

I-53 高軸力を受ける鋼薄肉断面はり一柱の曲げ変形特性に関する研究

NKK 正員 高尾道明 京都大学工学部 正員 杉浦邦征
 京都大学工学部 正員 渡邊英一 阪神高速道路公団 正員 江見 晋

I. 研究目的

本研究では、従来、鋼製橋脚の柱部分によく用いられている箱型断面のコーナー部に曲率を持つ鋼薄肉断面はり一柱を取り上げ、従来の箱型断面で高さ、幅が同じものとの比較して、強度や靱性がいかに変動するかを検討した。比較検討は、特に軸力の影響に注目した上で行った。まず始めに、汎用有限要素プログラム-NASTRANにより単調曲げ載荷時のはり一柱の荷重・変形関係を求め、その強度および靱性の変動を定性的に明らかにする。次に、単調曲げ載荷及び繰り返し曲げ載荷実験を実施し、特に、繰り返し荷重下での変形特性を明らかにする。

II. 載荷実験の概要

Fig.1 に本載荷実験で用いた3種類の供試体の断面寸法を示す。両端部のリブ、ダイアフラムなどの補強材は載荷点からの荷重伝達をスムーズにするものであり、無補剛の中央部分を実験対象としている。載荷形式は Fig.2 のように、軸方向圧縮力 P を一定（荷重制御）にし、曲げモーメント M を繰り返し与えるものとした（曲率制御）。すなわち、降伏軸荷重を P_Y とすると、荷重状態は、

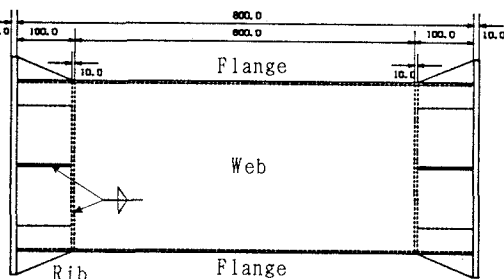
$$M=M(t), P=\alpha \cdot P_Y \quad (1)$$

ここで、 α は軸圧縮

力比で 0.0, 0.2, 0.33 とした。軸圧縮力レベルの選定については、実績調査報告^{1), 2)}に基づき $P=0.2P_Y$ を基本荷重とした。特に軸圧縮力の影響を明確にするために、無軸力 ($P=0.0P_Y$)、および高軸圧縮力として $P=0.33P_Y$ を採用している。

III. 結果および考察

単調曲げ載荷実験で得られた曲げモーメントー曲率曲線 ($M-\phi$) を Fig.3 に示す。BXタイプについては、座屈直後の復元力低下が著しく、その後、比較的緩やかとなる。この傾向は、軸圧縮力が高くなるほど顕著で



Specimen	R		
	Flange	Web	Corner
BX-Type	1.01	1.17	—
SR-Type	0.63	0.79	0.14
LR-Type	0.24	0.40	0.20

$$\text{Flat Plate Element : } R = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{12(1-\nu^2)\sigma_y}{K_E E \pi^2}} \quad (\text{Flanges and Webs})$$

$$\text{Shell Element : } R = \sqrt{3(1-\nu^2) \frac{\sigma_y \tau}{E} \frac{\tau}{t}} \quad (\text{Corners})$$

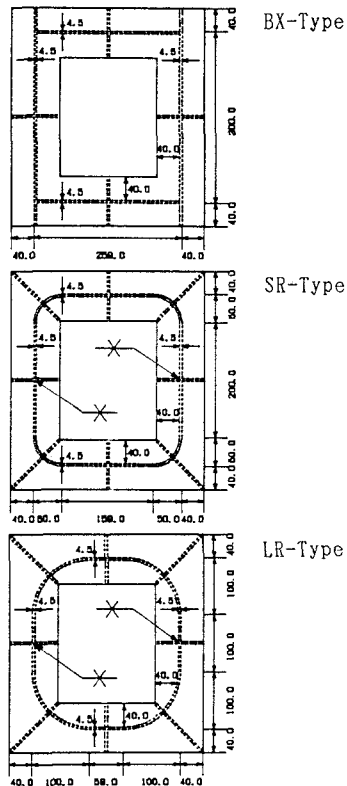


Fig.1 供試体 (Unit: mm)

