

床版取替えにおける床版－主桁間の合成作用に関する基礎的検討

大阪市立大学大学院 学生会員 ○小林 駿祐
建設技術研究所(株) 正会員 松本 崇志

大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司
建設技術研究所(株) 正会員 光川 直宏
建設技術研究所(株) 小倉 司

1. 研究背景および研究目的

近年 RC 床版の老朽化が問題となっており、その対策として床版取替え工事が実施されている。

床版取替え後の床版形式として、工期短縮や耐久性に優れるプレキャスト・プレストレストコンクリート床版(以下、PCa 床版)が多用されているが、PC 鋼材等の配置上、スタッドを密に配置できず、非合成桁として更新されるため、既設橋が合成桁の場合は補強量が増大する。

道路橋示方書¹⁾では、主桁と床版の合成作用を適切に考慮することを性能として要求しているが、具体的な設計方法およびその考え方は記載されていない。そのため、今後の床版取替え設計においては、これらを解決した合理的な設計手法の確立が望まれる。

本研究では、有効幅の床版を有する主桁を対象に FEM 解析を実施し、床版取替え後における端部のスタッド配置と床版－主桁間の合成作用に着目した検討を行った。

2. FEM 主桁解析モデル

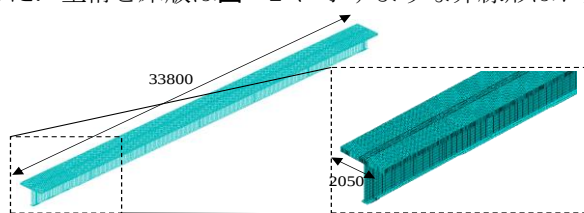
図－1 に有限要素モデルを示す。対象となる主桁は、将来更新の対象となるような昭和 46 年土木構造物標準設計²⁾に提示されている、単純活荷重合成 4 主桁橋の G2 主桁とした。コンクリート床版は有効幅 2,050mm の範囲をソリッド要素でモデル化し、主桁をシェル要素でモデル化した。主桁と床版は図－2 に示すような非線形ばね要素

素を用いて結合した。橋軸直角方向のスタッド本数は 4 本であり、スタッド位置に相当する節点にばね要素を配置した。コンクリート床版下面と上フランジとの間には接触・離間を考慮できる接触境界を与えた。使用した鋼材およびコンクリートの材料特性を表－1、表－2 に示す。鋼材の材料特性は勾配 1/100 のバイリニアでモデル化し、コンクリートの構成則は圧縮側、引張側ともに完全弾塑性とした。非線形ばね要素のばね剛性は文献 3) を参考に、水平方向には $3.237 \times 10^5 \text{ N/mm}$ とし、降伏せん断力に達した場合に塑性化するように完全弾塑性で与えた。鉛直方向のばね剛性は $1.0 \times 10^6 \text{ N/mm}$ とした。なお、水平方向・鉛直方向のばね要素が共有している節点は同一である。

3. 解析ステップおよび解析ケース

解析ステップを表－3 に示す。ステップ 1 で鋼桁のみの状態で死荷重を載荷し、ステップ 2 で PCa 床版をモデル中に追加しばねによって結合させ、活荷重合成桁を再現した。ステップ 3 では床版の死荷重および温度を入力し、ステップ 4 として 1 主桁に作用する設計活荷重を等分布荷重で載荷した(以下、この状態を設計荷重)。スタッドの限界状態を確認するために、ステップ 5 以降は設計活荷重を漸増させ、最大荷重に達するまで載荷した。

