

曲線プレートガーダー腹板の設計法に関する一提案

大阪市立大学工学部 正員 中井 博 大阪市立大学工学部 正員 北田俊行、
(株)川崎重工業 ○正員 大南亮一

1. まえがき

これまで、曲線桁模型を用いた耐荷力実験および有限要素法による解析を通じ、曲線桁の耐荷力特性や腹板の挙動などを明らかにしてきた。本文は、これら一連の研究成果を総合的に検討して得られた曲線桁の終局強度に関する相関曲線、および、垂直補剛材の必要剛比、腹板の必要幅厚比、ならびに水平補剛材の必要剛比に関する設計式を提案するものである。

2. 曲線桁の終局強度に関する相関曲線

フランジに局部座屈が生じない曲線桁の終局曲げ強度 M_u は、図1に示すフランジのそり応力を考慮した桁の全塑性モーメント M_p で精度よく推定できる。また、終局せん断強度 V_u の評価には、Rockeyモデルによる算定法 V_R が適用できる。これ

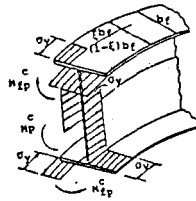


図1 曲線桁の全塑性モーメント

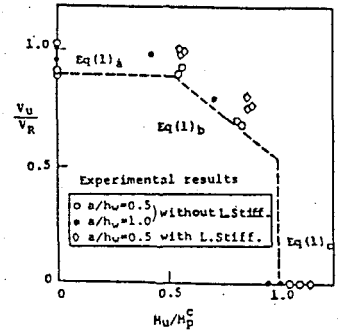


図2 曲げとせん断の相関曲線

らの結果から、総ての実験結果が統一された曲げとせん断との相関曲線が図2の点線で表わせる。すなわち、

$$\left. \begin{aligned} V_u/V_R &= 0.9 & (M_u/M_p^c \leq 0.5) \\ V_u/V_R &= 1.25 - 0.70 (M_u/M_p^c), & (0.5 < M_u/M_p^c < 1.0) \\ M_u/M_p^c &= 1.0 & (V_u/V_R \leq 0.55) \end{aligned} \right\} \text{---(1) a-c}$$

3. 垂直補剛材の必要剛比

せん断を受ける曲線桁をRockeyモデルに基づいた崩壊機構を適用すると、垂直補剛材には図3に示す軸力および曲率中心方向の分力が作用する。一方、垂直補剛材は耐荷力実験の実測ひずみがほぼ再現できるはり一柱モデルに置換でき、補剛材の崩壊は

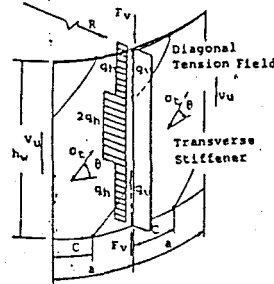


図3 垂直補剛材の外力

実験結果からこのモデルの初期降伏荷重で決めることができる。補剛材の必要剛比 γ_T^c は、モデルにPerry-Robertson法を適用すると、図4の曲線が得られ、これらの曲線は以下の式で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} \beta_T &= 1.0 + (\alpha - 0.69) Z (9.38\alpha - 7.67 - (1.49\alpha - 1.78)Z), & (0.69 \leq \alpha \leq 1.0) \\ &= 1.0 & (\alpha < 0.69) \end{aligned} \right\} \quad \begin{aligned} &\text{ここに、} \beta_T = \gamma_T^c / \gamma_T^{\text{JSHB}}, \gamma_T^{\text{JSHB}}; \text{道示(直線桁)の必要剛比、} Z (= a^2 / R \cdot t_w \cdot \sqrt{1 - \mu^2}); \text{曲率パ} \\ &\cdots (2) a, b \text{ ラメーター、} \alpha; \text{アスペクト比である。} \end{aligned}$$

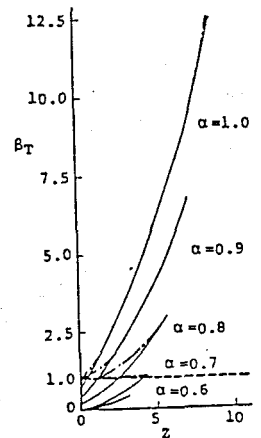


図4 垂直補剛材の必要剛比

4. 腹板の必要幅厚比

設計曲率に加え初期たわみを有する腹板が純曲げを受ける場合、顕著な座屈現象は起らず、荷重の増加に伴って面外たわみが増大するため、直線桁の場合の座屈荷重に基づいた必要幅厚比の設定と同様な方法を曲線桁に適用するのは困難である。ここでは、曲線桁腹板の初期降伏荷重における面外たわみ、あるいは面外曲げ応力が直線桁におけるそれらの値に納まるような使用限界状態を設定した。そして、60ケースに及ぶF.E.M.による弾性非線形解析結果から、この使用限界に基づいた必要幅厚比 h_w/t_w を求めた。図5にその結果を式(3)に図中の設計公式(いずれもSS 41材に対するもの)を示す。

