

ローラゲート主桁変断面部の終局せん断耐力と形状パラメータの関係

電力中央研究所 正会員 ○府川 和樹
同 正会員 塩竈 裕三

1. はじめに

ローラゲートの横主桁に用いられる変断面 I 形鋼は、ウェブに生じるせん断によって終局耐力を迎える恐れがあるが、変断面部材の終局せん断耐力について検討した事例^{1,2)}は少ない。

本報告では、変断面 I 形鋼および等断面 I 形鋼を対象に荷重漸増解析を行い、せん断パネルの形状に着目して結果を比較することで、部材の終局耐力の傾向を把握することを目的とする。

2. 数値解析モデル

対象は、ローラゲート端部を模したモデルとする(図 1a)。表 1 のような幅厚比およびアスペクト比を用いて終局耐力の関係を整理するため、せん断パネル長さ a とせん断パネル板厚 t を変化させた複数の解析モデルを用いる。ただし、最大パネル幅 b_l および最小パネル幅 b_s は、それぞれ 275mm および 535mm で固定値とする。したがって、 a の変化に伴い、せん断パネル角度 θ が変化する。変断面による影響を確認するため、等断面のモデルを用いて比較する(図 1b)。変断面と同様に、幅厚比およびアスペクト比をパラメータとして複数のモデルで検討する。板幅は、変断面の平均板幅 b_m と同じく 405mm とする。図 1 のような荷重 P による荷重漸増解析を行い、 $P_{\max}/2$ を対象部材の終局耐力とする。

変断面の結果の整理にあたり、せん断パネル幅を用いる計算では、 b_l と b_s の平均値を b_m を使う。つまり、対象の変断面部材を、板幅 b_m の等断面と等価であるとして計算する。これは、等断面との比較を容易にするための便宜的な設定である。解析ソフトは、汎用有限要素解析ソフト ABAQUS(Ver.6.11-5)を用いる。

3. 終局せん断耐力とせん断パネルの形状の関係

終局耐力は、パネルの降伏せん断荷重 V_y で除すことで、降伏荷重に対する余裕度(以下、余裕度) $P_{\max}/2V_y$ として整理する。ここで、変断面の V_y の算出には b_m の断面を用いる。

アスペクト比および幅厚比に対する終局耐力の関係を等断面と変断面についてそれぞれ図 2 に図 3 示す。図中の点の色は、当該形状での余裕度を表現しており、1 以上を赤、1 未満を黒で表記する。また、余裕度の推移を 0.2 刻みの等高線で表記する。余裕度は、変断面の方が大きい傾向にあることがわかるが、等断面と比較して著しい傾向の差は確認されない。図 3 において、代表的な変形モードを示す。本検討において、両断面のほとんどのモデルにおいてせん断耐力が支配的なモードとなるが、アスペクト比が大きいケースでは曲げが

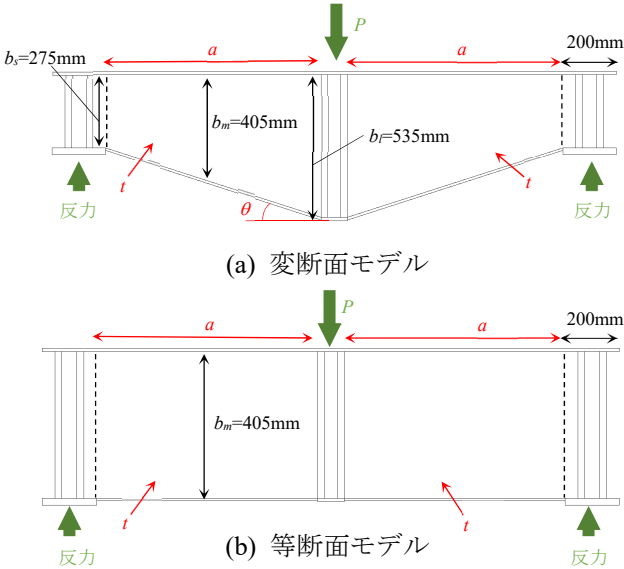


図 1 解析モデル概要

表 1 解析モデルのパラメータ

パネル幅 b_m [mm]	405
パネル長さ a [mm]	203, 405, 608, 810, 1013, 1215, 1418
パネル厚さ t [mm]	1.16, 1.35, 1.62, 2.03, 2.70, 4.05, 8.10
アスペクト比 a/b_m	0.5, 1.0, ..., 3.5
幅厚比 b_m/t	50, 100, ..., 350

キーワード ダムゲート, せん断耐力, 有限要素解析, 荷重漸増解析, 鋼構造
連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 一般財団法人 電力中央研究所 構造工学領域
Tel : 070-5555-6806, FAX : 04-7183-2962, E-mail : k-fukawa@criepi.denken.or.jp

支配的な変形（図3）が進行する。このモードは、本検討において、両モデルで形状パラメータが同じ値のときに発生する。この要因は、変断面パネル角度 θ にあり、アスペクト比の増加に伴い θ が小さくなるため、等断面の形状に近づくことが原因であると考えられる。

余裕度と座屈パラメータの関係を整理する（図4）。

座屈パラメータ R の算出には次式を用いる。

$$R = \left(\frac{b_m}{t} \right) \sqrt{\frac{\tau_y}{E} \frac{12(1-\mu^2)}{\pi^2 k}} \quad (1)$$

$$\begin{cases} k = 4.00 + 5.34/\alpha^2 & (\alpha \leq 1) \\ k = 5.34 + 4.00/\alpha^2 & (\alpha > 1) \end{cases}$$

