

# プレキャスト床版を有する非合成桁の限界状態を考慮したずれ止め配置

宇都宮大学 学生会員 ○ 柳沼大介  
 東京都 正会員 乾真之介  
 HRC 研究所 フェロー会員 中島章典  
 宇都宮大学 正会員 Nguyen Minh Hai, 藤倉修一

## 1. はじめに

既設の合成桁あるいは非合成桁の鉄筋コンクリート床版(以下、RC床版と呼ぶ。)の老朽化が問題となっており、これをプレキャスト床版(以下、PCa床版と呼ぶ。)に取替える事例が増加している<sup>1)</sup>。

ここでは非合成桁のRC床版をPCa床版に取替える場合を検討する。非合成桁のずれ止めは設計上、鋼桁と床版間に働く水平せん断力は伝達しないとされているが、実際には、床版と鋼桁間に水平せん断力が作用し、ずれ止めはそれに抵抗する。PCa床版を用いる場合には、箱抜き部を設けてずれ止めを配置し床版と鋼桁を一体化させるため、やはりずれ止めはせん断力を伝達することになる。したがって、PCa床版取替えの際にも、ずれ止めの強度などを考慮して適切に配置する必要があると考えられる。

そこで本研究では、合成前死荷重による鋼桁の応力を適切に考慮できる剛体ばねモデルを用いた弾塑性解析<sup>2)</sup>を行い、非合成桁にPCa床版を用いる場合について、使用性及び安全性の限界状態を満足するずれ止めの配置を検討する。

## 2. 非合成桁の解析モデル

ここでは、4本主桁を有する2径間連続非合成桁の1つの主桁と対応するPCa床版部分をモデル化した。その解析モデルの概要を図-1に、その断面諸元を図-2に示す。鋼桁は変断面構成としているが、全長でPCa床版の断面は一定である。継手部分を含め、橋軸方向に1枚1800mmのPCa床版を34枚並べると考える。道路橋示方書<sup>3)</sup>において、非合成桁の場合、ずれ止めの配置間隔を1m以内とすることが一般的であるとの記載があるため、図-3に示すように、PCa床版の箱抜き部の大きさは220×150mmで900mm間隔を基本とし、軸径22mm、高さ150mmのスタッドを、ずれ止めとして配置する。そのスタッドのせん断力-ずれ変位関係は、複合構造標準示方書<sup>4)</sup>に準拠して設定した。

鋼桁の鋼種はSM490で、上下フランジの降伏応力は315N/mm<sup>2</sup>、ウェブの降伏応力は325N/mm<sup>2</sup>とし、鉄筋はSD345D16とし、その降伏応力は345N/mm<sup>2</sup>とした。また、鋼桁及び鉄筋の弾性係数は205kN/mm<sup>2</sup>とした。さらに、床版コンクリートの圧縮強度は30N/mm<sup>2</sup>とした。

ここで、PCa床版と鋼桁が一体化する前のPCa床版と鋼桁の死荷重いわゆる合成前死荷重は約1102kN、PCa床版と鋼桁が一体化した後の舗装と高欄の死荷重いわゆる合成後死荷重は約918kNと算出した。

