

橋梁 RC 床版の有限要素モデルの一提案

東北大学大学院 学生会員 ○落合 悠貴
東北大学大学院 正会員 山田 真幸

1. はじめに

橋梁は多くの部材から成る複雑な構造物であるが、近年では計算機の処理能力の向上、低廉化により比較的低コストで3次元有限要素解析することが可能となっている。

しかしながら、詳細なモデル化には多大な労力を要するために、計算環境の向上にもかかわらず、部材を簡略化、あるいは近似してモデル化することが多い。そのため、モデル化方法によってはモデル化に必要な情報が正確に反映されずに、橋梁の挙動を正しく再現できない場合がある。

道路橋の部材の1つに複雑な構造を有し、モデル化に労力を要する鉄筋コンクリート床版（以下RC床版）がある。RC床版のモデル化方法は鉄筋とコンクリートとを分けてモデル化する方法と、分けずに一様な要素としてモデル化する方法の2種類に大別できる。前者では床版をモデル化する労力が大きく、後者では床版のもつ情報を正確に反映しづらいという問題点がある。

この様な現状を踏まえ、本研究ではRC床版の挙動を実用可能な精度で再現でき、比較的容易に作成できるモデル化方法の提案を目的とする。

2. 積層シェル要素によるRC床版のモデル化

道路橋のRC床版は床版内の位置で活荷重や他の部材から受ける応力が異なることから、主鉄筋・配力鉄筋の配筋間隔は上下で異なる構造をしている。そのため、床版内で剛性の違いや曲げ中立軸の偏心が発生し、正確なモデル化に労力を要する。

RC床版内の主鉄筋・配力鉄筋はコンクリート版を版厚方向に2分割した際に、それぞれのほぼ中央に位置している。このような道路橋のRC床版の構造を踏まえ、本研究では積層シェル要素を用いてRC床版をモデル化する。積層シェル要素は異なる性質の層から成る積層平板を表現するシェル要素であり、多くの汎用有限要素解析ソフトで使用可能である。

本研究では図-1に示す様に床版を対称積層版の2層構造とみなし、それぞれの層の版厚方向中心位置に鉄筋が配置されていると考える。このことで、各層のモデル化の際に曲げ中立軸の偏心を考慮する必要がなくなる。よって、鉄筋断面積を考慮したRC床版の橋軸方向、橋軸直角方向の曲げ剛性及び引張剛性を計算するのみで良く、RC床版のモデル化を容易に行える。

3. 提案するモデル化の妥当性の検証

本研究で提案するモデル化方法の妥当性を検証するために他のRC床版モデルとの比較・検討を行う。

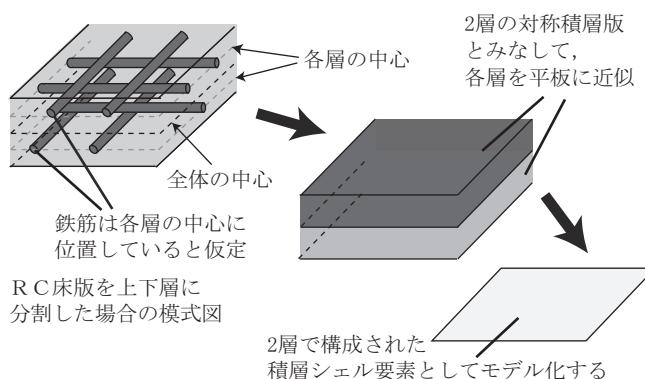


図-1 RC床版モデル化の概要

表-1 鉄筋間隔

	主鉄筋間隔 mm	配力鉄筋間隔 mm
RC床版上層	250	300
RC床版下層	125	150

ここでは図-2に示すように5m四方、厚さ220mmの床版の一辺を x 方向に500kNの力で引っ張り、変位を3次元有限要素解析ソフトを用いて求めた。RC床版中のコンクリートはヤング率20GPa、ポアソン比0.2とし、鋼はヤング率は200GPa、ポアソン比は0.3とした。鉄筋間隔を表-1に示す。鉄筋は全てD19とした。

3.1 数値解析モデル

床版モデル1：RC床版の実物に近いモデル

RC床版のコンクリートをソリッド要素、鉄筋を曲げ剛性のないトラス要素で表現した。コンクリートと鉄筋とを分けてモデル化しており、要素数は約430,000である。本解析ではRC床版モデル1を実物に近いRC床版モデルとして扱う。

床版モデル2：本研究で提案するRC床版モデル

本研究で提案するRC床版を対称積層版と見なし、各層を直交異方性版として2層の積層シェル要素で表現したモデルであり、要素数は約40,000である。

3.2 結果と考察

床版モデル1の解析結果は、 $\bar{x}$ 端部の x 方向変位が0.1003mm、 y 方向変位が-0.1803mmであった。一方、床版モデル2では x 方向変位が0.0984mm、 y 方向変位が-0.1580mmであり、床版モデル1と同様に引張と曲げの練成が確認でき、ある程度正しく積層シェル要素に置き換えることができた。

キーワード：RC床版，積層シェル要素，対称積層版

〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-06, TEL: 022-795-7425, FAX: 022-795-7423

