-2: エッジビーム

ストラット間隔	P C鋼材		橋軸直角方向鉄筋		橋軸方向鉄筋		ストラット形状	経済比較
	横締め	縦締め	上段	下段	上段	下段		
2.0m	1S21.8 @500	なし	D16 @125	D16 @125	D13 @125	D22 @125	□270 × 270	1.034
2.5m		1S28.6 1本					□280 × 280	1.003
3.0m		1S28.6 2本					□290 × 290	1.001
3.5m		1S28.6 3本					□300 × 300	1.000
4.0m		1S28.6 4本					□310 × 310	1.012
4.5m		1S28.6 6本					□320 × 320	1.070

※経済比較は、最も経済的なエッジビームの3.5m間隔を1.0とした比率とする。

経済比較の結果、突起タイプでは、ストラットの配置間隔2.0~3.5mで大きな差は見られなかったが、2.5mおよび3.5mが経済的であった(表-2)。

検討②-2 結果について

ストラット間隔が2.0~4.5mの場合、突起タイプ同様ストラット間隔が、橋軸直角方向の曲げモーメントに与える影響は小さいと考えられる。また、橋軸方向についても、ストラット間隔を広げると曲げモーメントが大きくなり、エッジビームP C鋼材量および橋軸方向鉄筋量は増加する傾向が見られた。橋軸方向曲げモーメントは、断面剛性の高いエッジビームに集中し、床版の曲げおよび鉄筋量の低減効果が見られた。

経済比較の結果、エッジビームタイプでは、ストラットの配置間隔2.0~4.0mで大きな差は見られなかったが、3.5mが経済的であった(表-2)。

接合部タイプ(突起タイプ、エッジビームタイプ)と配置間隔について検討を行った結果、最も経済的なストラット配置は、エッジビームタイプの3.5m間隔となった。

(3)最適なストラット配置の決定

以上の検討結果より、ストラットの配置は、接合部位置を張出し床版先端部とした、エッジビームタイプの3.5m間隔と決定した。

3.3 打ち継目近傍の床版横締めプレストレス導入方法の検討

(1)床版の引張応力の発生

①エッジビーム縦締めP C鋼材緊張に伴う引張応力
張出し床版先端部のエッジビームにP C鋼材SWPR19L 1S28.6が3本配置されており、縦締め緊張により張出し床版の曲げ変形が生じ、打ち継面に最大2.0N/mm²程度の橋軸直角方向の引張応力が発生する(図-5)。これに対し、縦締め緊張の前に床版横締めプレストレスを導入する必要がある。

②床版材齢差に伴う温度応力

本橋は、1径間ごとの分割施工であり、新設側と既設側の床版コンクリートに材齢差が生じ、新コンクリートのセメント水和発熱に伴う温度変形や乾燥収縮に伴う変形が既設床版に拘束されることにより引張応力が生じる。図-6に示す打ち継目近傍に生じた橋軸直角方向の引張応力を低減することを目的として、新設施工時に既設床版の床版横締めプレストレスを導入する(既設床版の後緊張)必要がある。

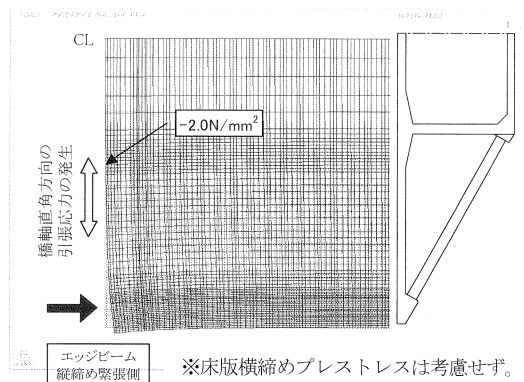


図-5 エッジビーム縦締め緊張による床版変形図(平面図)

(2) 床版プレストレスの導入方法の検討

① エッジビーム縦締めPC鋼材緊張に伴う引張応力に対して

一般に床版横締めは、プレストレスの均等化を考慮し、既設コンクリート側のPC鋼材2本程度を後緊張している。しかし、この場合エッジビームの縦締め緊張による引張応力の低減効果が期待できず、これを解消するために打ち継目から2および3本目の横締めPC鋼材を緊張しなければならなかった。打ち継目から1本目の横締めPC鋼材は、プレストレスの均等化に大きな効果があると考え、後緊張することとした。

