

実際の鉄道橋に使用する合成床版に対する 3次元 FEM 解析に関する研究

前橋工科大学 学生会員 ○DOAN NHU NGOC
 前橋工科大学 正会員 谷口 望

鉄道運輸機構 藤原 良憲
 横河ブリッジ 水口 知樹

1. 背景と目的:

従来、鋼橋を初めとする床版には、一般に鉄筋コンクリート床版 (RC 床版) が幅広く利用されていた。RC 床版が他の形式に比べて経済的に優れていることや、施工が比較的容易であることなどが採用の理由として挙げられる。しかしながら、近年、繰り返し荷重による RC 床版の損傷発生や、施工現場における熟練業者不足などの問題点が、指摘されるようになっていく。このような背景から、RC 床版に替わるものとして、鋼・コンクリート合成床版が開発されている。なお近年、鉄道用橋梁に鋼桁とコンクリート床版を合成させた合成桁を使用する事例もある。この合成桁は、実績が多く現在でも利用され、施工性や高耐久性によるライフサイクルコスト低減等の特長が挙げられる。そこで本研究では、孔あき鋼板リブをズレ止め採用した合成床版を用いた鉄道橋において、荷重作用時の橋梁を再現する構造解析を行い、実際の作用に対しての挙動を把握することを目的とした検討を行った。そして、解析には 3次元の FEM 解析を用いる。

2. 解析対象橋梁:

2.1 橋梁の概要:

解析を行った橋梁は、構造形式: プレストレスしない 4 径間連続完全合成桁で 4 支間: (30.2+38.0+38.0+30.2)m・主桁: 2 主開断 (U 型断面) 桁、床版: 鋼・コンクリート合成床版、高力ボルトを使用した新幹線用合成床版である。橋梁の概要を図 1・2 と写真 1 に示す。



写真 1 解析の合成桁の概要 1)

2.2 解析モデル図:

橋梁を解析するために、第 2 径間の 1 部分: スパン 11.4m・合成床版の幅 x 高さ: 5.85m x 0.345m・鋼箱桁の高さ: 1.5m をモデル化した。解析モデルを図-3・4 に示す。解析モデルの作成には施工図面を参考にした。対称性を考慮して、垂直に分割した断面の 1/2 を解析対象とした。床版のコンクリートには六面体要素、床版の孔あき鋼板リブと底鋼板および鋼箱桁にはシェル要素、床版の鉄筋にはビーム要素をそれぞれ用いた。解析ソフトは FINAL を使用した。なお、コンクリートの圧縮側は修正 Ahmad モデル 2) とし、引張側は出雲モデル、鉄筋はバイリニアモデルとした。各部材の材料特性は表-1 に示す。

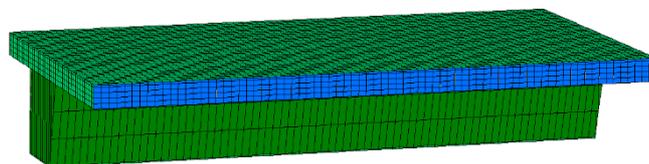


図 3 合成桁の断面概要

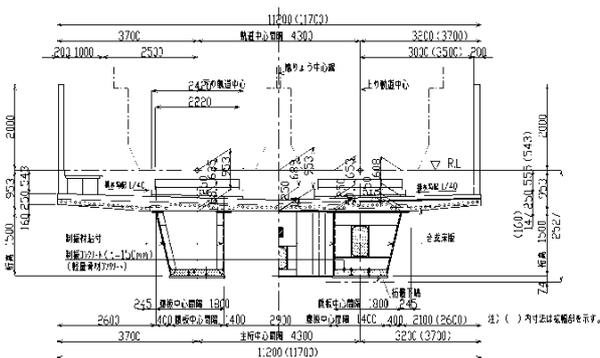


図 1 合成桁の中間支間断面概要(単位 mm) 1)

