

U リブ本数が2方向面内力を受ける補剛板の耐力に与える影響

大阪公立大学大学院

学生会員

○安田 航輔

大阪公立大学大学院

正 会 員

山口 隆司

大阪公立大学大学院

正 会 員

林 巖

1. 研究背景と目的

鋼床版は、道路橋示方書の規定よりも大きな剛比を有する縦リブが密に配置されており、リブ間パネルに関する局部座屈の照査が不要とされている¹⁾。そのため、耐力力の観点から、縦リブ本数を削減できる可能性がある。また、近年、橋軸直角方向を含めた2方向の曲げ圧縮力を考慮しなければならない実例が存在している。2方向面内力を受ける補剛板の耐力力に関する研究として文献2)がある。文献2)では、Uリブを用いた実験を行った。図-1に、実験結果を示す。2方向の実験データは1つと不足しており、縦横のひずみ比を変更した検討は行われていない。また、解析的検討も行われていないため、正確な耐力力曲線の算定には至っていない。

本研究では、3次元FEMを用い、Uリブ本数が鋼床版の耐力力に与える影響、および、2方向面内力を受ける場合の耐力力について検討した。

2. 解析モデルと解析ケース

解析対象は、首都高速道路の鋼構造物標準図集³⁾の鋼床版を参考に設定した。モデル化範囲は図-2に示すように、モデル中心を横リブ位置に取った1パネルとした。表-1に寸法と初期不整を示す。初期不整は、図-2に示す初期たわみを考慮した。

解析には、汎用有限要素解析コードAbaqus/CAE2022を用い、弾塑性有限変位解析を行った。表-2に機械的性質を示す。境界条件として、横リブは十分剛であるとし、Uリブ内を除く横リブ位置で鉛直方向の変位を拘束した。載荷方法は、辺abおよび辺bcに一樣圧縮強制変位により面内力を与え、各1方向載荷(x軸:橋軸,y軸:橋直)および2方向載荷の計3パターンとした。2方向載荷では、x軸とy軸のひずみ比 $\rho^*(=\varepsilon_y/\varepsilon_x)$ を8.0, 4.0, 2.0, 1.0, 0.25, 0.1, 0.01に変化させた。デッキ、Uリブは、8節点低減積分シェル要素でモデル化した。要素分割は、縦リブを高さ方向に20分割、デッキを幅方向に100分割する大きさとした。応力-ひずみ関係は、ひずみ硬化係数 $E/100$ のバイリニア型とした。表-3に解析ケースおよび

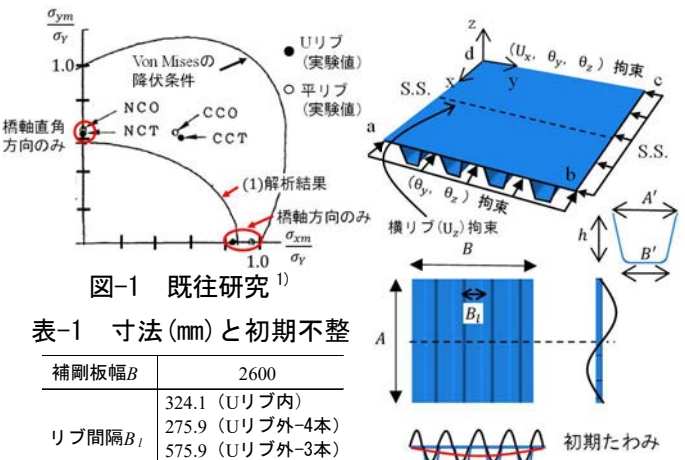


図-1 既往研究¹⁾

表-1 寸法(mm)と初期不整

補剛板幅B	2600
リブ間隔B _l	324.1 (Uリブ内)
	275.9 (Uリブ外-4本)
	575.9 (Uリブ外-3本)
	250 (両端パネル)
補剛板長さA	2500
デッキ厚t	12
リブ幅	A'=324.1, B'=216.5
リブ長さh	240
リブ厚t _u	8
初期たわみ	補剛板全体: A / 1000
	リブ間: B _l / 150

