

合成桁中間支点部ひび割れ実験の数値解析

埼玉大学	学生員	笠原竜介	栗田荘亮
埼玉大学	正員	奥井 義昭	
日本道路公団	正員	紫桃孝一郎	
長岡技術科学大学	正員	長井 正嗣	

1. まえがき

欧州では連続合成桁の中間支点近傍のコンクリート床版においてひび割れを許容する設計法が主流になっている．このような設計法では長期の耐久性を保証するためには，ひび割れ性状，特にクラック幅の予測が重要となる．このような背景から日本道路公団では，中間支点部近傍を取り出した実物大の部分供試体を作成し，負曲げモーメントによる床版のひび割れ性状の観察と，移動輪荷重載荷による疲労性状の検討を行っている．本文では，負曲げモーメント作用時のひび割れ性状までを有限要素法でシミュレーションし，解析結果と実験結果を比較した結果について報告する．

2. 解析対象の実験供試体の概要とFEMモデル

実験供試体の概要図を図-1 に示す．供試体は日本道路公団、鋼 4 径間連続合成 2 主桁橋の中間支点部をほぼ再現したものである．床版厚は 31 cm で 50 cm ピッチで配置された PC 鋼材で横締めされている PC 床版である．

有限要素モデルは問題の対称性より供試体の半分のみを要素分割している (図-2 参照)．コンクリート床版は 8 節点のソリッド要素，鋼板は 4 節点のシェル要素でモデル化している．これ以外に，鉄筋は埋め込み要素として取り扱い，床版の横締め用の PC 鋼材はケーブル要素を配置している．

鋼材の材料挙動は von Mises の降伏条件，関連流れ則，等方硬化則を用いた塑性論に従い，コンクリートについては分布ひび割れモデルを用いている．具体的には引張強度までは線形弾性，ひび割れ発生後は限界ひずみ $\epsilon_{cu} = 0.001$ において伝達応力が 0 となるような線形ひずみ軟化モデルを用いた．また，ひび割れ発生以後のせん断強度の低下を表す Shear retention factor は 0.25 で一定とした．この種の問題では引張硬化のモデル化が重要であるが，上記のモデルでは近似的にしか考慮されておらず，計算の簡略化のため鉄筋とコンクリートは完全付着を仮定している．また，床版と鋼桁上フランジ接合部も同様に，完全付着を仮定した．

荷重は実験を再現する形で与えた．すなわち，まず自重を載荷し，その後 PC ケーブルによる横締め，最後に中間支点部の突き上げ荷重 P を加えた．しかし，乾燥収縮，クリープ，温度差の影響は考慮していない．なお，解析には汎用構造解析コード DIANA を用いた．

3. 結果の比較・考察

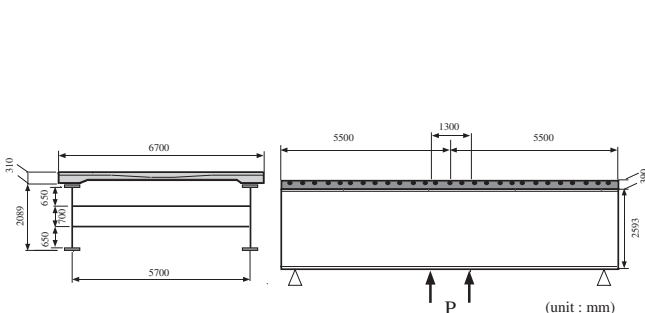


図-1 実験供試体の概要図

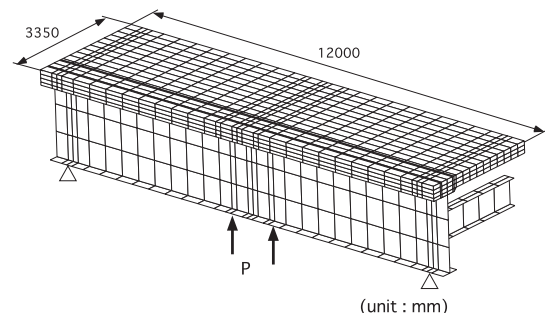


図-2 解析モデル

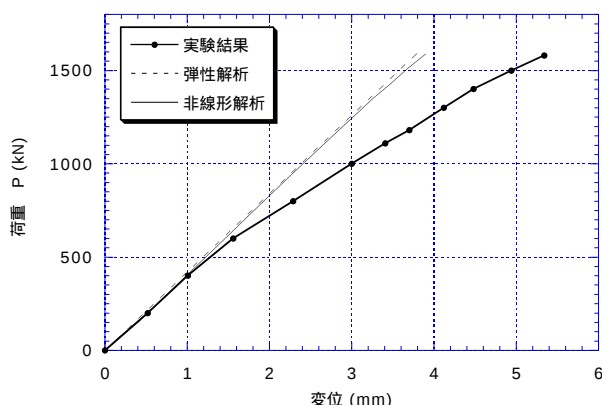


図-3 荷重-変位関係の比較

荷重-変位関係比較を図-3に示す．変位は中間支点部の鋼桁下フランジ位置での鉛直変位である．図中にはひび割れが発生せず材料挙動が全て弾性と仮定した弾性解析の結果も記入してある．ひび割れを考慮した

