

負曲げを受ける合成桁の床版コンクリートのひび割れ解析

長 大 正員 ○藤木 剛

宮崎大学

正員 今井 富士夫

川田工業 正員 辛嶋 景二郎

JIP テクノサイエンス

三枝 貴則

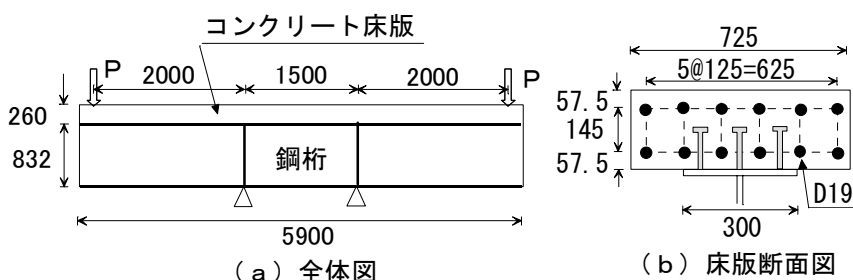
1. まえがき

近年、コスト削減・省力化の観点から連続合成桁が建設されるようになってきた。連続合成桁の中間支点上における床版コンクリートの設計では、主桁作用の負曲げモーメントによるひび割れの発生を許容し、ひび割れ幅を制御する方法が主流となっている¹⁾。一方、コンピュータ技術の進歩により、有限要素法の解析ソフトを利用した3次元解析が可能となっており、近い将来には設計実務においても積極的に活用されるであろう。

本報告は解析ソフトによる負曲げが作用する合成桁の床版コンクリートのひび割れ解析への適用性を供試体試験²⁾との比較により検討するとともに、付着パラメータの整合性についても考察したものである。

2. 解析概要

解析モデルは図-1に示すもの²⁾で、全長 5900mm の合成桁である。鋼桁は上下フランジ 300×16mm、ウェブ 800×16mm で、床版は 725×260mm、鉄筋はφ19で上下段ともに 125mm ピッチで挿入されている。荷重は支点から 2000mm の位置に載荷するもので、等曲げ区間は 1500mm である。スタッドはφ19×120mm を使用している。

図-1 供試体と試験概要²⁾

解析では、コンクリート床版はソリッド要素、鋼桁はシェル要素、鉄筋は埋め込み鉄筋要素を採用した。また、床版と鋼桁とはスタッド配置位置では剛結とし、スタッドのない部分では界面要素を使用してせん断ずれは自由とし、変位制御による増分解析を行った。ただし、対称性を考慮して、解析モデルは半解析とした。なお、解析ソフトは DIANA を使用した。

解析におけるコンクリートの引張モデルは図-2に示すような脆性モデルと軟化モデルの2つを考えた。軟化モデルではひびわれ区間の応力とひずみを平均化したモデル³⁾もあるが、ここでは DIANA マニュアル⁴⁾に示された Moelands-Reinhartdt 型モデルを採用した。ただし、せん断保有率βはひび割れひずみによって変化するものとした。

3. 解析結果

図-3は荷重載荷点における荷重-たわみ曲線である。解析ではコンクリートの引張モデルによる差異はほとんど見受けられず、また解析と実験値はほぼ一致している。

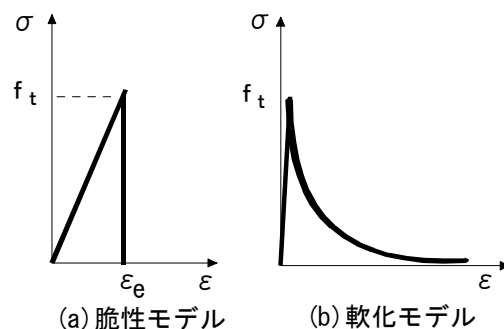


図-2 コンクリートの引張非線形モデル

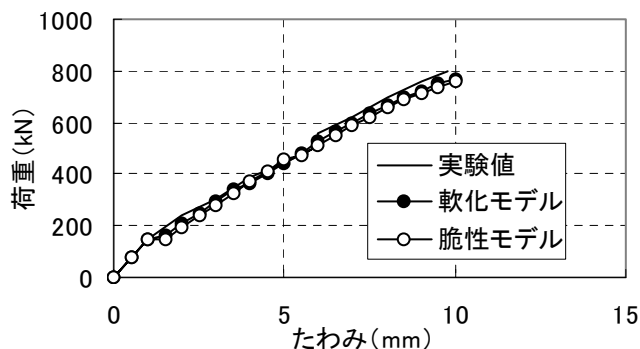


図-3 荷重-たわみ曲線

キーワード：合成桁、負曲げ、ひび割れ解析、床版コンクリート

連絡先：〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 2-13-34 榎長大 福岡支社第二構造技術部 TEL 092-472-3952

図－4は荷重に対する鉄筋ひずみを図示したもので、図中の実験値は文献2）から読み取ったものである。ただし、実験での値は単に「ひび割れ位置に最も近い」との記述があるだけで、その位置は明確でない。また、図中の「合成断面」とは鋼桁と床版コンクリートが一体化していると仮定した断面による弾性解であり、「（鋼桁＋鉄筋）断面」は床版ひび割れ後のコンクリート断面を無視して得られた結果で、「設計式」は文献2）で tension-stiffening 効果を $\beta=0.4$ として試算されたものである。

