

東京大学 正員 奥村敏恵
 首都高速 正員 西野裕次郎
 埼玉大学 正員 浜島良吉

序 円断面脚柱を有するラーメン隅角部の設計は円筒を箱断面に置き換えて横梁フランジの shear lag による応力、および隅角部内のせん断応力を定めている。又円筒の板厚に関しては、軸方向の補強りがないと用いられる限度として、板厚 t とパイプ半径の比を $t/r \geq 1/40$ 以上としているが、より合理的な安全な設計を十分長めには t/r_p 、あるいは t_p と横梁フランジ中 b_f との比 t_p/b_f 、そしてフランジを受ける円筒内ゲイダラムの剛度等により、隅角部の応力集中の度合いがどのように変化するかを調べる必要がある。そこで次の I-A, I-B, II-A, II-B の4種の実験を行い、隅角部の応力集中の度合いを調べることとした。実験には図-1に示されるような口の字型のラーメン構造を使用し、第1試験体はゲイダラム剛度の影響を調べる目的で I-A, I-B の寸法とし、第2試験体は、はりフランジ中の影響を調べるため $b_f = 60\text{mm}$ とし II-B の方は、はりの腹板をパイプ内に割り込ませる構造とした。荷重の外側載荷線、内側載荷線の2ヶ所での試験体をはさむように載荷し、純曲げの作用する場合、あるいはせん断力のみが作用する場合の応力状態を知りうるようにした。

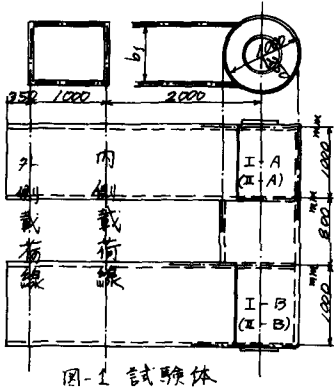


図-1 試験体

表-1 試験体の種類と諸数値

数値	試験体記号	I-A	I-B	II-A	II-B
円筒径 d (mm)		100	100	100	100
円筒厚さ t_p (mm)		1.3	1.3	1.3	1.3
t_p/d_p		$1/30.5$	$1/30.5$	$1/30.5$	$1/30.5$
パイプの腹板割れ幅	r1, r2, r3	有	有	有	有
はりフランジ中 b_f (mm)		80	80	60	60
はりフランジ厚 t_f (mm)		2.2	2.2	2.2	2.2
はり腹板高さ h (mm)		100	100	100	100
はり腹板厚 t_w (mm)		1.3	1.3	1.3	1.3
ゲイダラム厚 t_g (mm)		0.9	0.9	0.9	0.9
ゲイダラム幅 t_g (mm)		0.9	0.9	0.9	0.9

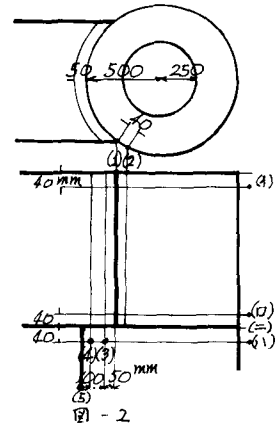


図-2

実験結果

隅角部での応力の流れを知るために、I-A の試験体について、はり軸方向の σ および、パイプ軸方向の σ および、さらにせん断応力、有效せん断応力についての τ 、次に I-A, I-B, II-A, II-B の σ および分布の比較をする。荷重の大きさは内側載荷線において $P = 75\text{T}$ とする。

(1) はり軸方向 σ および

横梁とパイプとの接合線上での応力集中度は I-A の場合外側フランジ面での表面 σ および、はり理論により計算した σ およびの 4.3 倍、内側フランジ面では 3.4 倍となっている。表面と裏面の σ およびを平均した膜 σ およびと腹板部ではほとんど σ を負担する横梁からの力はフランジによりパイプ側へ伝達され σ と τ がわかる。なお腹板の割れ込みがある II-B の σ および分布(図-6)も示すと表裏の

心ずみの差は与程度大きくなく、横梁がりの力は陽板によって伝達されていることがわかる。接合線上でのパイプの局部曲げは、陽板の割り込みがない場合、フランジ中 b と r_p の比 b/r_p が小さく低くと増大し上下フランジ面での心ずみも急激に増大し II-A の場合、はり理論により計算した心ずみに対し外側フランジ面を 7.4 倍、内側フランジ面を 5.5 倍となっている。(図-5)

