

名城大学理工学部 正員 久保全弘
 名古屋大学工学部 正員 福本啓士
 名古屋大学大学院 学生員 伊藤義人

まえがき プレートガーダーの横倒れ耐荷力に関する研究の一部として、U型断面はりの曲げによる座屈問題をとりあげた。U型断面はりが曲げを受けると、はり全体が横倒れ座屈する場合と、圧縮側フランジが固定支点で横倒れ座屈する場合とがある。本報告では、実験的研究として溶接組立の鋼U型断面はりを用いて等曲げによる座屈実験を行ない、はりの崩壊形および曲げ耐荷力について検討を加えた。

実験内容 実験はUDシリーズとUKシリーズの2種類からなっている。実験に使用したはりの断面形状と寸法は表-1に示すように、はり長さLと腹板間隔b以外の寸法は一定にした。

UDシリーズは面外と面内曲げ剛度との比が全体座屈に与える影響を調べるために、はり長さL=6mに対して腹板間隔をb=15cm, 20cm, 25cm, 30cmと変化させてある。表-1には断面二次半径の比(r_y/r_x)も記入しており、UD-3は r_y と r_x がほぼ等しくなっているはりである。なお、断面変形を防止するために、中間ダイアフラム(板厚6mm)をスパン間に1m間隔に配置してある。これにより、圧縮フランジの固定支点間距離は $l=1.67b_f$ となっている。

表-1

Beam	b	b _f	r _y /r _x	L	L/b	Cross Section
UD-1	150	210	0.64	6000 Diaphragm t=6 (l=1000)	40	
UD-2	200	260	0.82		30	
UD-3	250	310	1.01		24	
UD-4	300	360	1.18		20	
UK-1	300	360	1.18	3500	20	
UK-2				Knee brace		
UK-3				Knee brace		

一方、UKシリーズはL=3.5m, b=30cmと一定にしてスパン中央にU形のニーブレス(板厚6mm)を配置して、固定支点座屈におよぼすニーブレス材の効果を調べた。UK-1は無補剛はりであり、UK-2, UK-3ではニーブレス幅 b_k を30mm, 50mmとそれぞれ変えてある。はりの鋼材はSS41であり、材料試験の結果から、8mm板厚では $\sigma_y=2890 \text{ kg/cm}^2$, 6mm板厚では $\sigma_y=2790 \text{ kg/cm}^2$ をえた。

荷重は写真-1に示すようにジャッキによる2点集中載荷により行ない、実験はりに等曲げモーメントが作用するようにした。なお、両端の載荷はり部は8mm鋼板を上フランジ上面に溶接してボックス断面とし、さらに載荷点の両側面には一対の横倒れ防止枠を設置して横倒れ座屈に対して固定支持の条件になるようにした。測定は鉛直変位、水平変位ならびにねじれ角、およびひずみ測定をそれぞれ行なった。

実験結果と考察 図-1はUD-1はりのスパン中央とL/4点における圧縮フランジの水平変位u、鉛直変位v、およびねじれ角 β と作用モーメントとの関係を示す。この図から、荷重の増加とともに左右の圧縮フランジは同一方向に水平変位していることがわかる。最高荷重 M_{max} までは鉛直変位 v , β の差はほとんど生じていないが、 M_{max} 後は横倒れ変形(u, β)が顕著になると、両者の差は大きくなっている。写真-1はUD-1の実験後の崩壊状況を示しており、スパン全体にわたって横倒れ座屈している様子がわかる。

図-2は図中に示す溶接タイプの残留応力分布($\sigma_{rc}=0.5\sigma_y$, $\sigma_{rt}=\sigma_y$)を考慮して、断面変形を無視した場合の等曲げによる横倒れ座屈曲線を求め、これとUD-1の実験値とを比較したものである。なお、実験はりの残留応力分布をb=20cm, 30cmの断面形に対して測定してみたが、いずれも圧縮残留応力の最大値は0.5 σ_y 程度であった。I型断面の場合は弾性座屈から非弾性座屈

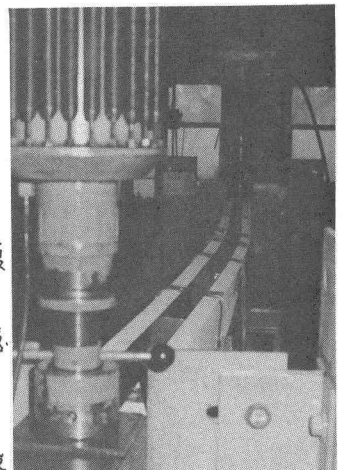


写真-1

へ移る遷移領域において残留応力による極度の強度低下がみられるが、 Γ 型断面の場合は腹板が面外曲げ剛度に大きく寄与しているため、フランジの降伏領域が進行してもこの現象は小さくなっている。