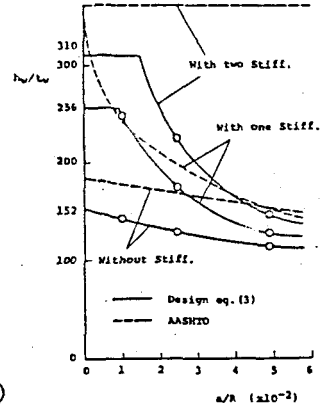


図5 腹板の必要幅厚比

なお、 $a/R = 0$ (直線桁) では、示方書の規定が満足されるよう設定している。

$$\left. \begin{aligned} \text{水平補剛材のない場合;} & h_w/t_w = 22.95/(a/R + 0.151) \\ \text{水平補剛材を1段用いる場合;} & h_w/t_w = 256, (a/R \leq 0.009) \\ & h_w/t_w = 256[1.232 - 29.82(a/R) + 303.7(a/R)^2], (a/R > 0.009) \\ \text{水平補剛材を2段用いる場合;} & h_w/t_w = 310, (a/R \leq 0.015) \\ & h_w/t_w = 310[1.643 - 51.19(a/R) + 556.8(a/R)^2], (a/R > 0.015) \end{aligned} \right\} \text{--- (3) a-c}$$

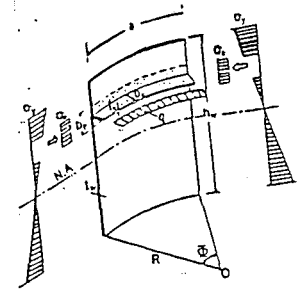


図6 水平補剛材のはり一柱モデル

5. 水平補剛材の必要剛比

腹板の使用限界状態においても、水平補剛材が十分な剛性強度を持つよう設計する必要がある。このとき補剛材に作用

する外力は、腹板の曲げによる直応力分布から推定される(図6参照)。補剛材を曲率と腹板の有効幅とを持つT形断面のはり一柱モデルに置換し、円周方向軸力と軸力の半径方向分力とによるひずみ分布を求めると、実験値と、類似した値が得られた。モデルの境界条件は、曲線桁における連続した腹板パネルの変形モードに適合するよう、両端で固定とした。図7は、腹板が使用

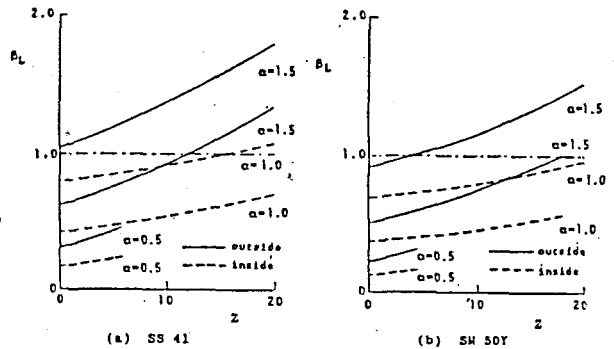


図7 水平補剛材の必要剛比

用限界に達するまで水平補剛材の初期降伏が起こらない

よう、水平補剛材の必要剛比 γ_L^c を算定した結果である。

同図の曲線に最小自乗法を適用すると次式が得られる。

$$B_L = (C_1 \cdot Z + C_2) \cdot Z + C_3 \cdot \alpha + C_4, \text{ (ただし, } B_L \geq 1.0) \quad \cdots (4)$$

ここに、 $B_L = \gamma_L^c / \gamma_L^{JSHB}$ 、 γ_L^{JSHB} ; 道示の必要剛比、Z ; 曲率パラメーター、 α ; アスペクト比である。式(4)の

$C_1 \sim C_4$ の係数は表1に示すとおりである。

表1 設計式(4)の係数

Steel Grade	Position of Stiffener	C_1 ($\times 10^{-2}$)	C_2 ($\times 10^{-2}$)	C_3	C_4
SS 41	Outside	3.765	3.226	0.739	-0.108
	Inside	2.838	0.163	0.775	-0.163
SH 50Y	Outside	5.362	1.549	0.818	-0.227
	Inside	3.286	-0.464	0.800	-0.200