図-2 補剛板のFEモデル
表-2 機械的性質

鋼種	SM490Y
降伏点σ _y (N/mm ²)	365
弾性係数E (N/mm ²)	200,000
ポアソン比μ	0.3

表-3 座屈パラメータ

縦リブ本数	γ _l /γ _{l,req}	R _R (リブ内)	R _R (リブ外)	R _F
4本(標準)	10.4	0.61	0.54	0.16
3本	17.9	0.61	0.97	0.16

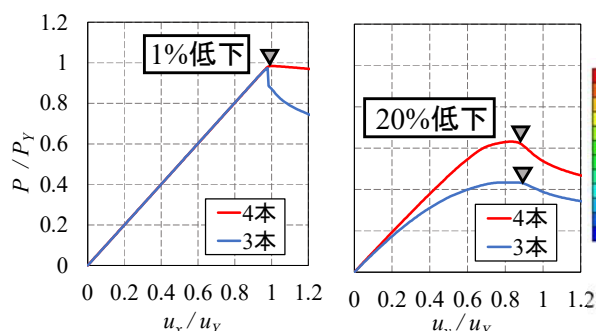
γ_l: 剛比, γ_{l,req}: 必要最小剛比 R: 幅厚比パラメータ
添え字 F: 補剛板全体, R: 縦リブ間パネル
補剛板全体と縦リブ間パネルの座屈パラメータを示す。

3. 解析結果と考察

(1) 1方向面内力を受ける場合

図-3に荷重Pを降伏荷重P_yで、x軸方向の変位u_xを降伏時変位u_yで無次元化した荷重-変位関係を、図-4, 5に最大耐力時の最大面外変位位置における荷重-ひずみ関係と変形図をそれぞれ示す。

図-3(a)より、Uリブを標準設計(Uリブ4本)から3本にすると、橋軸方向載荷の場合には、最大耐力は約1%程度しか低下せず、ほとんど変化していない。最大耐力到達後は急激な耐力低下が生じる。また、Uリブ間パネルの面外変形は、図-4より、約1mmから約15mmと大きくなっている。これは、図-5より、4本の場合、降伏後に全体座屈しているが、3本の場合、表-3に示すように幅厚比パラメータR_Rが増加することで、UリブとUリブ間パネルで局部座屈が生じ、剛性が低下したため



(a) 橋軸方向(x方向) (b) 橋軸直角方向(y方向)

図-3 荷重-圧縮変位関係

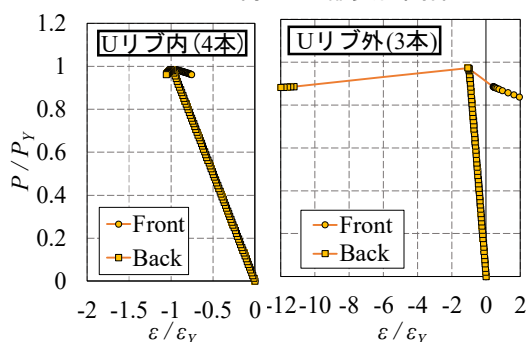


図-5 荷重-ひずみ関係(橋軸方向载荷のみ)

と考えられる。

一方、橋直方向载荷では、図-3(b)より、Uリブ本数の減少に伴い最大耐力の低下が認められる。これは、Uリブ外パネルの幅厚比が増加し、座屈耐荷力が低下したと考えられる。

(2) 2方向面内力を受ける場合

図-6に各ひずみ比 $\rho^* (= \varepsilon_y / \varepsilon_x)$ における2方向面内力を受ける補剛板の耐荷力と既往研究^{2),4)}の結果を示す。図-6の各軸は、降伏点 σ_y と公称応力 σ_{xm}, σ_{ym} を3。(1)の解析結果である各方向の最大耐力 $\sigma_{xmo}, \sigma_{ymo}$ で無次元化した耐荷力の相関曲線である。また、2方向面内力を受ける補剛板では一般に、一方の応力成分 σ_{xm}, σ_{ym} が低下しても、もう一方は、さらに増加する。しかし、安全側の観点から耐荷力は、x, y方向いずれかの応力成分が低下した時とする。