解析ケースを表－4 に示す。端部から支間長の 1/10 区間は、温度変化や乾燥収縮によって作用するせん断力に



図－1 有限要素モデル

表－3 解析ステップ

ステップ	概要
1	鋼桁死荷重載荷
2	床版架設
3	床版死荷重載荷+温度入力
4	活荷重載荷
5以降	活荷重載荷倍率の増加

表－4 解析ケース

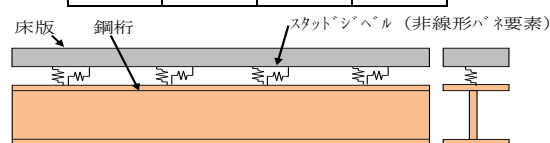
ケース名	L/10区間のスタッド間隔	P1荷重載荷位置
C150	150mm	支間中央部
C300	300mm	
C600	600mm	
C1000	1000mm	
E150	150mm	支点部
E900	1000mm	

表－1 鋼材の材料特性

	材質	要素	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比	降伏点	ひずみ硬化係 数 (N/mm ²)
主桁	SM490Y	シェル要素	200000	0.3	355	E/100
荷重分配横桁						
対横構	SS400	ソリッド要素			235	
補剛材						
ソールプレート					完全弾性	

表－2 コンクリートの材料特性

圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング率 (N/mm ²)	ポアソン比
24	2.4	25000	1.67



図－2 非線形ばね要素概要図

キーワード：合成桁、床版取替え、プレキャスト PC 床版、合成効果、スタッド、大規模更新

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院 工学研究科 都市系専攻 橋梁工学分野 TEL&FAX 06-6605-2765

対して設計する¹⁾。そのため、端部におけるスタッド配置間隔は 150mm となる。本研究では端部のスタッド配置による影響を把握するため、支点部から $L/10$ 区間 (L =支間長) のスタッド間隔を設計で決定される 150mm に加え、300mm, 600mm, 900mm の 4 ケース実施した。なお、PC 鋼棒等の配置による制約によりスタッド配置を変更できないため、端部以外は 1,000mm 間隔配置とした。載荷位置は支間中央部および支点部の 2 ケースとした。

4. 中立軸位置

各ケースにおける断面応力分布を図-3 に示す。図は全て $L/4$ 支間部のものであり、それぞれの段階の応力分布から死荷重および温度荷重による応力を差し引いた活荷重応力分布を示している。設計で決定される 150mm 間隔の場合では、設計荷重時の中立軸はほぼ合成桁と同じである。また、活荷重倍率を 2 倍以上とした場合では、150mm 間隔では大きく変化がなかったものの、300mm 以上では中立軸位置が低下しており、スタッド間隔が広がるほど、中立軸位置の低下が大きく、設計荷重時でも不完全合成桁となることが確認された。これは、端部の床版-主桁間の結合箇所が減少することにより、ばね要素 1 カ所あたりが分担するせん断力が増加し、さらに荷重の増加に伴って塑性化し、せん断方向の抵抗力を失う非線形ばね要素が増加したためと考えられる。なお、荷重位置による影響は小さく、床版-主桁間の合成作用はスタッド本数による影響が大きいことがわかった。

5. 床版-主桁結合部に作用するせん断力

ばね要素に作用するせん断力の橋軸方向分布を図-4 に示す。図は設計荷重時であり、橋軸直角方向に配置された 4 カ所のばね要素のうち、最大のものを抽出した。C150 を見れば、1 倍の活荷重載荷時点で許容せん断力を

上回っている。しかし降伏せん断力は超過しておらず、設計荷重ではスタッドの降伏はないと考えられる。300mm 間隔よりも大きくすると、設計荷重時点で降伏せん断力を超過しているものが確認できる。部分的にスタッドが降伏したケースにおいても他のスタッドが抵抗することによって合成効果は発揮されるが、降伏する本数が増えれば中立軸が低下すると考えられる。また、支点部載荷は中央部載荷よりもスタッドへの負担は小さい。

