

(36) 張出し施工される箱桁の打継目付近  
応力度分布について

鉄建建設(株) 技術本部PC部 ○藤本 新平  
同 上 喜久里 政宏

1. はじめに

片持ち張出し架設される橋梁のブロック継目は、品質管理や耐久性の面から、設計・施工上慎重な取扱いが必要である。箱桁の断面の応力度分布は一般に良好であり、全体構造解析上は一本の梁部材として取り扱っても問題ないと考えるのが一般的である。しかし、張出し架設時の打継目付近は自重、張出し先端に作用する大きなワーゲン荷重、主方向、床版横締めおよび鉛直締めプレストレス等の荷重のほかに開断面の影響を受け、複雑な応力分布となっている。

本報告では、張出し架設中の各種荷重、プレストレスによる箱桁の打継目付近の応力度分布をFEM解析により求め、梁として取り扱った場合との比較を行い、設計上留意すべき点について述べる。また、主方向の緊張材は、効果的な配置として一般にウェブを中心として定着されているが、プレストレスの有効範囲が問題となる。よって、このプレストレスの有効範囲についての検討を加えるとともに、張出し床版端部に定着されるPC鋼材の設計上の取扱いについても検討する。

2. 解析方法

各荷重とウェブを中心としたプレストレス力を考慮した場合と、張出し床版に位置を変えてプレストレス力を作用させた場合のFEM解析および梁としての解析を行った。

2-1 対象橋梁

対象とした橋梁は、桁長273m、最大支間87mのPC4径間連続ラーメン橋である。この橋梁の柱頭部から2ブロックの張出し区間について解析を行った。断面形状およびブロック長を図-1に示す。

2-2 解析モデル

解析は個体要素を使用した立体FEM解析を行った。柱頭部~2BLまでと柱頭部~4BLまでのモデルをそれぞれMODEL-1、MODEL-2とした。図-2にMODEL-2のFEM解析モデル図を示す。

2-3 荷重

(1) 各種荷重とウェブを中心としたプレストレス力による解析

MODEL-1およびMODEL-2に載荷した荷重を表-1に示す。ワーゲン荷重については図-3に示す荷重のモデル化を行った。

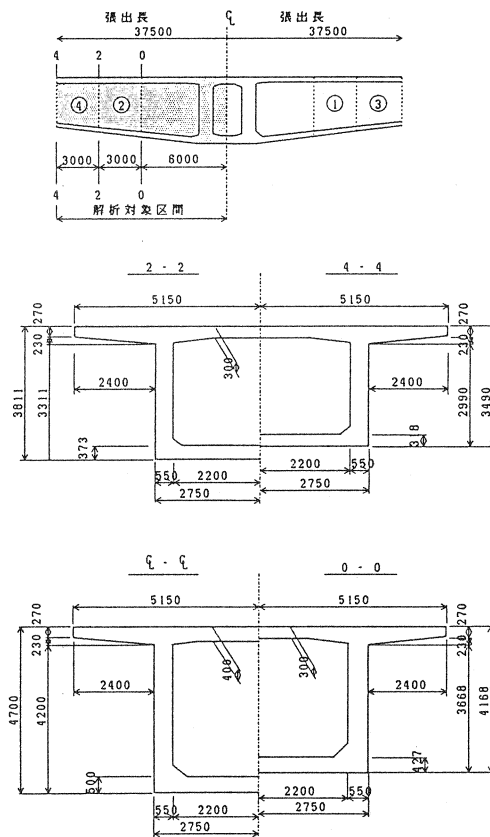


図-1 断面形状およびブロック長

(2) 張出し床版に作用させたプレストレス力による解析

MODEL-2を使用し、プレストレスは図-4に示すように位置を変えて作用させた。荷重強度はPC鋼材1本あたり50tfとした。

3. 解析結果

3-1 各荷重による橋軸方向応力度分布

(1) 図-5、7にそれぞれMODEL-2の自重およびワーゲン荷重による上床版上縁の橋軸方向応力度分布を示す。また、図-6、8に打継目断面の応力度分布を示す。

これらの結果から以下のことがいえる。

① 自重による応力度分布は両断面ともほぼ均一となる。断面内の応力度分布は梁としての解析結果と比較して、中間床版部および張出し床版部で多少引張応力度が大きくなり、ウェブ付近で逆に小さくなる。

② ワーゲン荷重による応力度は自重と同様に両断面ともほぼ均一である。荷重はウェブでの負担の割合が多くなっている。これは、ワーゲン荷重を直接ウェブに載荷していることによると考えられる。

