

V-334

中空床版橋の設計最適化についての一考察

ドービー建設工業株式会社 正会員 今村 晃久
 ドービー建設工業株式会社 毛利 忠弘
 北海道大学大学院 フェロー会員 角田 典史雄

1. まえがき

橋梁における版構造で最も採用例が多い中空床版橋であるが、近年のコスト縮減に対する要求から、PRC構造に適した橋梁として新たに注目されている。しかし、設計方法は未だオーソライズされているとは言い難く、断面力解析モデルの選定から、その結果に対する補強計算に至るまで、筆者の調査では一定の設計思想を見出すことは出来なかった。従来のひびわれを許容しない設計では、大きな問題では無かったかもしれないが、PRC構造のようにひびわれ制御を行う設計では、設計モデルや断面力の処理に対する妥当性の検証が必要と考え、実績調査を踏まえた上で、設計手法の最適化に取り組むこととした。

2. 実績調査

今回は支間と斜角に対する設計上の傾向把握を目的として、竣工済みの PC 中空床版橋の中から、TL-20 活荷重を用いた一等橋 42 橋をピックアップし、設計手法、諸元等を調査した。

設計手法について

今回調査した橋梁の殆どが格子桁モデルを用いて断面力算出を行っていたが、モデル形状や入力パラメータ、応力検討について、表-1 に示すような 10 のパターンに分類することが出来た。解析手法に多くのパターンが存在する反面、全ての橋梁で、断面力の取り扱いにおいて活荷重断面力を含めた各橋軸方向部材の断面力を足し合わせて、1 本主桁のような値に置き直し、応力検討を行っているのが際立った特徴であった。これは再分配した断面力を用いて、終局時ばかりでなく使用時の検討も行っているということであり、非常に特殊な設計方法である。当然、斜角を意識した PC 鋼材配置は行われていなかった。

橋桁配置	張り形態	橋桁計算	応力検討
ウェブに直交	○	開き断面	○
		閉き断面	×
	×	—	×
		—	×
支軸線に平行	○	開き断面	○
		閉き断面	×
	×	—	×
		—	×

表-1 解析・検討パターン

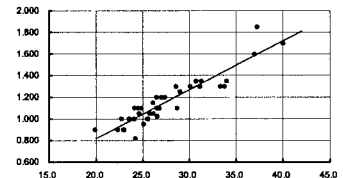


図-1 支間-斜角比の相関

諸元調査

- ① 支間と桁高に関しては強い相関が見られた。(図-1)
- ② 斜角と支間-桁高比については相関関係がない。(図-2)
- ③ 斜角によって支点鈍角部のスターラップ量に変化はなく、張りモーメントに対する補強を全く行っていない橋梁が非常に多い。(図-3)

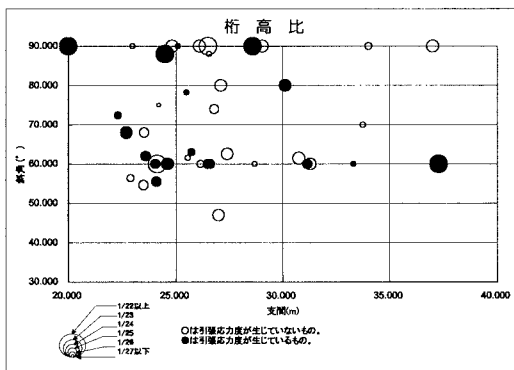


図-2 支間-斜角-桁高比

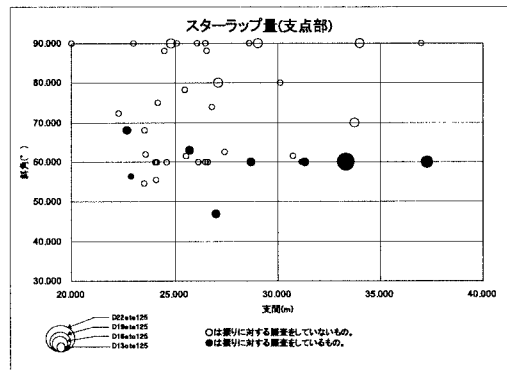


図-3 支間-斜角-スターラップ

キーワード：中空床版橋、斜角、格子、プレストレストコンクリート

ドービー建設工業株式会社 設計部 〒170-0004 東京都豊島区北大塚 1-16-6 大塚ビル TEL 03-3918-6915 FAX 03-3915-8474

3. 解析手法の検討（曲げ応力度）

使用状態の曲げ応力度に対する解析値の比較を行うため、3次元 Solid 要素を用いた FEM 線形解析と平行格子、直角格子の各モデルに対する解析を行った。（図-4）尚、本解析の際に用いた振り剛性は、閉じ断面に対するものを用いた。

