

せん断力を受けるプレートガーター腹板の垂直補剛材の必要最小剛比に関する基礎的研究

川田工業（株） 正 員 ○栗田康弘 大阪市立大学工学部 正 員 北田俊行
川田工業（株） 正 員 高田嘉秀

1.まえがき 本研究では、文献1)に示されている圧縮補剛板の横補剛材寸法の低減方法を参考にして、現行の道路橋示方書²⁾(以下、道示)に従って設計されるプレートガーター腹板の垂直補剛材寸法の低減方法について検討する。現行の道示では垂直補剛材間隔がどのような場合であっても、垂直補剛材位置が座屈波形の節となる局部座屈のみを認めた設計方法となっている。そこで、まず、この設計方法の妥当性を調べるため、中央に1本の垂直補剛材を有する腹板パネルに着目した解析モデルを対象に、薄肉補剛板構造の弾塑性有限変位解析プログラム(USSP)³⁾を用いた解析を行っている。

2.解析モデル 解析モデルとしては、表-1 に示すような 2 ケースで 8 つのモデルを対象とする。ケースⅠは、無補剛で終局強度が降伏せん断応力に等しい解析モデル(Ⅰ-1)と、このモデルに道示の規定を満足する剛度の垂直補剛材を設けた解析モデル(Ⅰ-2)とからなる。またケースⅡは、無補剛では終局強度が降伏せん断応力に達しない解析モデル(Ⅱ-1)と、このモデルに道示の規定を満足する剛度の垂直補剛材を設けた解析モデル(Ⅱ-2)、および道示の規定より小さな種々な剛度の垂直補剛材を設けた解析モデル(Ⅱ-3～Ⅱ-6)の 6 つからなる。図-1 に示すように、解析モデルにせん断力を導入するため、载荷断面内の節点に従属させる独立節点 A を剛体要素上に設け、独立節点 A に y 軸方向の荷重 F を载荷した。拘束条件としては、一端を完全に固定支持として、他端の断面中央にある独立節点 A では、z 軸方向の変位、ならびに y 軸まわり、および z 軸まわりの回転角を拘束した。さらに、モデル化の際に、以下の条件を考慮した。

- i) 応力-ひずみ関係：すべての解析モデルを完全弾塑性体とした。
- ii) 要素分割状況：部材軸方向に 16 分割、ウェブ方向に 16 分割としたがって、節点数は 289 で、要素数は 512 とした。
- iii) 腹板は板要素で、フランジおよび補剛材は梁・柱要素でモデル化した。

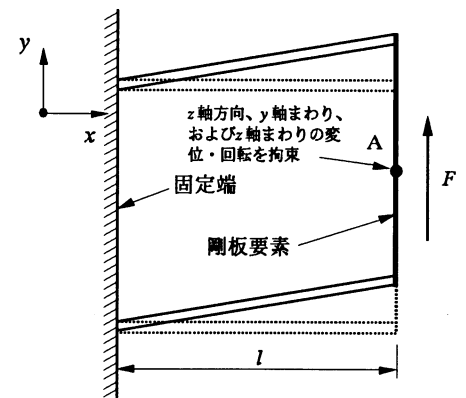


図-1 境界条件および荷重条件

表-1 解析モデルの諸元

解析モデル名称	Ⅰ-1	Ⅰ-2	Ⅱ-1	Ⅱ-2	Ⅱ-3	Ⅱ-4	Ⅱ-5	Ⅱ-6
モデル長 l (mm)	900	900	1520	1520	1520	1520	1520	1520
フランジ幅 b (mm)	250	250	250	250	250	250	250	250
フランジ厚 t (mm)	12	12	12	12	12	12	12	12
ウェブ高さ h (mm)	1520	1520	1520	1520	1520	1520	1520	1520
ウェブ厚 t_w (mm)	10	10	10	10	10	10	10	10
補剛材幅 h_v (mm)	-	150	-	110	100	80	60	40
補剛材板厚 t_v (mm)	-	10	-	9	8	8	8	8
材質	SM400A	SM400A	SM400A	SM400A	SM400A	SM400A	SM400A	SM400A
幅厚比パラメータ R	0.78	0.22	1.77	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
ヤング係数 E (N/mm ²)	2.0×10^5	2.0×10^5	2.0×10^5	2.0×10^5	2.0×10^5	2.0×10^5	2.0×10^5	2.0×10^5
降伏点 σ_Y (N/mm ²)	235	235	235	235	235	235	235	235
ポアソン比 ν	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
降伏せん断応力 τ_Y (kN)	2,052	2,052	2,052	2,052	2,052	2,052	2,052	2,052

解析モデルⅠ-1およびⅡ-1は無補剛パネル

※ 解析モデルⅠ-2およびⅡ-2は道示の規定を満足する剛度の垂直補剛材を有するモデルであり、解析モデルⅡ-3～Ⅱ-6は道示の規定より小さい剛度の垂直補剛材を有するモデルである。

キーワード：せん断耐荷力，垂直補剛材，局部座屈，全体座屈，弾塑性有限変位解析，必要最小剛比

連絡先：〒550-0014 大阪市西区北堀江 1-22-19 川田工業（株）TEL:06-6532-4891 FAX:06-6532-4890

3.解析結果と考察 まず、ケースⅠの場合、弾塑性有限変位解析による2つの解析モデルのせん断応力-せん断ひずみ曲線および変形形状を、それぞれ図-2 および図-3 に示す。図-3 に示すとおり、解析モデルⅠ-1 は解析モデルⅠ-2 に比べて、大きなせん断座屈波形が発生している。しかし、図-2 に示すとおり、共に、せん断耐荷力は、降伏せん断力にほぼ等しい。つまり、今回対象とした幅厚比パラメーターが $R=0.78$ である腹板の場合、耐荷力の面から垂直補剛材を