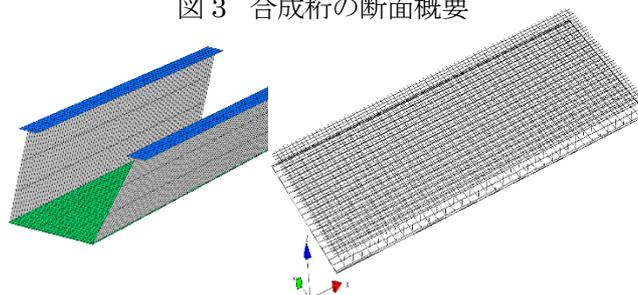


図 4 鋼箱桁(左)・鉄筋とリブの配置図(右)

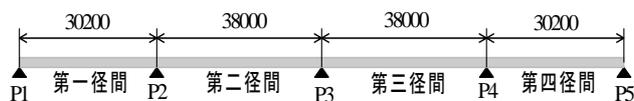


図 2 全体図(単位 mm) 1)

表 1 解析で用いた材料

	弾性係数 (N/mm ²)	ポアソン比	一軸強度 (N/mm ²)		引張降伏点 N/mm ²
			圧縮	引張	
コンクリート	2.70 x 10 ⁴	0.2	27.0	2.7	—
鉄筋	2.00 x 10 ⁵	0.3	—	—	345
底版とリブ	2.00 x 10 ⁵	0.3	—	—	245

キーワード 合成床版 実橋梁 FEM 耐荷力

〒371-0816 群馬県前橋市上佐島 460-1 前橋工科大学 社会環境工学科 TEL 027-265-0111

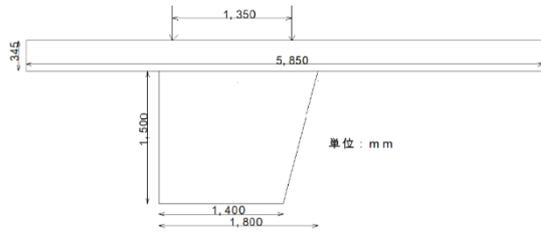


図-5 荷重方法

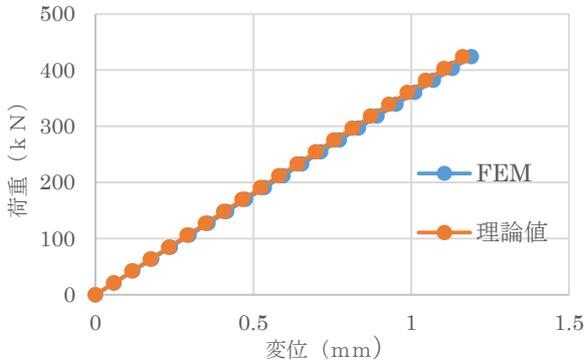


図 6 理論値と FEM 解析の結果の比較

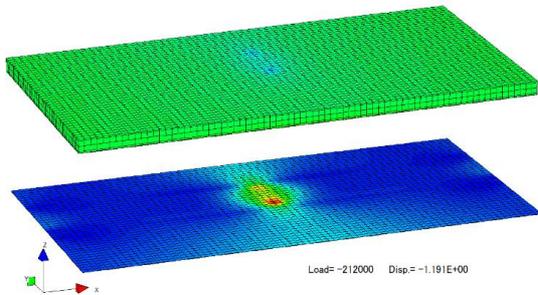


図 7 荷重 484 kN での合成床版の応力コンター図と底鋼版の応力コンター図 (橋軸 x 成分)

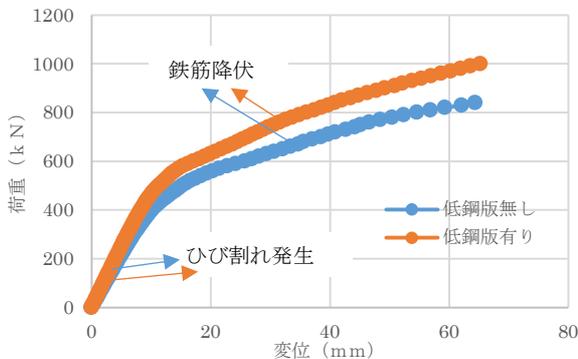


図 8 底鋼版が有りとなしの荷重・変位関係

3. 解析方法・解析結果・考察：

3.1. 荷重条件と解析結果：

荷重条件については、実列車荷重を用いる。荷重は、合成床版に垂直下向きに、支間 11.4m に実列車荷重の最大 484 kN の車輪が載ると仮定した。2 つレールの上に 2 箇所載荷するものとする。(16 kN/Step 単調増加させ、最終到達荷重:合計 484 kN の車輪が載る)。荷重方法を図 5 に示す。

