

PC枝桁を有するバチ状拡幅部の施工順序検討

川田建設(株) 正会員 ○明神 優貴
 川田建設(株) 岡本 安則
 川田建設(株) 正会員 大久保 孝
 川田建設(株) 正会員 梅田 隆朗

キーワード：PC枝桁，バチ構造，FEM解析，立体骨組解析

1. はじめに

本橋は、バチ状拡幅部を有するポストテンション方式PC単純T桁橋である。拡幅部が非常に大きい
 ため、主桁支間が27.8mであるのに対し、支間約20mと約10mの枝桁を2本ずつ配置している。拡幅部
 は、PC主桁架設および横組工を施工した後に打設し、枝桁主ケーブルおよび端横桁横締め2次ケーブル
 を緊張する。しかし、当初計画における枝桁の緊張作業は、横組みされた橋体にバチ状拡幅部が一括打
 設された後に行なわれるため、緊張力導入により生じる不静定力が、他の主要部材にも影響をおよぼす
 ことが懸念された。本稿では、拡幅部の枝桁緊張力導入に伴う影響を考慮した施工順序の検討につい
 て報告する。

2. 橋梁概要

全体一般図を図-1、主桁・枝桁断面図を図-2、橋梁諸元を表-1に示す。

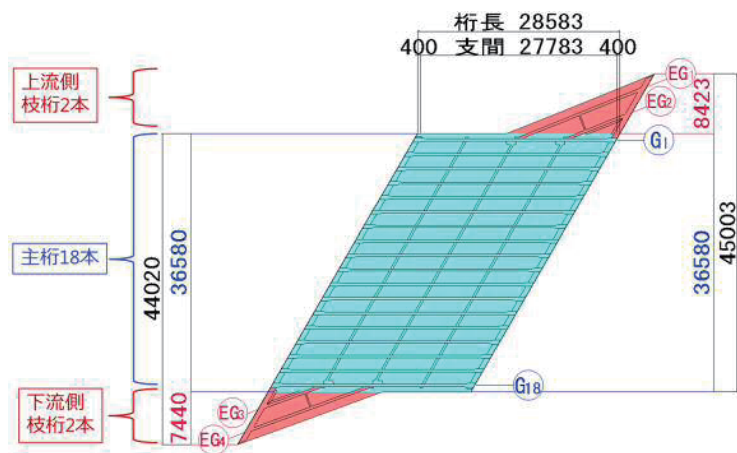


図-1 全体一般図

構造形式	ポストテンション方式PC単純T桁橋
橋長	39.500m
桁長	28.583m
支間長	27.783m
有効幅員	27.000m
設計荷重	B活荷重, 群集荷重
平面線形	R=1500
縦断線形	1.500%~1.280%
横断線形	2.00%
斜角	上部工 60° 00' 00"
	A1橋台 38° 13' 00"
	A2橋台 39° 43' 32"

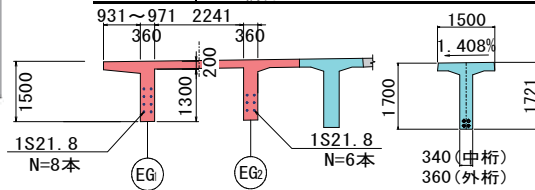


図-2 主桁・枝桁断面図

3. 枝桁緊張力導入に伴う影響

本橋は、主桁架設および横組工を施工した後に拡幅部を打設し、枝桁主ケーブルおよび端横桁横締め
 2次ケーブルを緊張する(図-3)。枝桁は、非常に複雑な構造系での緊張となるため、各主要部材
 に局部応力、面外力、プレストレス2次力(以下、プレ2次力)などの影響が生じることが懸念され
 た(図-4)。

そこで、解析手法として、部材に生じる応力分布を把握できるFEM解析と、軸力や面外力を評価
 できる立体骨組解析を用いて、枝桁緊張による影響検討を実施した。また、実施工では実験的な手法
 として、施工ステップごとの鉄筋ひずみ値および桁天端高を計測し、解析結果の妥当性を検証した。