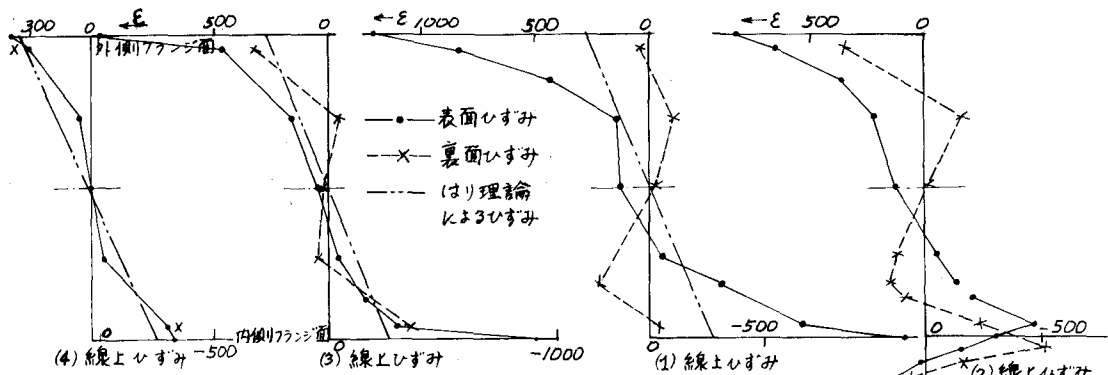


図-3 はり軸方向心ずみ分布 (I-A) (E: 単位 $\times 10^6$)

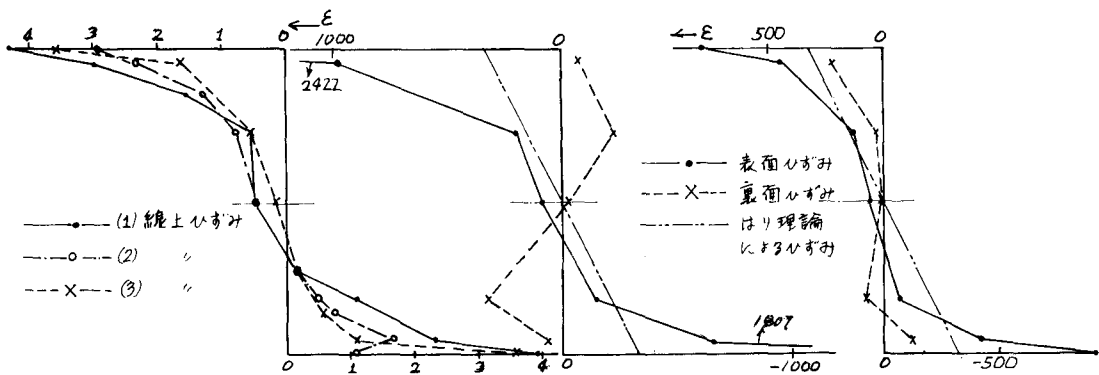


図-4 (1), (2), (3) 線上の表面心ずみ分布の比較 (I-A) (接合線上のフランジ面の位置においてはり理論により計算した心ずみを主として)

図-5 (1) 線上はり軸方向心ずみ (I-A) (E: 単位 $\times 10^6$)

図-6 (1) 線上はり軸方向心ずみ (II-B) (E: 単位 $\times 10^6$)

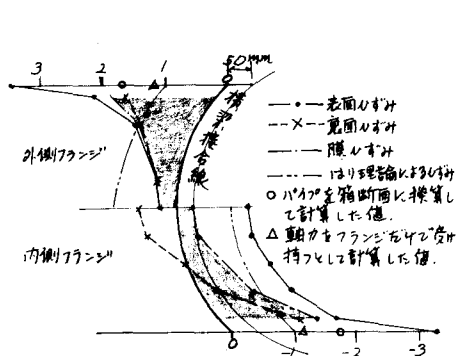


図-7 はりフランジ軸方向心ずみ (I-A)

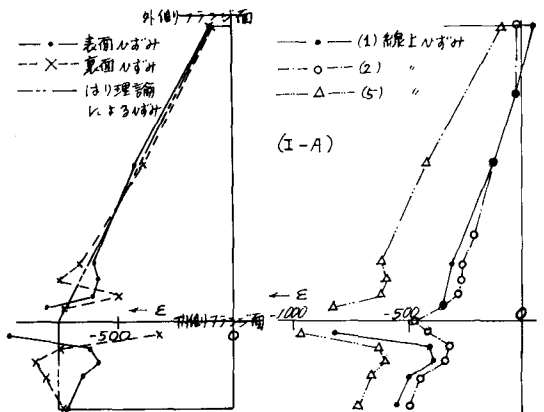


図-8 (5) 線上パイプ軸方向心ずみ

図-9 パイプ軸方向心ずみ(表面)

