

プレートガーダーウェブのせん断挙動に及ぼす中間垂直補剛材の影響

広島大学大学院 学生会員 ○小川 靖之
 広島大学 正会員 藤井 堅

1. まえがき

現在、わが国のプレートガーダー中間垂直補剛材の設計法は、ウェブの弾性座屈を基準にしており、諸外国の設計法に見られるような、ウェブ座屈後の張力場は考慮されていない。プレートガーダー中間垂直補剛材の合理的設計法を確立するためには、ウェブ座屈後の挙動を把握し、桁の終局強度に及ぼす垂直補剛材の影響を明らかにする必要がある。

そこで本研究では、片面に垂直補剛材を有するウェブの終局強度と垂直補剛材剛比 γ の関係を FEM 解析により求め、終局時のウェブの応力状態から、剛比 γ が斜め張力場の形成に与える影響を調べた。なお、垂直補剛材剛比 γ は次式で与えられる。

$$\gamma = \frac{E \cdot I_v}{D \cdot H_w} \quad (1.1)$$

ここに、 E ：弾性係数、 H_w ：ウェブの高さ、 I_v ：垂直補剛材の Fig.1x 軸回りの断面 2 次モーメントである。 D はウェブの板剛度であり、次式で表わされる。

$$D = \frac{E \cdot t_w^3}{12(1-\nu^2)} \quad (1.2)$$

ここに、 t_w ：ウェブの板厚、 ν ：ポアソン比である。

2. 中間垂直補剛材を有するウェブの解析モデル

解析モデルを Fig.1 に示す。境界条件は、垂直補剛材がウェブの挙動に及ぼす影響をより明確にするために、ウェブと補剛材の接合辺の面外変位は自由とした。また、ウェブの弾性座屈後に隣接する左右のウェブパネルの張力場から垂直補剛材が受ける鉛直分力を実際に近い状態で考慮するために、解析領域としてウェブ 2 パネル分をとった。荷重は純せん断応力状態とした。初期たわみは、道路橋示方書の規定する最大たわみ量 $w_0 = H_w/250$ を用いて

$$w = w_0 \cdot \sin\left(\frac{2\pi x}{L_w}\right) \sin\left(\frac{2\pi y}{H_w}\right) \quad (2.1)$$

で与えた。

鋼材は SS400 クラスを想定し、降伏応力は $\sigma_Y = 235.2 \text{ kN/mm}^2$ 、弾性係数は $E = 205.8 \text{ kN/mm}^2$ 、ポアソン比は $\nu = 0.3$ とした。

解析パラメータは、ウェブアスペクト比 $\alpha = L_w/H_w$ 、ウェブ

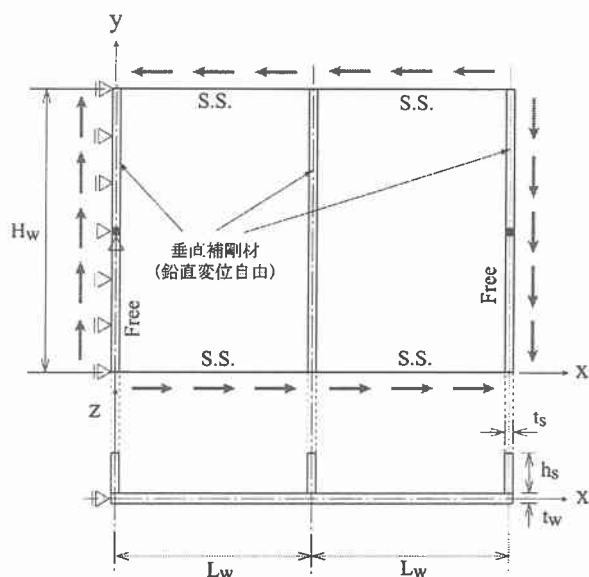


Fig.1 垂直補剛材を有するウェブの解析モデル

幅厚比パラメータ $R = \frac{H_w}{t_w} \sqrt{\frac{\sigma_Y}{E} \cdot \frac{12(1-\nu^2)}{k \cdot \pi^2}}$ 、および剛比