## 3. 解析結果

ここでは、以下のような3つの荷重の載荷方法を用いた場合について、2径間連続非合成桁のずれ止めの挙動を確



図-1 2径間連続非合成桁の解析モデル

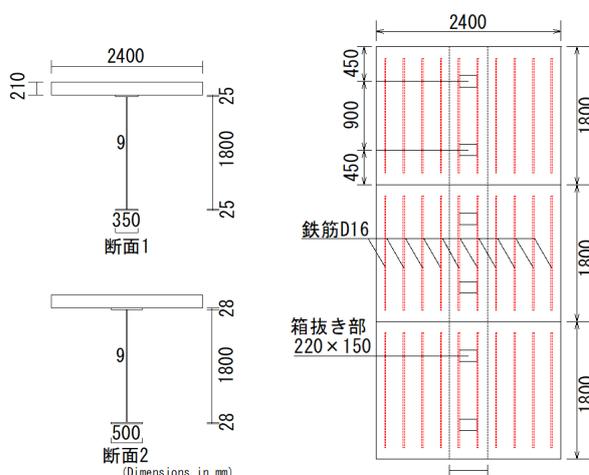


図-2 断面諸元

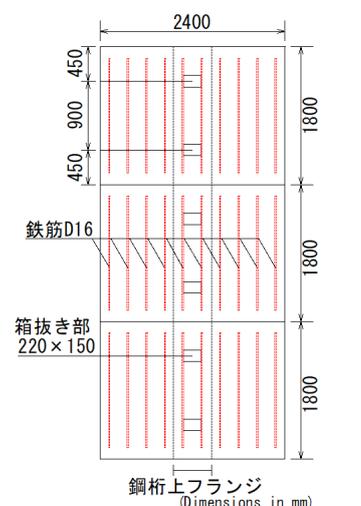


図-3 PCa床版の配置状況

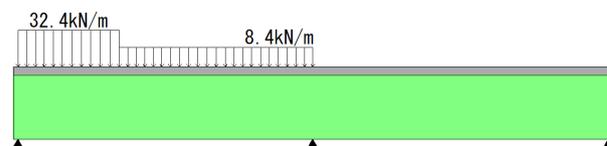


図-4 活荷重の載荷状況

認する。Case1: 合成断面に総死荷重と活荷重を載荷する方法、Case2: 合成前死荷重による鋼桁の応力を考慮した合成断面に活荷重を載荷する方法、Case3: 合成前死荷重による鋼桁の応力を考慮した合成断面に合成後死荷重と活荷重を載荷する方法。この中では、Case3の載荷方法が最も実際に近いと考えられる。

なお、合成前死荷重と合成後死荷重は桁全長に等分布荷重とし、活荷重は桁端部のずれ止めに不利な活荷重として、図-4に示すような活荷重を設計荷重とする。

### (1) 基本モデルのずれ止めの照査

箱抜き部は900mm間隔で、スタッドを全長に2本ずつ配置した場合を考える。活荷重が図-4の設計荷重値となる時のスタッドに作用するせん断力分布を図-5に示す。ここでCase1では、死荷重と活荷重を同時に合成断面に載荷するため、スタッドは死荷重にも抵抗する。よって、Case1のせん断力は最も大きくなる。次にCase2では、合成後死

荷重を合成断面に考慮していないため、せん断力は最も小さい値となる。ここで最も実際に近いと考えられる Case3 では、桁端部で複合構造標準示方書に基づく使用性の限界状態<sup>4)</sup>と考えられるせん断耐力  $V_u$  の 1/2 に達している。

### (2) 使用性の限界状態を満足する場合のずれ止めの照査

スタッドが設計荷重時に使用性の限界状態を満足するような、スタッドの配置を検討する。そのため箱抜き部 900mm 間隔は変えず、両端の PCa 床版 5 枚分には箱抜き部 1 つにスタッド 3 本を配置し、その間の PCa 床版分にはスタッド 2 本を配置する。このときスタッドに作用するせん断力分布を図-6-a に示す。ここで Case1 では上記で述べた理由と同様、左端付近のせん断力は最も大きい値となり、Case2 ではせん断力は最も小さい値となる。このとき最も実際に近い Case3 では、使用性の限界状態であるせん断耐力  $V_u$  の 1/2 を満足していることが確認できる。また、非合成桁の設計上の最大荷重は約 4520kN(合成前死荷重+合成後死荷重+5×活荷重)となったが、この荷重載荷時のスタッドに作用するせん断力分布を図-6-b に示す。この図から Case3 の場合においても左端のせん断力が、安全性の限界状態と考えられるせん断耐力 152kN にほぼ達していることが確認できる。

### (3) 安全性の限界状態を満足する場合のずれ止めの照査

ここでは、最も実際に近い Case3 のみに着目し、非合成桁の設計上の最大荷重時に、スタッドが安全性の限界状態を満足するスタッドの配置を検討する。そのため箱抜き部の配置間隔を 600mm 間隔に変更し、両端の PCa 床版 5 枚分には箱抜き部 1 つにスタッド 3 本、その間の PCa 床版部分にはスタッド 2 本を配置する。また非合成桁の設計上の最大荷重は上記で述べた通り約 4520kN である。このときスタッドに作用するせん断力分布を図-7 に示す。この図から、安全性の限界状態であるせん断耐力 152kN を満足していることが確認できる。