図－5は安定ひび割れに至った時の各点の鉄筋ひずみを図示したもので、距離 0cm は支点であり、正の距離は等曲げ区間の支点からの距離を意味している。

鉄筋ひずみに関して、図－4から「脆性モデル」では初期ひび割れから安定ひび割れに達したと考えられるひずみは 290μ となっているのに対して、「軟化モデル」では 380μ と大きくなっている。安定ひび割れ以降の鉄筋ひずみは両者に差異はみられない。実験との比較では、荷重 300kN までの実験値と「軟化モデル」はほぼ一致している。また、解析結果は「設計式」ともほぼ一致しており、このことから tension stiffening 効果での付着パラメータ $\beta=0.4$ の仮定は静的漸増荷重に関しては妥当な値であると考えられる。

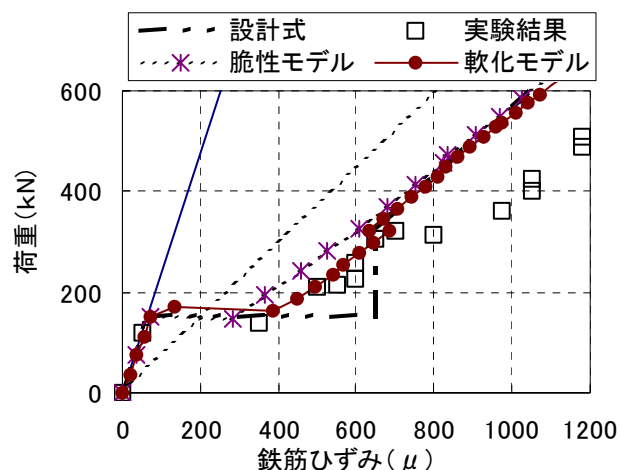
安定ひび割れへ移行する鉄筋ひずみは図－5にあるように、「脆性モデル」ではほぼ同様なひずみで安定ひび割れとなるが、「軟化モデル」では部位によって違いがみられ、ピーク値を示す箇所にひび割れひずみが大きくなり、支点から 300mm までに集中している。図－6は実験で得られたひび割れ状況で、ひび割れはほぼ等間隔に発生しており、解析はやや異なった結果となっているが、これは本解析では床版主鉄筋を挿入していないことに起因するものと考えている。

4. まとめ

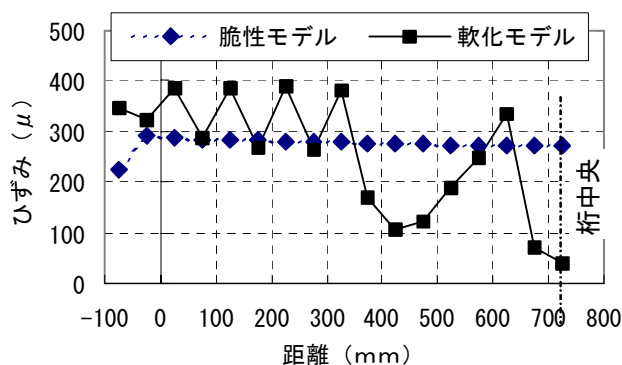
今回の解析から「軟化モデル」を使用すれば合成桁の床版コンクリートのひび割れ解析は可能と考えられ、さらに解析で得られた鉄筋ひずみからひび割れ幅も想定できるので、ひび割れ制御の設計に活用できるものと思われる。本解析にあたって、貴重な意見を賜りました九州橋梁・構造工学研究会（KABSE）の「合成桁の活用に関する研究分科会」の委員の皆様や本解析とデータ整理を行いました宮崎大学工学部土木環境工学科の当時4年の東真次君に感謝の意を表します。

参考文献

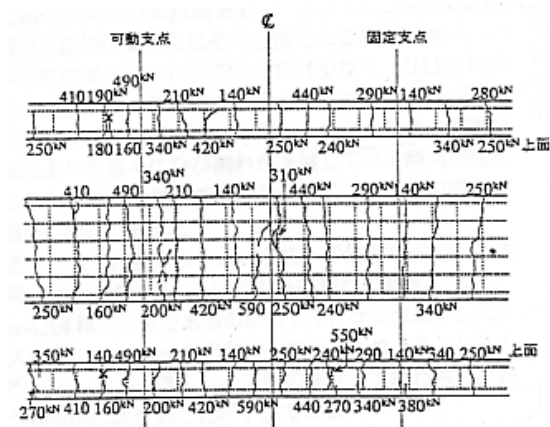
- 1) 日本橋梁建設協会：連続合成2主桁橋の設計例と解説、2001
- 2) 長井正嗣 他：構造工学論文集、Vol. 49A、pp. 1143－1152、2003
- 3) 松田 浩 他：構造工学論文集、Vol. 44A、pp. 47－54、1998
- 4) 日本電子計算機：DIANA7 ユーザーマニュアル日本語参考資料第4部、pp. 235-243、2002



図－4 荷重－鉄筋ひずみの関係



図－5 安定ひび割れ時の鉄筋ひずみ



図－6 実験でのひび割れ状況