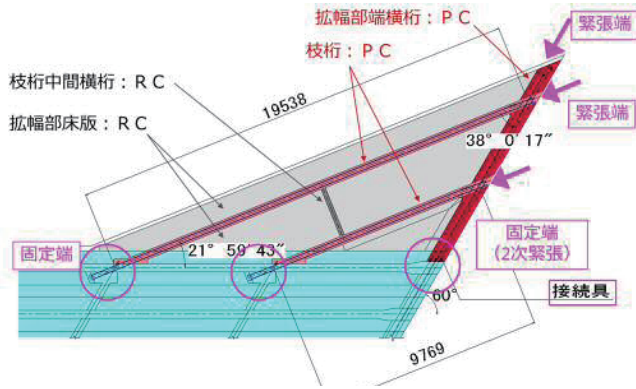


図-3 拡幅部詳細図

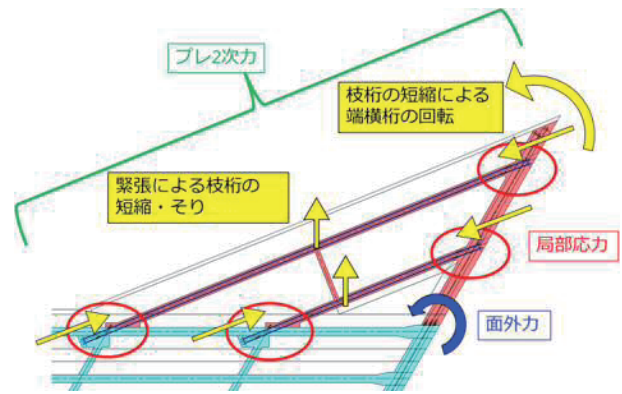


図-4 枝桁緊張力導入に伴う影響

4. 立体骨組解析結果

4. 1 当初計画ケースにおける枝桁緊張時の応力結果

立体骨組解析結果を報告する。枝桁緊張力を導入すると、変形を拘束するプレ2次力が生じることが確認できた。当初計画であるCASE1-1では、プレ2次力が大きく、接合点付近においては、プレストレス1次力(以下、プレ1次力)を打ち消す程度の値であることが確認できた(表-2, 図-5)。

4. 2 枝桁緊張力導入における改善策の検討

拡幅部の部材についての施工順序を変更することで、プレ2次力を低減できるか検討した。

まず、拡幅部の端横桁、中間横桁の施工順序を変更することで、プレ2次力を低減できるか検討した(表-2, 図-5)。なお、拡幅部床版は、CASE1では枝桁緊張前に打設するものとしている。

CASE1-2では、端横桁を枝桁緊張後の施工とした。接合点ではほとんど変化がないが、支間中央、支点ではプレ2次力を低減することが確認できた。

CASE1-3では、中間横桁を枝桁緊張後の施工とした。プレ2次力は、接合点でわずかに低減することができたが、全体的にはほとんど変化がなかった。

CASE1-4では、端横桁、中間横桁を枝桁緊張後の施工とした。CASE1-2と比較すると、プレ2次力は支間中央でさらに低減することができたが、接合点では増加することが確認できた。

