

節付き突起リブの水平せん断力伝達特性についての解析的検討

川田工業株式会社 正会員○岩田幸三 正会員 小枝芳樹 正会員 井口建斗
近畿大学 正会員 東山浩士

1. まえがき

鋼コンクリート合成床版の横リブに適用した節付き突起リブ¹⁾に作用する水平せん断力に対し、横リブ側面に配列した節突起のせん断抵抗によるリブ軸方向の応力伝達性状を把握する目的で、3次元FE梁モデルによる弾性有限要素解析を行った。その結果、合成作用による水平せん断力に対し、節突起の水平力伝達が、節高さ方向に矩形に近い台形分布となることがわかった。

2. 検討方法

解析モデルは、図-1に示すように合成床版の節付き突起リブ1列 ($h=135\text{mm}$) 分を取り出したコンクリート幅 470mm × 厚 200mm 、底鋼板 $t=6\text{mm}$ 、支間長 2.5m の梁モデルとした。また、図-1に示すように対称性を考慮した1/2モデルとし、 250kN を支間中央部に等分布で载荷するものとした。解析ソルバはABAQUSを使用した。なお、解析における鋼材のヤング係数は、 $E_s=2.0 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ 、コンクリートのヤング係数は材料試験結果をもとに $E_c=3.05 \times 10^4 \text{N/mm}^2$ とした。本検討では、図-2に示す節がないModel-1と節があるModel-2の比較により、節突起が伝達する水平せん断力を調べたうえで、Model-2の節前後の応力差に着目し、節部の応力伝達性状を評価した。ここに、Model-2の解析では相対ずれに伴う押し広げ作用²⁾に対する並列リブの相互拘束³⁾を考慮し、コンクリート側面を梁幅方向に固定支持した。また、鋼とコンクリートの界面においては、付着力および摩擦力を無視し、圧縮のみ伝達する接触・非接触を考慮した。

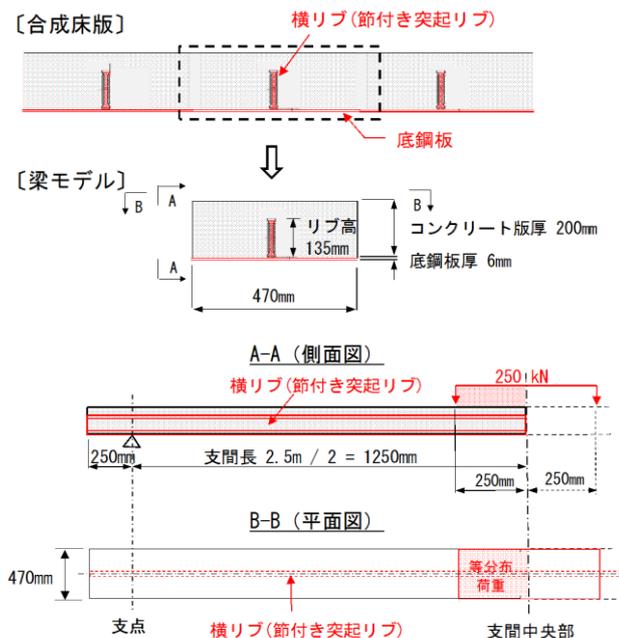


図-1 解析モデル

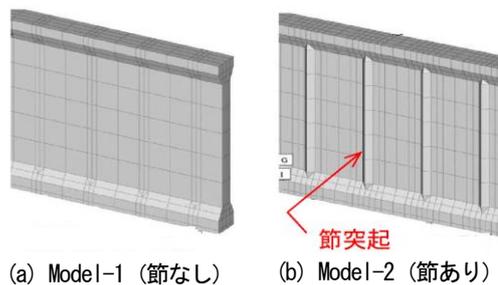


図-2 横リブのモデルケース

3. 検討結果

節前後の応力差については着目位置 (節からの離れ) の影響が大きいと考えられる。そこで、図-3に示す着目断面②と③における節前後(L側とR側)の垂直応力差 $\Delta\sigma_x$ の節高さ方向のA~Fライン、および表面・ $t/4$ 面・ $t/2$ 面の平均値に節加工部の高さ (120mm) × リブ厚 (9mm) を乗じる手順で、リブ断面における節間の軸方向力差を求めた結果を図-4に示す。図-4より、着目断面②より節に近い着目断面③での節間の軸方向力差 ΔN_x (③_R-③_L) が大きく、節の応力伝達を良く表現していると考えられる。

