

I-35

初期不整ばりの耐荷力実験とその極限強度の簡易推定法

金沢工業大学 正員○西田 進

1・まえがき

H形断面ばりは、断面の主軸まわりの曲げに対して本来ねじりは生じないが、はりのもつ避けられない初期不整や荷重の予期しない偏心により、はりにわずかなねじりが発生する。荷重の増加と共にこのねじり変形はしだいに大きくなり、荷重は曲げとそりから定まる最高荷重に到達し、その後、変形の増加と共に荷重は低下する。本報告はこのことを実験的に確認すると共に、種々の初期変形を有するはりの実験結果を低減係数という考え方から整理する。ここに提案する低減係数を用うれば、1/1000以下という規定値をこえる初期曲がりを有するはりの耐荷力も安全側に推定できる。

2・初期不整ばりの製作方法

試験桁は次の方法により製作した。すなわち、図-1に示す曲げベースを用いて圧延I形鋼をはさみ、アムスラー型万能試験機を用いてはりに塑性変形を与えることにより指定された初期不整ばりを製作する。直ばり、1/500、1/200および1/50なる初期不整を有するはり（ケースA～D）を4種類の長さに対してそれぞれ製作した（表-1参照）。試験桁の表示例としてSB-495Bをあげると、Sは単桁、Bは2点荷重、495は試験桁のスパン長L(cm)、最後のBはスパン長の1/500の初期変形を有するはりを表わす。

3・初期不整ばりの耐荷力実験

表-1は各試験桁の実験最大荷重（実験値に荷重装置の自重51kgfを加える） P_u 、正規化した耐荷力 δ_u 、正規化した細長比 λ 、実験強度の平均値を精度良く与えるといわれているヨーロッパ鋼構造連合の基本強度 δ_{ECCS} および実測最大面外変位と部材長の比の対数値 $\log U_0/L$ を表わす。なお、耐荷力実験終了後、試験桁SB-495Aの端部よりJIS1号引張試験片を切り出し引張試験を行なったところ降伏応力 $\sigma_y=3421\text{kgf/cm}^2$ 、ヤング係数 $E=2.07 \times 10^6\text{kgf/cm}^2$ およびポアソン比 $\nu=0.261$ をえた。

図-2はスパン長300cmなる4種類の初期不整ばりの作用荷重とL/3点変位の関係を示す。図中、uは水平変位

を、vは鉛直変位を表わす。図より、AからDと初期変形が大きくなるに従ってはりの耐荷力も大きく低下することがわかる。また、弾性域での荷重と鉛直たわみの関係はケースDをのぞいてほぼ1次弾性理論に従っている。ケースDは1/50

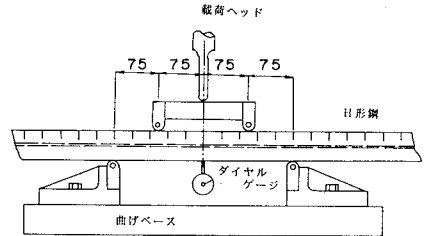


図-1 初期不整ばりの製作方法

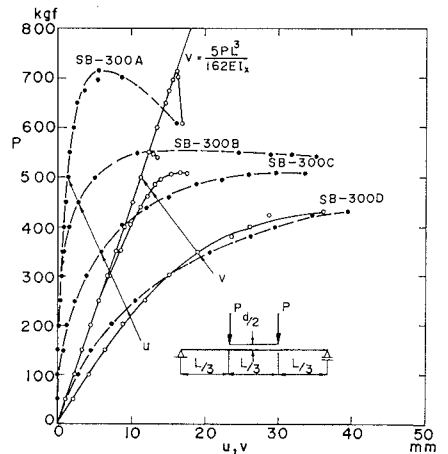


図-2 初期不整ばりの荷重・変形挙動

表-1 初期不整ばりの実験結果

Series No.	$P_u(\text{kgf})$	δ_u	λ	δ_{ECCS}	$\log U_0/L$
SB-105A	3492	0.855	0.901	0.830	-3.343
SB-105B	3466	0.848			-2.740
SB-105C	3281	0.803			-2.361
SB-105D	2239	0.548			-1.610
SB-205A	1427	0.682	1.261	0.564	-3.405
SB-205B	1266	0.605			-2.548
SB-205C	1100	0.526			-2.167
SB-205D	829	0.396			-1.657
SB-300A	765	0.535	1.505	0.421	-3.293
SB-300B	603	0.422			-2.730
SB-300C	561	0.392			-2.314
SB-300D	480	0.336			-1.703
SB-495A	239	0.276	1.911	0.270	-3.753
SB-495B	233	0.269			-2.722
SB-495C	205	0.237			-2.320
SB-495D	177	0.204			-1.699