図-6(a)より、残留応力を考慮していないため、解析結果は実験値より大きくなったと考えられるが、ひずみ比が大きい領域では、 σ_{ym} の変化が小さい傾向は文献2)の実験値と一致した。

図-6(b)より、Uリブを3本とすると、耐荷力は低下する。これは、3, 4本ともにUリブは局部座屈していないが、3本では、局部座屈が生じたためと考えられる。

図-6より、平リブを用いた2方向面内力を受ける補剛板の解析結果⁴⁾と比較すると、Uリブの方が、耐荷力が大きくなった。これは、平リブでは、自由端を有するため、

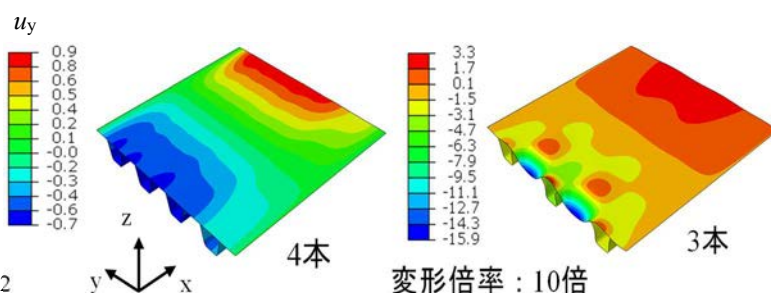


図-4 変形コンター図(x方向のみ)

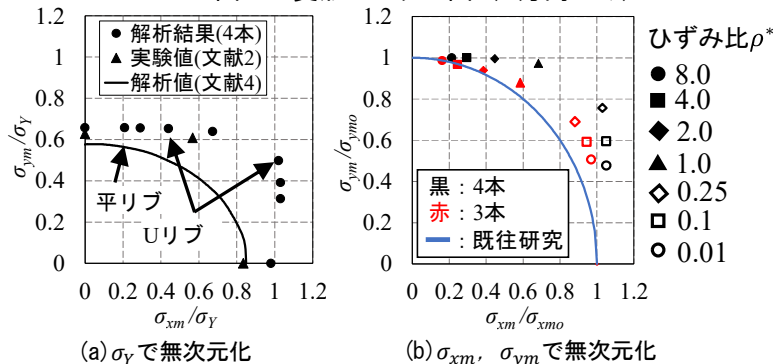


図-6 荷重-ひずみ関係(2方向载荷)

y方向作用によるデッキの変形に伴い、先端部が開くまたは閉じる方向に変形し、リブが座屈しやすくなるためと考えられる。しかし、Uリブでは、閉断面であるため、下フランジによってウェブ部が開閉する変形が抑制される。そのため、Uリブは局部座屈することなく、ひずみ比 ρ^* が2.0~ ∞ , 0~0.25の領域では、 σ_{xm} および σ_{ym} は、ほとんど変化せず、平リブと比較し耐荷力が低下しなかったと考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた結論を以下に示す。

- 1) 標準設計における鋼床版では、十分な剛性が確保されており、リブ本数を1本増やしても耐荷力は変化しない。一方、1本減らすことでリブ間パネルに局部座屈が生じ最大荷重到達後、急激な荷重低下が生じる。
- 2) Uリブは閉断面であり、橋軸直角方向作用にも抵抗し、Uリブ断面が大きく変形しない。そのため、Uリブにおける2方向時の耐荷力は1方向時のそれとほぼ同じであり、平リブと比較して、リブが局部座屈せず、耐荷力が低下しないと考えられる。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，Ⅱ鋼橋・鋼部材編，2017。
- 2) 北田俊行，中井博，宮坂佳洋，古田富保：2方向面内力を受ける補剛板の極限強度に関する実験的研究。土木学会論文集，第437号，I-17，pp156-168，1991。
- 3) 首都高速道路株式会社：橋梁構造物標準図集，2007。
- 4) 北田俊行，中井博，古田富保，鈴木宏昌：2方向面内力を受ける補剛板の極限強度に関する研究，構造工学論文集，Vol.34，pp203-214，1988。