表-2 拡幅部構造系検討モデル

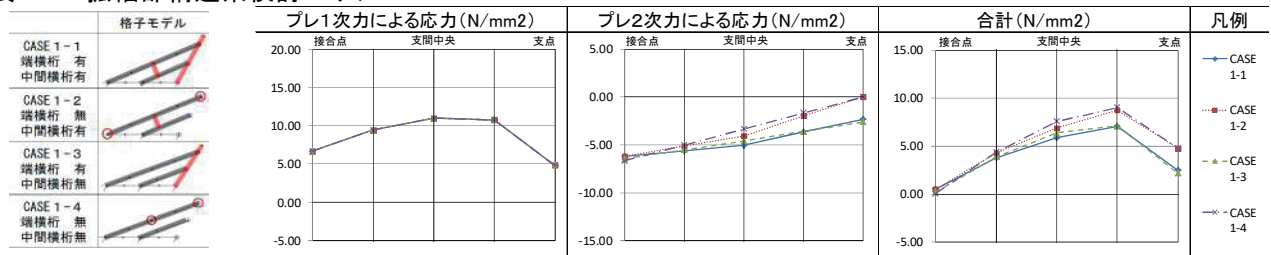


図-5 枝桁 EG1 緊張力導入により生じる下縁側の応力

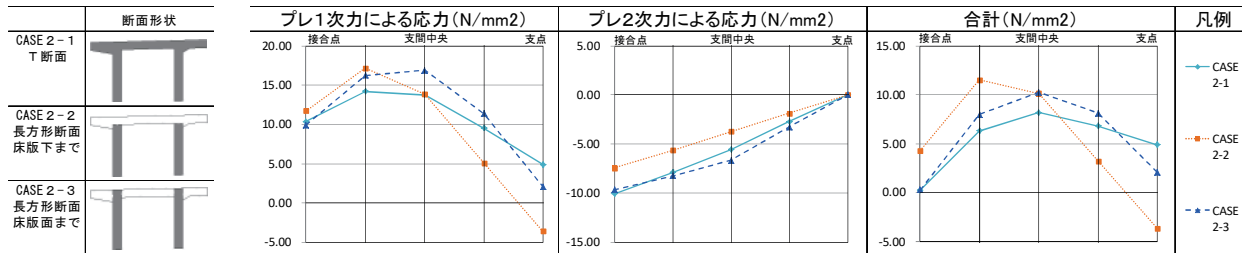
続いて、床版の施工順序を変更することで、プレ2次力を低減できるか検討した(表-3, 図-6)。

CASE2-1では、枝桁緊張前に床版を施工するT断面とした。枝桁の剛性が大きいため、プレ2次力が大きな値となった。

CASE2-2では、床版の施工性を考慮し床版手前で枝桁を打ち止める長方形断面とした。枝桁の剛性を小さくしたことでプレ2次力を低減できた。しかし、ケーブル偏心が高い支点では、桁高が小さくなったためにプレ1次力が有効に作用しなくなった。

CASE2-3では、床版に打継目を設け、床版面まで枝桁を打設する長方形断面とした。桁高は当初のままであるため、プレ1次力を有効に作用させることで、プレ1次力とプレ2次力の合計値によって、枝桁全体に適切に圧縮応力を導入することができた。

表一3 枝桁断面検討形状



図一6 枝桁 EG1 緊張力導入により生じる下縁側の応力

以上から、端横桁を枝桁緊張後の施工とすれば、接合点でプレ2次力の増加を抑え主桁の設計の有利性が高い。また、床版を枝桁緊張後の施工とすれば、枝桁全体に適切に圧縮応力を導入できる。

5. FEM解析結果

5. 1 当初計画ケースにおける枝桁緊張時の応力結果

FEM 解析による結果を報告する。緊張時の拡幅部コンクリート自重、プレストレス荷重を載荷した場合の、検討結果を示す (図一7, 図一8, 表一4)。当初計画である CASE3 - 1(CASE1 - 1 と同じ)では、主桁や端横桁の接合部には局部応力が発生していた。さらに、枝桁、主桁、端横桁に挟み込まれた床版部分に引張応力が生じることが確認できた。また、主桁、主桁部横桁 (以下、主桁部) の下縁に広い範囲で引張応力が発生していた。これは、端横桁の剛性が大きいために生じる面外力や、枝桁の変形を構造系全体で拘束するプレ2次力が働いているためである。

