

I-22 曲げとせん断を受ける鋼桁腹板の終局連成強度照査式

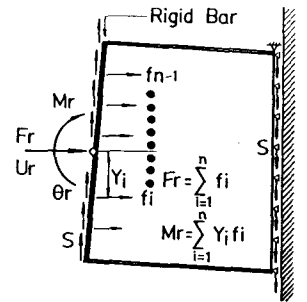
東北大学工学部 ○正員 中沢 正利
東北大学工学部 正員 倉西 茂
東北大学工学部 正員 岩熊 哲夫

1. まえがき

曲げとせん断の両者を受ける鋼桁パネルの強度については、Basler¹⁾、Evans et al.²⁾らの研究以後、小松ら³⁾の実験および解析に基づく連成強度曲線が示された程度である。これに対し、これらの強度相関式のよい近似として、西野・長谷川⁴⁾あるいは三上ら^{5,6)}は指数形の簡便な連成強度式を提案している。しかし、連成強度に関する実験例の少なさ、着目するモーメントの値の取り方等、十分に強度特性を把握しているとは言いがたい。そこで本研究では、まず数値解析によって曲げとせん断の連成強度を総合的に調べ、この結果に基づいて終局連成強度照査式を検討したものである。

2. 有限要素モデルと解析法

プレートガーダーの垂直補剛材間パネル（上下対称フランジを含む）を板要素で離散化した。図-1に示す様に左右垂直補剛材を剛棒要素でモデル化し、平面保持の状態での載荷辺に曲げ荷重を作用させる。右端で橋軸方向変位を拘束しているため、左端から右端へと線形増加するモーメント分布が実際のプレートガーダー構造に即して再現される。



3. 曲げおよびせん断の単独強度特性

せん断強度は、これまでの研究により次の強度照査式を用いればよいことが解っている⁷⁾。

$$\frac{Su^0}{Sp} = 2 \sqrt{\frac{\tau_{cr}}{\tau_Y}} \tan \theta d - \frac{\tau_{cr}}{\tau_Y} \tan \theta d, \quad (1)$$

ここで τ_{cr} はフランジの剛性を考慮に入れた腹板のせん断座屈応力、 θd は腹板対角線の傾き角である。 τ_Y, Sp はそれぞれ降伏せん断応力、全塑性せん断力である。曲げ強度については、数値解析によっても以下に示すBaslerあるいはCooperの提案式が良い推定式となることが裏付けられた。図-2は推定式と数値解析による強度を比較したものである。

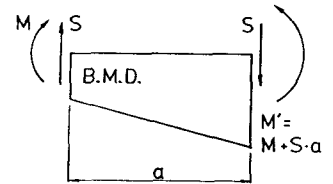


図-1 連成強度解析モデル

$$\frac{Mu^0}{MY} = 1 - 0.0005 \frac{Aw}{Af} \left[\beta - 5.7 \sqrt{E/\sigma_Y} \right], \quad (2)$$

ここで、 Aw, Af は腹板とフランジの断面積、 β は腹板の幅厚比である。 E, σ_Y, MY は各々ヤング率、降伏応力、降伏モーメントである。

3. 曲げとせん断の終局連成強度照査式

図-3は縦軸に $M=0$ の場合のせん断強度で無次元化したせん断強度 Su/Su^0 、横軸に同じく $S=0$ の場合の曲げ強度で無次元化した曲げ強度 Mu/Mu^0 を用いて表した、連成強度の相関図である。○, ●, ○印は数値解析より得られた、パネル左端、中央、右端でのモーメントを用いて表わ

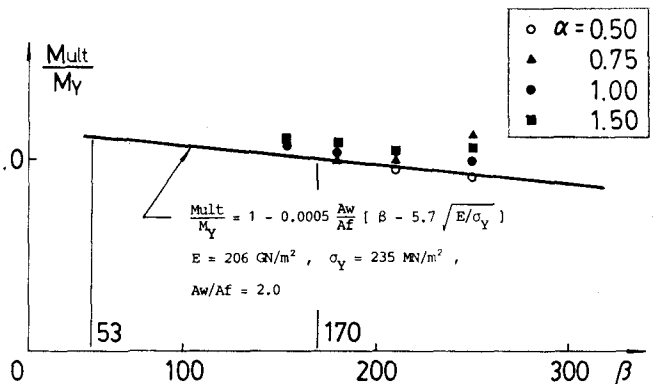


図-2 数値解析による終局曲げ強度

した連成強度を示している。せん断強度および曲げ強度とも、単独強度からの急激な強度低下は見られない。曲げ強度については共存するせん断力の効果により、純曲げよりも大きな強度を示すものさえある。連成荷重を受ける鋼桁腹板の崩壊要因はパネル形状比、幅厚比、曲げとせん断の比率などによって変化するが、終局連成強度については相関図で表わすと比較的滑らかな曲線として示される。