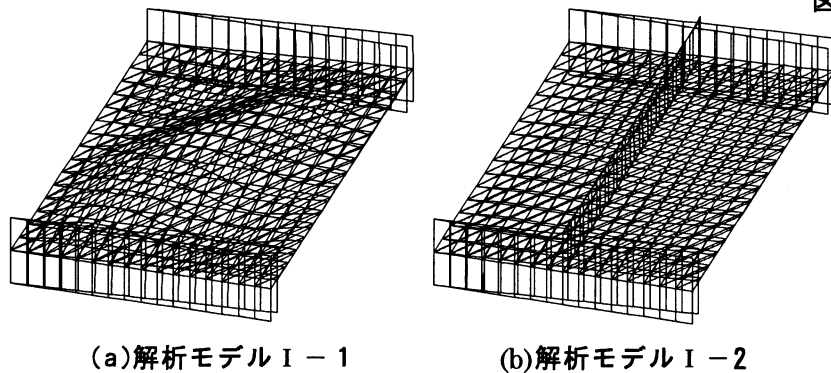


図-3 状態Bにおける変形状況(変位を30倍)

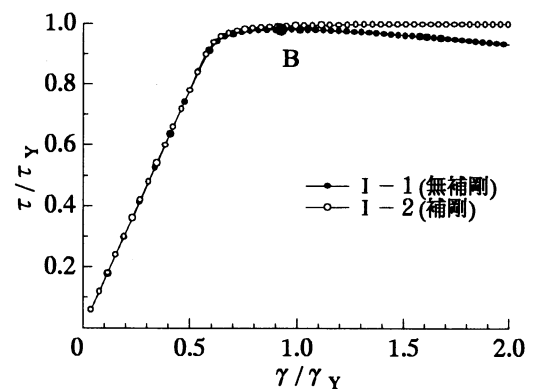


図-2 せん断応力-せん断ひずみ曲線(ケースⅠ)

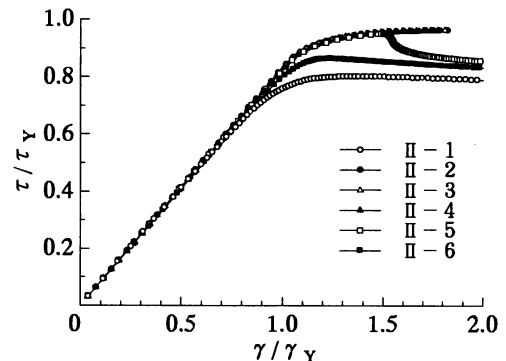


図-4 せん断応力-せん断ひずみ曲線(ケースⅡ)

取り付ける必要はなく、取り付けても腹板の座屈変形に多少効果が出る程度の結果となっている。現行の道示の設計方法では、不必要な垂直補剛材を入れた場合においても、垂直補剛材間の腹板パネルの局部座屈のみを認めた設計となっている。したがって、今回対象とした腹板パネルのように無補剛でも降伏せん断力に等しい耐荷力が確保できる場合においても、垂直補剛材間の腹板パネルに局部座屈が発生するように剛度の大きな垂直補剛材を入れることになり、不合理な設計となる。つぎに、ケースⅡの場合の弾塑性有限変位解析による6つの解析モデルに対するせん断応力-せん断ひずみ曲線を図-4 に示す。この図に示すように、道示の規定を満足する剛度の垂直補剛材を入れることにより、パネルのせん断耐荷力がかなり上昇することが分かる。しかし、道示の規定を満足する剛度の垂直補剛材を有する解析モデル(Ⅱ-2)と道示の規定より小さい剛度の垂直補剛材を有する2つの解析モデル(Ⅱ-3 および Ⅱ-4)とがほぼ同程度のせん断耐荷力を持つ結果となっている。

4.まとめ 本研究によって得られた主な成果は以下のとおりである。

- (1)ケースⅠの解析結果から、降伏せん断応力に等しい終局強度が確保できる無補剛腹板を有するパネルには、道示に規定する垂直補剛材を取り付ける必要がないことがわかった。
- (2)ケースⅡの解析結果から、道示の規定より小さい剛度の垂直補剛材を有する腹板パネルにおいても、道示の規定を満足する剛度の垂直補剛材を有する腹板パネルと同程度のせん断耐荷力があることが明らかになった。
- (3)今後、特にケースⅡの場合について、今回は十分に検討できなかった初期たわみおよび残留応力などの初期不整の波形や大きさ、および水平補剛材の有無をパラメータとして弾塑性有限変位解析を行い、垂直補剛材の剛度と腹板のせん断耐荷力との関係を研究し、垂直補剛材の合理的な設計方法を検討していきたい。

参考文献 1)中井 博・北田俊行・田井戸米好・福岡 悟：縦・横補剛材および縦桁を有する圧縮板の一設計法，構造工学論文集，Vol.31A，土木学会，pp.103-114，1985年3月。

2)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，Ⅱ鋼橋編，1996年12月。

3)USSP 研究会：ユーザーズ・マニュアル，理論編，Ver.3.0，日本構研情報(株)，1996年10月。