

秋田大学 正員 ○長谷部 薫

秋田大学 正員 薄木 征三

1. はじめに

薄肉断面曲線桁の力学的挙動の解析はこれまで数多く発表され、微小変位理論のみならず有限変位理論における厳密な支配方程式が導かれている。これに関する研究は弾性域から非弾性域まで拡張され、逐次実用設計に関する研究成果が発表されている。しかしながら、曲線格子桁の弾塑性解析に関する論文は少なく、未だ確立されたものはないように思われる。本報告は、曲げねじりを考慮した曲線格子桁の弾塑性解析を行ない、得られた数値解の妥当性を実験値との比較により検討する。解析方法は、薄肉曲線桁の剛性マトリックス法を用い、非弾性の影響をはりの剛性の低下として考慮する。また、部材の降伏条件には Von Mises の降伏条件式を用いた。

2. 解析方法

微小変位理論を対象とした薄肉曲線要素の剛性マトリックス¹⁾を用いて、曲線格子桁の非弾性状態を考慮した解析を行なう。非弾性域の解析は、非弾性の影響をはりの剛性の低下として考慮する。材料は完全弾塑性体とし、ひずみ硬化は無視する。またはりを長さ方向に分割して得られる要素は、それぞれの内部で部材軸方向に断面の降伏部分が一定であるとする。残留応力の分布型は、残留応力分布式²⁾を用いて考慮した。降伏判定の方法は、断面を細分割し、各微小分割要素の図心の応力より次式の Von Mises の降伏条件式を用いて行なった。

$$\left(\frac{\sigma}{\sigma_y}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\sigma_y/\sqrt{3}}\right)^2 = 1 \quad (1)$$

ここで、 σ_y は降伏応力、 τ は St. Venant のねじれによるせん断応力を表わし

$$\tau = G 2n\psi_z \quad (2)$$

また σ は曲げ応力とそり応力で次式で与えられる。

$$\sigma = \frac{M_y}{I_y} x + \frac{M_\omega}{I_\omega} \omega \quad (3)$$

数値計算においては上式に残留応力分布を考慮し、式(1)の降伏条件式より微小要素を弾性領域と塑性領域に分け、各非弾性剛性値を求める。なお、弾塑性域における曲げ剛性および曲げねじり剛性は、接線弾性係数理論により弾性域のみ有効とし、St. Venant のねじり剛性は、塑性流れ理論により全断面有効とする。

3. 数値計算例

数値計算に用いられた曲線格子桁は室内実験用模型桁³⁾で、図-1に示すような2軸対称 I 形断面をもつ3-曲線主桁と3-直線横桁から構成されている。この曲線格子桁の形状寸法と断面定数は表-1に示されている。降伏応力 $\sigma_y = 3200 \text{ kg/cm}^2$ 、ヤング率 $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ およびせん断弾性係数 $G = 8.1 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ とし、断面定数はいずれも曲率の影響を無視し、直線桁としての断面定数を用いている。載荷は、内桁中央点に鉛直集中荷重を加えた。図-2は、中央横

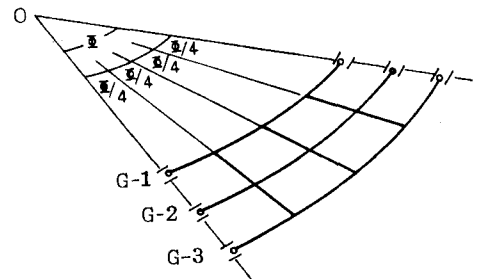


図-1

表-1

	$\theta(^{\circ})$	$R(m)$	$J_y(\text{cm}^4)$	$J_r(\text{cm}^4)$	$J_\omega(\text{cm}^6)$
主桁 G-1	7	18.2	1.778×10^2	1.502×10^2	3.153×10^2
主桁 G-2	7	18.5	1.778×10^2	1.502×10^2	3.153×10^2
主桁 G-3	7	18.8	1.778×10^2	1.502×10^2	3.153×10^2
横 桁			1.778×10^2	1.502×10^2	3.153×10^2

桁各節点の鉛直たわみと荷重の関係を示している。実線は数値計算結果で、破線は変位法と塑性ヒンジ理論を併用した弾塑性解析値⁴⁾で、降伏条件式に曲げねじりの影響を考慮した場合の計算結果である。黒丸印は文献³⁾の耐荷力実験値で、崩壊荷重の実測値は約 5.2t である。図-3は、中央横桁各節点部における上フランジのひずみと荷重の関係を示している。図-4は、a～fの6点における垂直応力分布の推移状況を示している。実線は数値計算結果で、破線は実験結果³⁾である。載荷点付近のaについてみると、2t付近で断面の塑性化が始まり5.2tで全断面降伏している。また横桁のf点では4.8tで塑性化が始まりほとんどそり応力によって降伏しているのがわかる。用いた例では数値計算結果は実験値をよく表わしていると思われる。

