

モンテカルロシミュレーションによる 鋼ばりの基本強度の理論的検証

大阪大学工学部 正 員 福本 晴士

大阪大学工学部 正 員 西村 宣男

大阪大学大学院 学生員 西井 学

1. はじめに

構造物の基本的な構成部材である鋼圧延はりおよび溶接はりを対象として弾塑性有限変位解析により、初期不整に対する敏感度関数を作成し、極限強度を初期たわみと残留応力の関数として表示する。次に初期不整の実測データを用いてモンテカルロシミュレーションより得られる理論強度の分布を求め、極限強度の実測データおよび各国の設計基準による強度評価と比較する。

2. はり部材の強度分布

圧延 I 形断面、溶接 I 形断面（圧延フランジおよびフレームカットフランジ）を対象に図-1の残留応力分布を用いて弾塑性有限変位解析を行い、極限強度に対する初期不整の敏感度関数を作成した。また実測の初期不整の確率分布データをもとに作成した初期不整モデルを表-1に示す。このモデルを用いてモンテカルロシミュレーションにより多数の初期不整の組合せを発生させ敏感度関数に適用して、各部材の細長比パラメータ $\lambda = 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6$ における強度分布を求めた。その結果を、表-1 初期不整モデルのパラメータ

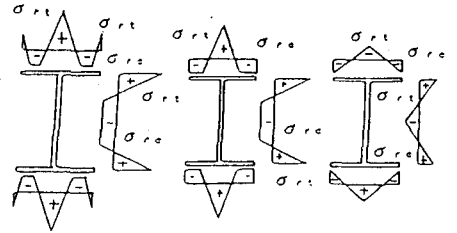


図-1 残留応力分布

福本・伊藤ら¹⁾の実験データによる平均値および下限値曲線と比較した。圧延 I 形断面について図-2に、溶接 I 形断面はフレームカットされたフランジを持つものと圧延フランジを持つものについて図-3に示す。強度分布が平均値、下限値曲線の間に位置

(a) 初期たわみ ($\delta_0/L \times 10^{-3}$)

	M	S	m	α	γ
溶接はり	0.5	0.43	1.178	0.478	0.0
圧延はり	0.5963	0.3872	1.597	0.5131	0.0

(b) 残留応力 (σ_{rc}/σ_Y)

	M	S
溶接はり	0.12	0.0466
圧延はり	0.066	0.0241

しており、柱部材に比べ変動係数の値は比較的大きく、細長比パラメータが1.0の辺りで最も大きくなる。またフレームカットされたフランジを持つ断面では残留応力分布の影響で圧延フランジを持つ断面より強度が5%程度高くなっている。