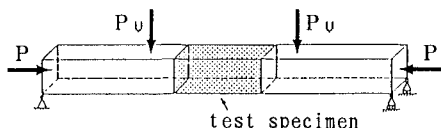


Fig.2 載荷形式

ある。SRタイプでは、BXタイプに比べて、座屈直後の復元力劣化が緩やかで、その後の劣化勾配はBXタイプのそれとほぼ等しい。従って靱性に優れていることがわかる。LRタイプは、最大荷重に至るまでの歪硬化域が非常に長く、強度の面では卓越しているものの、座屈後の復元力劣化は著しく、その劣化勾配はBXタイプおよびSRタイプのそれより大きいので、必ずしも靱性が優れているとは言えない。Fig.4に軸方向縮み-曲率曲線($\delta-\phi$)を示す。これは、M- ϕ 曲線に対応したものであるが、特に、最大耐力に達した後の軸方向縮みの度合いが著しい。このように曲げ変形に伴う軸方向縮み δ もかなり大きく、その度合も断面形状によって異なるため、 ϕ 、 δ の両者を考慮した変形性能評価の必要性が伺える。まとめとして、Fig.5に示すような劣化型荷重・変形特性を踏まえ、各タイプのそれぞれの軸圧縮荷重下での特性値を Table 2 に示す。ここで、 M_{max} 、 M_D 、 ϕ_U 、 ϕ_{OT} 、 k_p は、それぞれ最大耐力、最大耐力直後の強度低下、最大耐力時の変形、倒壊時の変形、劣化勾配を示す。 M_{max} と M_D の差、 k_p 等は、変形性能評価には重要な指標であり、それぞれの断面形の違いによりかなり変化していることがわかる。Fig.6は、NASTRANの解析結果から作成したP-M相関曲線と実験結果をプロットしたものであるが、特に組合せ荷重下で、ラウンドコーナーの有効性が発揮されている。

繰り返し曲げ载荷での荷重・変形関係についても、単調载荷と同じ様な傾向を示した。

IV. 結論

- 1) コーナーに曲率を持たせることによりダクティリティは改善される。
- 2) 荷重・変形関係に及ぼす軸圧縮力の影響は大きく、軸方向縮みも含めた変形性能評価が必要である。

参考文献

1) 中井・河合・吉川・北田・酒造：鋼製ラーメン橋脚の実績調査 (上)，橋梁と基礎，Vol.16(6)，1982年，pp.35-40。
2) 中井・河合・吉川・北田・酒造：鋼製ラーメン橋脚の実績調査 (下)，橋梁と基礎，Vol.16(7)，1982年，pp.43-49。

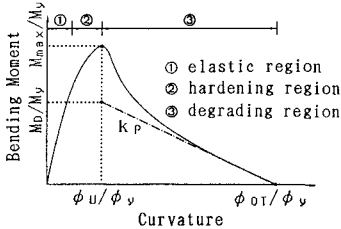


Fig.5 劣化型荷重・変形曲線

Table 2 劣化型荷重・変形曲線を代表する特性値

Type	BX-Type			SR-Type			LR-Type		
	0.00	0.20	0.33	0.00	0.20	0.33	0.00	0.20	0.33
M_{max}/M_y	1.222	0.961	0.785	1.189	1.041	0.853	1.476	1.327	1.237
ϕ_U/ϕ_y	2.042	1.535	0.982	2.568	2.206	1.908	9.709	7.292	6.514
k_p	-0.042	-0.046	-0.059	-0.033	-0.071	—	-0.029	-0.081	-0.104
M_D/M_y	1.023	0.727	0.521	1.171	1.035	—	1.475	1.416	1.445
ϕ_{OT}/ϕ_y	26.416	17.474	9.867	37.603	16.699	—	60.051	24.822	20.360

Table 1 対応表

P/P _y	0.00	0.20	0.33
BX-Type	■	■	■
SR-Type	▲	▲	▲
LR-Type	●	●	●

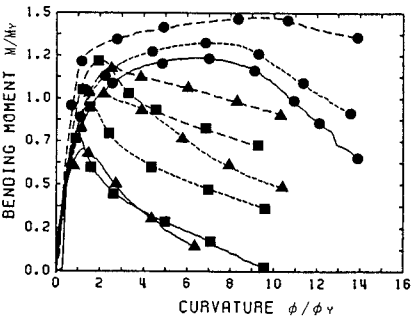


Fig.3 M- ϕ 曲線 (参照: Table 1)

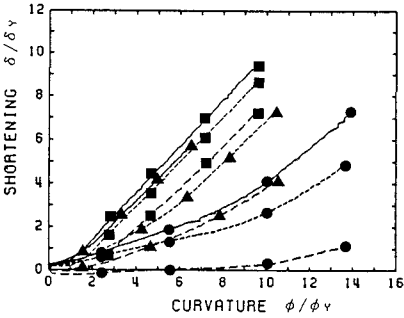


Fig.4 $\delta-\phi$ 曲線 (参照: Table 1)

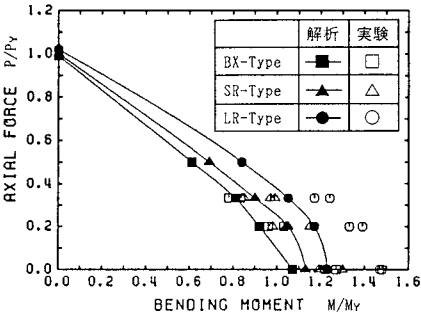


Fig.6 P-M相関曲線