γ の 3 つを考え、 α は 0.5, 1.0 の 2 種類、 R は 0.5, 0.7, 1.0, 1.2, 1.5 の 5 種類とした。ここで、 k ：せん断座屈係数である。垂直補剛材は、高さ h_s と板厚 t_s の比を道路橋示方書の規定する最小突出脚幅厚比 $h_s/t_s = 13$ とおき、剛比 γ から h_s 、 t_s を決定した。

3. 結果と考察

Fig.2, Fig.3 は横軸に γ 、縦軸に終局強度 τ_u をとり、垂直補剛材の剛比とウェブの終局強度の関係を示したものである。縦軸は τ_u をせん断降伏応力 τ_Y で除して示した。

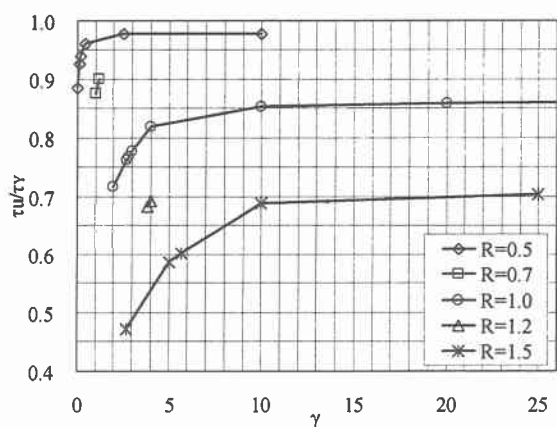


Fig.2 $\gamma - \tau_u/\tau_Y$ 関係 ($\alpha=0.5$)

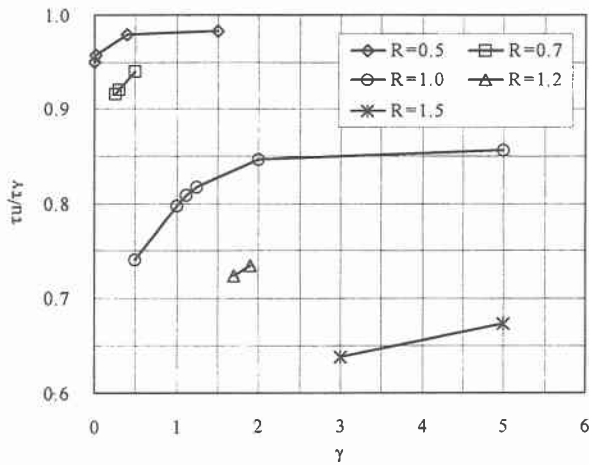
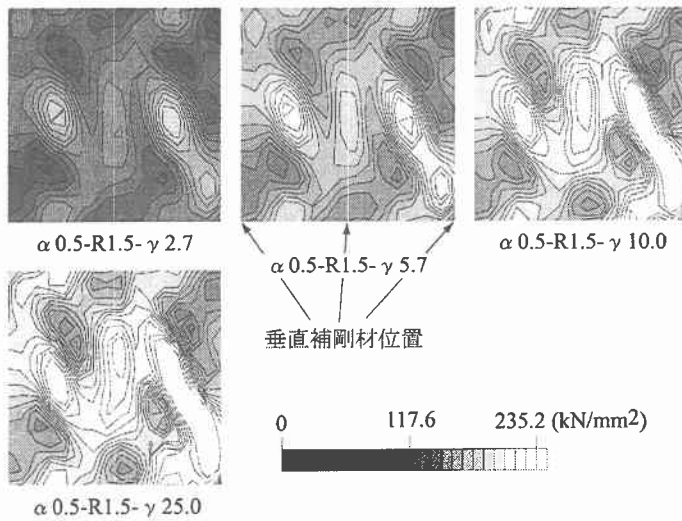
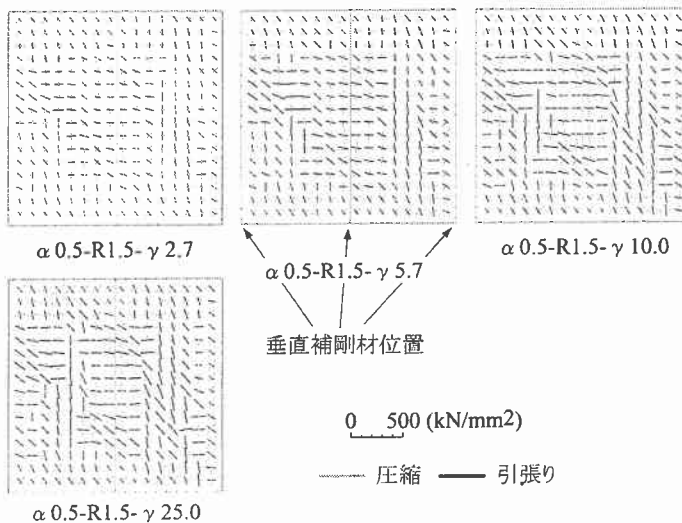
Fig.3 $\gamma - \tau_u / \tau_y$ 関係 ($\alpha=1.0$)Fig.4 ウェブの相当応力 ($\alpha=0.5$)Fig.5 ウェブの面内応力の主応力線 ($\alpha=0.5$)