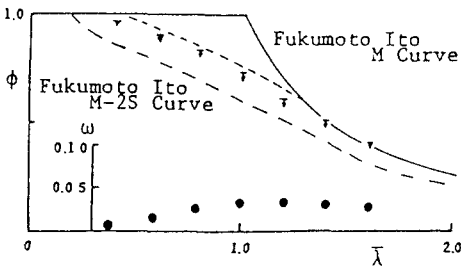


図-2 圧延 I 形はりの解析結果と実測データ

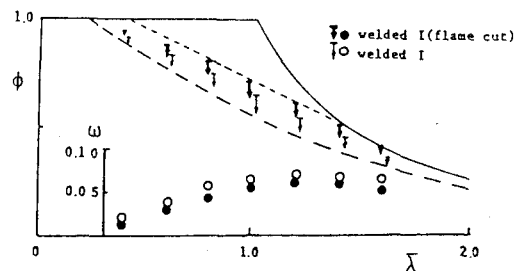


図-3 溶接 I 形はりの解析結果と実測データ

さらに各示方書による強度評価と比較する。各国示方書の強度評価式は細長比パラメータの表示法がまちまちである。そのため代表的断面について計算し統一的な細長比 $\lambda = M_0/M_e$ に対して曲線を表示して比較した。圧延 I 形断面について図-4 に、溶接 I 形断面（フレームカットされたフランジを持つ）について図-5 に示す。各示方書の強度評価曲線は部材のストックリーな部分で大きくばらついており特に溶接ばりについて顕著に現れている。柱部材の評価が各国とも下限値相当であったのに対し、はり部材では全般に平均値相当の評価となっており、設計思想に統一性がない。例えば、はり一柱では強度評価における軸力と曲げの相関強度式を用いた場合に、考慮する極限強度状態が異なることになり合理的でないとと言える。

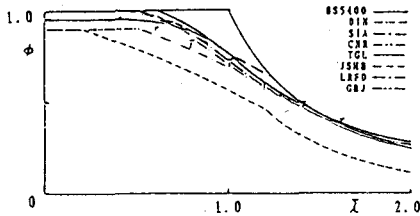


図-4 圧延 I 形はりの解析結果と各国基準

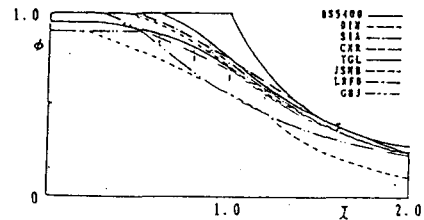


図-5 溶接 I 形はりの解析結果と各国基準

3. 等価初期不整量

与えられた敏感度関数より各断面の平均値強度および下限値強度に相当する初期不整の組合せを求め、残留応力-初期たわみ平面上にプロットした。圧延 I 形断面について図-6 に溶接 I 形断面について図-7 に示す。同じ断面を中心軸圧縮した場合も同様な結果が得られており、等価初期不整量が作用外力によらず断面により一定値をとることが実証された。初期不整をとともに平均値で与えた場合を (○) で、ともに「M+2S」で与えた場合を (●) で示す。これよりともに「M+2S」の初期不整量を適用すれば下限値強度より若干過小評価であると言える。本研究では (○) と (●) を直線で結び、下限値の初期不整曲線 (図中一点鎖線) との交点を下限値強度を再現するための初期不整として提案 (▲) し表-2 に示す。

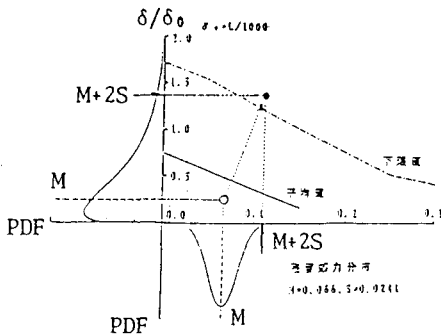


図-6 圧延 I 形はりの初期不整と強度

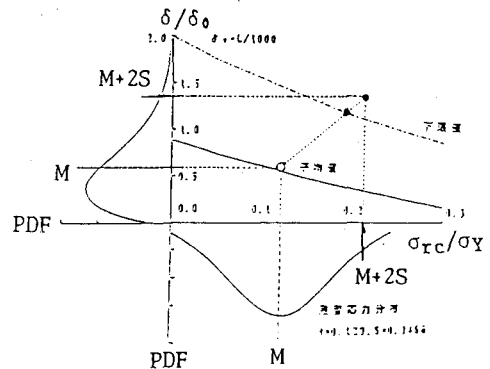


図-7 溶接 I 形はりの初期不整と強度

表-2 等価初期不整量

	圧延はり	溶接はり (圧延)	溶接はり (フレームカット)
残留応力 (σ_{rc}/σ_y)	0.11	0.184	0.184
初期たわみ (δ/δ_0)	1.24	1.180	1.160

参考文献

- 1) 福本 晴士、伊藤 義人：実験データベースによる鋼ばりの横ねじれ基準強度に関する実証的研究、土木学会論文報告集、第341号、1984