

残留応力を有する溶接H型鋼の圧縮耐荷力に関する統計学的研究

大阪大学 工学部 正員 小松定夫
 明石工業高等専門学校 正員 向山寿孝
 大阪大学 工学部 正員 中山隆弘
 大阪大学 大学院 学生員 坂手道明

1. まえがき

構造物の安全性を総合的・合理的に評価するための系統図を示すと図-1のとおりである。本研究は、この図中の「部材の抵抗能力に関する統計学的評価」の部分について行ったものである。ここは骨組構造物の圧縮部材とあり、圧縮部材の耐荷力について統計学的評価をしくめた。

圧縮部材の耐荷力は一般にはらつくのであるが、はらつく原因となってくる因子を考えると次の5つをあげることができる。

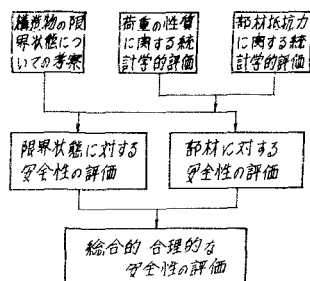


図-1

柱の耐荷力を決定する因子

- 決定量的因子——①細長比、②意図的偏心
- 確率量的因子——③降伏点、④残留応力、⑤初期曲がり(不可避の偏心)

5つの因子は、その多々の特性より上記のように決定量的因子と確率量的因子の2つのグループに分けることができる。圧縮耐荷力の非決定論的のはらつきに關係する因子としては上記の第2のグループすなわち、確率量的因子にしまわれるので、このグループの各因子の確率的特性の考察を行ない、各因子が耐荷力に与える影響の程度を評価することによって、耐荷力の確率的特性と推定することが本研究の目的である。

2. 研究手法

研究のプロセスを図-2に示す。

溶接H型鋼の残留応力、母材の降伏点のはらつきについては、実験によりその確率的特性を推定した。比較的影響の少ない不可避の偏心を含めて初期曲がり ψ_0 (意図的につけられた偏心は決定量的因子とする)は $\psi_0 = 2/1000$ に対し超過確率の1%であるような正規分布と仮定した。

以上のように決定した各因子の確率的特性に適合したデータと計算機で発生させ、そのデータを入力値として耐荷力を計算する。

このことより、入力値の標本集団と、出力値の標本集団を与えることができる。得られた2つの標本集団を統計学的に評価することにより各因子が耐荷力に及ぼす影響の程度を推定できるものとする。統計学的評価の指標としては、推測統計学の真推定の分野に入る「相関比」と、F-分布を用いる統計的仮説検定の1つである「分散分析」を用いた。

3. 各因子の確率的特性の決定

SS41の鋼材による、巾20cm、高さ20cm、長さ660cmの溶接H型鋼の中央部の

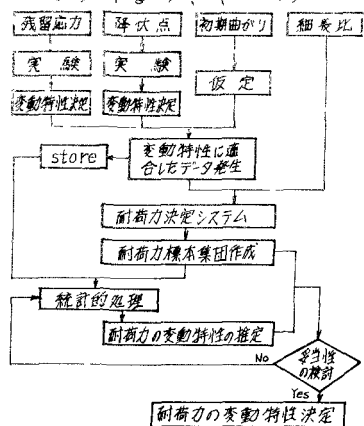
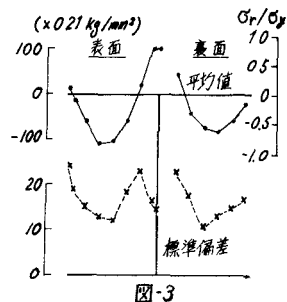


図-2

20 cmから2つの試験体を取り出し残留応力を測定した結果、図-3に示す平均値と標準偏差が得られた。また、正規確率統により正規分布への適合度を調べた結果、正規分布として11と決定できた。残留応力の測定に用いた試験体の両端より引張試験片を作製し、引張試験を行なって降伏応力の確率分布について考察を行なったが、本研究の結果では正規分布と対数正規分布について、回帰線からの不偏分散を計算すると、正規の場合0.0596対数正規の場合0.051で大差がなかった。