実験では荷重 $80tf$ でひび割れが発生したのに対し、非線形解析結果では $P = 780 \text{ kN}$ であり、ほぼ一致しているが、ひび割れが変位に与える影響は実験値に比べ小さい．

次に、床版上面のクラックの分布の比較を図-4に示す．解析結果の図は応力が引張強度に達した領域内全ての積分点が描かれているため実験結果のひび割れ図とは直接比較できないが、クラックが分布している領域としてはほぼ妥当な結果を与えているものとする．

最後に荷重とひび割れ幅の関係について実験値と解析値の比較を試みた．解析では分布ひび割れモデルを用いているため、ひび割れによる平均ひずみ ϵ_{cr} (以後クラックひずみと呼ぶ) のみしか予測出来ない．したがって、ここではひび割れ間隔 l を仮定し、ひび割れ幅 w を $w = l\epsilon_{cr}$ より求め比較した結果を図-5に示す．乾燥収縮ひずみ 100μ が実験では観測されており、この分を補正すると計算結果は $l = 500\text{mm}$ の場合で、 $w = 0.05\text{mm}$ だけ右へシフトする．したがって、最大荷重点で、ひび割れ間隔を 500 から 600 mm と仮定した場合の解析結果と実験結果の対応が良い．図-4のクラック図において格子の間隔が 500 mm であり、実験で得られたひび割れ間隔もほぼ 500 mm 程度であり対応している．

4. まとめ

Hanswille のひび割れ制御理論¹⁾ではひび割れ幅の橋軸直角方向の変化は考慮されていない．今回の実験では、鋼桁直上でひび割れが最も顕著となり、床版中央に行くに従いひび割れが減少しており、ほぼ同様な挙動は FEM 解析でも再現されている．したがって、ひび割れ時の有効幅の検討等が FEM 解析から今後可能になるものと考えられる．また、乾燥収縮・クリープの影響についても今後の課題としたい．

参考文献

- 1) Hanswille, G. : Zur Rißbreitenbeschränkung bei Verbundträgern, *Institut für Konstruktiven Ingenieurbau Ruhr-Universität Bochum, Technical Report*, No.86-1, 1986.

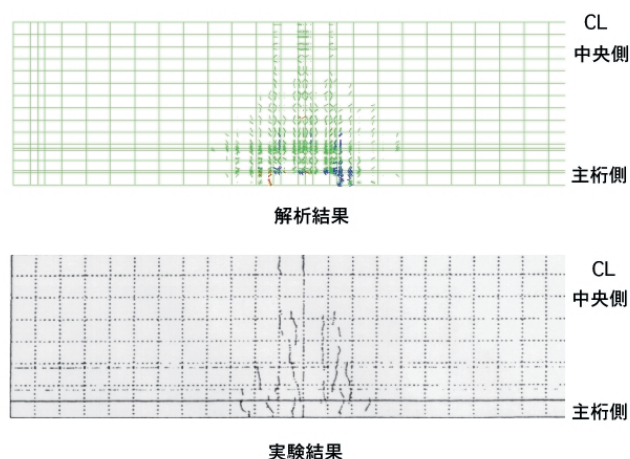


図-4 床版上面のひび割れ分布の比較

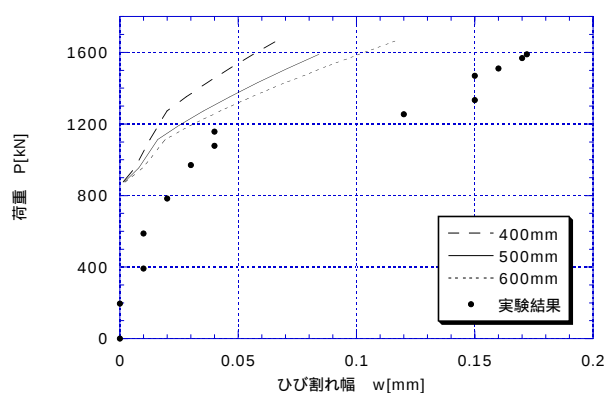


図-5 荷重-ひび割れひずみの比較