図-5に主版自重に対する下縁曲げ応力 σ_c （各格子モデル）と、要素下縁 σ_z （FEM モデル）の結果を示す。グラフは最外縁ウェブ（G1）のものであるが、平行格子モデルについては、横方向部材の橋軸方向部材変形に対する拘束が低く、各橋軸方向部材共に同様なグラフ形状・値を有しており、FEM 解に対して過度に安全サイドの結果となった。

次に FEM 解析の主応力の結果から、下記の式を用いて橋軸方向、横方向の補強に対する等価応力度 σ_{zd} 、 σ_{xd} を算出した。

$$\begin{aligned}\sigma_{zd} &= \sigma_1 \cdot \cos^2 \alpha + \sigma_2 \sin^2 \alpha + (\sigma_1 - \sigma_2) \sin \alpha \cdot \cos \alpha \\ \sigma_{xd} &= \sigma_1 \cdot \sin^2 \alpha + \sigma_2 \cos^2 \alpha + (\sigma_1 - \sigma_2) \sin \alpha \cdot \cos \alpha\end{aligned} \quad \text{--- 式 1}$$

ここに、 σ_1 、 σ_2 : 最大最小主応力（xz 平面）
 α : σ_1 と z 軸の成す角度

直角格子モデルの部材剛性については、直交異方性板のつりあい方程式より、版の剛性を算出し比較した。

$$D_x \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} + 2H \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^2 \partial y^2} + D_y \frac{\partial^4 \omega}{\partial y^4} = p \quad (\text{直交異方性板の基本式})$$

$$\left. \begin{aligned} I_x &= \frac{bh^3}{12(1-\nu_x \nu_y)} & I_y &= \frac{ah^3}{12(1-\nu_x \nu_y)} \\ J_x &= \frac{C_x}{G_{xy}} = \frac{bh^3}{6} & J_y &= \frac{C_y}{G_{xy}} = \frac{ah^3}{6} \end{aligned} \right\} \quad \text{--- 式 2}$$

ここに、 I_x 、 I_y : 断面 2 次モーメント
 J_x 、 J_y : 振り断面 2 次モーメント
 a : 橋軸方向部材間隔
 b : 横方向部材間隔
 h : 主版厚
 C_x 、 C_y : x、y 方向仮想桁の振り剛性
 ν_x 、 ν_y : x、y 方向のポアソン比

図-6に示すように、 σ_{zd} と版剛性を用いた直角格子モデルの解は、非常に良く一致することを確認出来た。

4. まとめ

本構造のような直交異方性版構造に対して、格子桁モデルを最適化出来ることが確認されたが、実橋の設計が曲げ応力度に対して、かなり安全サイドの解析を行っていることが明らかになった。また、格子モデルを採用した上で、各橋軸方向部材の解を足し合わせる手法の妥当性は見出すことは出来なかった。少なくとも、曲げモーメントに対する検討は、モデル化した橋軸方向部材毎に行う必要がある。今回は曲げ応力度に関する成果のみの報告となったが、今後せん断力と振りモーメントに対する設計手法の最適化に対する提案を行っていく所存である。

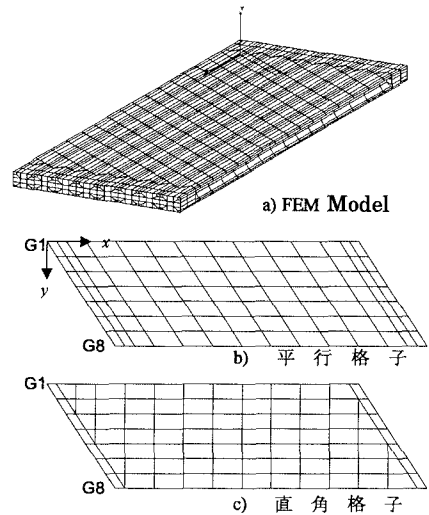


図-4 比較解析モデル

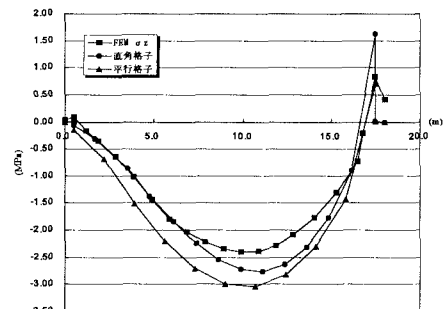


図-5 G1 ウェブ応力度比較 1

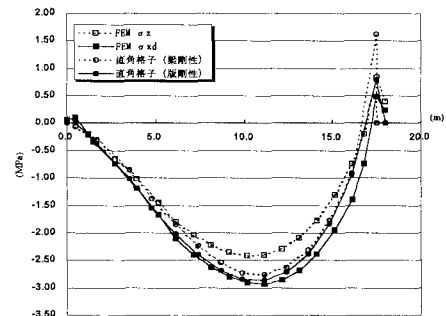


図-6 G1 ウェブ応力度比較 2