

I-89

床版のプレストレスを考慮した2主桁橋の局部応力について

榑嶺崎製作所 正員 林 芳文

榑嶺崎製作所 正員 宮内 博英

榑嶺崎製作所 正員 矢ヶ崎 保幸

1. はじめに

PC床版を有する2主桁橋は、従来の多主桁橋に較べて構造が簡素化され、施工の省力化や工期短縮が期待できることから、鋼橋のコスト縮減を実現する有力な橋梁形式として注目されている。そのため、この橋梁形式の力学特性に着目した解析的研究が各研究機関で行われ^{1),2)}、その結果、局部応力については、横桁が取り付け位置の鉛直補剛材の上端部に生じる応力集中を除いて応力レベルが低いことが明らかにされている。しかしながら、これらの研究には床版のプレストレスの影響が考慮されていないようである。

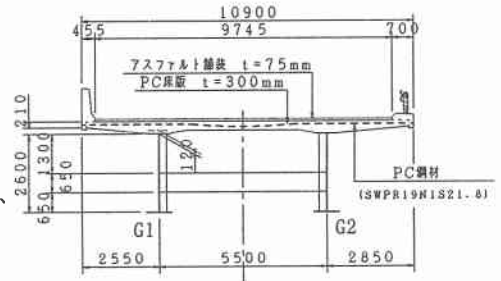
場所打ちPC床版形式の2主桁橋では、床版と鋼桁が一体化した後にプレストレスが導入されるため、局部応力の検討には、この影響を考慮する必要があると考えられる。本研究では、横桁位置の鉛直補剛材上端部の局部応力に着目して、3つのタイプの鉛直補剛材について床版のプレストレスの影響も考慮してFEM解析を行った。

2. 検討条件

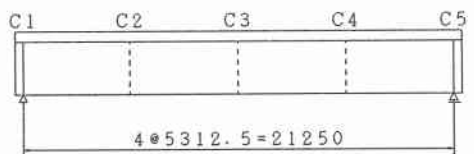
(1) 橋梁モデル

今回計算対象とした橋梁モデルを図-1に示す。筆者らが設計に携わったキウス第一橋³⁾を参考にした。主桁間隔は5.5m、PC床版厚は30cm、PC鋼材は床版支間中央部に偏心配置させている。橋梁モデルの支間長は、床版幅員の2倍程度の長さが確保する横桁間隔4パネル分の長さとし、支点条件は橋軸方向は固定・可動、橋軸直角方向は弾性支持とした。

主桁、横桁及び鉛直補剛材の断面寸法を図-2に示す。鉛直補剛材はV1タイプを標準とし、着目するC3横桁位置の鉛直補剛材はV1タイプの他に補剛材剛性を変化させたV2、V3タイプの計3種類の断面を用いた。尚、図中の断面二次モーメントは腹板表面に関する値である。



(a) 断面図



(b) 側面図

図-1 橋梁モデル

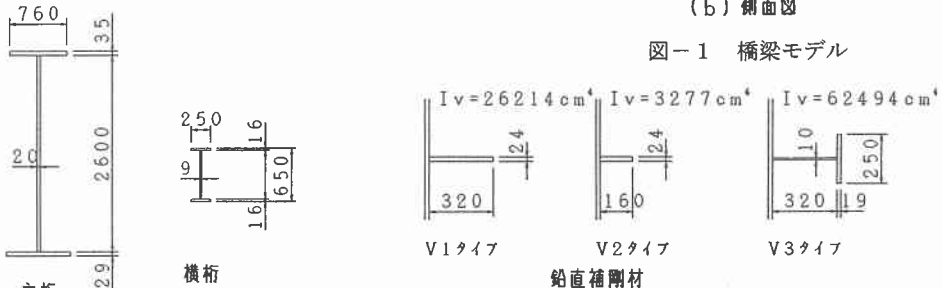


図-2 部材断面寸法

Local stress of 2-Girder Bridge with Prestress of Floor Slab
By Yoshihumi HAYASHI, Hirohide MIYAUTI and Yasuyuki YAGASAKI

(2) 荷重

荷重は床版自重、壁高欄・地覆、舗装、プレストレス力及びT荷重をとし、プレストレス力は床版端面の横荷重とPC鋼材の偏心配置による上向き荷重に置き換えた。また、T荷重は衝撃を考慮し、対称荷重として載荷した。図-3に荷重載荷図を示す。

(3) 解析モデル

図-3にFEM要素分割を示す。床版はソリッド要素、主桁、横桁及び鉛直補剛材はシェル要素でモデル化している。

本モデルは床版ハンチ部を考慮し、ハンチと上フランジの接合部は完全合成とした。床版のヤング係数は鋼の1/6.8とし、ポアソン比は0.17とした。解析はCOSMOS/Mを用いて行った。