写真-2 は UD-4 はりの崩壊状況を示している。このはりでは $t_f/t_w=1.18$ と面外の曲げ剛度が面内よりも大きく、しかも $L_e/b=10$ とスパン長も小さいので、圧縮フランジが過度の曲げ (M_y 程度) を受けて中間ダイアフラム間で下フランジと腹板の変形をともなって座屈している。UD-3 も UD-4 と同様の崩壊形状を示し、ダイアフラムによる補剛点では断面全体のねじれ変形と水平移動はほとんど生じなかった。UD-2 はりでは、念のため丸鋼 ($\phi=19$) を用いて中間ダイアフラム間でさらに圧縮フランジを補剛し、固定点間距離を $l=8.4$ 倍と短くして実験を行なった。その結果、最終の崩壊形は全体座屈の方を支配的であった。

UK-1 はスパン中央にニーアレス材をもたないはりであり、ニーアレスの効果調べるための基本となるものである。 Γ 型断面では下フランジを介して左右の圧縮フランジと腹板は連続しているため、圧縮フランジの水平方向の移動状態は半波の形状にならず、断面変形をともなって 1 波に近い形状を示した。しかし、スパン中央ではかなりの水平移動量がみられた。これに対して、ニーアレス材をもつ UK-2、UK-3 ではスパン中央の補剛点における水平移動はほとんどみられず、写真-3 に示すように、明確な 1 波の形状がえられた。

表-2 には実験はりの最高荷重がまとめてあり、ニーアレス材によって 15~20% の荷重増加がえられている。

あとがき 鋼 Γ 型断面はりの曲げ座屈実験を行ない、はりの崩壊形と耐荷力について考察した。その結果、スパン長と断面の構成寸法比によつては、I 型断面はりとはかなり異なった崩壊形がえられることがわかった。現在、理論的研究として有限帯板法を用いて断面変形を考慮した解析を進めている。

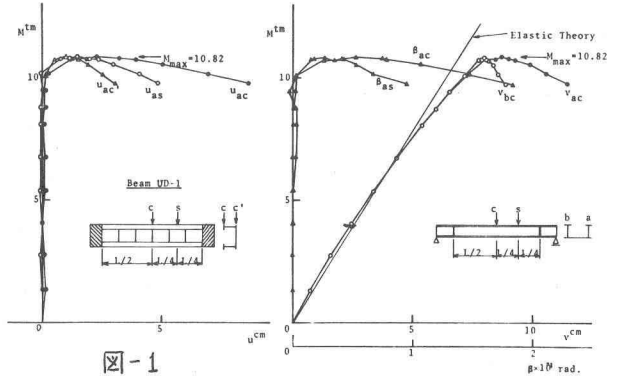


図-1

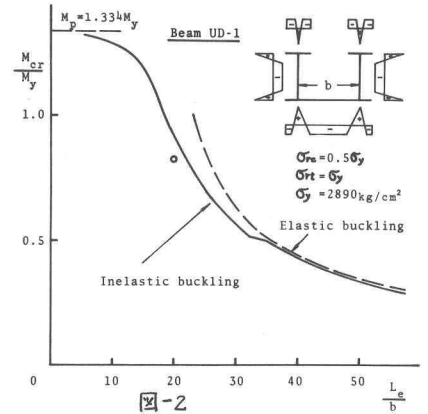


図-2

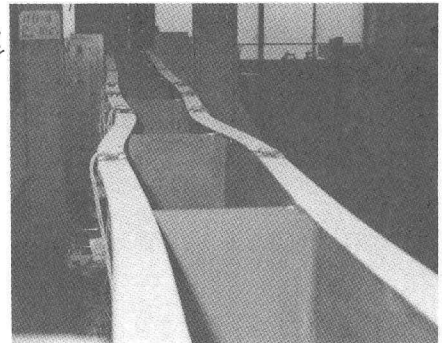


表-2

写真-2

Beam	M_{max} (tm)	M_y (tm)	M_p (tm)	M_{max}/M_y	M_{max}/M_p	$M_{max}/M_{max}(UK-1)$
UD-1	10.82	13.19	16.09	0.820	0.673	1.000
UD-2	14.91	13.67	17.15	1.091	0.869	
UD-3	13.84	13.96	18.09	0.991	0.765	
UD-4	14.36	14.47	19.22	0.992	0.747	
UK-1	12.48	14.39	19.18	0.867	0.651	1.000
UK-2	14.95	14.27	18.94	1.048	0.789	1.198
UK-3	14.42	14.24	19.02	1.013	0.758	1.155

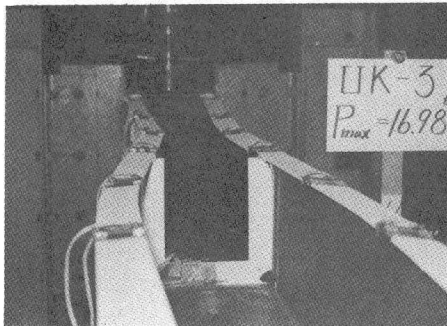


写真-3