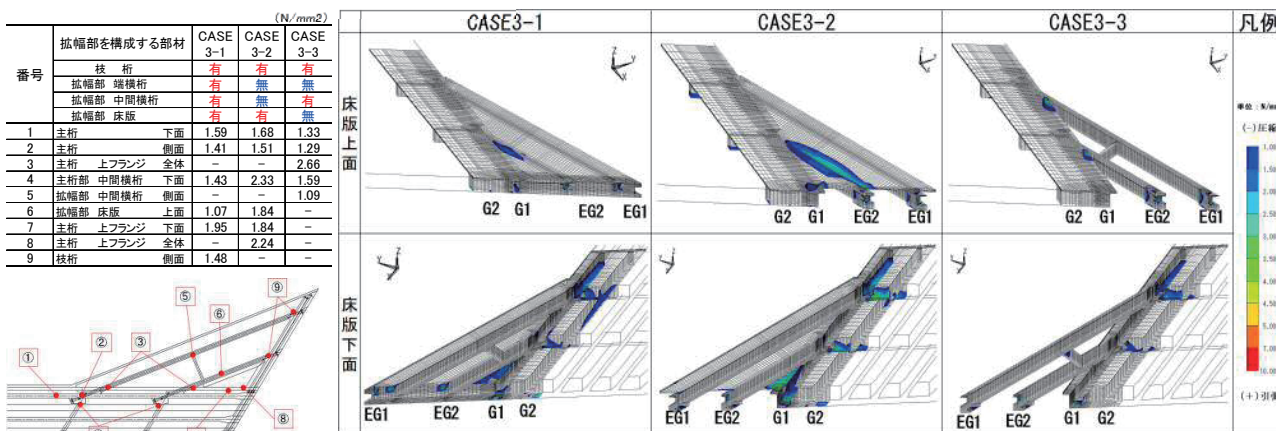
5. 2 枝桁緊張力導入における改善策の検討

緊張時の枝桁を拘束する部材の施工順序を変更することで、応力を改善できるか検討した。(表一4)。

CASE3 - 2(CASE2 - 2 と同じ)では、剛性の大きい端横桁を枝桁緊張後の施工とした。その結果、面外力は大きく低減できたが、枝桁の変形を床版が拘束するので、床版では CASE3 - 1 より広範囲に引張応力が発生した。

CASE3 - 3(CASE2 - 3 と同じ)では、端横桁に加え床版も枝桁緊張後の施工とした。その結果、床版に引張応力を生じさせない施工ができる。また、拡幅部中間横桁を枝桁緊張前の施工とすると、CASE3 - 2 と比べ主桁部の下面に生じる引張応力を低減することが確認できた。

表一4 枝桁緊張時に生じる引張応力



図一7 引張応力発生位置

図一8 応力コンター図

以上から、床版を枝桁緊張後のあと施工とすれば、輪荷重が作用する拡幅部床版に引張応力を生じさせない施工ができる。また、中間横桁を枝桁緊張前の施工とすれば、主桁部に生じる引張応力も低減できる。

6. 実施工の施工順序

解析結果より、拡幅部の施工順序は、枝桁と中間横桁を先行施工とし、枝桁緊張後に拡幅部床版、延長端横桁を施工して構造完成とした。

7. 実施工における計測結果

枝桁緊張による力学的挙動を検証するために、主桁および枝桁の各測点 (図-9) にて計測を行った。

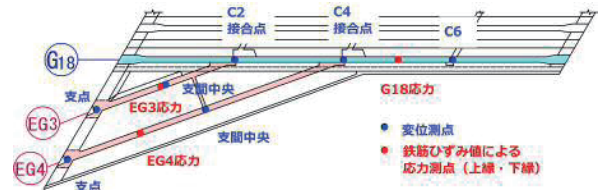


図-9 測点位置

7. 1 変位

主桁および枝桁において、枝桁の打設、緊張による弾性変形が確認できた (図-10)。枝桁支間では、緊張による上向き変位は設計値と実測値でほぼ一致しており、枝桁に緊張力を導入できている。また、主桁支間の各測点でも、上向き変位が生じていることから、PC 枝桁を緊張すると主桁にも影響が生じると確認できた。