③ 両荷重とも断面内の応力度分布の差は少ないので、梁として解析しても大差はない。

(2) 主方向プレストレス

図-9、11にそれぞれ主方向プレストレスによるMODEL-1とMODEL-2の上床版上縁応力度を示す。また、図-10、12にそれぞれの断面内応力度分布を示す。プレストレス力の作用位置はウェブ中心線上である。これらの結果から以下のことがいえる。

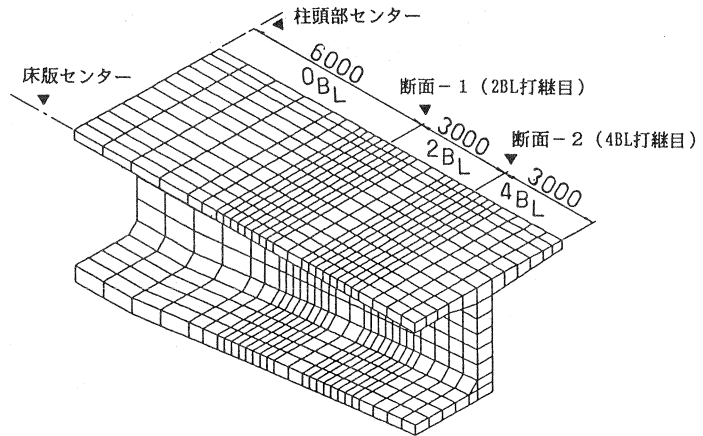


図-2 解析モデル図(MODEL-2)

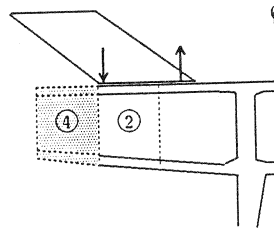


図-3 ワーゲン荷重のモデル化

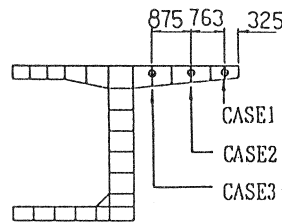


図-4 PC鋼材配置(張出し床版)

表-1 各種荷重

	MODEL-1	MODEL-2
自重	2BLまで	4BLまで
ワーゲン反力	ワーゲン本体+4BL コンクリート荷重	ワーゲン本体+6BL コンクリート荷重
主方向プレストレス	2BL, 3BL	4BL, 5BL
横締めプレストレス	2BL	4BL
鉛直締めプレストレス	2BLまで	4BLまで

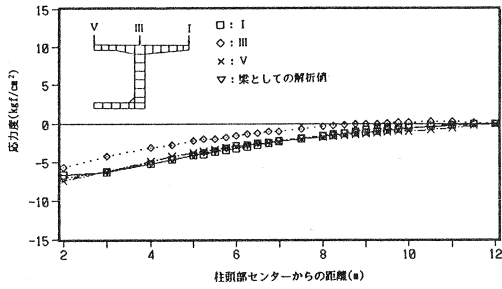


図-5 自重による橋軸方向応力度分布 (MODEL-2)

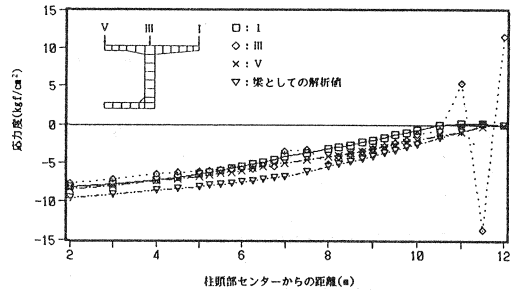


図-7 ワーゲン荷重による橋軸方向応力度分布 (MODEL-2)

・自重 (4BLまで)

MODEL-2

断面-1

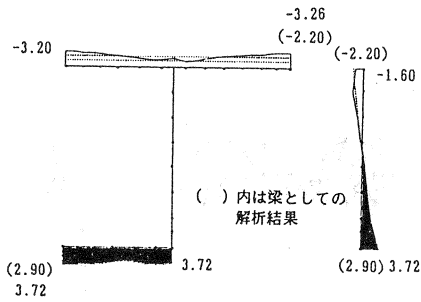


図-6-1 自重による断面応力度分布 (MODEL-2, 断面-1)

・ワーゲン (6BLコンクリート荷重を含む)

