

関西大学工学部 正会員 三上 市藏
 片山 鉄工所 正会員 赤松 洋一
 関西大学大学院 学生員○中野 唯史

1. まえがき 近年、限界状態設計法の基礎となる薄板要素や薄板構造部材の終局強度と挙動に関する研究は数多くなされている。しかし、円筒パネルに関するこれらの研究は少ない。アーチ部材のフランジなど、円周方向に面内荷重を受ける円筒パネルを適切に設計するには、その非線形挙動や終局強度を明らかにする必要がある。

今回、幅厚比と曲率の異なる2体のSS400製 π 型断面曲り梁の耐荷力実験を行った。各種理論による応力分布についてはすでに検討した¹⁾が、本報告では終局強度に関する検討を行う。

2. 実験概要 実験桁は、Model CB1, Model CB2で、図-1, 2に示すようなSS400製の π 型断面曲り梁を用いた。各Modelの諸寸法を表-1に示す。図の斜線部がテストパネルで、その外側フランジの形状は、Model CB1では縦横比1.0, 幅厚比83.80, 曲率パラメータ6.70, Model CB2では縦横比1.0, 幅厚比79.25, 曲率パラメータ8.45である。载荷には容量30tonの油圧ジャッキ二基を用い、純曲げを与えるために2点载荷した。鋼材の引張試験を実施した結果を表-2に示す。

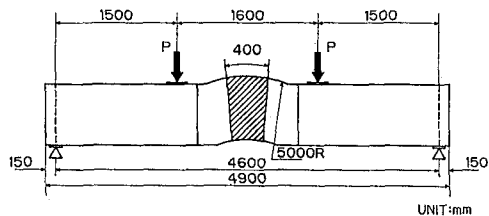


図-1

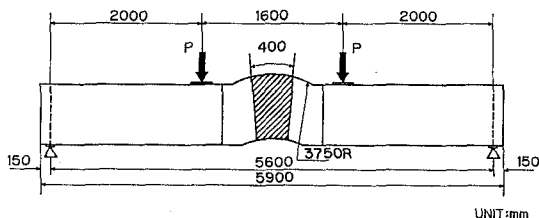


図-2

表-1

	Outer flange		Web		Inner flange	
	Width (mm)	thickness (mm)	Width (mm)	thickness (mm)	Width (mm)	thickness (mm)
Model CB1	399.9	4.4	449.6	4.4	118.9	4.4
Model CB2	399.9	5.5	451.8	4.4	118.5	5.5

表-2

		Yield stress σ_r (kgf/cm ²)	Young's modulus E (kgf/cm ²)	Poisson's ratio ν
Model CB1	Outer flange	3008	2.11×10^4	0.28
	Web	3008	2.11×10^4	0.28
	Inner flange	3008	2.11×10^4	0.28
Model CB2	Outer flange	3025	2.13×10^4	0.28
	Web	3008	2.11×10^4	0.28
	Inner flange	3025	2.13×10^4	0.28

3. 実験結果 Model CB1の桁中央における荷重-たわみ曲線を図-3に示す。P=10.5t付近までたわみは荷重に比例しているが、それ以降は荷重に対するたわみの増分が大きくなっている。また、外側フランジ中央および腹板の外側フランジ近傍における荷重-ひずみ曲線をそれぞれ図-4, 5に示す。外側フランジでは、繰り返し载荷によって残留ひずみが生じていることから、P=14.1tまでに塑性化が始まっているものと考えられる。一

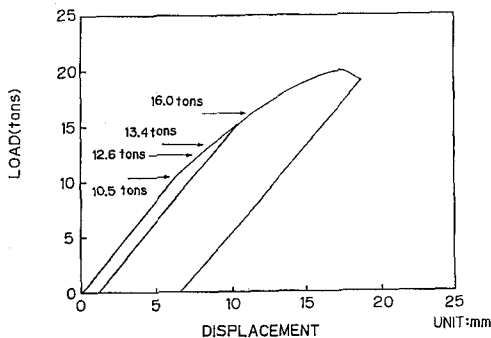


図-3

方、腹板では、繰返し載荷による影響がほとんど見られず、 $P=16.3t$ までひずみは荷重に比例している。それ以降、ひずみの増分が大きくなっているが、外側フランジの曲げひずみも増大している。最大荷重 $P_{max}=19.96t$ で外側フランジが終局強度に達したと考えられる。

