

連続合成2主桁橋のひび割れ幅算定を目的 とした有効幅の検討

埼玉大学
セントラルコンサルタント（株）
Univ. of Eng. and Tech. Taxila, Pakistan
長岡科学技術大学

正員 奥井義昭
正員 本田卓士
Kaiser-uz-Zaman KHAN
正員 長井正嗣

1. まえがき

近年，連続合成2主桁橋が多く建設されている．連続合成桁では中間支点部近傍のコンクリート床版には負曲げモーメントが生じ，コンクリート床版には引張応力が発生する．最近になって建設されている多くの2主桁橋では，この橋軸方向の引張応力に対し，コンクリート床版にひび割れを許容するひび割れ制御設計が行われている．ひび割れ制御設計では床版内の鉄筋ひずみをはり理論に基づき求めており，せん断遅れの影響を考慮するために有効幅が用いられている．現在使われている有効幅の設計式はひび割れ等を考慮していない弾性理論に基づき提案されており，これをそのままひび割れ制御設計に用いるのは問題があるものと思われる．そこで，本報告ではひび割れの影響を考慮した3次元非線形 FEM 解析を実施し，ひび割れ幅算定用の有効幅を検討した．

2. パラメトリック・スタディのためのモデル橋

パラメトリックスタディの結果から実用に耐えうる有効幅式を提案するためには，最近の2主桁橋のプロポーションに合致した，現実的なモデル橋を設定する必要がある．そのため，本研究では最近に2主桁橋の実績を参考にして，断面を図-1の様に設定し，等支間の3径間連続合成桁橋を，支間長 30, 40, 50, 60m の4橋について概略設計を行い断面等を決定した．なお，概略設計には新日本製鐵（株）から公開された「連続合成鉸桁橋概略設計ソフト」を用いた．

3. ひび割れを考慮した FEM 解析

前節で設計されたモデル橋に関しひび割れの影響を考慮した3次元非線形 FEM 解析を実施した．図-2にメッシュ図を示す．中間支点部近傍のコンクリート床版はソリッド要素を用い，その他の部分の床版はシェル要素を用いてモデル化した．鋼桁上フランジとウェブはシェル要素，下フランジはトラス要素を用い，問題の対称性から半橋のみをモデル化している．ひび割れのを考慮するための材料構成モデルは分布ひび割れモデルを用い，ひび割れ後の応力-ひずみ関係については tension stiffening の影響を考慮して決定している．詳細については文献¹⁾を参照されたい．

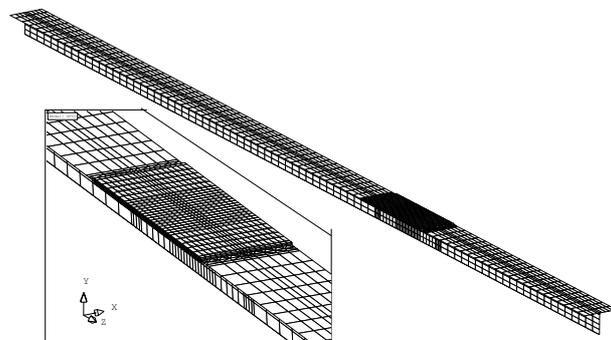
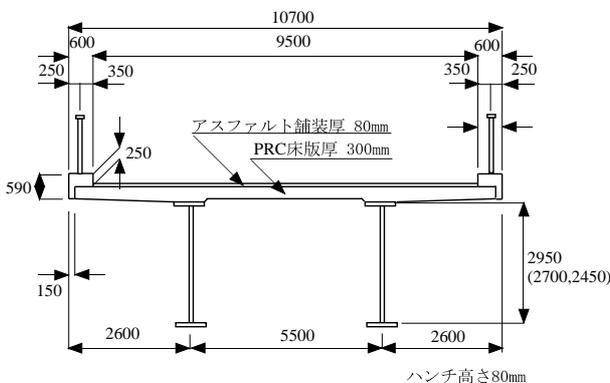