② 床版材齢差に伴う温度応力に対して

FEM解析の結果、床版横締めプレストレスの広がり角度は約35°と推測された。この推測結果に基づき横締めPC鋼材の後緊張範囲は、温度応力の発生箇所(中間床版)へのプレストレス導入の効果が見られる、打ち継目から3.5m位置までとした(図-7)。また、既設床版施工時において床版コンクリートにひび割れが発生しないよう、1本おきにPC鋼材を後緊張することとした。

(3) 床版プレストレスの導入方法の決定

以上の検討結果、後緊張するPC鋼材は、打ち継目から1, 4, 6, 8本目とした(図-8)。その結果、温度応力は -0.6N/mm^2 まで低減し、さらに引張鉄筋量も低減することができた。

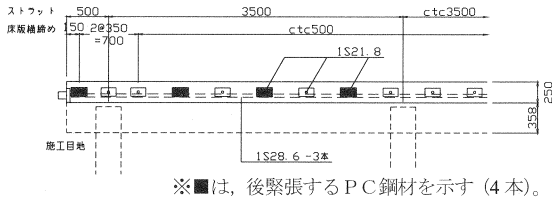


図-8 床版横締め後緊張PC鋼材の決定

4. おわりに

本橋では、ストラットの配置間隔について検討し、最適かつ経済的な設計を行うことができた。張出し床版にストラットを有する箱桁橋は、ストラット間隔の自由度が大きく、幅員に応じた経済的なストラット間隔や、景観を考慮したストラット形状・間隔を選択することが可能であり、今後も多く採用されると考えられる。

本橋は、平成18年12月の竣工に向けて、平成18年5月現在、6径間目の施工を行っている(写真-1)。

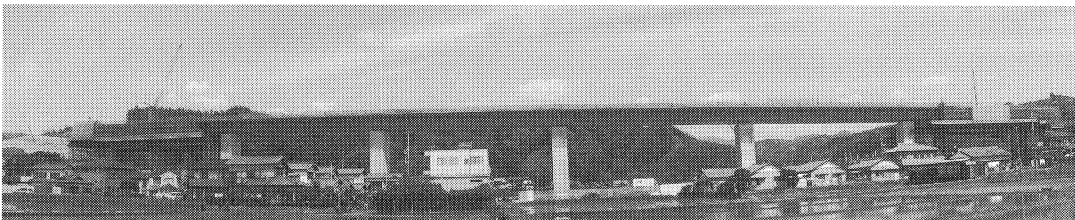


写真-1 現場状況

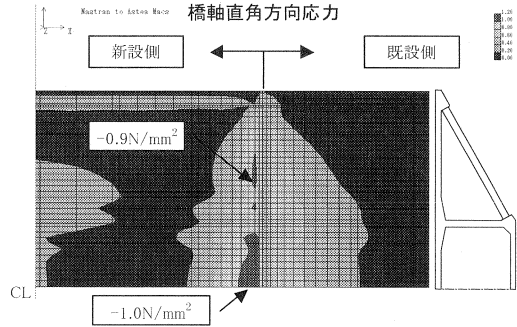


図-6 床版の温度応力度コンター図(平面図)

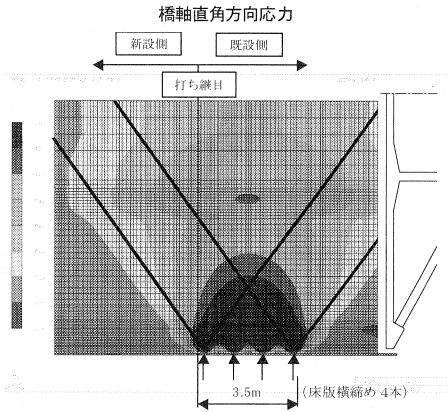


図-7 床版横締めプレストレス分布