

少数主桁橋の床版付加応力に関する検討

新日本技研(株) 正会員 杉山 充 , 同 正会員○榎 裕二
同 非会員 村江 博信, 同 非会員 西川 貴志

1. はじめに

鋼橋の合理化形式である少数主桁橋は、日本道路公団^{注)}に代表される図-1のような形式が多く用いられている。このタイプはP C床版を前提としてプレストレスやクリープ・乾燥収縮を拘束しないように剛性の低い横桁を中段に取付け粗く配置しているため、床版・垂直材・横桁で構成される横桁フレームの変形が大きくなりやすく、床版に付加応力が発生する。この床版付加応力について、3主桁橋および2主桁橋を対象に検討を行った。

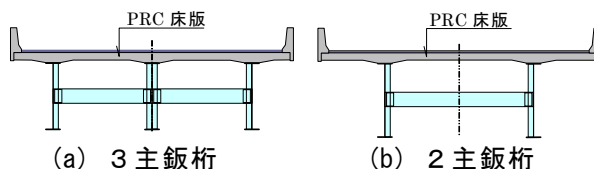


図-1 公団タイプの少数鉄桁橋

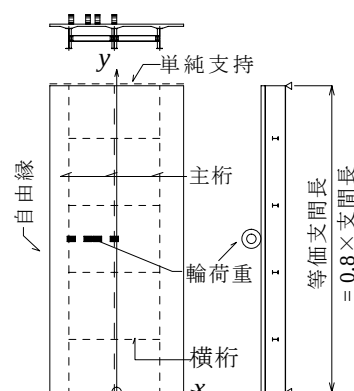


図-2 床版の解析モデル

2. 3主桁橋の床版の付加曲げモーメント

3主桁以上になると、床版と横桁が格子作用を担い、横桁や主桁の曲げ剛性が低いと床版の付加曲げモーメントが発生する。そこで、図-2の解析モデルを対象として床版の付加曲げモーメントの計算を行った。床版は桁端で単純支持された直交異方性版として扱い、変位を三角級数で展開して解析した。

その計算ケースを表-1に示す。床版の付加曲げモーメントは、橋軸方向には主桁のたわみによって、直角方向には主に主桁間のたわみ差によって発生する。そこで、主桁や横桁の剛性をパラメータとした。基準ケースC0は、主桁の曲げ剛性を ∞ とし、そのたわみの影響を排除したものである。

荷重ケースは、2台の輪荷重を近接載荷した状態(T荷重載荷)と中央に幅4.75mの主載荷等分布活荷重を主桁に間接載荷した状態(L荷重間接載荷)の2ケースとした。

結果を表-2に示す。表の最下段は道示Ⅱの設計値である。またT荷重載荷のケースC0とL荷重載荷の曲げを加算したときの主鉄筋方向曲げモーメントをT(C0)+L欄に示す。これは、現行道示のT荷重は前輪荷重を含まないなどにより連行荷重として扱えないため、主桁のたわみ差の影響はL荷重間接載荷で評価したものである。

T荷重載荷の $M_{x,max}$ の基準ケースC0に対する比率は、主桁と横桁の剛性が低いケースC1で最も高く1.12、次いで横桁剛性が低いC3で1.10である。

表-1 比較計算ケース

ケース	主桁高 (m)	横桁高 (m)	断面2次モーメント I (m^4)			
			横桁	G1	G2	G3
C0	---	---	---	∞	∞	∞
C1	2.15	H700	0.0020	0.0607	0.0422	0.0563
C2	(1/21)	1.60	0.0077			
C3	2.65 (1/17)	H700	0.0020	0.0877	0.0713	0.0814
C4		2.00	0.0133			
C5		∞	∞			

表-2 床版の最大曲げモーメント ($kN \cdot m/m$)

ケース	T 荷重載荷		L 荷重間接載荷		T(C0)+L
	$M_{x,max}$	$M_{y,max}$	$M_{x,max}$	$M_{y,max}$	$M_{x,max}$
C0	46.2 (1.00)	41.8 (1.00)	0.0 (0.00)	0.0 (0.00)	46.2 (1.00)
C1	51.5 (1.12)	49.1 (1.18)	21.7 (3.53)	11.9 (1.93)	55.3 (1.20)
C2	49.2 (1.07)	48.6 (1.16)	10.0 (1.63)	9.4 (1.54)	50.4 (1.09)
C3	50.6 (1.10)	46.9 (1.12)	18.7 (3.05)	8.7 (1.42)	54.2 (1.17)
C4	48.1 (1.04)	46.4 (1.11)	6.1 (1.00)	6.1 (1.00)	48.8 (1.06)
C5	47.2 (1.02)	46.1 (1.10)	1.5 (0.24)	5.1 (0.83)	46.9 (1.02)
道示	59.1 (1.28)	41.2 (0.99)	---	---	---

M_x : 主鉄筋方向の曲げモーメント, M_y : 配力鉄筋方向の曲げモーメント

キーワード 少数主桁橋, 床版, 首振り運動

連絡先 〒105-0014 東京都港区芝 2-1-23 新日本技研(株)東京支社・設計部 TEL 03-3453-4321

L 荷重載荷も同様に、横桁 H700 を用いたケース C1 と C3 は、横桁剛性が高いケース C2 と C4 に比べ、凡そ 2~3 倍大きくなった。また、付加曲げモーメントを含めた $T(C0)+L$ 欄の $M_{x,max}$ に関して、ケース C1 と C3 は基準ケース C0 と比較して 20%ほど大きく、ケース C2 と C4 に比べても 10%より高い値を示した。

