

名古屋大学 正員 ○ 伊藤 義人

名古屋大学 正員 福本 勝士

1. まえがき

構造物の抵抗強度を確率論的に把握する信頼性設計が、今後の設計法として大きな期待をもたれている。信頼性理論においては、種々の設計法が提案されている。作用荷重と抵抗強度を確率変数と考え、その分布形を仮定し破壊確率 P_f を取りあつかったものに始まり、Cornellらが提案した平均値と分散だけを用いてできる安全指標をあたかう2次元モーメント法、あるいは、部分安全率 β を導入し、現行示方書とのキャリブレーションを行なうものなどである。

構造物の抵抗強度を確率論的にあたかうためには、抵抗強度を変動させる各要因のばらつきを正しく把握し、それらがどの程度、強度に影響を与えるかを明らかにしなければならない。変動要因としては、材料強度および構造初期不整（残留応力、初期変形、etc）などがあげられる。これらの要因のばらつきを明らかにし信頼性設計と結び合わせる場合、多くのデータが必要となる。

柱については、すでにECCSにおいて、この目的のための1067体の一連の実験が行なわれている。しかし、はりについては、過去の実験データは、さめて少なく、また変動性を明らかにするには、不十分なものが多い。そこで、信頼性設計のための基礎的データとなりうるデータ作成のため一連のシステムにしたがった、はりの横倒れ座屈強度についての実験を行なった。

2. 実験内容

実験は、5つのシリーズ（A, B, C, D, E）からなりたっている。Table 1に、各シリーズの断面諸量等を示す。座屈試験は、両端単純支持、スパン中央単一集中荷重のもとで行なった。また、各試験体の材料強度、初期変形、残留応力についてもすべて測定した。¹⁾

3. 実験結果

3-1 初期変形

初期変形は、弱軸まわりの水平たわみ u_m 、強軸まわりの鉛直たわみ v_m と初期ねじり角 ϕ_m をはりの4等分点で測定した。各測定値は、初期変形の限界値 u_o^* , v_o^* , ϕ_o^* によって無次元化した。

$$u_o = u_m / u_o^* = u_m \times 1000 / L$$

$$v_o = v_m / v_o^* = v_m \times 1000 / L \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\phi_o = \phi_m / \phi_o^* = \phi_m \times 1000 H / L \quad L: \text{スパン長}, H: \text{はり高}$$

無次元化した測定値のスパン中央の値をヒストグラムにしたのがFig. 1である。破線は、正規分布をあてはめたものである。溶接はりの初期変形は、圧延はりにくらべて数倍の値をもっている。しかし、溶接はり、圧延はりともに、平均値が零近傍にあり、そのまわりに対称形に分布している事がわかる。

3-2 座屈試験

Table 1 Nominal Sectional Property

Series	Fabricated	Span	λ	M_E	N
A	Rolled	2600	1.003	5.00	25
B	Rolled	2000	0.847	7.01	25
C	Rolled	1500	0.686	10.70	25
D	Welded	1800	0.848	9.20	34
E	Welded	2600	1.120	5.28	34

Rolled : H-200x100x5.5x8

Welded : I-250x100x6x8

最高荷重 P_{max} について各シリーズ別に示したのが Fig. 2 である。正規分布との適合性は、溶接はりの結果の方が良い事を、K-S 検定値は示した。

4. 変動要因と座屈強度

一例として、実測の降伏点応力 σ_y と断面積を用いて計算した全塑性モーメントと最高荷重 P_{max} との関連を Fig. 3 に示す。横軸

は、圧延はり、溶接はりについてそれぞれ最も長いはりの最高荷重の小さい順にならべた供試体番号である。この図より、圧延はり、溶接はりとも、スパン長が短い方が、 M_p の影響が大きいことがわかる。

Table 2 は、スパン長が、同一である A シリーズと E シリーズについて、最高荷重 P_{max} 、水平初期変形、断面積の分布について、カイ 2 乗検定値と K-S 検定値を示したものである。

