

# 橋梁 RC 床版の有限要素モデルの一提案

○東北大学工学部 学生員 落合 悠貴  
東北大学大学院 正 員 山田 真幸  
東北大学大学院 正 員 寺田 賢二郎  
東北大学大学院 正 員 京谷 孝史

## 1. はじめに

橋梁は多くの部材からなる複雑な構造物であり、そのモデル化には多大な労力を要するため、部材をある程度簡略化や近似してモデル化することが多い。そのため、橋梁を3次元有限要素法解析する場合には、解析に使用した橋梁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、橋梁の挙動を正確に反映しない場合がある。

橋梁部材の1つに複雑な構造を有し、モデル化の難しい鉄筋コンクリート床版（以下RC床版）がある。現行のRC床版のモデル化方法は2種類に大別でき、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である。前者は床版をモデル化する労力が大きいという問題点があり、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

RC床版は床版内位置で活荷重や他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ずれなどが発生するため、正確なモデル化が困難である。

RC床版内の主鉄筋・配力鉄筋はコンクリート板を板厚方向に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。積層シェル要素とは異なる性質の層をもつ積層平板を表現するシェル要素であり、各層を直交異方性板として剛性を反映可能である。

この積層シェル要素は現在では多くの汎用有限要素法解析ソフトで使用可能である。本研究では図-1で示すように床版を対称積層板との上下2層構造とみなし、それぞれの層の板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、曲げ中立軸のずれ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、橋軸直角方向の圧縮・引張り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。

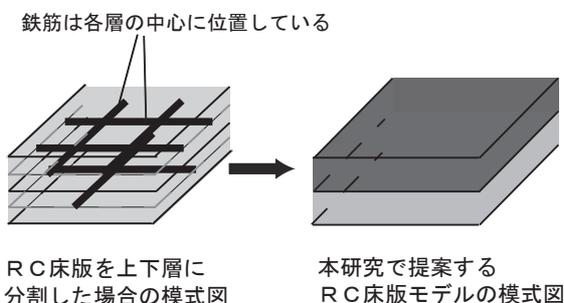


図-1 RC床版モデル化の概要

## 3. 提案したモデル化方法の妥当性の検証

本研究で提案したモデル化方法の妥当性を検証するためによりRC床版実物に近いRC床版モデルとの比較・検討を行う。座標系は図-2で示したものを使用する。比較方法は図-2に示すように2m四方、厚さ220mmの床版の一边を200kNの力で引っ張り、変位を3次元有限要素法解析で求めた。

### 数値解析モデル

#### 床版モデル1：RC床版実物に近いモデル化

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を分けてモデル化してあり、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床版を対称積層板と見なし、上下層の剛性を積層シェル要素で表現したモデルである。

床版モデル1の解析結果は、 $x$ 面端部の $x$ 方向変位が40.2mm、 $y$ 方向変位が-29.0mmであった。一方、床版モデル2では $x$ 方向変位が38.9mm、 $y$ 方向変位が-24.6mmであり、ある程度正しくシェル要素に置き換えることができた。

## 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モデルを解析し、結果を比較・検討することで、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。本解析で