解析ケースは表-1に示すように、C3位置の鉛直補剛材の形状ごとにプレストレスの影響を考慮しない場合と考慮した場合の計6ケースとした。

表-1 解析ケース

解析 ケース	C3位置 補剛材	荷重組み合わせ				
		床版	壁・地覆	舗装	プレストレス	T荷重
A1	V1タイプ	○	○	○	—	○
B1	V1タイプ	○	○	○	○	○
A2	V2タイプ	○	○	○	—	○
B2	V2タイプ	○	○	○	○	○
A3	V3タイプ	○	○	○	—	○
B3	V3タイプ	○	○	○	○	○

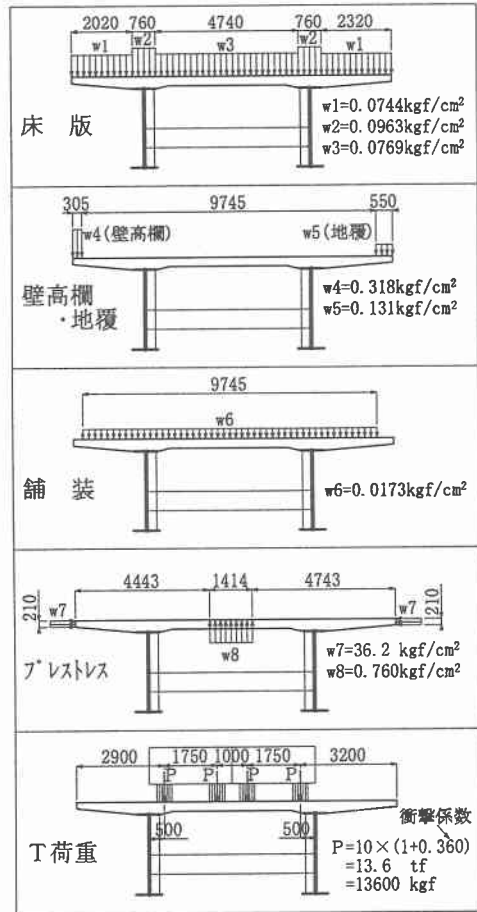


図-3 荷重載荷図

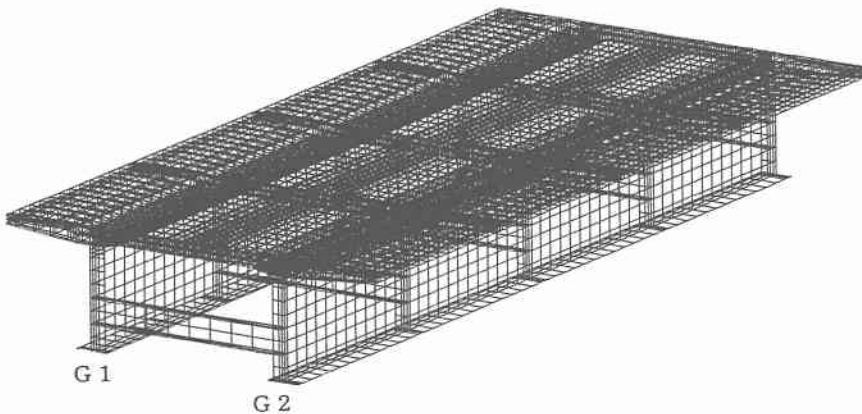


図-4 FEM要素分割

3. 解析結果と考察

(1) プレストレスによる影響

C3横桁位置での鉛直補剛材上端部の重力方向の垂直応力度一覧表を表-2に示す。

G1側とG2側で応力度が若干異なるのは、床版が構造中心に非対称なため、わずかに橋軸直角方向の変位を生じ、その影響が補剛材の応力度に現れているものと推定している。

解析ケースA1とB1の断面変形図を図-5に、G1側の鉛直補剛材の応力図を図-6に示す。

プレストレスを考慮しない場合は、凹形に断面変形して鉛直補剛材には圧縮応力が発生し、プレストレスを考慮した場合は凸形に断面変形して鉛直補剛材には引張応力が発生している。これは橋軸方向に1組のT荷重載荷では、プレストレスの影響を打ち消すことができないことを示しており、鋼桁の設計上、プレストレスの影響は無視することができないと考えられる。

このことから、場所打ちPC床版形式の2主桁橋の鉛直補剛材上端部と上フランジの溶接部は、引張応力を受ける継手として全断面溶け込み溶接にする必要がある。さらに疲労に対する安全性は確保するには、T荷重単独載荷時の発生応力度の最大が663 kgf/cm²であることから、溶接止端部を仕上げて、文献[4]のD等級とする必要がある。

(2) 鉛直補剛材上端部の局部応力

表-2から、鉛直補剛材の上端部応力度を補剛材のタイプ別で比較すると、プレストレスを考慮しない場合も考慮した場合も、断面形状の一番小さいV2タイプの応力度が小さい。

