

鋼曲線桁パネルの極限強度特性

大阪大学工学部 正 員 小松定夫

大阪大学工学部 正 員 西村宜男

大阪大学大学院 学生員○藤原幸喜

1、まえがき 近年、鋼構造物の設計が、許容応力度設計法から極限強度設計法へと指向しつつあり、曲線材の設計においても、その極限強度特性を考慮した合理的な設計法を推し進める必要がある。そこで、本報告では鋼曲線桁パネルの弾塑性有限変位解析を行い、終局限界状態設計法に対する基礎データを提供しようとするものである。

2、解析法 解析対象が曲面あるいは曲線の境界を有する部材であることを考慮して、Zienkiewiczらが開発したアイソパラメトリック要素¹⁾のうち、2次の形状モードをもつ8節点四辺形要素による、弾塑性有限変位解析を行った。非線形つりあい方程式の解法には、増分法をよび修正 Newton-Raphsonにより行い、変位制御の手法を用いた。さらに、材料を弾塑性体として扱うにあたって、(1) von-Misesの降伏条件にしたがう、(2) 材料は完全弾塑性体であり、ひずみ硬化は考えない、(3) 弾性、塑性いずれの状態においても材料は等方性である、(4) Prandtl-Reussの塑性流れ則にしたがうものと仮定した。

3、解析モデル 曲線プレートガーダーの垂直補剛材間を取り出したものを1パネルとし、その両端に曲げ強制変位を受ける場合について考える。このとき、図-1に示す強制回転変位 $\Delta\theta$ だけでは、腹板のたわみ変形が増加することにより、桁断面に軸方向力を生じて、純曲げ状態が乱される。これを修正するために、載荷辺のつり合い軸力より算定した調整軸方向変位 ΔU を付加して、端断面の軸方向力の総和が0となるようにした。

境界条件は、モデルの対称性からパネルの1/2を解析対象とすると、図-2を参照して、

$$a-a: (1, 0, 0, 0, 1, 1)$$

$$b-b: (2, 3, 3, 1, 0, 1)$$

$$c-c: (1, 0, 0, 0, 1, 1)$$

$$d-d: (2, 3, 3, 1, 3, 0)$$

となる。ただし、カッコ内の6成分は、順に全体座標系 x, y, z 方向の変位、局所座標系 x', y', z' 方向の回転変位の拘束状態を表すインデックスであり、0は無拘束、1は拘束、2は強制変位、3は線形従属を表す。

解析では、曲率あるいは中心角 θ 、腹板縦横比 α 、腹板幅厚比 h_w/t_w 、腹板フランジ断面積比 A_w/A_f のパラメータについて検討した。材料定数は、 $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ 、 $\nu = 0.316$ とし、降伏応力は $\sigma_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$ とした。

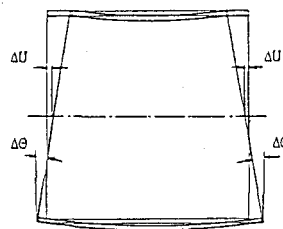


図-1 強制変位

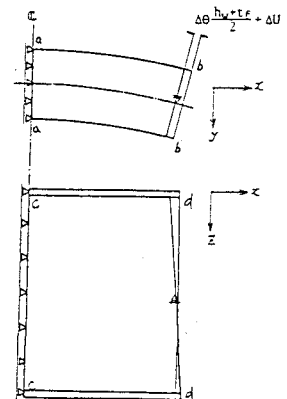


図-2 境界条件

4、解析結果と考察 表-1に曲線I桁パネルの主な8ケースのモデルについての曲げ耐荷力を示す。また、 M_u^{th}/M_y は長谷川らの直線プレートガーダーを対象とした有効幅理論²⁾より算定した直線桁の場合の曲げ耐荷力である。解析モデルNo.1～No.3がほぼ直線に近いケースとなる。

図-3は、 $h_w/t_w = 180$ 、 $A_w/A_f = 1.8$ のとき、曲率を変化させた場合の荷重-変位関係である。曲率がきつくなると極限強度が低下していることがわかる。

図-4は、 $h_w/t_w = 180$ 、 $\theta = 0.05$ ($R = 36m$)として、腹板フランジ断面積比を変えていった場合の荷重と変位の関係を示す。 A_w/A_f の増加につれて、極限強度が低下していることがわかる。

図-5は、I桁パネルの曲げ耐荷力 M_u/M_y と A_w/A_f との関係を示す。図中、直線桁とあるのは、長谷川らの直線I桁を対象とした曲げ耐荷力の理論より算定した曲線であり、 A_w/A_f の増加により曲線桁では直線桁に比べて、若干強度が落ちている。

5、あとがき 曲線I桁パネルの弾塑性有限変位解析を行い、以上の結果が得られたが、今後、さらに広範囲なパラメータ解析が必要と思われる。

【参考文献】 1) Zienkiewicz: The finiteelement method, McGraw Hill, 1971

2) 長谷川彰夫他: 土木学会論文報告集, No. 300, 1980

表-1 曲げ耐荷力 (M_u/M_y)

	h_w/t_w	A_w/A_f	θ	R	M_u/M_y	M_u^{th}/M_y
1	240	2.4	0.001	2400m	0.96859	0.87880
2	180	1.8	0.001	1800	1.00083	0.96568
3	150	1.5	0.001	1500	1.05395	1.01574
4	180	1.8	0.010	180	0.99010	
5	180	1.8	0.025	72	0.97466	
6	180	1.8	0.050	36	0.95521	
7	180	1.2	0.050	36	0.98464	
8	180	0.9	0.050	36	0.99129	

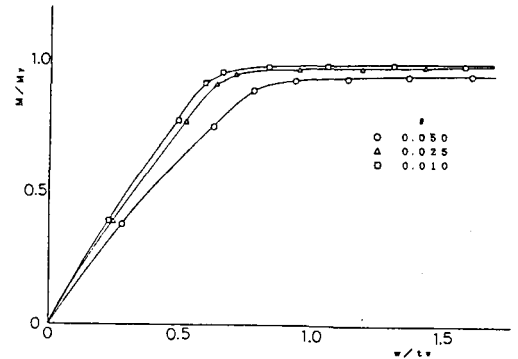


図-3 $M/M_y - w/t_w$ 曲線

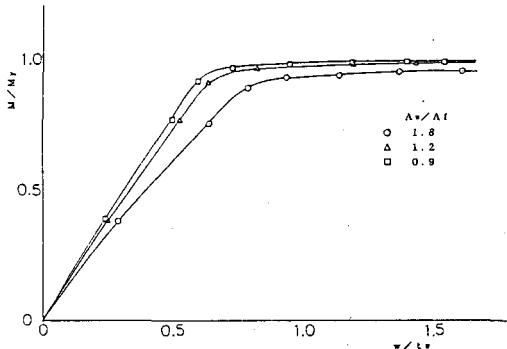


図-4 $M/M_y - w/t_w$ 曲線

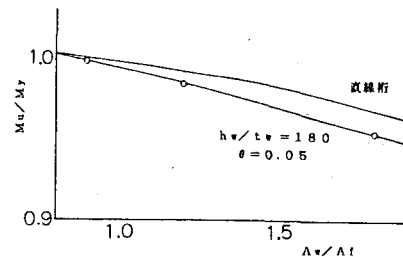


図-5 $M_u/M_y - A_w/A_f$ 曲線