図-1 モデル橋の断面図（括弧内の数値は 40,30m モデルの桁高，単位 mm）

図-2 有限要素メッシュと中間支点近傍の拡大図（50m モデル）

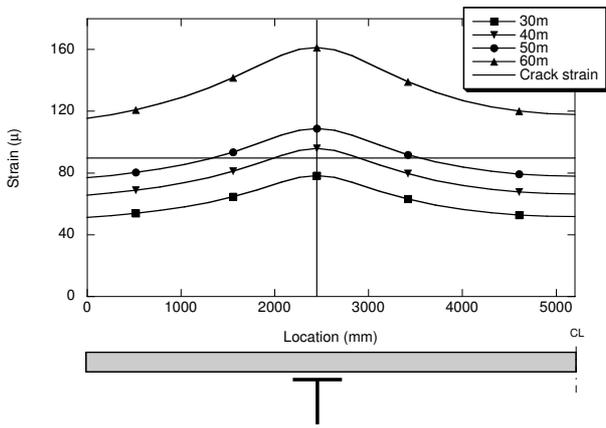


図-3 中間支点上における鉄筋のひずみ分布（後死荷重+L 荷重載荷時）

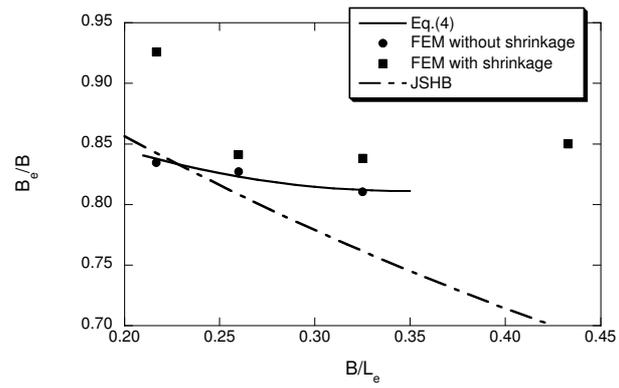


図-4 有効幅 B_e と等価支間長 L_e の関係（後死荷重+L 荷重載荷時）：道路橋示方書（JSHB）の有効幅式と FEM 解析結果の比較

解析結果の一例として、支点上断面における鉄筋ひずみの分布図を図-3. に示す。ウェブ直上で最大ひずみ ϵ_{max} となり、せん断遅れにより、ウェブから離れるに従いひずみが減少することが分かる。

4. 有効幅の検討

ひび割れ幅の算定では鉄筋ひずみを求めるため、有効幅 B_e の定義として次式 $B_e = \int_0^B \epsilon_{se} ds / \epsilon_{max}$ を用いることとする。ここで、 B は床版の全幅、 ϵ_{se} は鉄筋の平均ひずみである。

図-3. に FEM 解析から求めた B_e/B と等価支間長 L_e に対する全幅の比の関係を示す。以上の結果から本論文では有効幅の設計式として、乾燥収縮を無視した FEM 解析結果を用いて決定した次式を提案する。

$$\frac{B_{e0}}{B} = 1 - 1.09 \left(\frac{B}{L_e} \right) + 1.57 \left(\frac{B}{L_e} \right)^2 \quad (1)$$

上式において B_{e0} は有効幅であるが、乾燥収縮を無視していることを明確にするため添字 $e0$ を用いた。ひび割れは非線形現象であるため、有効幅もひずみレベルにより変化する。有効幅のひずみレベルの依存性を検討するため、活荷重の大きさをひび割れ直後の小さな値から通常の活荷重強度の 1.5 倍程度まで変化させて解析を行い、有効幅がどのように変化するかをまとめた結果を図-4. に示す。図中、 ϵ_{cr} はひび割れ開始時のひずみである。3 つの解析モデルともほぼ同様な傾向を示していることから、この関係を次式で表し、ひずみレベルの補正式として提案する。

$$\frac{B_e}{B_{e0}} = 1.17 - 0.228 \left(\frac{\epsilon_{max}}{\epsilon_{cr}} \right) + 0.068 \left(\frac{\epsilon_{max}}{\epsilon_{cr}} \right)^2 \quad (2)$$

乾燥収縮を考慮する場合も結局はひずみレベルの違いとして現れるため、式 (2) を用いて有効幅を算出する方法を提案する。

5. まとめ

連続合成 2 主桁橋のひび割れ幅算定のための床版の有効幅の算定式の提案を行った。今後、適用範囲などを含めて提案式の検証を行う必要があると考える。また、「概略設計ソフト」を公開して頂いた関係各位にこの場を借りて謝意を表します。

参考文献

- 1) Khan, Q., Honda, T., Okui, Y. and Nagai, M., A method for crack width evaluation of continuous composite girder bridges accounting for shear-lag effect, J. Struct. Mech. Earthquake Eng., JSCE, No.738/I-64, pp.131s-141s, 2003.

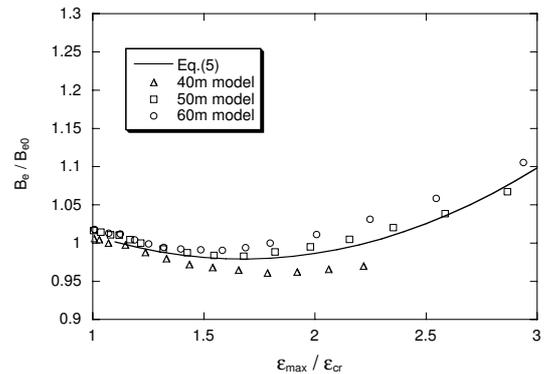


図-5 ひずみレベルの補正：有効幅比と無次元化したひずみレベルの関係