

連続合成桁におけるテンションスティフニング効果の断面設計に与える影響

(株)東京鐵骨橋梁 正会員 ○大柳 英之 新日本技研(株) 正会員 徳力 健  
 前橋工科大学 正会員 谷口 望 立命館大学 正会員 野阪 克義  
 由井技術士事務所 フェロー 由井 洋三 JIPテクノサイエンス(株) 正会員 津久井 友  
 中日本ハイウェイエンジニアリング名古屋(株) 正会員 橋 吉宏

1. はじめに

プレストレスしない連続合成桁の設計では、中間支点上に発生する床版コンクリートのひび割れ形成の影響を設計に導入するのが合理的である。欧州では、Roik, Hanswille らにより、合成桁のひび割れ制御設計の研究が盛んに行われ、現行の設計に導入されている。一方、国内においては、NEXCO により欧州の動向を積極的に取り入れ、さらにひび割れ幅算定式はコンクリート標準示方書の式を適用するなど、独自のひび割れ制御設計の導入により設計の合理化を図っている<sup>1)</sup>。これに対し、現行道示IIを適用した設計では、ひび割れ形成の影響を考慮していないため、ひび割れ制御設計を導入した設計と比べて不合理な状態が生じている可能性が否定できない。本報告では、中間支点上のひび割れ形成の影響に着目し、構造解析において床版コンクリートの剛性評価を変えた場合に、断面力および断面設計に及ぼす影響の検討結果を報告する。

2. 解析モデルおよび解析ケース

対象とする橋梁モデルは、文献2)と同様の鋼3径間連続合成2主桁橋とした。

解析ケースを表-1に示す。テンションスティフニング効果(以下、TS効果)の影響および床版有効幅の影響を確認するため、中間支点部0.15L区間の剛性と有効幅を変えた5ケースとした。

表-1 解析ケース

解析時剛性	断面計算剛性	有効幅	備考
CASE1	合成断面 鋼桁+鉄筋(0.15L区間)	考慮	道示に準拠
CASE2	鋼桁+鉄筋(0.15L区間)	同左	考慮 DIN方法II
CASE3	鋼桁+鉄筋+TS(0.15L区間)	同左	考慮
CASE4	合成断面	—	全幅有効
CASE5	鋼桁+鉄筋(0.15L区間)	—	全幅有効

※クリープ・乾燥収縮・温度差による不静定力を算出する際の弾性荷重範囲は、考え方の統一を図り0.15L区間以外とする。

3. TS効果の適用方法

TS効果を考慮する実用的な方法としてBodeは次キーワード 連続合成桁, テンションスティフニング効果, Bode式

式を提案している<sup>3)4)</sup>。本検討では、このBode式を適用してTS効果を考慮し断面力を求めた。

$$A_{s,id} = A_s / (1 - 0.5 f_{ct,m} / \rho f_{sk})$$

ここで、 $A_{s,id}$ はコンクリートのTS効果を考慮した有効幅内の橋軸方向鉄筋の断面積、 $A_s$ は有効幅内の橋軸方向鉄筋の断面積、 $f_{ct,m}$ はコンクリートの引張強度の平均値、 $\rho$ は鉄筋比( $A_s/A_c$ )、 $f_{sk}$ は完全ひび割れ状態で算定される鉄筋の応力を示す。

4. 解析結果

(1)剛度比較: 中間支点上断面の剛度について、比較した結果を図-1に示す。CASE2の剛度はCASE1に対して60%に低減される。CASE3の剛度はCASE1に対して87%に低減される。TS効果により、CASE1とCASE2の中間に位置する。床版を全幅有効としたCASE4、CASE5の剛度は、それぞれCASE1、CASE2と比較するとその違いは5%程度であり、有効幅の影響は小さいといえる。

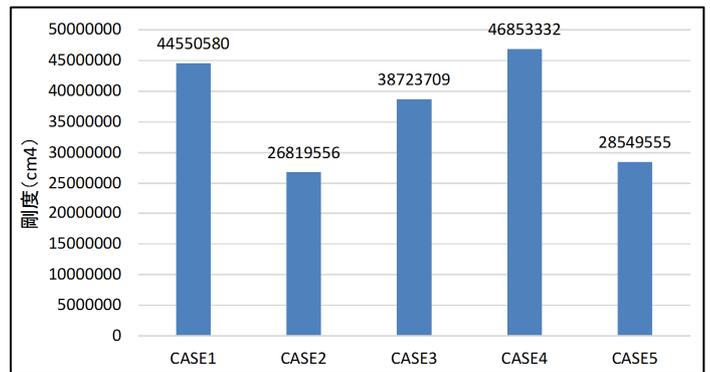


図-1 剛度比較

(2)断面力比較: 解析による各ケースのS1~P2間の曲げモーメント図を図-2、図-3に示す。中間支点上の曲げモーメントは、現行設計のCASE1に対してCASE2は10~13%程度、CASE3は2~3%程度の低減であった。中間支間部の曲げモーメントは、CASE1に対してCASE2の後死荷重で約45%、活荷重で約6%、CASE3の後死荷重で約10%、活荷重で

