

二重合成連続箱桁橋におけるコンクリートのテンションスティフニングの影響

(株)富士ピー・エス 正会員 ○岡 篤司* 片山ストラテック(株) 正会員 大山 理**
大阪工業大学研究員 Marcus Rutner*** 大阪工業大学工学部 正会員 栗田章光***

1. はじめに

近年、工費縮減を目指し、建設頻度の高い中小規模橋梁を対象に鋼・コンクリート複合橋梁が注目されている。その一例として、ドイツにおいて開発された鋼・コンクリート二重合成連続箱桁橋が挙げられ、中間支点領域のみ鋼箱桁内の底部にもコンクリート床版を配置することにより、桁の剛度を高めるという点に大いに寄与しているのが特徴である。

わが国では、プレストレスしない連続合成桁橋の場合、引張領域のコンクリートの剛性を無視するのが一般的である。しかし、ヨーロッパにおいては、引張領域のコンクリート剛性であるテンションスティフニングの影響を考慮した設計¹⁾が行われており、将来、わが国においても一般的に考慮されるものと考えられる。

そこで、本文では、近年、注目されつつある鋼・コンクリート二重合成連続箱桁橋を対象に、テンションスティフニングの影響を把握するために、数値計算を行い、比較検討した結果を以下に報告する。

2. テンションスティフニング

ひび割れ間のコンクリートのテンションスティフニングを考慮する実用的な方法として Bode は、式(1)を与えている²⁾。すなわち、Bode は、テンションスティフニングの効果を考慮することにより増大した鉄筋の断面積 $A_{r,id}$ を用いることにより桁の曲げ剛度を評価している。

$$A_{r,id} = \frac{A_r}{1 - \frac{0.4 \cdot f_{ct,m}}{\rho \cdot \sigma_{r,\Pi}}} \quad (1)$$

ここで、 A_r は橋軸方向鉄筋の断面積、 $f_{ct,m}$ はコンクリート引張強度。また、 ρ は鉄筋比であり、 $\sigma_{r,\Pi}$ は、ひび割れ断面において鉄筋に作用する応力度である。

3. 解析モデル

数値計算のモデルとして、プレストレスしない鋼・コンクリート二重合成連続箱

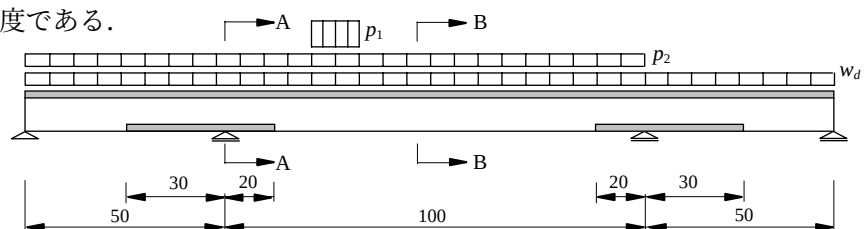


図-1 側面図と荷重載荷状態 (寸法単位：m)

桁橋(3 径間、スパン割:50+100+50m)を対象に、従来の設計法とテンションスティフニングの影響を考慮した設計法での剛性の評価を行い、断面力、作用応力度およびたわみについて数値計算を行った。図-1 に側面図と活荷重 p_1, p_2 および後死荷重 w_d の載荷状態を、図-2 に断面図を示す。活荷重については中間支点が最も不利となるように載荷した。ここで、中間支点領域の二重合成区間は、後死荷重($w_d=23.08\text{kN/m}$)作用時に負の曲げモーメントの作用する区間とした。また、上コンクリート床版の橋軸方向鉄筋比は道路橋示方書・同解説³⁾に準拠し $\rho=2\%$ とした。

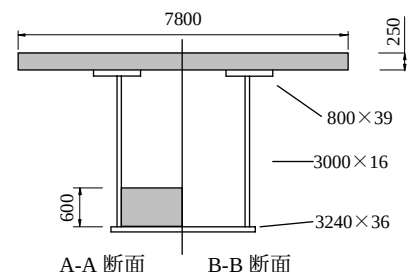


図-2 断面図 (寸法単位：mm)

Keywords：二重合成箱桁橋，テンションスティフニング

- * 〒530-0012 大阪市北区芝田 2 丁目 2 番 1 号 TEL:06(6372)0381 FAX:06(6372)0270
 ** 〒551-0021 大阪市大正区南恩加島 6 丁目 2 番 21 号 TEL:06(6552)1235 FAX:06(6551)5648
 *** 〒535-8585 大阪市旭区大宮 5 丁目 16 番 1 号 TEL:06(6954)4141 FAX:06(6957)2131