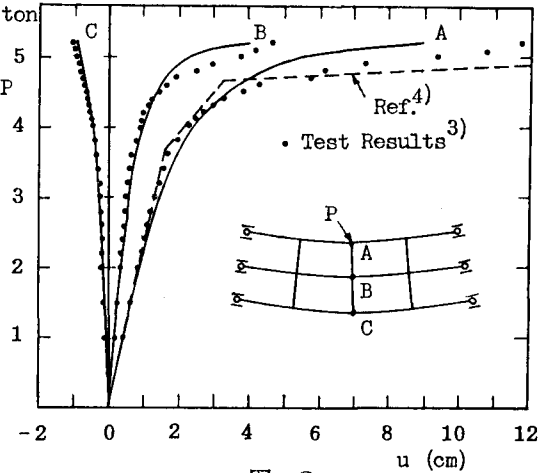


図-2

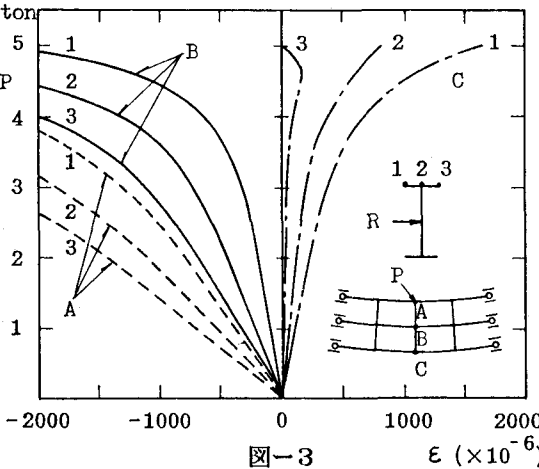


図-3

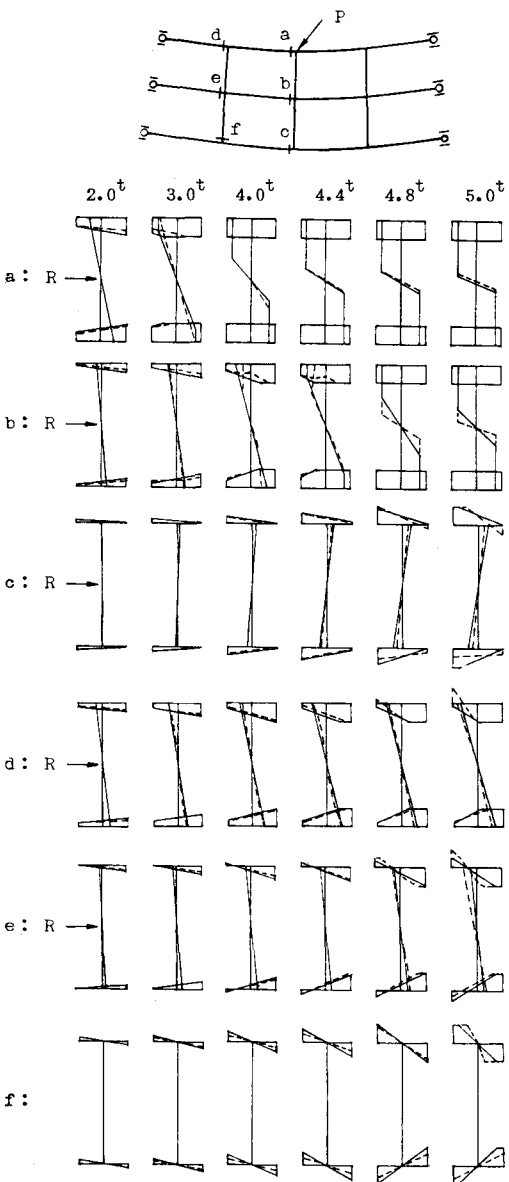


図-4

参考文献

- 1) 薄木・稼農：薄肉断面曲線材の変形法による解析，土木学会論文報告集，No235,1975
- 2) Fukumoto, Y. and S. Nishida: Ultimate Load Behavior of Curved I-Beams, Proc. of ASCE, EM2, 1981
- 3) 渡辺・林川・岡田・及川：曲線格子桁の塑性耐荷力の実験，北海道支部論文報告集，No41, 1985
- 4) 渡辺・林川・岡田：そりねじりを考慮した曲線格子桁橋の弾塑性解析に関する研究，北海道支部論文報告集，No41, 1985