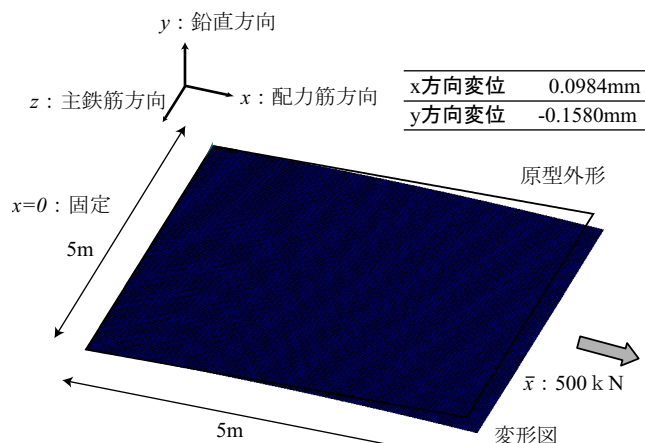


図-2 床版モデル2の原型外形と変形図

4. 橋梁モデルでの解析

以下に示す3種類の床版モデルを使用した橋梁全体のモデルを解析し、結果を比較・検討することで、RC床版モデル化方法の違いが橋梁全体の挙動に及ぼす影響を調べる。

ここでは実橋載荷試験結果のある文献¹⁾に示された東北自動車道箒川橋をモデル化した。対象橋梁はRC床版非合成4径間連続4主桁橋であり、橋梁モデルに組み込んだ部材は主桁、床版、壁高欄、対傾構、下横構、ハンチである。

対象橋梁の主桁、対傾構、下横構は鋼で、壁高欄は一般的なコンクリートとしてモデル化した。設計計算書に基づきコンクリートのヤング率20GPa、ポアソン比0.2とし、鋼のヤング率は200GPa、ポアソン比は0.3とし、文献に従い合成桁としてモデル化した。

主桁、高欄はシェル要素、対傾構、横構、主桁と床版の結合部はビーム要素で表現した。載荷条件は参考文献¹⁾と同様に図-3に示すP3を固定支承とし他を可動支承とした。

荷重はP3-A2径間に、図-4に示す主桁G-4とG-2の間に69トンのトレーラーが乗った状態を想定し、同等の位置と荷重を点荷重として載荷し解析を行った。P3-A2径間中央の主桁G-1～G-4下フランジ変位を求めた。

4.1 数値解析モデル

橋梁モデル1：積層シェル要素によるモデル

床版を本研究で提案する方法でモデル化した。モデル化に際し、床版を鉄筋配置の種類ごとに区分けし、詳細にモデル化した。

橋梁モデル2：直交異方性版によるモデル

床版を鉄筋の断面積を考慮した引張剛性、曲げ剛性を反映させ直交異方性版のシェル要素でモデル化した。橋梁モデル1と同様に、床版を鉄筋配置の種類ごとに区分けし、詳細にモデル化した。

橋梁モデル3：等方性版によるモデル

床版を全域で一様なコンクリートの剛性をもつシェル要素としてモデル化した。

4.2 結果と考察

各橋梁モデルの解析結果の主桁G-1～G-4下フランジの変位を図-5に示す。解析値は実測値よりやや変位が大きいが、これは二次部材等のいくつかの部材を省略してモデ

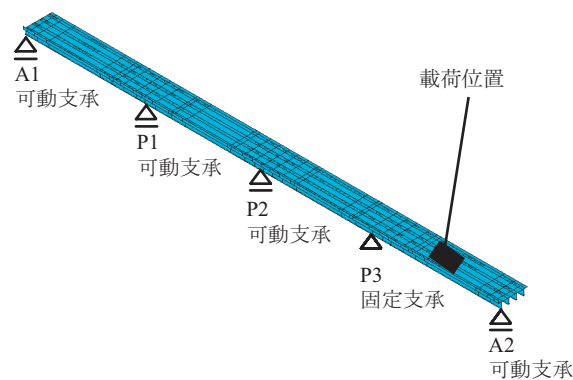


図-3 橋梁モデル全体図

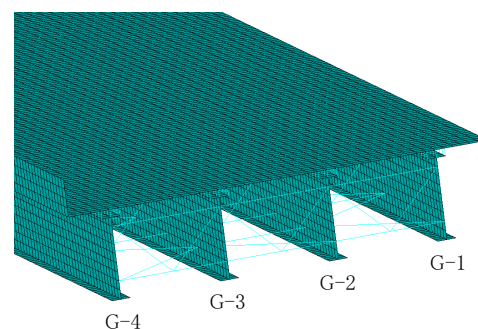


図-4 橋梁モデル拡大図

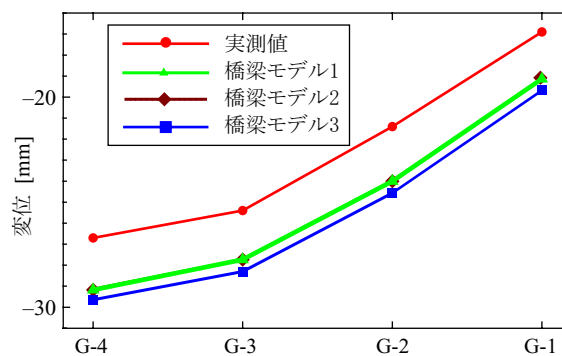


図-5 解析結果

ル化した影響と考えられ、構築したモデルは概ね正しく実橋梁をモデル化していると考えられる。

橋梁モデル同士の解析結果を比較すると、橋梁モデル1,2の解析結果に大きな差は見られなかった。

5. 終わりに

本研究で提案したモデル化方法を使用することで、容易にRC床版を有する橋梁の解析が可能となる。

ここでは本研究で提案する手法による解析結果と、直交異方性版としてモデル化した結果に大きな差が見られなかったが、今後は応力の比較、厚板としてのモデル化、有限変形理論下における解析等を行い、より実橋の挙動に即した橋梁の数値モデル化手法の開発を試みる予定である。

参考文献

- 1) 三木千壽, 山田真幸, 長江進, 西浩嗣: 既設非合成連続桁橋の活荷重応答の実態とその評価, 土木学会論文, No.647/I-51, pp.20-33, 1994.