

隅角部に曲率を有する箱型断面部材の耐荷力について

愛媛大学工学部
徳島県庁
徳山高専
アースコンサルタント(株)

正員 大賀水田生
○正員 北野 学
正員 原 隆
正員 門田 光平

1. まえがき

近年、橋梁などの鋼構造物に対して、単にその力学的な使用性のみならず構造物自体の美観、周辺景観との調和が要求されるようになり、その結果、断面隅角部に曲率を有する薄肉断面部材が実際に製作されるようになってきている。また設計基準が限界状態設計法に移行しつつある現在、この隅角部に曲率を有する薄肉断面部材の非線形挙動を明確にすることが重要となってきた。そこで、本研究では隅角部に曲率を有する箱型断面部材について、その曲率の大きさが部材の耐荷力及び非線形挙動に及ぼす影響を検討するため、アイソパラメトリック要素を用いた有限要素法により、図-1に示す4種類の解析モデルについて非線形解析を行い、これらの部材の非線形挙動及び耐荷力について検討を行った。

2. 解析モデル

本研究では 図-1に示す4種類の解析モデル(モデルA: 無補剛曲率無、モデルB: 無補剛曲率有、モデルC: 補剛曲率無、モデルD: 補剛曲率有)が一様な強制変位 Δ により両端に面内圧縮力を受ける場合、及び強制回転変位 θ により端部に曲げモーメントを受ける場合について非線形解析を行い、曲率の有無による耐荷力及び非線形挙動の比較を行うとともに、曲げモーメントを受ける場合については、実験結果と比較した。なお、本数値計算例ではモデルの対称性を考慮して、図-2に示すように構造物全体の1/4を解析対象とし、その解析対象をアイソパラメトリック要素に分割した(モデルA;36, モデルB;42, モデルC;48, モデルD;54要素)。また、断面を構成する各板パネルに $\sin$ 関数の初期変形($w_0 = \bar{w}_0 \sin(\pi x/a) \sin(\pi y/b)$; $\bar{w}_0 = t/10$)を与えた。各モデルの材料定数を表-1に示している。

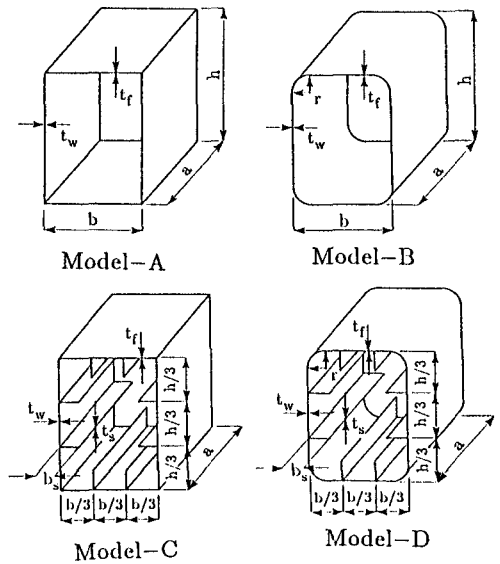


図-1 解析モデル

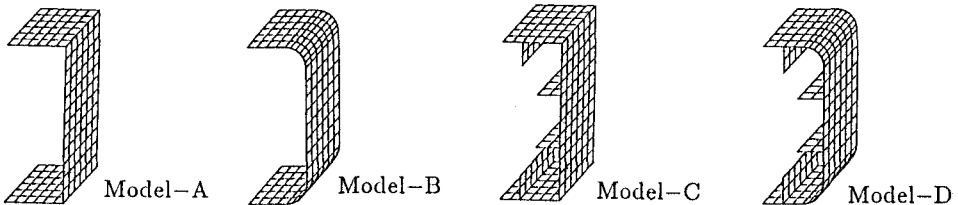


図-2 要素分割

表-1 断面諸量

	E (kg/cm ²)	ν	σ_y (kg/cm ²)	h(cm)	a(cm)	b(cm)	r(cm)	t _f (cm)	t _w (cm)	t _s (cm)	b _s (cm)
Model-A	2.29×10^6	0.316	2820	60	50	45	0	0.8	0.8	0	0
Model-B	2.29×10^6	0.316	2820	60	50	45	8.2	0.8	0.8	0	0
Model-C	2.23×10^6	0.316	3000	60	50	45	0	0.6	0.6	0.6	9.0
Model-D	2.23×10^6	0.316	3000	60	50	45	8.0	0.6	0.6	0.6	9.0