MODEL-2

断面-1

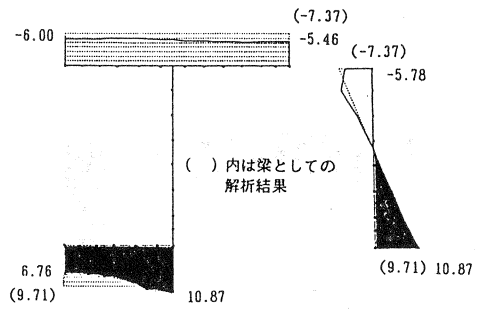


図-8-1 ワーゲン荷重による断面応力度分布 (MODEL-2, 断面-1)

・自重 (4BLまで)

MODEL-2

断面-2

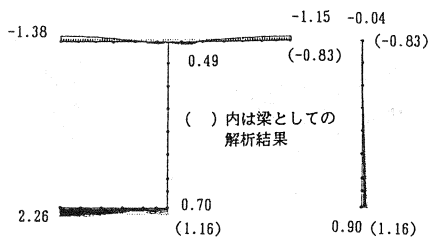


図-6-2 自重による断面応力度分布 (MODEL-2, 断面-2)

・ワーゲン (6BLコンクリート荷重を含む)

MODEL-2

断面-2

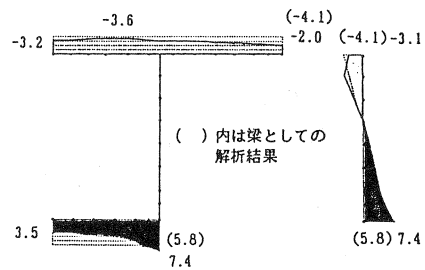


図-8-2 ワーゲン荷重による断面応力度分布 (MODEL-2, 断面-2)

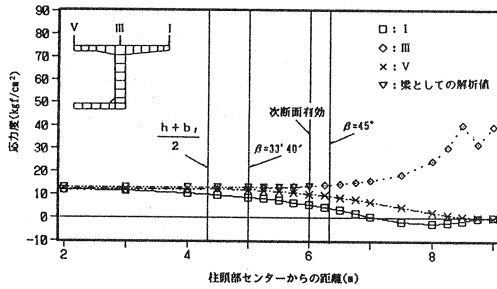


図-9 主方向プレストレスによる橋軸方向応力度分布 (MODEL-1)

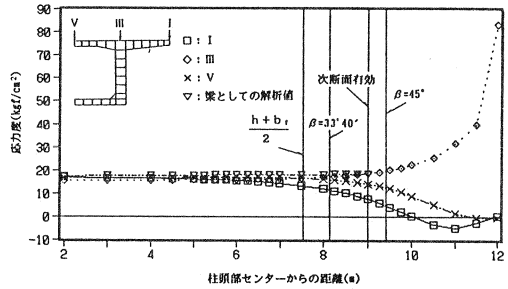


図-11 主方向プレストレスによる橋軸方向応力度分布 (MODEL-2)

・主方向プレストレス (2BL・3BL)  
MODEL-1  
断面-1

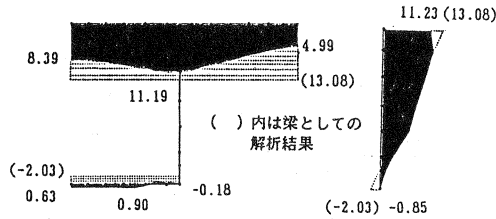


図-10 主方向プレストレスによる断面応力度分布 (MODEL-1, 断面-1)

・主方向プレストレス (4BL・5BL)  
MODEL-2  
断面-1

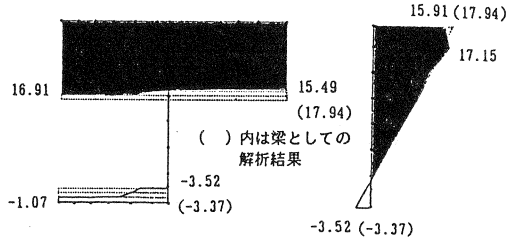


図-12-1 主方向プレストレスによる断面応力度分布 (MODEL-2, 断面-1)

・主方向プレストレス (4BL・5BL)  
MODEL-2  
断面-2

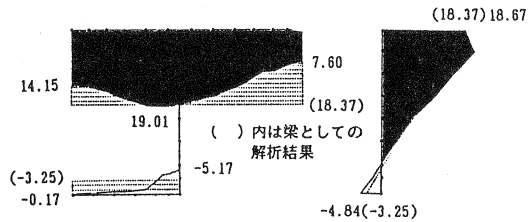


図-12-2 主方向プレストレスによる断面応力度分布 (MODEL-2, 断面-2)

