

FEM 解析による連続合成 2 主桁橋におけるひび割れ幅算出時の床版有効幅に関する研究

セントラルコンサルタント(株) 正会員 ○本田 卓士 埼玉大学 学生員 Qaiser-uz-Zaman Khan
 埼玉大学 正会員 奥井 義昭 長岡技術科学大学 正会員 長井 正嗣

1. はじめに 近年、連続合成 2 主桁橋は建設コスト縮減の観点から本格的な採用が進んでいる橋梁形式である。その際、中間支点部の設計には、ひび割れを許容する設計法が主流となっている。しかしながらひび割れ照査に用いられている有効幅は弾性時の応力を求める目的で定義されており、ひび割れ照査において適用するのは必ずしも適当でないと考える。そこで本研究では 3 次元 FEM 解析の結果より計算されるひび割れ幅と、はり理論により計算される値を比較することにより、ひび割れ幅算出のための有効幅の検討を行った。その際、3 次元 FEM 解析の結果を用いたひび割れ幅算定方法として文献[1]の方法を用いた。

2. 解析対象 スパン長を 30m、40m、50m、60m と変化させた 3 径間連続合成 2 主 I 桁橋の試設計を行い、解析モデルを作成した。断面図を図 1 に示す。スパン割は 1:1:1 とした。試設計の際、50m、60m のモデルの桁高は、2.95m を採用し、40m、30m のモデルでは、同一の比率を保ち、それぞれ 2.7m、2.45m とした。また断面変化位置は、全てのモデルに関してスパン長に対する比率を保ち決定した。使用材料は鋼材については SM490Y を基本としたが、60m モデルの中間支点部、側径間中央部には SM570 を用いた。コンクリートの設計圧縮強度は 40MPa を使用した。使用プログラムは新日本製鐵(株)より提供された「連続合成桁の照査プログラム」である。

3. FEM モデル FEM モデルを図 2 に示す。解析対象は橋軸直角方向に関して対称であるので、半橋分についてモデル化した。FEM モデルは着目する中間支点部の $0.15 \times (L1+L2)$ を Part1、他の個所を Part2 に分けてモデル化を行った。L1、L2 はスパン長である。Part1 ではコンクリートはソリッド要素、鉄筋は埋め込み要素で、Part2 ではシェル要素により鉄筋分の剛性を増加させることによりコンクリート床版のモデル化を行った。荷重条件は後死荷重と活荷重を考慮し、活荷重は支点上の曲げモーメントが最大となる載荷条件を採用した。なお、クリープ、乾燥収縮の影響については、今回の検討では無視した。

FEM 解析ではひび割れのモデル化として平均的な挙動を示すことができる分布ひび割れモデルを用いた。コンクリートの構成則はクラック発生までは線形弾性、クラック発生後は、引張硬化を考慮した応力 - ひずみ関係を与えた。図 3 に示す RC 部材としての平均応力 - 平均ひずみ関係は、Hanswille の理論に従い決定している。またひび割れ発生後のせん断力の伝達を表す、せん断伝達係数は 0.25 で一定とした。

4. 土木学会式によるひび割れ幅に対する有効幅の検討 図 4 に例として 50m モデルの活荷重 + 後死荷重における、ひび割れ幅 - 有効幅関係を示す。この図における横軸の B_e は有効幅、 B は全幅である。その B_e/B をパラメータとし、文献[2]に従いひび割れ