3. 解析結果及び考察

表-2 に上記の4種類のモデルの最大耐力力の比較を示している。表-2から明かなように、曲率を有する断面(曲率断面)モデルB, Dの耐力力は曲率が存在しない断面(長方形断面)モデルA, Cと比較して、それぞれ面内圧縮力の場合 54.4% 及び6.11%, 曲げモーメントの場合13.7% 及び0.9%大きくなっており、特に無補剛モデルAでの耐力力が大幅に増大している。なお曲げモーメントを受ける場合、理論値は実験値と比較して若干小さくなっているが、曲率の有無による影響は定性的には良く似た傾向を示している。図-3,4に耐力力と変位との関係を示している。無補剛モデルA, Bではいずれの荷重状態においても、長方形断面の場合、耐力力付近で解が発散しているのに対し、曲率断面の場合は最大耐力力に達した後も解が得られている。また補剛モデルC, Dにおいては、いずれの荷重状態においても荷重-変位曲線は直線的に増加しており、非線形性はほとんど見受けられない。図-5,6には無補剛モデルA, Bでの3つの荷重段階(図-3, 4 点1, 2, 3)における中央断面での変形形状を示している。いずれの荷重においても長方形断面の場合、各板パネルが単独に変形しているのに対し、曲率断面部材では断面全体が連成して変形している。なお、部材軸方向の応力度分布図については、いずれの荷重においても大きな相違は見られなかった。

4. 結論

1) 隅角部に曲率を有する断面部材は、耐力力及び変形形状ともに長方形断面に比較して優れており、特に無補剛部材においてその傾向が顕著である。

2) 長方形断面の場合、各板パネルが単独に変形しているのに対し、隅角部に曲率を有する部材においては断面全体が連成して変形している。

参考文献 伊藤他：曲面コーナーを有する鋼橋脚耐力力実験，土木学会第46回年報，1991.9

表-2 耐力力の比較

Model		A	B	B/A	C	D	D/C
$\bar{\sigma}_m / \bar{\sigma}_y$	Theory	0.487	0.752	1.544	0.785	0.833	1.061
M_m / M_y	Theory	0.851	0.968	1.137	0.981	0.990	1.009
	Exp.	0.901	1.002	1.112	1.116	1.268	1.136
	Ratio	0.945	0.966		0.879	0.781	

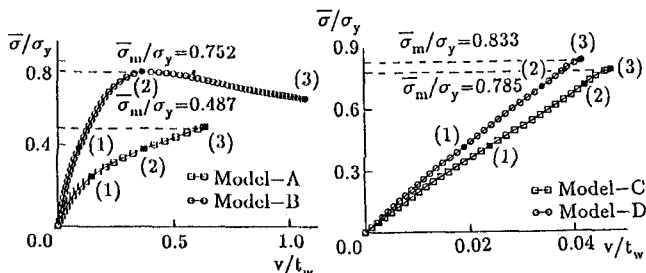


図-3 耐力力曲線(面内圧縮)

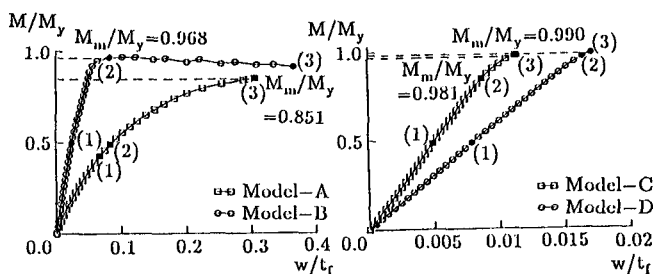


図-4 耐力力曲線(曲げ)

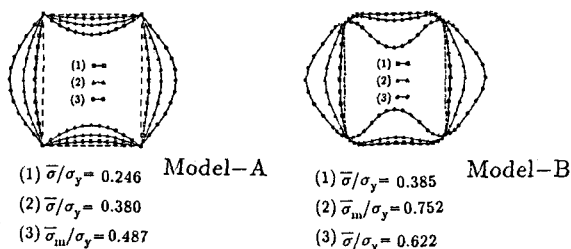


図-5 断面変形(面内圧縮)

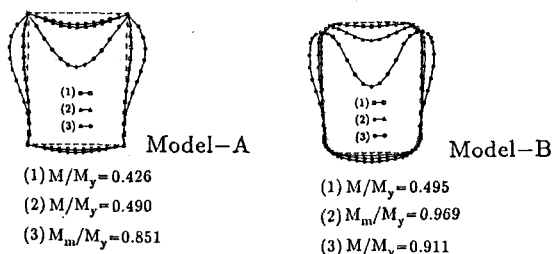


図-6 断面変形(曲げ)