① プレストレスを導入した断面の一つ前の打継目(次断面)では、両モデルともウェブ中心付近の圧縮応力度が大きく、ウェブを離れるにしたがって減少し、特に張出し床版側の減少が著しい。一方、プレストレスを導入した断面の二つ前の打ち継ぎ目(次々断面)では、張出し床版側で若干減少するもののほぼ一般的な圧縮応力度となる。

② 箱桁のプレストレスの有効範囲は、設計上はPC鋼材の定着位置を考慮せずに、近似的に  $(h+b_f)/2$  ( $h$ :桁高、 $b_f$ :1ウェブに対する上フランジ幅)や次断面有効等によって決定するのが一般的である。しかし、実際にはPC鋼材の定着位置やプレストレスの広がり角度によって有効範囲は異なってくる。道路橋示方書では、プレストレスの広がり角度 $\beta$ はほぼ $45^\circ$ 前後といわれているが、安全をみて $\beta=33^\circ 40'$ とするのが望ましいとされている。図-9と図-11に、上床版に着目して $\beta=33^\circ 40'$ と $\beta=45^\circ$ として求めた近似的な有効範囲を示す。中間床版およびウェブへのプレストレスの分布は良好であり、どの有効幅を用いても梁としての解析値と大差はない。一方、張出し床版先端部の応力度は次断面有効や $\beta=45^\circ$ ではかなり小さくなる。しかし、 $\beta=33^\circ 40'$ と $(h+b_f)/2$ では梁としての解析値とほぼ等しくなる。

③ 上記のことから、ウェブおよび中間床版に対してはどの方法で有効範囲を決めてもほぼ適切な評価がなされ、構造物自体の安全性に問題はない。しかし、張出し床版端部ではプレストレスの有効範囲の取り方によってはプレストレス力を過大に評価することとなり、大きな引張応力度によるひびわれ発生の可能性がある。

(3) 横締めおよび鉛直締めプレストレス

図-13、14に2BL~4BLに横締めプレストレスをブロック毎に導入した場合の張出し床版上縁の橋軸方向応力度分布を示す。張出し床版端部は集中荷重を受けて局所的に応力度分布は乱れる。この張出し床版端部を除けば、プレストレス力が作用している領域ではウェブ付け根付近でわずかに引張応力度が発生し、プレストレス力が作用していない後方の領域では、比較的大きな引張応力度が発生するとともに張出し床版先端に向かって大きくなる。このように、段階的に床版横締めを緊張することにより、張出し床版には比較的大きな引張応力度が蓄積され、梁としての解析では算出されない引張応力度が生じる。

鉛直締めプレストレスは、その配置本数が少ないこともあり、箱桁の橋軸方向の応力度にほとんど影響を及ぼさなかった。

3-2 張出し床版に導入したプレストレス力による橋軸方向応力度分布

前項の結果より、主方向プレストレスの有効範囲の取り方や床版横締めプレストレスの影響により、張出し床版には梁としての解析値より大きな引張応力度が生じる。この引張応力度を低減させるため、張出し床版端部にPC鋼材を配置した場合について解析を行った。

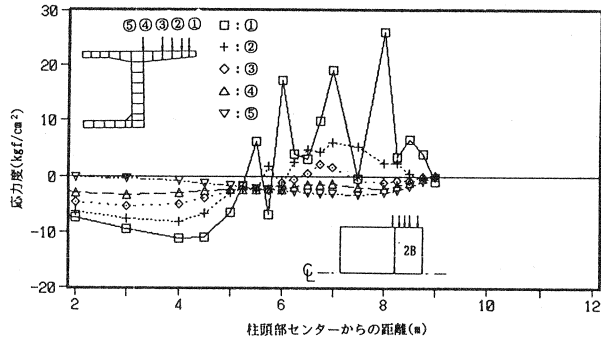


図-13 床版横締めプレストレスによる橋軸方向応力度分布 (MODEL-1)