本研究では、曲げとせん断の連成強度相関図を次の様に指数形関数の関数で表わした。

$$\left(\frac{S_u}{S_u^0}\right)^i + \left(\frac{M_u}{M_u^0}\right)^j, \quad (3)$$

この指数部の係数は、有限要素解析の結果を $1 < i, j < 4$ の範囲で回帰して求め、モーメントを評価する位置に応じて次の結果を得た。

$$\begin{cases} i = 1.0 \\ j = 4.26 - 1.20R_\tau + 0.62R_\sigma \end{cases} \quad (\text{for left-side})$$

$$\begin{cases} i = 4.73 - 0.74R_\tau - 0.50R_\sigma \\ j = 4.0 \end{cases} \quad (\text{for mid-span})$$

$$\begin{cases} i \geq 4.0 \\ j \geq 4.0 \end{cases} \quad (\text{for right-side})$$

ここで R_τ 、 R_σ は各々せん断と曲げに関する幅厚比パラメータである。図-3の破線、実線、一点鎖線は本研究で提案された強度照査式を示しており、数値解析結果を良く表していることが解る。但し、右端での評価式は $i=4, j=4$ を上限としている。

5. 考察およびまとめ

西野・長谷川らは相関式として(3)式の i, j を4とおくことを提案した。この値は、評価モーメントとしてパネル内の最大モーメントをとる場合には妥当であろう。しかし、パネルに作用する平均モーメントとしてスパン中央でのモーメントを用いる場合には4より小さな値となり、本研究の様な手法が有効であろう。また、終局連成強度に対して評価すべきモーメントの位置に関する考察も今後必要となろう。

6. 参考文献

- 1) Basler, K. : Strength of plate girders under combined bending and shearing, Proc. ASCE, J. Struct. Div., Vol. 87, No. ST7., pp.181-197, 1961.
- 2) Evans, H.R., Porter, D.M. and Rockey, K.C. : The collapse behaviour of plate girders subjected to shear and bending, IABSE Proceedings, P-18/78, pp.1-20, 1978.
- 3) 小松・森脇・藤野・滝本：組み合わせ荷重を受けるプレートガーダーの極限強度、土木学会論文報告集、第321号、pp.1-14, 1982年 5月。
- 4) 西野・長谷川：道路橋示方書 II 鋼橋編改訂の背景と運用、第5回、8章プレートガーダー、橋梁と基礎、pp.8-13, 1981-6.
- 5) 関西支部共同研究グループ：薄板構造の強度と設計に関する調査研究、1988-4, 1989-6.
- 6) 土木学会鋼構造委員会：座屈設計ガイドライン、9章、1987-10.
- 7) Kuranishi, S., Nakazawa, M. and Iwakuma, T. : A new formula to predict the ultimate shear strength of a plate girder, Proc. JSCE, No.410/I-12, pp.69-80, 1989.

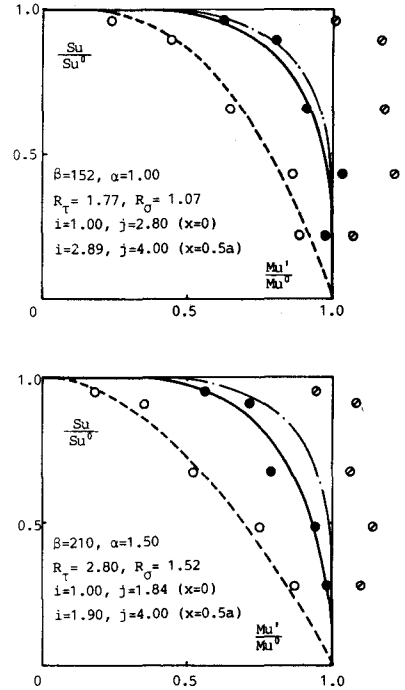


図-3 連成強度相関図