4. 数値計算結果と考察

数値計算の結果として、図-1に示した荷重状態での剛性評価を行い、さらに断面力、作用応力度、たわみを従来の設計法とテンションステフニングの影響を考慮した設計法との比較を行った結果を示す。まず、図-3に中間支点付近すなわち二重合成区間の剛度変化を示す。剛度比 1.0 とは、従来の設計法での剛度を 1.0 としたときである。図-3より、従来の設計法では、全断面有効とした場合の約半分程度しか評価していないのに対し、テンションステフニングの影響を考慮した設計を行った場合には、支点部で従来の設計法の約 1.2 倍の剛性評価を行っている。これは、テンションステフニングを考慮した設計法では、まず、中間支点領域の上コンクリート床版を全断面有効とし、設計荷重が載荷された際のひび割れ発生区間を算出する。そして、ひび割れ発生区間のみにテンションステフニングを考慮した剛性 $E_s I_{v,TS}$ を用いるため、従来の設計法よりも厳密に剛性評価をしていることになる。本数値計算でのひび割れ発生モーメント M_{cr} は、-20047kNm であり、ひび割れ発生区間は、支点から側径間側に 15m 中央径間側に 10m であった。つぎに、この剛性評価を用い、活荷重および後死荷重作用時の曲げモーメントを算出し、その結果を図-4に示す。図-4より、テンションステフニングの影響を考慮することで、支点部では約 12%増加するのに対し、径間部では、約 15%減少した。また、作用応力度は、表-1に示すように、鉄筋応力が約 14%減少した。また、鋼桁の上縁では、引張応力度が 14%減少し、下コンクリート床版では、圧縮応力度が増加した。最後に、活荷重および後死荷重作用時に発生するたわみを図-5に示す。図-5より、テンションステフニングの影響を考慮することで、側径間部では変形のそり上がりを減少させ、さらに、中央径間部では、最大で約 20%減少することがわかった。

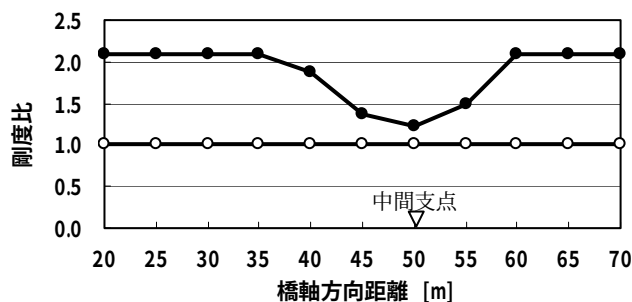


図-3 中間支点領域の剛性分布図

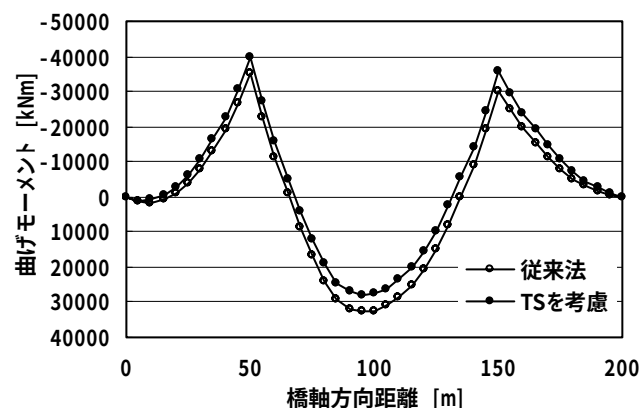


図-4 曲げモーメント図

表-1 中間支点上での作用応力度 (圧縮:+, 引張:-)

	鉄筋	鋼桁		下コンクリート床版	
		上縁	下縁	上縁	下縁
従来法	-100.79	-95.21	42.06	1.95	5.78
TSを考慮	-86.71	-81.61	43.85	2.56	6.05

(単位: N/mm²)

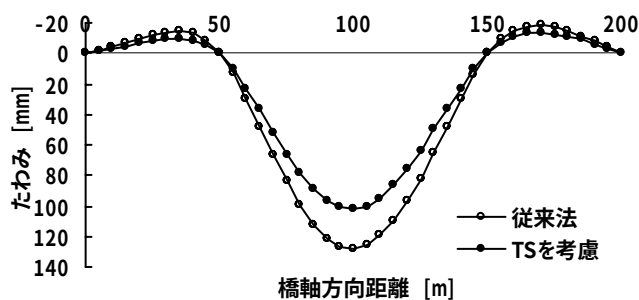


図-5 たわみ

5. まとめ

本文では、近年、注目されつつある鋼・コンクリート二重合成連続箱桁橋を対象に、現在のわが国の設計法では適用されていないテンションステフニングの考え方を考慮したことによる影響を把握するために、数値計算を行い、比較検討を行った。その結果、従来の設計では評価されていないコンクリートのテンションステフニングの影響を考慮することで、中間支点部の鉄筋の応力が減少し、たわみも減少することとなり、従来よりも経済的な設計が行える可能性が見い出された。

参考文献

- (著) K. Roik, G. Hanswille, (訳) 伊藤鉦一・平城弘一: 合成桁におけるひび割れ幅制御, 橋梁と基礎, pp.33~40, (株)建設図書, 1993年2月。
- H. Bode: Euro-Verbundbau, Konstruktion und Berechnung, 2. Auflage, Werner Verlag, pp.201~213, 1998.
- (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説(I: 共通編, II: 鋼橋編), 丸善(株), 1996年12月。