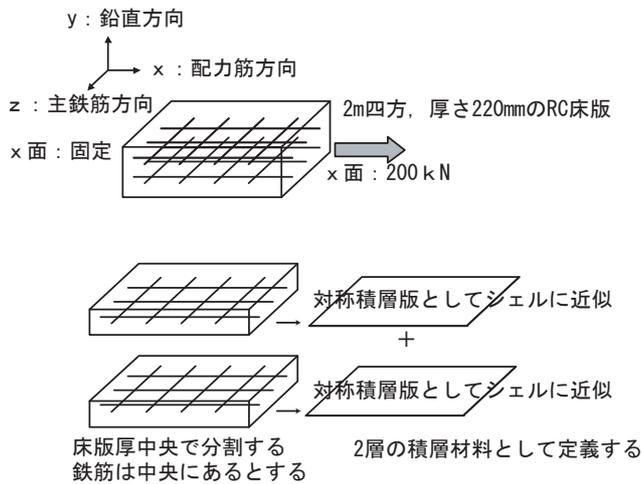


図-2 検証方法の概要

はあるRC床版非合成4径間連続4主桁橋を使用した。

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、主桁と床版の結合部である。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  $2.0 \times 10^{10}$  N/m<sup>2</sup>、ポアソン比 0.2 とし、鋼のヤング率は  $2.0 \times 10^{11}$  N/m<sup>2</sup>、ポアソン比は 0.3 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。主桁はフランジ幅を平均化し再現した。対象橋梁は非合成桁橋梁であるが付着等により実際には合成桁橋梁として挙動する<sup>1)</sup>。そのため、本研究でも主桁と床版の結合部の剛性を高めることで合成桁橋梁としてモデル化した。荷重条件は対象橋梁と同様に図-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とA2の間で図-4に示すG-4とG-3の間に69tトレーラーの乗った状態を想定し、同等の位置と荷重を載荷し解析を行った。測定箇所はP3とA2の中央のG-1～G-4下フランジ変位を測定した。

### 数値解析モデル

#### 橋梁モデル1：等方性版によるモデル化

床版を全域で一般的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。

#### 橋梁モデル2：直交異方性版によるモデル化

床版を鉄筋の断面積を考慮したRC床版の剛性を直交異方性版として反映させたシェル要素でモデル化した。その際、圧縮・引張り剛性だけでなく、本解析で使用した汎用有限要素法ソフトANSYSの機能を用いて曲げ剛性も反映させる。

#### 橋梁モデル3：積層シェル要素によるモデル化

床版を本研究で提案するモデル化方法を使用し再現する。床版を対称積層板と見なし、それぞれの層の鉄筋断面積を考慮した剛性を直交異方性版として反映させた積層シェル

要素としてモデル化する。

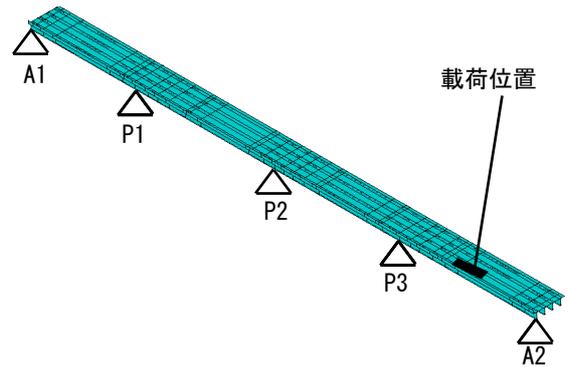


図-3 橋梁モデル全体図

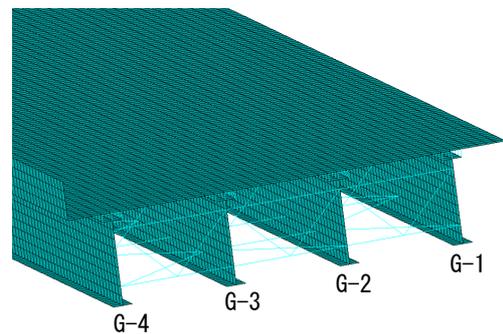


図-4 橋梁モデル拡大図

### 結果

箒川橋荷重試験の実測値と各橋梁モデルの解析結果のG-1～G-4下フランジの変位を図-5に載せる。

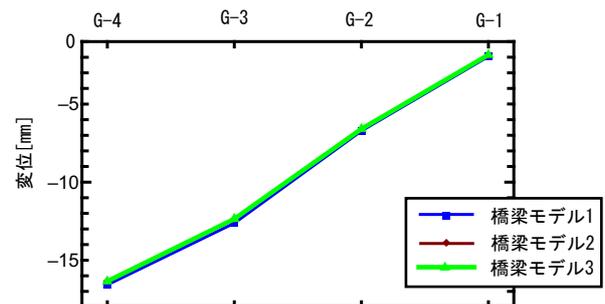


図-5 橋梁下フランジの変位

### 5. 終わりに

本研究で提案されたモデル化方法を使用し、以前よりも容易でより正確な橋梁解析が可能となる。

### 参考文献

- 1) 三木千尋, 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.