(2) パイプ軸方向の応力

腹心の応力は、はり理論

による値とはほぼ一致（2.0）
が内側フランジ直下（1）線
において大きな局部曲げを
生じ（図-10, 12）、破壊実験に
おいてこの部分から局部座屈を
生じた。これは合成応力図
（図-15）からこの部分が最
も早く降伏する点とわかる。

(3) セン断死力

(1) 線上のセン断死力は、
セン断おくれにより、はり
理論による分布とは異なり、
フランジ面でははり理論の値
の2.6倍とつりごが換算セン
断死力の値とはほぼ一致する。

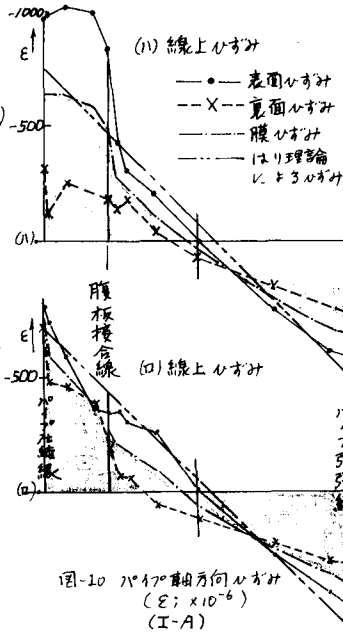


図-10 パイプ軸方向の応力
($E; \times 10^6$)
(I-A)

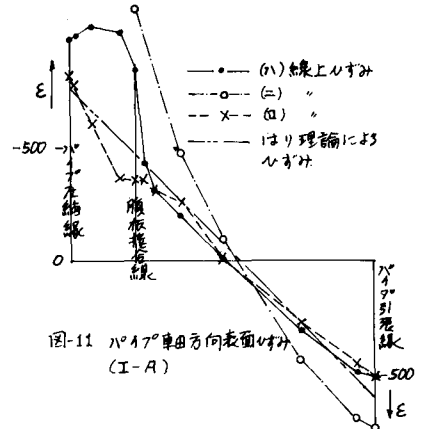


図-11 パイプ軸方向表面の応力
(I-A)

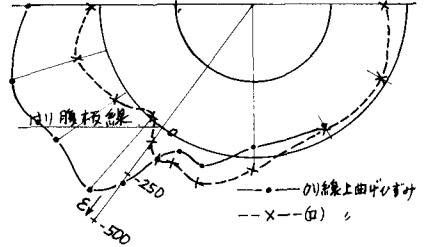


図-12 パイプ軸方向の応力 (I-A)

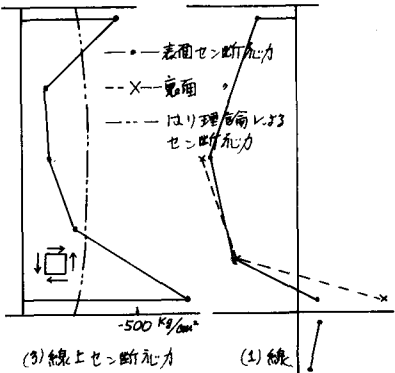


図-13 セン断死力 (I-A)

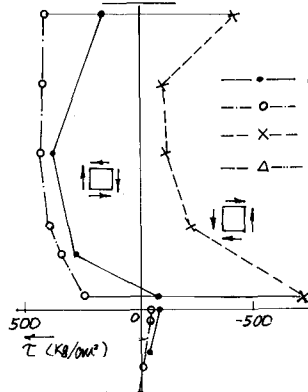


図-14 セン断死力 (I-A)

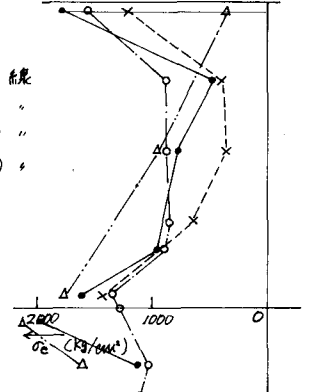


図-15 合成死力 (I-A)
($\sigma_c = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} - \sigma_x \sigma_y$)

若試験体の応力分布の比較

ダイヤフラム厚が 9mm と 19mm の I-A, I-B を比較してみると I-A の応力は I-B のそれより 2.3 割大きく出ている。これに比しダイヤフラム厚が 9mm のはりフランジ厚が 60mm と厚くなった I-A と比較してみると横梁接合部において外側フランジ面での応力集中度が 7.4 倍、内側フランジ面では 5.5 倍と厚まっている。これは I-A が応力を 4.3 倍、3.4 倍と厚くなったものに比し著しく小さい。しかし腹板をパイプ内に割り込んだ I-B では応力集中度が 2.5, 2.9 倍と大きく減少している。またパイプ割れは内側フランジ直下で最も弱まっていた I-A が最も大きく、破壊実験においてこの部分で I-A が最も早く局部座屈を生じた。