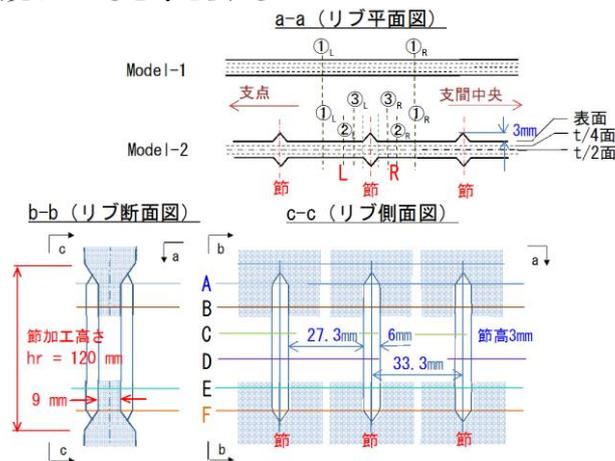


図-3 リブ形状と着目断面

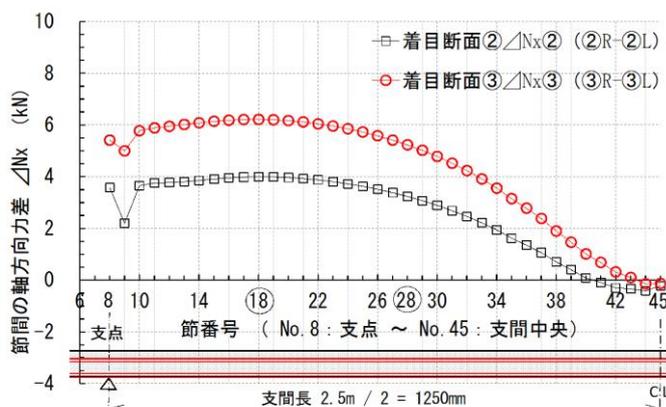


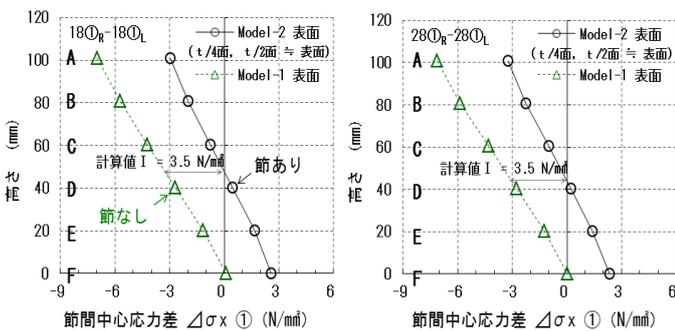
図-4 リブ断面における節間の軸方向力差

キーワード：合成床版、横リブ、節付き突起リブ、節突起、応力伝達、FEM 解析

〒550-0013 大阪市西区新町2-4-2 TEL 06(6532)4897 FAX 06-6532-4890

(1) 節間中心応力差 $\Delta\sigma_x①$ の節高さ方向分布

節間の軸方向力差の最大位置に近い節 No. 18, および支間の1/4点付近の節 No. 28 に注目し, 着目断面① (図-3) における節間中心の応力差 $\Delta\sigma_x①$ ($①_R-①_L$) の高さ方向分布を図-5(a)~(b)に示す. 図-5に示す節がないModel-1と節があるModel-2の相対差に着目すると, 両者の $\Delta\sigma_x①$ の差が3~4N/mm²程度と表-1に示す底鋼板+リブ断面に対する応力伝達の計算値Iにはほぼ対応している. ここで底鋼板の有効幅は, 着目位置の節 No. 18とNo. 28が曲げモーメントの直線変化部分にあることから, 道路橋示方書に従い算出した. この結果より, Model-2の節突起が合成梁のずれ止めに働く水平せん断力とほぼ同等のリブ軸方向水平力を伝達していることがわかる.



(a) 着目節 No. 18 (b) 着目節 No. 28

図-5 節間中心応力差の節高さ方向分布

表-1 節突起の応力伝達の計算

	計算値 I	計算値 II
鉛直せん断力 S (kN)		125.0
ヤング係数比 n (Es/Ec)		6.567
Iv (mm ⁴ /モデル: Es換算)		7.141E+07 2.215E+05
Qs (mm ³ /モデル) (底鋼板*+リブ断面)		
(* 有効幅 470×0.8 = 376mm 考慮) 		
水平せん断力 H (N/mm) H = S×Qs / Iv		387.7
節間隔 p (mm)		33.333
節1列の作用水平力 PH = H×p (kN)		12.92
As (mm ² /モデル) (考慮断面)	3,667 (底鋼板*+リブ)	1,411 (リブ)
伝達応力 σ_x (N/mm ²) $\sigma_x = PH / As$	3.52	9.16