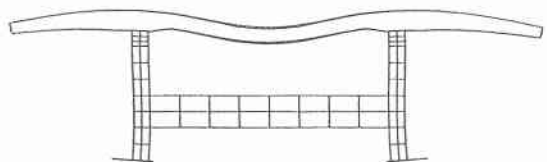
また、曲げ剛性の大きい、鉛直補剛材にフランジを取り付けたV3タイプは、V1タイプの発生応力度を下回った。この結果は長井²⁾の研究成果と一致する。補剛材剛性が高いにもかかわらず、局部応力の発生が低い要因は、フランジ部により拘束応力の分散が図られたものと推察される。

鉛直補剛材は圧縮フランジの横座屈防止の観点から、ある程度の剛性が必要であり、その場

表-2 上端部の鉛直応力度一覧表 (kgf/cm²)

解析 ケース	C3位置 補剛材	荷重合計		T荷重単独載荷	
		G1側	G2側	G1側	G2側
A1	V1タイプ	-237	-233	-663	-662
B1		888	894		
A2	V2タイプ	-179	-177	-511	-509
B2		660	662		
A3	V3タイプ	-226	-224	-598	-597
B3		802	807		

解析ケース A1



解析ケース B1

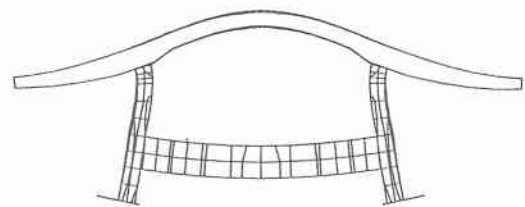
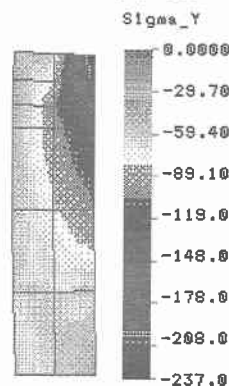


図-5 断面変形図

解析ケース A1



解析ケース B1

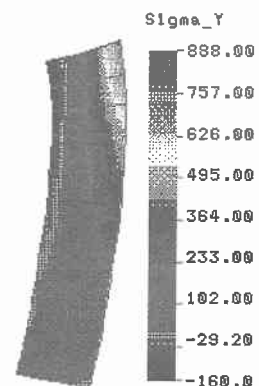


図-6 鉛直補剛材の応力図

合、V3タイプは有力な補剛材形状と思われる。但し、この形状は溶接施工性が悪いので、その採用には耐疲労性との関連で十分な検討が必要であろう。

プレート形状の鉛直補剛材V1タイプと板幅をV1の1/2にしたV2タイプの上端部応力度を比較すると、プレストレスの有無にかかわらず、V2タイプの応力度はV1タイプの75%程度に低減されている。この低減効果は、床版の回転拘束の範囲を小さくしたことによるものと考えられる。

以上の考察から、補剛材上端部の局部応力の低減には、鉛直補剛材の曲げ剛性を小さくして、横桁による床版の変形拘束を小さくすることや鉛直補剛材にフランジを付けて拘束応力の分散を図るといった対策とともに、補剛材の幅を小さくして床版の回転変形拘束を少なくすることも効果があると考えられる。

今回はひとつの比較検討であり、今後さらに、補剛材上端部の局部応力と鉛直補剛材の曲げ剛性、断面積及び板幅との関連について検討する必要があると考えられる。

また、床版に導入されるプレストレス力は著しく大きい。プレストレス力は床版の安全性や耐久性の面から決定されているが、鋼桁への影響についても配慮することが重要と思われる。

4. まとめ

PC床版2主桁橋の横桁位置の鉛直補剛材上端部の局部応力に着目してFEM解析を行った。荷重として床版に導入されるプレストレス力を考慮し、鉛直補剛材には形状を変えた3タイプの補剛材を用いた。その結果は以下のとおりである。

(1) プレストレス力により床版部は凸形に断面変形し、T荷重載荷時でも鉛直補剛材上端部はすべてのタイプで引張応力状態になった。

(2) 鉛直補剛材にフランジを取り付けたV3タイプは、鉛直補剛材上端部の局部応力の低減効果がみられた。

(3) プレート形状の鉛直補剛材上端部の局部応力は、補剛材の幅を1/2にすると25%程度低減された。

【参考文献】

- (1) 関沢・堀・遠藤：2主桁橋の活荷重による首振り挙動のFEM解析、土木学会第50回年次学術講演会講演概要集、I-278、pp.556-557、1995.9
- (2) 長井・吉田：合成2主I桁橋の横補剛材をパラメータとした2次応力に関する検討、土木学会構造工学論文集、Vol.42A、pp.1061-1072、1996.3
- (3) 宮内・高橋・林・川尻・塚島：PC床版2主桁橋「キウス第一橋」の設計、土木学会第52回年次学術講演会講演概要集、I-A307、pp.612-613、1997.9
- (4) (社)日本鋼構造協会編：鋼構造物の疲労設計指針・同解説、技報堂出版、1993.4