4. 相関比の計算結果

細長比60、80、100の場合の入力値の標本集団と、耐荷力の標本集団より相関比を計算すると、図-4のようになる。この図からわかるように、降伏応力の相関が他の2つの因子に比して非常に高い。したがって、降伏応力を他の2因子から区別して評価するため、降伏応力を無次元化したものが図-5にある。

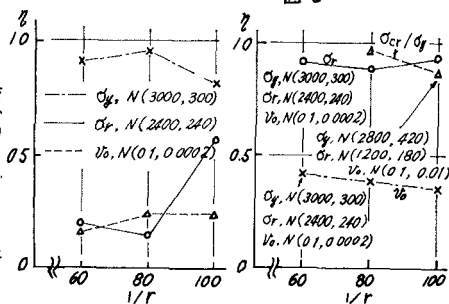


図-4

表-1

図-5

5. 分散分析の計算結果

相関比の計算結果から、初期曲がり：VOCの影響の程度が低いことは予想されるが、はたしてVOCの影響を無視してよいものか否か判断できない。そこでさらに分散分析により評価してみると表-1のようになり、本研究で考えた範囲、すなわち、細長比60～100で、VOCが1/100以内であればVOCの影響は無視できるのではないかと考える。

ケース	細長比	水準	分散比	判定基準	判定
I	60	0.16	0.172	3.98	仮置換
II	80	0.14	1.108	3.98	・
III	100	0.12	0.525	3.98	・

注1) 他因子の分布性状・単位 (kg/cm²)
 $\sigma_y, N(3000, 300)$, $\sigma_r, N(2400, 240)$
 2) 有意水準は、 $\alpha = 0.01$

6. 耐荷力の変動特性の推定

初期曲がりの影響を無視し、断面内の残留応力の分布を放物線と仮定することにより、降伏応力によって無次元化された耐荷力 σ_{cr} と残留応力 σ_r の関係を式①のように求めることができる。

① $\sigma_{cr} = \frac{1}{1 + \sigma_r \bar{\lambda}^2}$; $\bar{\lambda}^2 = \frac{L}{\pi E} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}}$, $\sigma_{cr} = \frac{\sigma_{cr}}{\sigma_y}$, $\sigma_r = \frac{\sigma_r}{\sigma_y}$
 式①で $\bar{\lambda}^2 = 1$ と近似し、 σ_{cr} の変動係数 ω_{cr} と σ_r の変動係数 ω_r の間の関係を導くこと②のように導かれる。

② $\omega_{cr} = \frac{(\frac{1}{\sigma_r} + 1) \omega_r}{(\frac{1}{\sigma_r} + 1)^2 + \omega_r^2}$, $\bar{\sigma}_r$ は σ_r の平均値
 式②は $\bar{\lambda}^2 = 1$ とし、初期曲がりの効果を全く無視したものであるの、この式に補正のための係数Kを導入し、このKをデータから推定すると図-6のようになる。

③ $\bar{\omega}_{cr} = K \frac{(\frac{1}{\sigma_r} + 1) \omega_r}{(\frac{1}{\sigma_r} + 1)^2 + \omega_r^2}$ さらに他のデータについて ω_{cr} を推定した結果が、表-2のとおりである。表-2でわかるように良好な結果をえて11る。

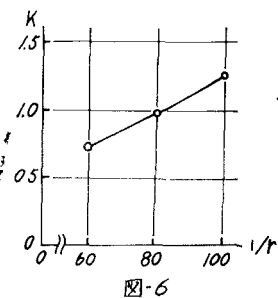


図-6

表-2

細長比	$\bar{\sigma}_r$	ω_r	$\bar{\omega}_{cr}$	ω_{cr}
60	0.861	0.091	0.0305	0.0317
	0.428	0.106	0.0230	0.0221
80	0.861	0.091	0.0410	0.0436
	0.428	0.106	0.0309	0.0302
100	0.861	0.091	0.0529	0.0565
	0.428	0.106	0.0399	0.0355