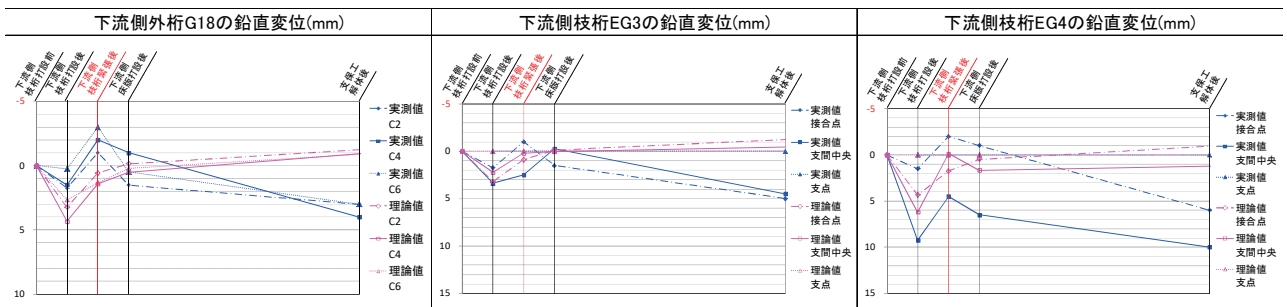


図-10 鉛直変位

7. 2 コンクリート応力

鉄筋ひずみ値よりコンクリート応力を算出し、設計値と比較した (図-11)。

枝桁の打設、緊張による応力について、主桁では、FEM 解析にて引張応力が生じる下縁側に、設計値と同程度の引張応力が生じることから、プレ2次力の影響が生じていると確認できた。

枝桁でも、設計値と同程度の圧縮応力が生じることから、緊張力を導入できていると確認できた。床版打設後も応力が変動しているが、枝桁の材令が経過シクリープ変形が生じたことにより、鉄筋ひずみ値が変動したためと思われる。

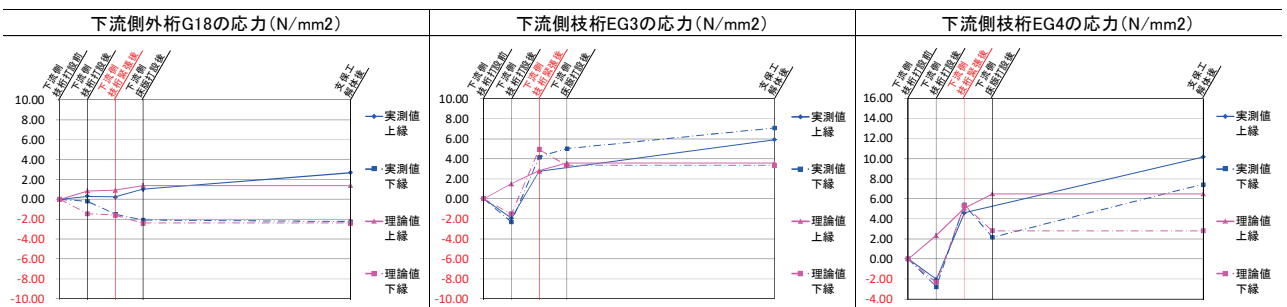


図-11 鉄筋ひずみ値より算定されるコンクリート応力

8. おわりに

本橋のような、PC 枝桁を有するバチ状拡幅部の構造では、拡幅部の施工順序によっては、プレストレス2次力などの不静定力の影響を無視できない。計測結果からも、不静定力による変形や応力が生じることが確認できた。本稿での検討事例が、類似構造物の参考となれば幸いである。

参考文献:

- 1) 明神優貴, 大久保孝, 梅田隆朗 : PC枝桁を有するバチ状拡幅部の枝桁緊張力導入に伴う力学的挙動の検討, 土木学会全国大会第73回年次学術講演会講演概要集, 2018, 投稿中。