Fig.2, Fig.3 より, 終局強度は γ の増加に伴って大きくなるが, ある値以上の γ では終局強度は一定値に収斂することがわかる. $\gamma=0$ における解析結果は, 2 辺単純支

持, 2 辺自由の板 (幅 $2L_w$, 高さ H_w) の終局せん断強度を示すことになるが, $R=0.5$ のとき, 垂直補剛材を設けない状態でも, $\alpha=0.5$ では, $\tau_u / \tau_y = 0.88$, $\alpha=1.0$ では, $\tau_u / \tau_y = 0.95$ を確保できている. また, どちらも $R=0.5$ では, 垂直補剛材の剛比を上げて, 薄いウェブ ($R=1.5$) のような終局強度の増加が見られない. したがって, 板厚が大きく, 塑性座屈が先行するようなウェブでは, 桁の終局強度に与える垂直補剛材の影響は小さいことがわかる. 一方, Fig.2 より, $R=1.5$ では, $\gamma=2.7 \sim 10.0$ の範囲で τ_u / τ_y が 20% 以上増加し, 垂直補剛材が桁の終局強度に大きく寄与していることがわかる.

Fig.4, Fig.5 に $\alpha=0.5, R=1.5$ の場合における, 垂直補剛材の剛比 γ と終局時のウェブの相当応力, 面内応力の主応力線の変化を示す. 主応力線の変化より, γ が大きくなるに従ってウェブの張力場が発達し, 中央の垂直補剛材付近のウェブには垂直補剛材軸方向に圧縮力が発生している. また, ウェブ全体の相当応力も, γ の増加に従って大きくなることからわかる. Fig.2 において, $R=1.5$ のモデルの終局強度が $\gamma \leq 10.0$ の範囲で大きく上昇するのは, このように, γ が大きくなるに従って, 張力場が有効に働くためである. $\gamma \leq 10.0$ の範囲においては, 垂直補剛材の剛度を上げることによって, 終局強度の増加が期待できる. しかし, Fig.4, Fig.5 のように, $\gamma > 10.0$ では, 斜め張力が降伏応力に達するので, たとえば $\alpha=0.5-R=1.5-\gamma=25.0$ における相当応力, および主応力線は $\alpha=0.5-R=1.5-\gamma=10.0$ とあまり変わらない. Fig.2, Fig.3 において, ある γ ($\alpha=0.5-R=1.5$ では $\gamma=10.0$ 付近) 以上で終局強度が一定値に収斂するのは, 張力場によってウェブが降伏するため, γ を大きくしてもそれ以上の斜め張力を発揮できないことに因る.

4. まとめ

- 1) 塑性座屈を起こす厚板のウェブでは, 垂直補剛材を設けることによる終局強度の増加はあまり期待できない.
- 2) ウェブが弾性座屈を起こすような薄板のとき, 垂直補剛材の剛度を上げると張力場が有効に働き, 終局強度が増加する. しかし張力場によってウェブが降伏する剛比以上では終局強度は増加しない.

参考文献

- 1) 土木学会: 座屈設計ガイドライン, 1987. 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, I 共通編・II 鋼橋編, 1996. 3) 加納匠: せん断を受けるプレートガーダー中間垂直補剛材の必要剛比に関する研究, 広島大学大学院修士論文, 2001.