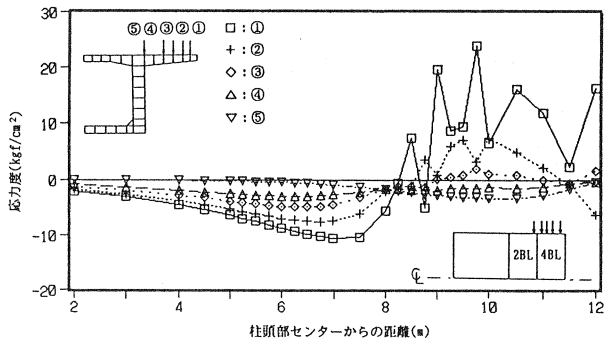
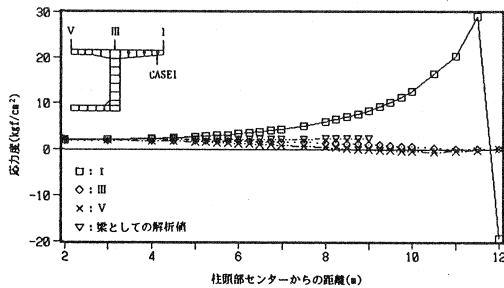


図-14 床版横締めプレストレスによる橋軸方向応力度分布 (MODEL-2)

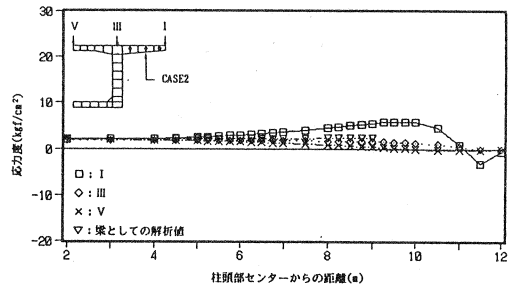
図一15に張出し床版内にプレストレスの作用位置を変えた場合の応力度分布を示し、図一16には着目断面のウェブ中心の応力度と載荷位置の関係を示す。

これらの結果より、以下のことがいえる。

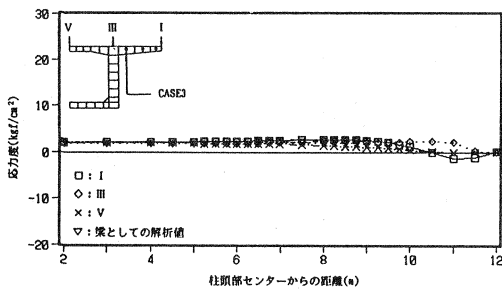
- ① プレストレス載荷位置が張出し床版先端に近いほど、張出し床版先端部の応力度の改善には効果的であるが、プレストレスがウェブで有効となる距離は長くなる。
- ② 載荷位置とウェブ中心の応力度の関係は、3m断面では作用位置が張出し先端に近づくにつれて曲線状に低下する。
- ③ PC鋼材を張出し床版先端部に配置することは、張出し床版の応力度を改善するという点からは望ましいが、設計上の主方向プレストレスの一部として取り扱う場合には、近似的に次々断面有効と考えるのが妥当と思われる。



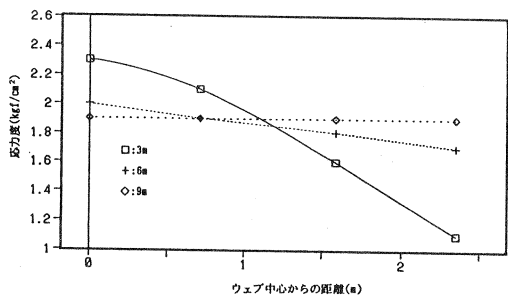
図一15-1 主方向プレストレス（張出し床版）による橋軸方向応力度分布（CASE-1）



図一15-2 主方向プレストレス（張出し床版）による橋軸方向応力度分布（CASE-2）



図一15-3 主方向プレストレス（張出し床版）による橋軸方向応力度分布（CASE-3）



図一16 プレストレス導入位置と応力度の関係

#### 4. まとめ

PC鋼材をウェブ中心付近に配置する一般的な設計では、プレストレスが有効となる範囲を $(h+b_f)/2$ として決めるのが妥当と考えられる。しかし、張出し床版部にはプレストレスの広がりや床版横縮め等の影響により、梁としての計算値以上の引張応力度が生じる可能性がある。特に、ブロックの打継目は施工条件や乾燥収縮・温度等の影響を受け、一般部に比較してひびわれが発生しやすい環境にある。このひびわれに対する予防策として、余裕を持ったプレストレスの有効範囲の仮定や施工時のコンクリートの許容引張応力度を小さくする等も考えられる。しかし、今回検討したように張出し床版の先端部付近に直接プレストレスを導入する方法も効果的であり、この鋼材を設計上考慮するならば、次々断面有効として取り扱うのが妥当と考えられる。