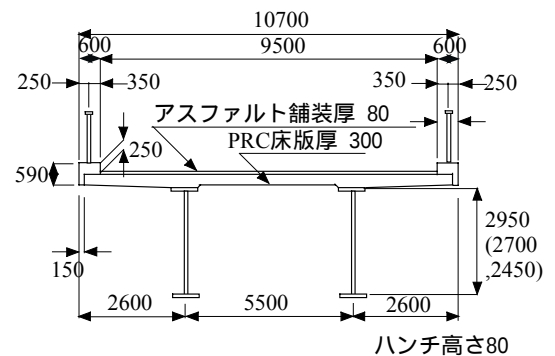


図 1 断面図

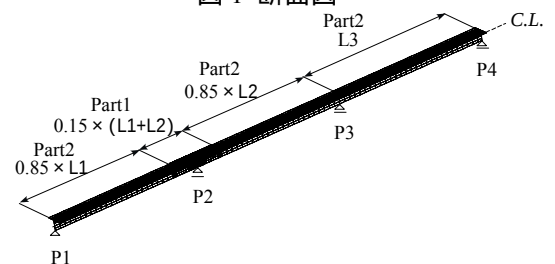


図 2 FEM モデル

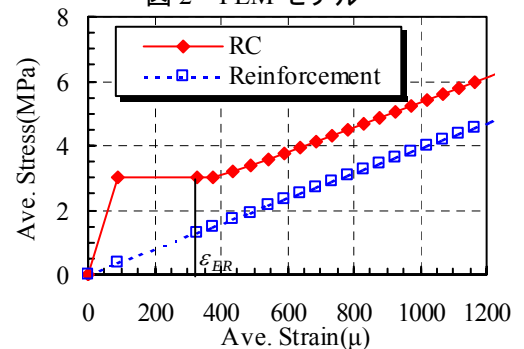


図 3 RC の平均応力-平均ひずみ関係

Key Word : 連続合成 2 主桁橋, FEM 解析, ひび割れ幅, 有効幅

〒338-8570 埼玉県さいたま市下大久保 255

幅を計算した結果が凡例“JSCE”の曲線である。また FEM の結果より平均ひずみは4つのモデルにおいて図3に示す ε_{ER} より小さく初期ひび割れに属し最大ひび割れ幅は、 $W_R = 0.116\text{mm}$ 一定となった。ただし、30m のモデルではひび割れが発生しない結果となった。ここでひび割れ幅に対する有効幅は、図4における双方の線の交点となる。また参考に道路橋示方書による有効幅を示すと、50m モデルでは危険側を示しているのが解る。この方法により全てのモデルにおける有効幅を検討した結果を図5に示す。図5において横軸はそれぞれのモデルをとり、60m のモデルに関しては、60%の活荷重においてもひび割れが発生しているため、検討を行った。図5より同じ荷重レベルにおいてはスパン長が長くなると有効幅が大きくなるのがわかる。また、道路橋示方書による有効幅と比較すると、60m のモデル以外では小さい値となった。ただ、60m のモデルにおいて、ひずみの値が小さくなると有効幅が小さくなり、ひずみの値に有効幅は依存しているのがわかる。

次に図6にモーメント-ひび割れ幅関係を示す。図6を見ると土木学会式のひび割れ幅算定方法では、初期ひび割れ幅が定義されていないため、ひずみの値が小さくなると、ひび割れ幅も小さくなるのがわかる。この初期ひび割れの定義の有無が、図5に示す結果を引き起こしたと考えられる。また土木学会式を用いると初期ひび割れ領域のひび割れ幅を過小評価することがわかる。

5. Hanswille の理論によるひび割れ幅に対する有効幅の検討 せん断遅れの現象のみを扱うため、有効幅を検討する際、初期ひび割れが定義されている Hanswille の理論を用いた。荷重レベルが D+L の時点では初期ひび割れに属し、双方の結果が一致するため、安定ひび割れになる 2(D+L)まで載荷した状態で検討を行った。図7に60m モデルの橋軸直角方向のひび割れ分布を示す。この図よりウェブ直上においてひび割れ幅は最大となるが、道路橋示方書の有効幅を用いて計算するとひび割れ幅は 12%過小評価された。またひび割れ幅の最大値に対応する有効幅は、道路橋示方書の有効幅と比較し 14%小さい値を示した。

6. まとめ 本研究で得られた所見は以下の通りである。

- ・ ひび割れ幅に対する有効幅はひずみの値に依存する。
- ・ 土木学会式を合成桁のひび割れ照査に適用し、初期ひび割れ領域のひび割れ幅を算出すると危険側の評価となる。
- ・ せん断遅れの現象のみを扱い、安定ひび割れ状態におけるひび割れ時の有効幅を検討すると道路橋示方書による有効幅より小さい値を示す可能性を示した。

[参考文献]

- [1] 本田卓士 「FEM による連続合成桁のひび割れ解析とひび割れ幅の算定に関する研究」 土木学会年次学術講演会講演概要集第1部（B）Vol.56 pp.584-585
- [2] 財団法人高速道路技術センター 「PC 床版鋼連続合成 2 主桁橋の設計・施工マニュアル」 平成 14 年 3 月

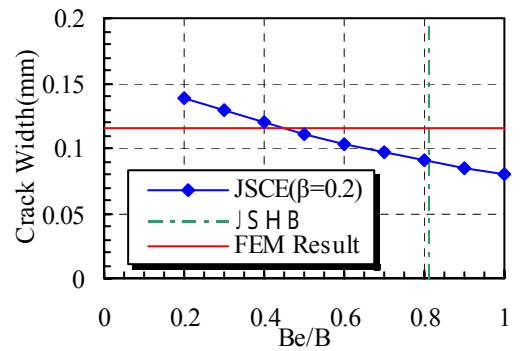


図4 有効幅-ひび割れ幅関係

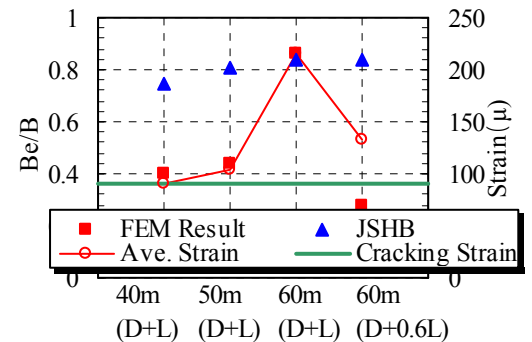


図5 平均ひずみ-有効幅関係

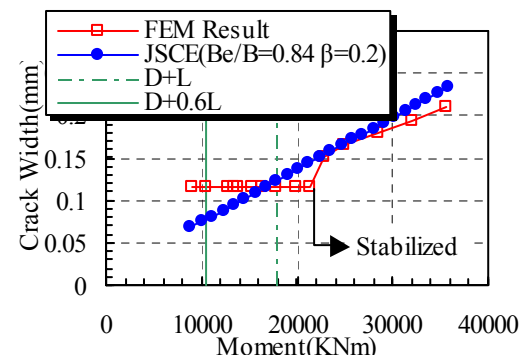


図6 モーメント-ひび割れ幅関係

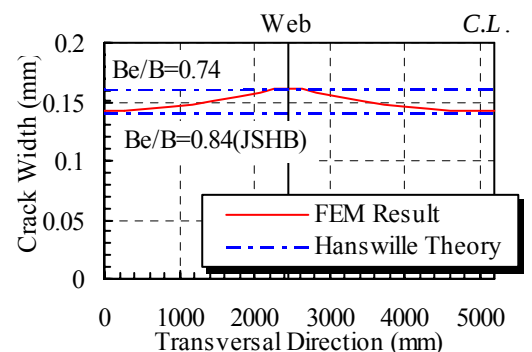


図7 ひび割れ分布(60m モデル, 2(D+L))