Fig. 4 は、福本久保らによって収集整理された過去の実験結果 ($N=275$) と今回の実験結果 ($N=143$) を比較したものである。今回の実験値は ∇ の記号で、平均値 M と平均値から 2 倍の標準偏差を引いたもの $M-2S$ を示している。また、その下方には、それぞれに対応する変動係数を示している。ただし、整理は、すべて実測値で行なっている。E シリーズを除いて過去の実験値より小さな変動係数を今回の実験値は示した。

5. 変動要因のシミュレーション

各変動要因を実験値の特性値を利用してシミュレーションを行ないモデルはりを作成した。例として、初期変形について示す。 u_0, v_0, ϕ_0 は、相関分析より独立に発生すると考えてよいことがわかっている。今、測定値を有効に利用するため、

初期変形は、はりに作用する大きさが確率変数である集中荷重 P_i ($i=1, 2, \dots, n$) によって発生すると仮定する。この集中荷重 P_i は、初期変形の特性から、 n 次結合ガウス分布に従うとする。測定された初期変形を集中荷重 P_i に換算し、その P_i の共分散 Σ_{ij} を求めると P_i の確率密度関数は、次式であらわされる。

$$f(P) = (2\pi)^{-\frac{n}{2}} |\Sigma|^{-\frac{1}{2}} \exp\left\{-\frac{1}{2} P \Sigma^{-1} P\right\} \quad \dots\dots (2)$$

6. 結語

一定のシステムにしたがって行なわれたはりの構倒れ座屈強度実験について考察する。くわしい実験結果、およびシミュレーション解析については当日発表の予定である。

参考文献 (1) Y. Fukumoto, Y. Itoh and M. Kubo, "Strength Variation of Laterally Unsupported Beams", ASCE, ST Vol 106, January 1980.

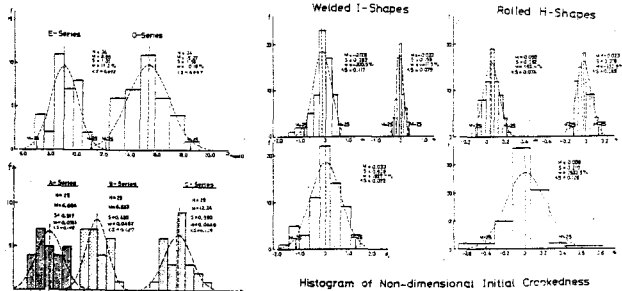


Fig. 2

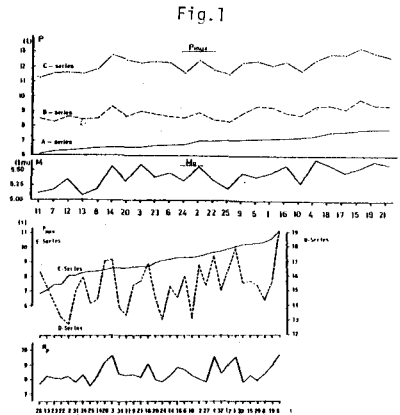


Fig. 3 Variation of P_{max} and M_p

Table 2 Goodness of Fit Test

	Welded Beam			Rolled Beam		
	Normal	Log-normal	K-S	Normal	Log-normal	K-S
P_{max}	7.26	0.092	0.16	9.56	0.108	0.108
Initial crookedness	26.95	0.145	6.13	12.23	0.117	10.41
Area	14.30	0.132	14.07	2.70	0.138	2.62

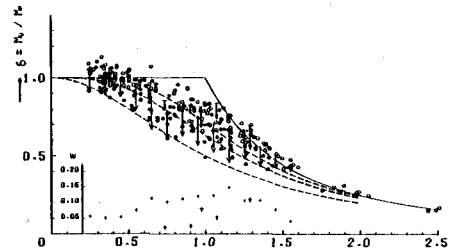


Fig. 4 Scatter Diagram $\lambda = \sqrt{\frac{M_p}{P_{max}}}$