## 4. まとめ

本研究では、2 径間連続非合成桁を対象として、RC 床版を PCa 床版に取替える場合のずれ止め配置について検討した。ここでは、合成前死荷重による鋼桁の応力を考慮できる剛体ばねモデルによる弾塑性解析<sup>2)</sup>を行い、合成前死荷重、合成後死荷重及び活荷重の載荷方法がずれ止めに作用するせん断力に及ぼす影響を確認した。そして、実際的な荷重載荷を受ける場合に、使用性及び安全性の限界状態を満足するずれ止めの配置を検討した。その結果、ずれ止め間隔 1m 程度の非合成桁としてのずれ止め配置は、使用性及び安全性の観点から好ましくなく、それよりもずれ止めの配置間隔を狭めたほうが望ましいことを確認した。

### 参考文献

- 1) 長谷俊彦, 田尻丈晴, 高橋正雄, 石橋雅一, 池上浩太郎: 外ケーブルを用いた主桁補強を伴う床版取替工事-弓振川橋-, 橋梁と基礎, Vol.51, pp.51-56, 2017.5.
- 2) 中島章典, 尾形圭祐, 菅原健太郎, Nguyen Minh Hai, 藤倉修一: 死活荷重の載荷履歴を考慮した連続合成桁に関する解析的研究, 構造工学論文集, Vol.66A, pp.813-820, 2020.3.
- 3) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, II 鋼橋・鋼部材編, pp.390-395, 2017.11.
- 4) 土木学会: 複合構造標準示方書, pp.158-160, 2015.

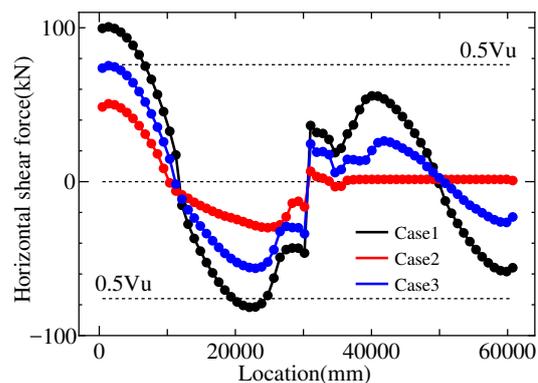


図-5 基本モデルのずれ止めのせん断力分布 (設計荷重時)

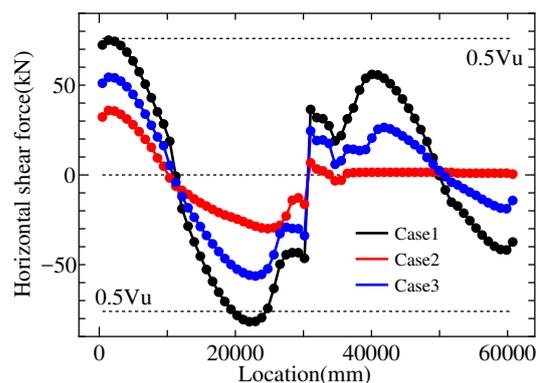


図-6-a 設計荷重時

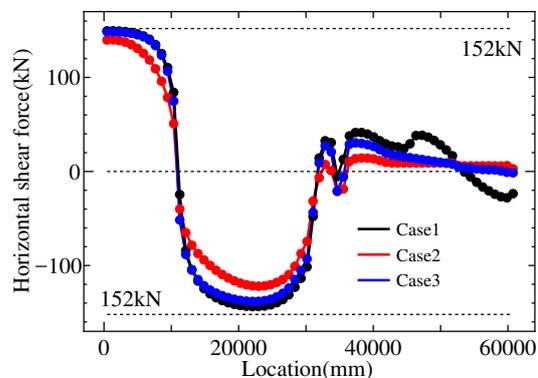


図-6-b 最大荷重時

図-6 使用性を満足する場合のずれ止めのせん断力分布

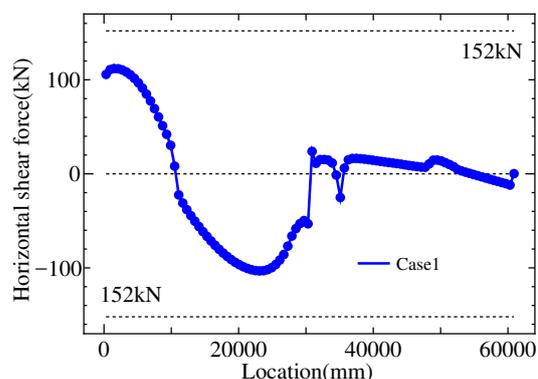


図-7 安全性を満足する場合のずれ止めのせん断力分布 (最大荷重時)