

関西大学工学部 正会員 三 上 市 藏

関西大学工学部 正会員 森 沢 敬 文

1. まえがき 補剛円筒パネルの変形と応力を明らかにするため、実験的研究として補剛円筒フランジを有する曲り梁模型(7体)の実験を行、た。^{1)~3)}理論的研究として、直交異方性シェル理論および補剛シェル理論に基づく解析を行い、実験結果と比較した。^{1)~4)}本報告では、2つの解析法によるパラメトリック解析を実施し、補剛材と円筒パネルの挙動との関係について議論する。また、これら理論結果と実験結果との比較および考察も行う。

2. 解析結果 図-1に示す円周方向内力を受ける補剛円筒パネルを簡易直交異方性シェル理論および簡易補剛シェル理論に基づいて解析した。図-2に直交異方性シェル理論による有効断面積比 A'/bt と補剛材の剛度比 D_y/D_x との関係を示す。ここで、 A' =有効断面積、 t =換算板厚、縦横比 $\alpha=a/b$ 、曲率パラメータ $Z=b^2/Rt$ 、 ψ =側辺の弾性拘束係数、 $\delta=(n_s+1)\delta_s$ 、 $\delta_s=A_s/bt$ 、 A_s =補剛材断面積、 n_s =補剛材本数。 Z が小さく α も小さいとき、および Z も α も大きいときは円周方向剛度 D_y が増加しても有効断面積比はあまり増加しない。

図-3に補剛シェル理論による有効断面積比 A'/bt と補剛材剛比 γ_s との関係を示す。ここで、 $\gamma_s=EI_s/bD$ 、 EI_s =補剛材の曲げ剛度、 D =パネルの曲げ剛度。 α が小さい場合、 $\gamma_s<20$ の範囲では補剛材の効果が顕著であるが、 $\gamma_s>20$ では γ_s が増加しても

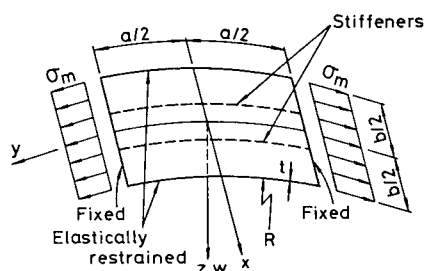


図-1

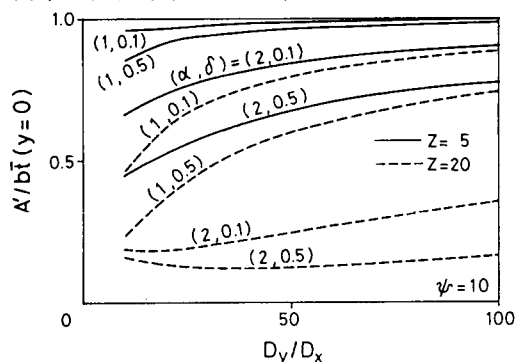


図-2

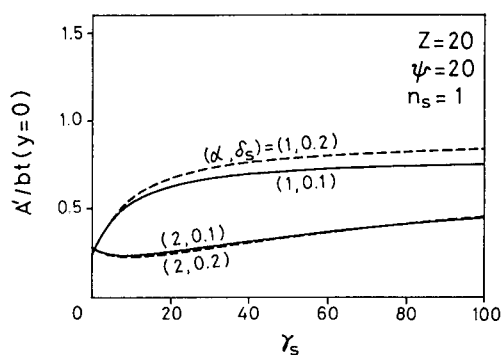


図-3

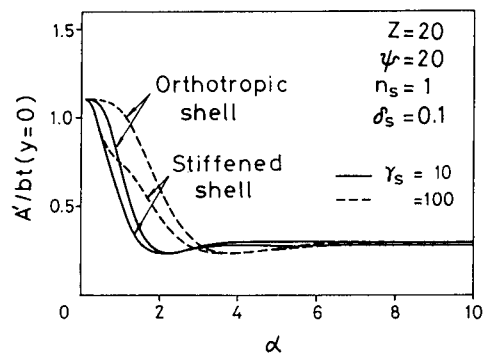


図-4

表-1

Model	Panel	n_s	Z	γ_s/γ_s^*	Pattern
SA	1	1	20	1.2	A
	2	1	20	1.1	B
SB	1	1	41	1.3	A
	2	1	41	1.1	C
SC	1	1	41	0.7	B
	2	1	41	0.6	C
SD	1	2	42	1.1	A
	2	2	42	1.1	B
SE	1	1	20	0.3	A
	2	1	20	2.4	B
SF	1	1	43	0.8	A
	2	1	43	5.3	C
SG	1	2	41	0.3	A
	2	2	41	2.1	B

有効断面積はあまり増加しない。

両理論による有効断面積比を比較すると図-4のようになる。ただし、直交異方性シェル理論の結果は $A/bt = (1+n_s d_s) A/bt$ の関係を用いて修正した。 $\alpha < 2 \sim 3$ の範囲すなわち、 α の増加とともに有効断面積比が急減する範囲では、両理論結果の差は大きい。

3. 理論と実験の比較 表-1に模型の n_s 、 Z 、 γ_s/γ_s^* の値と観測された中央横断面の変形パターンを示した。ただし、 γ_s^* = 周辺単純支持補剛平板の座屈に対する最小剛比。