3. 2主桁桁橋の床版の付加応力

2 主桁桁橋の場合には格子作用は無いが、下フランジの水平曲げ剛性により偏載荷重に対して弱いながら立体的な抵抗機構を有する。そのため、床版のプレストレス導入やそれに続くクリープ・乾燥収縮によって、また輪荷重による床版の局部的なたわみによって床版と上フランジの結合部に剥離やひび割れを発生させることがある。いわゆる主桁の首振り運動に伴う現象であり、多主桁橋でも疲労損傷の報告があるが対応の採り難い部位の問題である。最近ではスタッドの本数を増やすなどの対策を講じているが、垂直補剛材からの集中応力をフランジの板曲げで分散してスタッドおよびコンクリートに伝達する構造は応力の流れがスムーズでなく、フランジと垂直補剛材の T 字溶接部の疲労の点でも問題が残る。

そこで、図-3 の 3 径間連続桁モデルで床版と主桁の結合部に着目して、粗いメッシュ割ではあるが FEM 解析によって傾向を調べてみた。

L 荷重を載荷したときの着目横桁位置の床版の最大主応力を図-4 に示す。橋の曲線半径が小さくなるに連れて最大主応力が増加することがわかる。これは、偏載荷重による橋体のねじれと曲線の影響により主桁下端に下フランジからの反力が作用して、横桁フレームを歪めることによる。

図-5 は全死荷重と着目横桁上の T 荷重を偏載したときの最大主応力である。同様に、橋の曲線半径が小さくなるに連れて最大主応力が増加することがわかる。

4. まとめ

3 主桁桁橋における、主桁のたわみ差による床版の付加曲げモーメントは、主桁や横桁の剛性が低い場合に大きく増大する。これが不明確な主桁の首振り運動による悪影響を助長する危険性があり、日本道路公団での検討前提を外れるような主桁剛性が低い橋への適用は慎重でありたい。

また、日本道路公団でも R1000m を下回る曲線半径への少数主桁橋の適用を制限しているが¹⁾、公団タイプは横桁フレームの変形が主桁の平面線形により助長されるため、床版と主桁の結合部に発生する引張応力が曲線半径に応じて増大することを 2 主桁桁橋を対象に検証した。

1) 日本道路公団：設計要領第二集

注) 現 東日本高速道路(株)・中日本高速道路(株)・西日本高速道路(株)

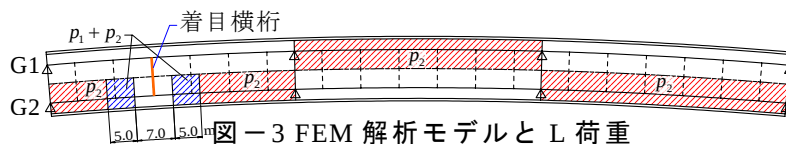


図-3 FEM 解析モデルと L 荷重

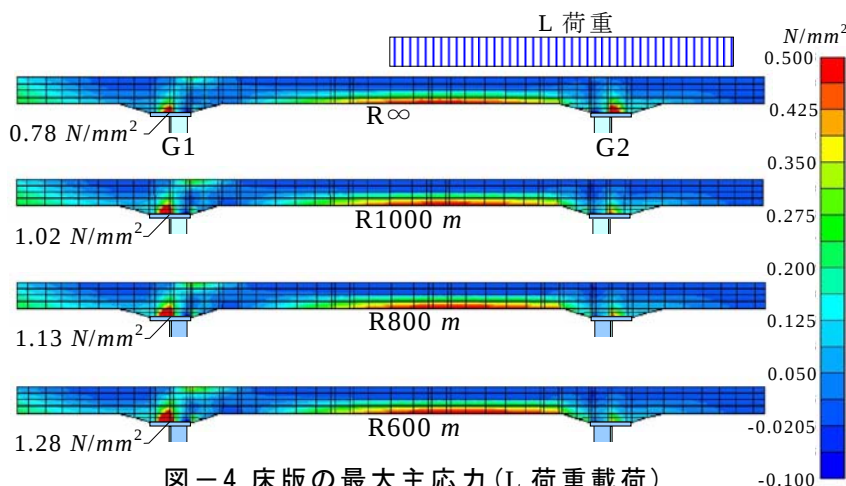


図-4 床版の最大主応力 (L 荷重載荷)

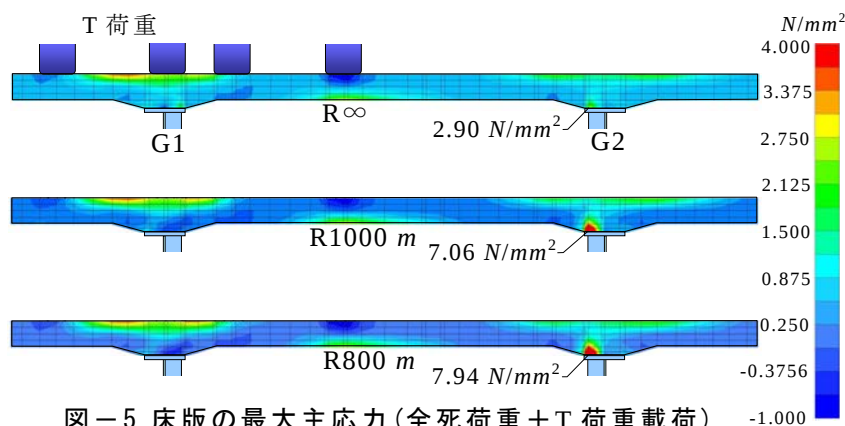


図-5 床版の最大主応力 (全死荷重 + T 荷重載荷)