Model CB 2 の桁中央における荷重-たわみ曲線を図-6に示す。 $P=10.0t$ 付近までたわみは荷重に比例しているが、それ以降は荷重に対するたわみの増分が大きくなっている。また、外側フランジおよび腹板における荷重-ひずみ関係などもModel CB 1と同様の傾向が見られる。最大荷重 $P_{max}=17.83t$ で外側フランジが終局強度に達したと考えられる。

4. 終局強度の算定 圧縮フランジの座屈を桁の崩壊と考え、曲り梁の耐荷力を算定する。理論としては、外側フランジに対し、線形円筒シェル理論を単純化した有限長理論²⁾、円周方向に無限長であるとみなした無限長理論²⁾、および円周方向内圧縮力を受ける初期たわみおよび残留応力を有する無補剛円筒パネルの複合非線形解析³⁾の結果に基づいた三上・松本の終局強度算定式⁴⁾を用いる。ただし、線形理論を用いる場合、外側フランジの最大円周方向内圧縮力が降伏応力 σ_y に達したときを限界とみなす。これらの理論より得られた外側フランジの終局強度時の平均円周方向内力 σ_m 、中央横断面の有効幅比 ψ および終局曲げモーメント M_{ult} を表-3に示す。

詳細な検討は講演時にゆずる。

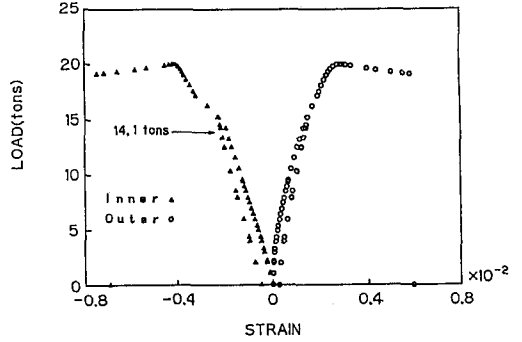


図-4

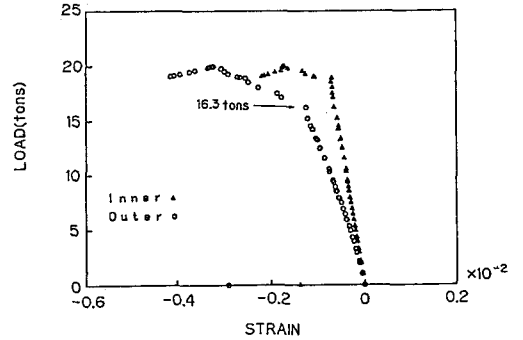


図-5

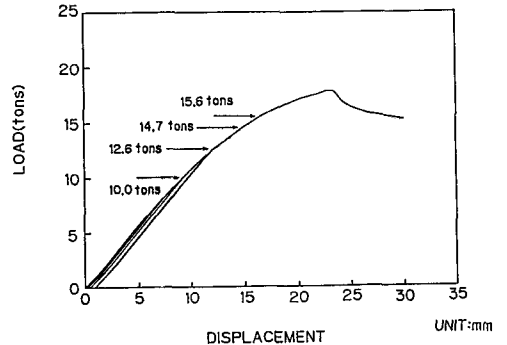


図-6

表-3

Model		Theoretical					Experimental
		FINITE LENGTH (FIXED)	FINITE LENGTH (S.S)	INFINITE LENGTH	Mikami ($W_0=0$)	Mikami ($W_0=0$)	
CB 1	σ_m (kgf/cm ²)	2021	1654	1465	1167	1242	—
	σ_y (kgf/cm ²)	3008	3008	3008	3008	3008	—
	ψ	0.672	0.550	0.487	0.388	0.413	—
	M_{ult} (tf·m)	27.3	24.8	23.5	22.1	22.7	29.9
CB 2	σ_m (kgf/cm ²)	1687	1306	1201	1142	1270	—
	σ_y (kgf/cm ²)	3025	3025	3025	3025	3025	—
	ψ	0.558	0.432	0.397	0.378	0.420	—
	M_{ult} (tf·m)	26.3	23.5	22.7	19.9	20.7	35.7

1)三上市蔵・赤松洋一・中野唯史：関西支部年次学術講演会，1991.6. 2)三上市蔵・米澤博：土木学会論文報告集，No.315，1981.11. 3)三上市蔵・田中克弘：構造工学論文集，Vol.33A，1987.3. 4)三上市蔵・松本浩徳・辻 省吾・田中克弘：構造工学論文集，Vol.36A，1987.3.