模型の中で、SAとSEは $Z=20$ で γ_s が異なり、SB、SC、SFは $Z=40$ で γ_s が異なる。これらはすべて $n_s = 1$ である。SDとSGは $n_s = 2$ 、 $Z=40$ で、 γ_s が異なる。以下に、実験値と両理論による値とを比較する。

図-5にSAとSEのパネル1の中央横断面における円周方向面内応力 σ_y^m の分布を示す。SAのパネル1では γ_s が大きいので、補剛材近傍は大きい応力を負担している。この状態を補剛シェル理論はよく捉えているが、直交異方性シェル理論は捉えられない。これに対して γ_s の小さいSEのパネル1では補剛材を含め、中央部分の応力は小さく、両理論ともよい結果を与える。

図-6にパネル2の中央横断面の曲率外側表面の母線方向応力 σ_x^o の分布を示す。この方向の模応力は小さいので、 σ_x^o はこの方向の板曲げ応力にほぼ等しい。腹板近傍と中央部分とでは逆方向の板曲げが生じていることがわかる。両理論ともほぼ実験値と一致する結果を与えるが、補剛材近傍の応力を比較すれば補剛シェル理論は γ_s の大きいSFに対して補剛材剛度の影響を高めに評価していることがわかる。

図-7に補剛材が2本のSDとSGのパネル1における曲率外側表面の円周方向応力 σ_y^o の分布を示す。SDでは γ_s が大きいので、補剛材およびその近傍で大きい応力が生じているが、SGでは γ_s が小さいので、補剛材近傍で滑らかな分布になっている。

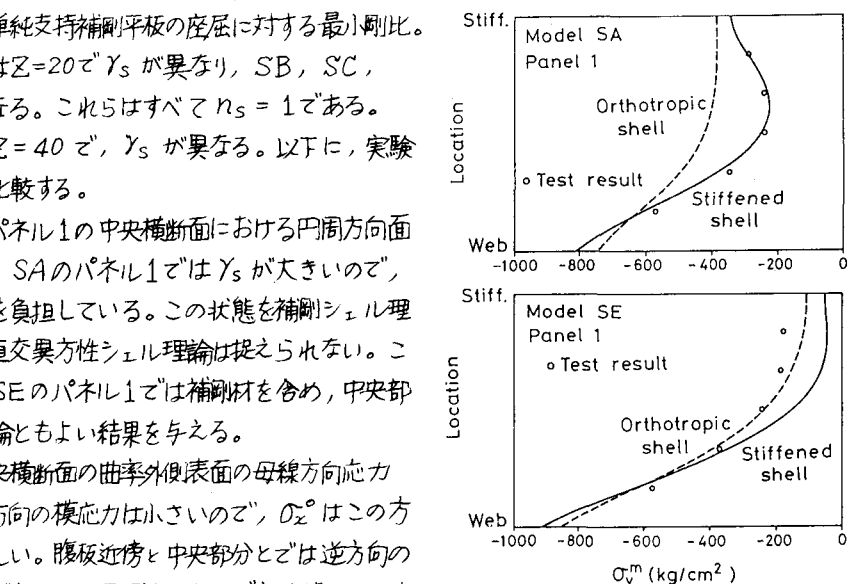


図-5

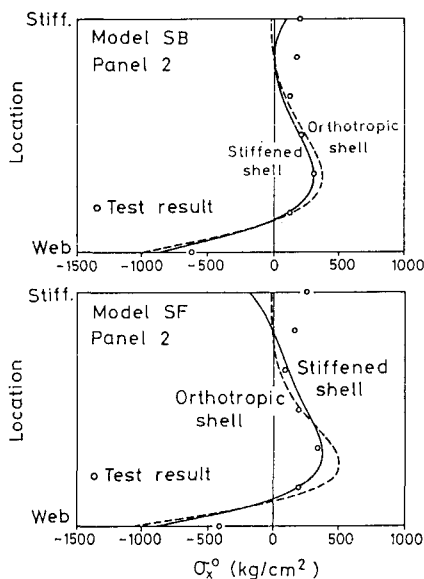


図-6

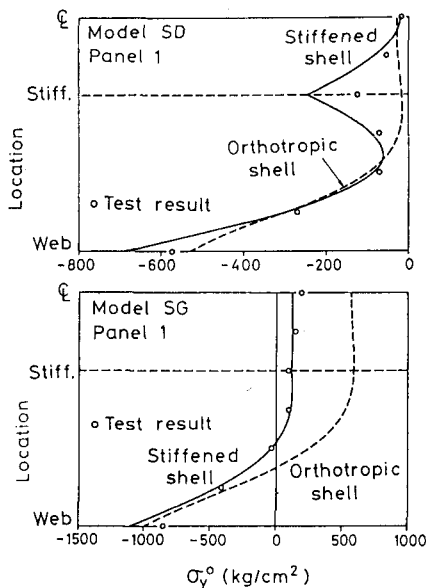


図-7

- 1) 三上・森沢：土木学会年次学術講演会，I-22，1981。 2) 三上・森沢：関西支部年次学術講演会，I-58，1982。 3) 三上・森沢：土木学会年次学術講演会，I-157，1982。 4) 三上・森沢・夏秋：関西支部年次学術講演会，I-39，1983。