6. まとめ

現在の PCa 床版の諸元で端部以外を非合成桁のスタッド配置としても合成桁と同等の合成効果を発揮した。ただし、端部のスタッド間隔を広げると設計荷重下でもスタッドのせん断降伏が生じ、中立軸位置が低下する。したがって、非合成桁として PCa 床版を用いる従来のスタッド配置方法においても、合成効果を期待でき、床版取替時の主桁補強量の低減が可能であると考えられる。今後は、載荷実験を行うなど検証を進める予定である。

参考文献

- 1) 道路橋示方書・同解説 I～V 編, 社団法人 日本道路協会, H29.11
- 2) 土木構造物標準設計 23～28 巻, 活荷重合成プレートガーダー橋 (その 1～5), 建設省, S47.6
- 3) 中島章典, 池川真也, 土橋健治, 阿部英彦: 非合成桁スラブ止めの動的せん断伝達性状と疲労強度, 鋼構造年次論文報告集, 第 2 巻, pp.683-690, 1994.11.

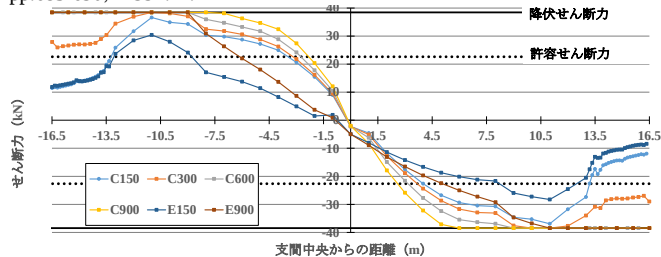


図-4 ばね要素に作用するせん断力の橋軸方向分布

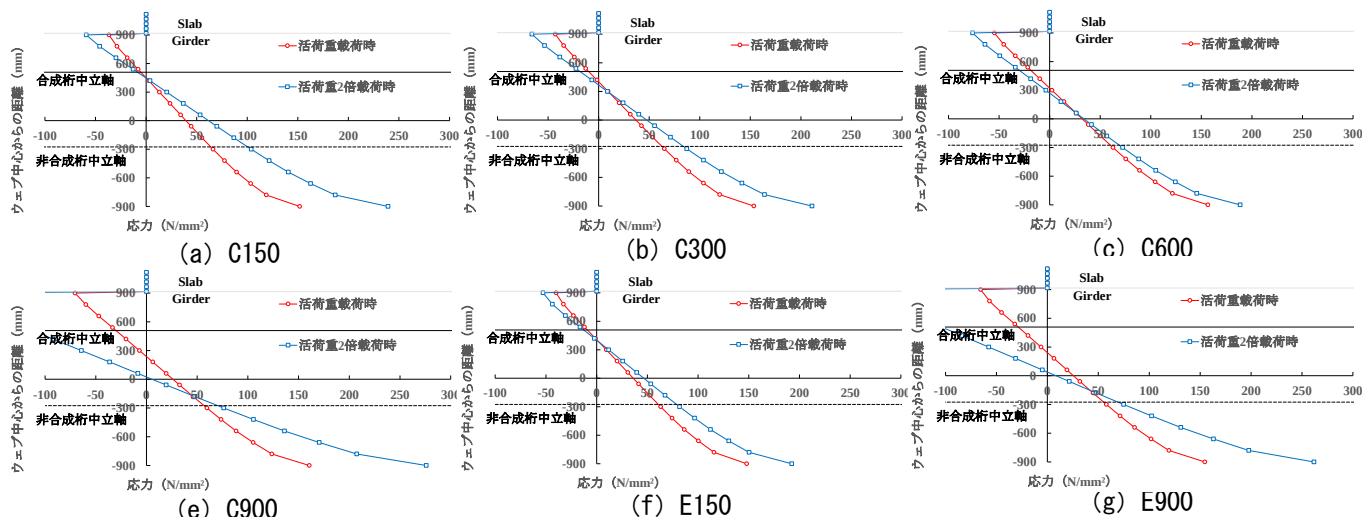


図-3 $L/4$ 点における活荷重応力分布