約1%の増加であった。CASE4 および CASE5 は、CASE1, CASE2 と比較するとその違いは1%程度であり、床版有効幅の影響は小さいといえる。

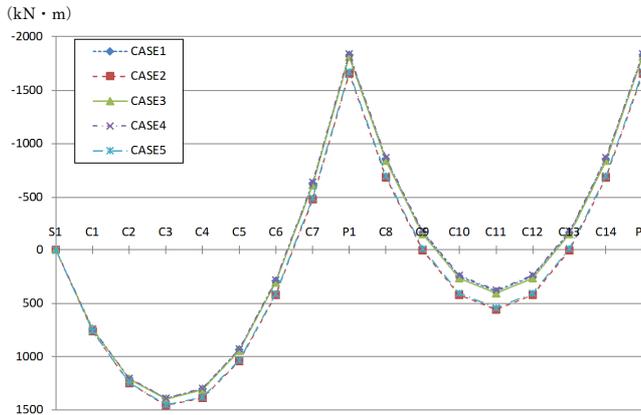


図-2 後死荷重時曲げモーメント図

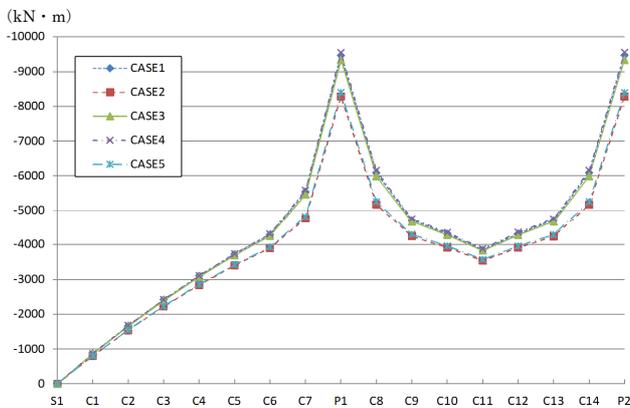


図-3 活荷重時曲げモーメント図

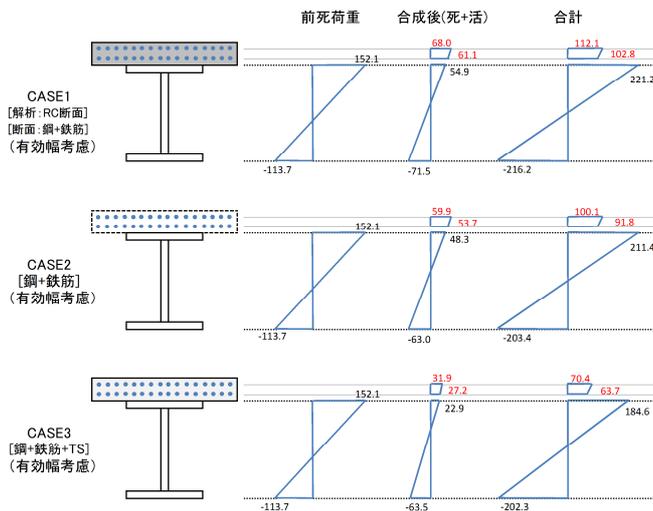


図-4 中間支点上応力図

**参考文献**： 1) 東日本高速道路株式会社, 中日本高速道路株式会社, 西日本高速道路株式会社：設計要領第二集橋梁建設編, 平成 25 年 6 月 2) (社)日本橋梁建設協会：PC 床版を有するプレストレスしない連続合成桁設計要領(案)平成 8 年 3 月 3) H.Bode：Euro-Verbundbau, Konstruktion und Berechnung, 2.Auflage, Werner Verlag, 1998. 4) 栗田章光ら：二重合成桁連続箱桁橋の現状と課題, 第 4 回鋼構造と橋に関するシンポジウム論文報告集土木学会論文集 2001.8 5) 谷口望ら：負曲げを受ける鉄道用合成桁のひび割れに関する実験的研究, 構造工学論文集 Vol.51A,2005.3 6) 谷口望ら：鉄道用連続合成桁の設計におけるテンションスティフィニングの影響について, 構造工学論文集 Vol.52A,2006.3

(3) 断面計算結果の比較：CASE1～CASE3 の断面計算結果を図-4 に示す。ここでは、中間支点上断面のみを比較対象とする。CASE1 に対して、CASE2 は床版鉄筋の応力で 10%、鋼桁フランジの応力で 5% の低減が見られた。この結果は、中間支点上断面の曲げモーメントが低減された結果によるものである。実挙動に近いと想定する CASE3 の断面応力は、CASE1 に比べて床版鉄筋で 38%、主桁上フランジで 17%、主桁下フランジで 7% の低減が見られた。床版鉄筋および上フランジの応力低減率が大きい要因は、TS 効果により見かけの鉄筋断面積が増加したことにより中立軸が上昇し、断面係数が大きくなったためである。なお、図-4 の合計値は、クリープ、乾燥収縮、温度差を考慮している。

### 5. まとめ

連続合成桁の設計において、構造解析および断面設計に TS 効果を考慮した CASE3 の場合、中間支点上の曲げモーメントは CASE1 とほぼ同等の値となるが、断面応力は減少する。また、CASE2 と比較した場合、中間支点上の曲げモーメントは増加するが、断面応力は減少する結果となった。

TS 効果は、荷重レベルによる影響が大きい。完全ひび割れ状態で床版鉄筋応力度が増加すると、TS 効果は低減し、徐々に完全ひび割れ (CASE2) の応力状態に近づくと考えられる。

CASE1 は、中間支点上の断面応力に対して過大な結果を与えている可能性がある。

断面力解析において、中間支点上の剛性低下を考慮した場合、曲げモーメントの再配分により支間部の正の曲げモーメントが増加する事に留意する必要がある。本検討では、後死荷重に大きな増加率が見られた。

本報告は、鋼構造委員会「鋼橋の合理的な構造設計法に関する調査研究小委員会」(委員長：野上邦栄) 成果の一部である。