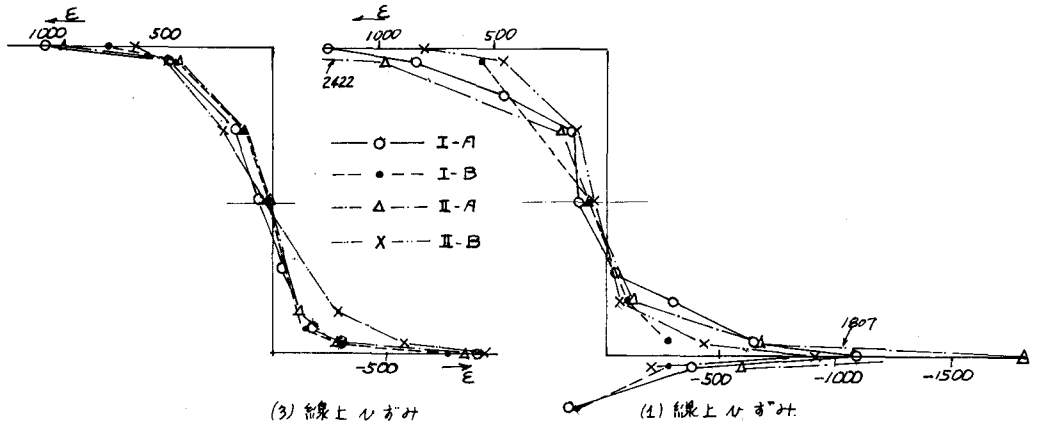


図-16 付リ軸方向表面ひずみ比較図 ($\epsilon: \times 10^{-6}$)

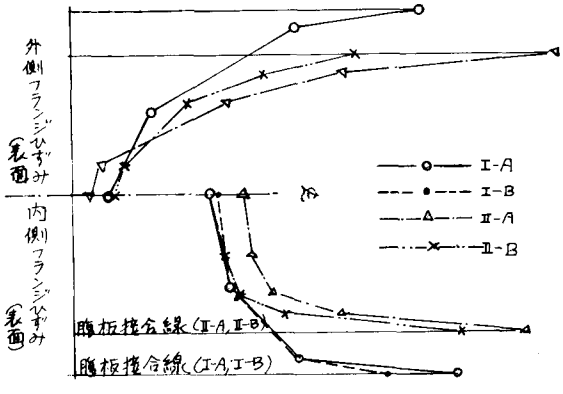


図-17 フランジ軸方向ひずみ ($\epsilon: \times 10^{-6}$)
(パイプの腹板接合線より50mm付リ側に入った線上)

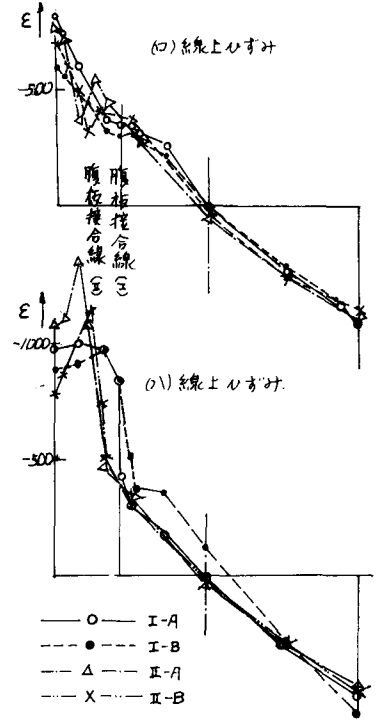


図-19 180°軸方向ひずみ ($\epsilon: \times 10^{-6}$)

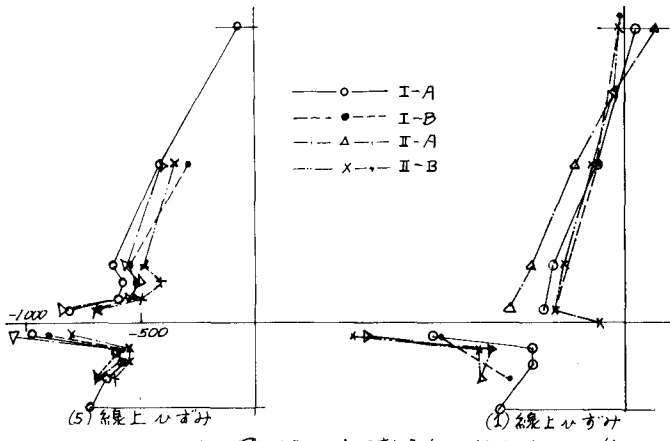


図-18 90°軸方向ひずみ ($\epsilon: \times 10^{-6}$)