理論値との比較を図 6 に、FEM 解析による応力コンター図を図 7 にそれぞれ示す。計算結果と FEM 解析結果がほぼ同じであることがわかった。

3.2. 合成床版の耐荷力検討：

合成床版の軸方向の端部に鉛直力を作用させ、鉄筋の降伏とコンクリートのひび割れ状態に関する検討を

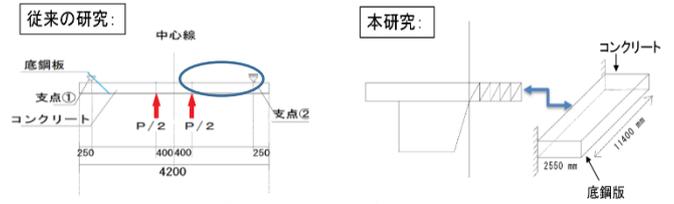


図 9：従来の実験体と本研究の実験体の概要図

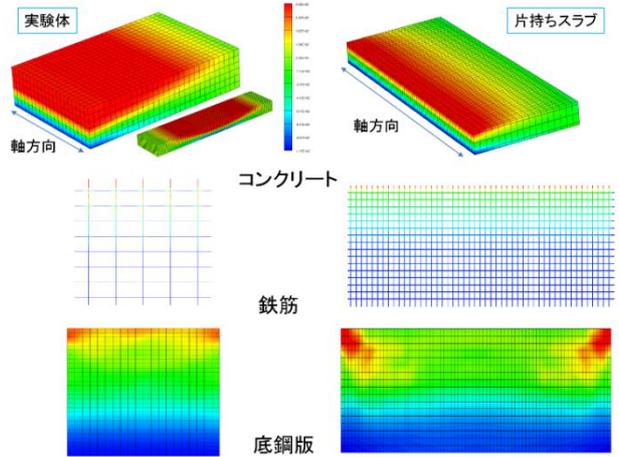


図 10：解析結果の主応力コンター図 (コンターレベルは両者共通)

行った。解析モデルは底鋼版が有りとなしの二通りとした。荷重荷重と変位の関係を示した図 8 を見ると、底鋼版が無い場合はひび割れが早い時点に発生し、鉄筋の降伏点も底鋼版有りの場合より低いことが分かった。

3.3 解析結果と従来の研究との比較：

実物大の挙動と実験結果との比較をするために、従来の研究の実験体と本研究が類似する箇所の検討を行う。従来の研究は図 9 に示すような単純梁の荷重試験結果³⁾である。図 10 は両者の解析結果であるが、本結果の比較より、合成床版のみの挙動と合成桁に合成床版を用いた場合、片持ちスラブの挙動はほぼ同じであることが分かった。

4.まとめ：

本研究では、合成床版を用いた実橋をモデル化し、耐荷力とひび割れ性状に着目して、FEM 解析を行った。合成桁の剛性に関して、理論値と比較し、ほぼ一致することを確認した。合成床版の底鋼版による合成桁の挙動への影響について、FEM 解析の結果から確認することが出来た。

今回の研究は限られた境界条件で行い、実橋の挙動と一致しなかった内容もある。今後、橋全体の変形挙動をさら詳細に再現するためには、より詳細なモデル化が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 谷口望、他：連続合成方における中間支点部の活荷重応答に関する実橋測定、構造工学論文集 Vol. 51A, 土木学会, pp1449-1457, 2005
- 2) FINAL HP: (<http://www.engineering-eye.com/>)
- 3) 関口 翔太：橋梁に用いる孔あき鋼板リブをズレ止めとした合成床版の耐荷力に関する研究