ここで、 τ_y はパネルの降伏せん断強度 ($\tau_{cr} = \sigma_y / \sqrt{3}$)、 σ_y は降伏引張強度、 E はヤング率、 μ はポアソン比、 α はアスペクト比 ($= a/b_m$) とする。せん断座屈耐力との関係性を確認するため下式のせん断座屈耐力 V_{cr} の計算式³⁾を用いる。

$$\begin{cases} V_{cr} = V_y & (R \leq 0.6) \\ V_{cr} = \{1.0 - 0.614(R - 0.6)\} V_y & (0.6 < R \leq \sqrt{2}) \\ V_{cr} = V_y / R^2 & (\sqrt{2} < R) \end{cases} \quad (2)$$

座屈パラメータ R と余裕度の関係を図4に示す。座屈パラメータが1未満の結果の中に余裕度が非常に大きい解析結果があるが、これは斜張応力場の領域が大きな耐力を負担しているためであると予想され、実際の部材の場合はこれよりも小さな荷重で破断に至ると考えるため、参考値として記載していることに注意されたい。図2、図3と同様に、変断面と等断面の傾向が非常に近いことがわかる。また、式(2)と終局耐力に相関性があることが示唆される。このことから、せん断座屈耐力が支配的なケースにおいて、等断面の終局耐力の評価手法を応用できる可能性がある。また、式(2)は解析値を下回る傾向があることから、せん断座屈耐力に加え、斜張応力場が負担する耐力を考慮することで、より正確な終局耐力を予測できる可能性がある。

4. まとめ

ローラゲート主桁の変断面I形鋼の終局せん断耐力について、等断面I形鋼と比較して整理した。

本報告では、便宜的に変断面の平均板幅を用いることで等価な等断面として結果を整理したが、この処置が適切であるかは不明瞭である。今後は、適切な変断面の座屈耐力の算出方法、斜張応力場領域を考慮した終局耐力の算出方法の検討が課題である。

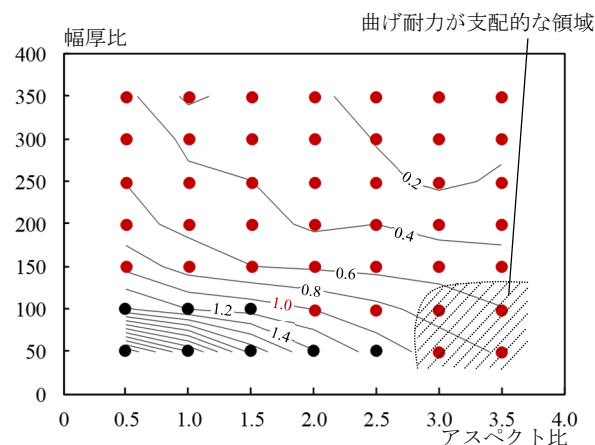


図2 ウェブ形状と余剰耐力の関係（等断面）

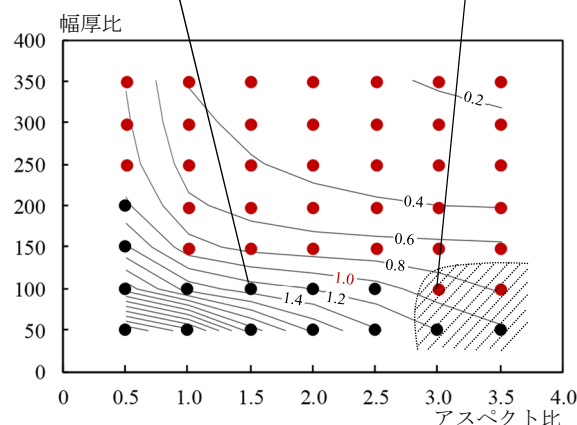
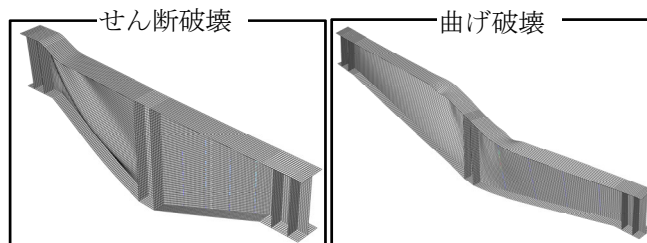


図3 ウェブ形状と余剰耐力の関係（変断面）

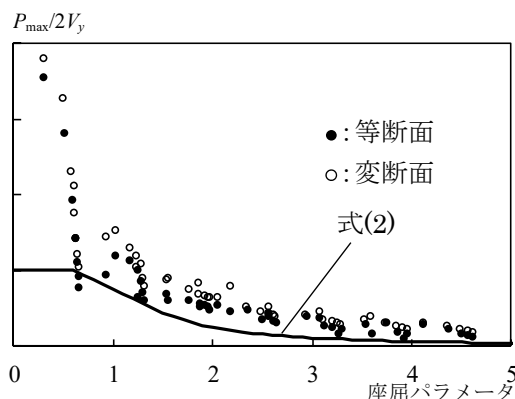


図4 余剰耐力と座屈パラメータの関係

参考文献

- 1) 塩竈裕三：ローラゲート主桁変断面部部のせん断耐力に関する実験的検討，第74回土木学会年次学術講演会講演概要集，I-317，2019
- 2) 武田八郎，三上市蔵：変断面プレートガーダーのせん断強度，構造工学論文集，Vol.33A，pp.415-126，1987
- 3) 土木学会：座屈設計ガイドライン，丸善，2005.10