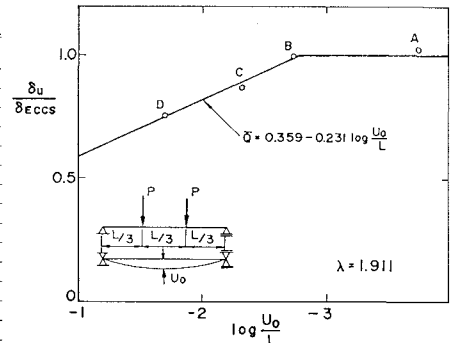


図-3 座屈強度と初期変形量の関係

と初期変形が大きい初期不整ばりより曲がりばりの荷重・変形挙動を示している。

4・初期不整ばりの低減係数

表-1に示す各細長比 λ ごとの実験耐荷力 δ_u / δ_{ECCS} と初期変形量の数値 $\log U_0 / L$ の関係を図示すると図-3のようになる。図より、B、CおよびDの3点はほぼ直線上にあることがわかる。このBからDの値を最小2乗法を用いて直線近似すると図中の式をえる。各細長比 λ ごとに求めた直線式の切片と勾配を細長比 λ の2次式に近似すると、式(1)の低減係数 Q をえる（ただし、 $Q \leq 1$ ）。

$$Q = (-3.160 + 4.495\lambda - 1.389\lambda^2)$$

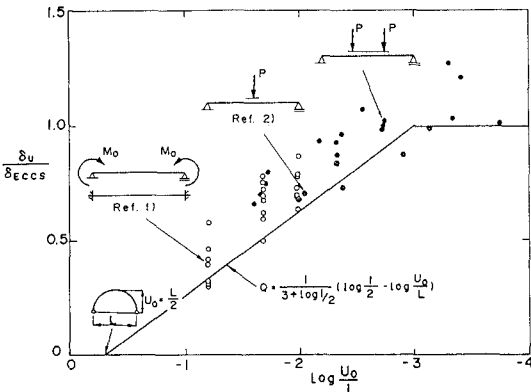
$$-(1.789 - 1.943\lambda + 0.591\lambda^2) \log U_0 / L \quad (1) \quad \text{図-4 初期不整ばりの横倒れ座屈強度}$$

図-4の黒丸印は実験耐荷力 δ_u と正規化した細長比 λ の関係を、図-5は低減係数 Q で整理した実験耐荷力 δ_u / Q と正規化した細長比 λ の関係を示す。なお、図中の1点差線はヨーロッパ鋼構造連合の基本強度曲線である。図-4のように表示すると、実験データは初期不整のためばらつくが、図-5のように整理するとそのばらつきは小さくなる。また、直ばりの基本強度曲線は実験データの安全側となっている。このことは、初期不整ばりの耐荷力を直ばりの基本強度と低減係数 Q を用いて安全側に推定できることを意味する。

5・あとがき

初期変形を有するはりの耐荷力を直ばりの基本強度と低減係数 Q を用いて求める方法を示した。文献1)および2)の実験結果を用いて式(1)の検討を行なったところ、低減係数は曲げモーメント分布形によって異なることが判明した。このため、異なる荷重状態に対する耐荷力実験を行ない、汎用性があり、かつ精度の良い低減係数式としたい。なお、半円形のはりの耐荷力が零なることを考慮した安全側ではあるが汎用性があり、かつ簡単な低減係数式として、図-6より式(2)を提案する。図-7は式(2)を用いて整理した初期不整ばりの強度曲線を表わす。

$$Q = -0.371(\log U_0 / L + 0.301) \leq 1.0 \quad (2)$$



参考文献 図-6 簡易低減係数式

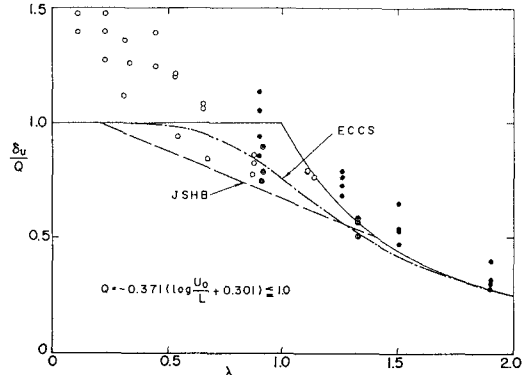


図-7 式(2)で整理した横倒れ座屈強度

1) Nakai and Kotoguchi: A Study on Lateral Buckling Strength and Design Aid for Horizontally Curved I-Girder Bridges, Proc. of JSCE, No.339, Nov. 1983. 2) Fukumoto and Nishida: Ultimate Load Behavior of Curved I-Beams, Proc. of ASCE, Vol.107, No.EM-2, 1981.