(2) 節前後の応力差 $\Delta\sigma_x③$ の節高さ方向分布

図-6にModel-2のリブの節高さA~Fラインごとの垂直応力分布を示す. 図-6より節高さ方向に一樣に節前後の応力差が生じていることがわかる. また, 図-7に示す節前後の応力差 $\Delta\sigma_x③$ ($③_R-③_L$) の節高さ方向の分布を図-8(a)~(b)に示す. 図-8の結果より, 節突起の応力伝達を表わす節前後の応力差 $\Delta\sigma_x③$ の節高さ方向分布が, 三角形より矩形の分布に近い台形分布を示すことがわかる. なお, それらの値は上述した表-1の計算値Iと, 抵抗断面をリブのみとして算出した伝達応力計算値IIの範囲内に分布している.

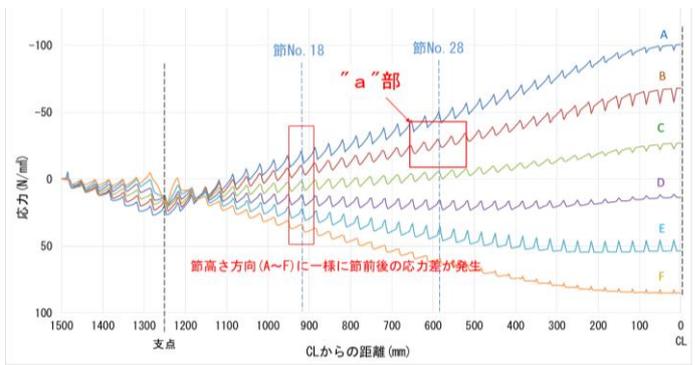


図-6 節付き突起リブの垂直応力分布

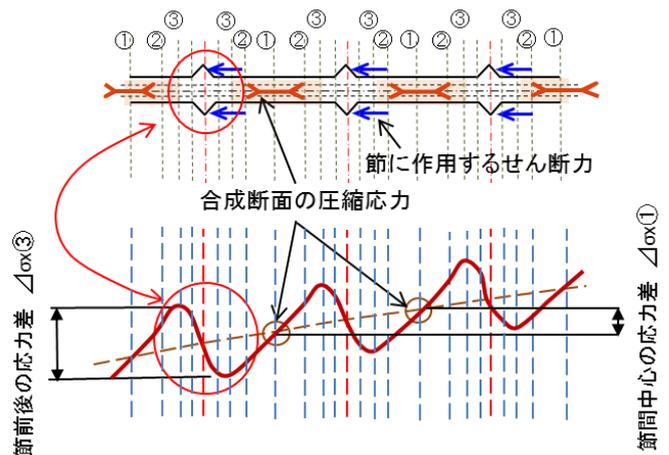
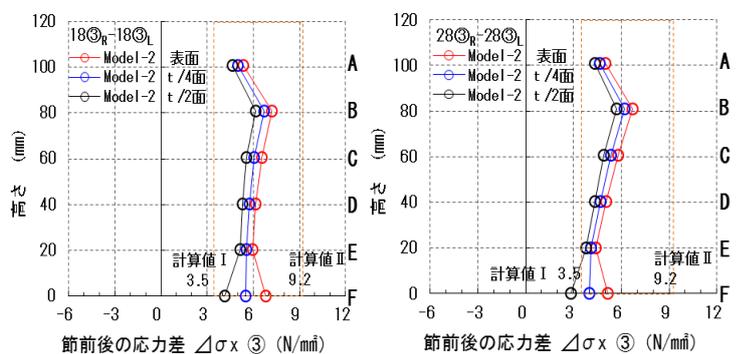


図-7 “a”部拡大図



(a) 着目節 No. 18 (b) 着目節 No. 28

図-8 節前後の応力差の節高さ方向分布

4. まとめ

本解析的検討の結果より, 以下のことが確認できた.

- (1) 合成梁のずれ止めに働く水平せん断力に相当するリブ軸方向水平力が, リブ側面の節突起により伝達されている.
- (2) 水平せん断力に対する節突起の応力伝達が, 節高さ方向に矩形に近い台形分布となる.

参考文献

- 1) 岩田 他: 令和時代に挑むスタッドレス合成床版, 川田技報 Vol. 39, 2020.
- 2) 中島: 複合構造をつなぐずれ止め, 2019-8 橋梁と基礎.
- 3) 木作, 藤山: 種々の荷重条件下における孔あき鋼板ジベルのせん断破壊性状と疲労特性, 第11回複合・合成構造の活用に関するシンポジウム, 2015.