

鋼はりの連成座屈特性

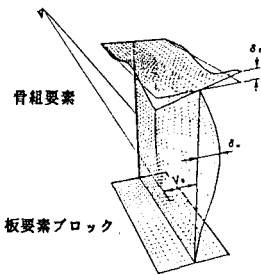
大阪大学工学部 正員 ○西村宣男
大阪大学大学院 学生員 吉田信博

1. まえがき 鋼 I 形断面はりのフランジおよびウェブの局部座屈とはりの横ねじれ座屈の弾塑性領域における連成座屈挙動を、板要素ブロックと骨組要素の結合解析プログラムを用いて解析した。数値解析結果による連成座屈強度特性に関する考察ならびに強度評価式の試みについて報告する。

2. 解析モデル 図-1 に示すように強軸回りの等曲げモーメントを受ける溶接 I 形断面はりのスパン中央部に立体板要素ブロックを挿入した結合解析モデルに、実測データに基づいた平均値の板初期たわみ、骨組初期たわみおよび図-2 の残留応力を与える。解析モデルの断面諸元は表-1 に示す5種類で、モデルの区分BF, BW6 およびBC は局部座屈に関して、それぞれフランジ座屈先行タイプ、ウェブ座屈先行タイプおよびフランジ・ウェブ同時座屈タイプを表わす。このような断面について、表-2 に示すように部材長を変化させて16個の解析モデルを作成した。またBFタイプについては製作規定に相当する初期たわみと圧縮残留応力 $\sigma_{r0}=0.3\sigma_y$ を考慮した下限値強度の解析も行なった。なお、解析モデルの記号、例えば、BF1208-04 はモデル区分・フランジ幅厚比パラメータ $\lambda_{pf}=1.2$ ・ウェブ幅厚比パラメータ $\lambda_{pw}=0.8$ ・部材細長比パラメータ $\lambda_b=0.4$ を表わしている。

3. 連成座屈強度特性 図-3 に荷重とはり中央点の水平変位関係の一例を局部座屈を含まない骨組解析結果と比較して示す。はりにおける連成座屈の特徴として、最高荷重状態における変位が局部座屈を考慮した場合の方が、これを無視した場合よりも大きいことである。図-4 はフランジ座屈タイプBFの極限状態における中央断面の変形状態を表わしている。部材が長くなるにつれ、局部座屈から連成座屈そして横ねじれ座屈へと移り変わる様子が現われている。

また、解析モデルの極限強度とはりの細長比パラメータの関係を、局部座屈を含まないはりの基本強度曲線と比較して、BF, BW およびBCタイプごとに図-5 に示す。局部座屈によるはりの基本強度¹⁾からの強度低下はウェブ座屈先行タイプでは比較的僅少である。



	V_0	δ_f	δ_w
平均値相当解析	2/1826	b/216	h/275
下限値相当解析	2/1000	b/200	h/250

図-1 解析モデルと初期不整

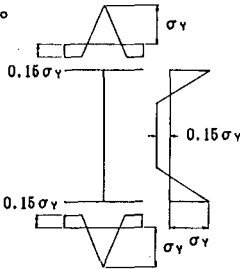


図-2 残留応力分布

表-2 解析モデルの細長比パラメータ

Model	部材長(cm)	λ_b
BF1208-04	378.9	0.4
BF1208-06	572.9	0.605
BF1208-08	760.4	0.8
BF1208-10	954.8	1.0
BF1208-12	1152.0	1.2
BF1208-16	1558.0	1.6
BF2008-10	1581.0	1.0
BW0512-04	292.8	0.4
BW0512-06	440.2	0.6
BW0512-08	588.8	0.8
BW0512-10	739.2	1.0
BW0516-06	506.2	0.8
BC1412-06	666.7	0.6
BC1412-10	1116.0	1.0
BC1412-12	1343.0	1.2
BC1412-16	1804.0	1.6

表-1 I 形断面はりの解析モデル断面諸元

Model	b	t_r	h	t_w	λ_f	λ_w	λ_f/λ_w	b/h	λ_w/λ_f
unit	cm	cm	cm	cm					
BF1208	45.03	1.000	112.83	1.025	1.228	0.801	1.534	0.399	2.568
BF2008	74.66	1.000	144.95	1.318	2.036	0.800	2.545	0.515	2.559
BW0512	34.89	1.840	164.98	1.000	0.517	1.200	0.431	0.211	2.570
BW0516	40.18	2.130	219.97	1.000	0.514	1.600	0.322	0.183	2.570
BC1412	52.21	1.000	143.21	0.870	1.424	1.197	1.189	0.365	2.386

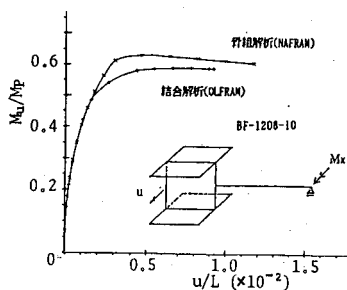


図-3 モーメントと部材中央点
水平変位の関係

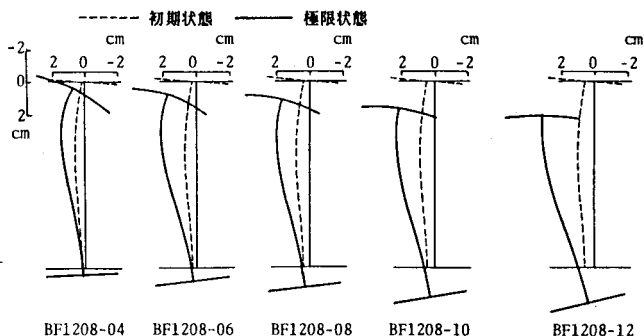


図-4 極限状態における部材中央断面の変形

4. 強度評価式 鋼はりの局部座屈を含む横ねじれ座屈強度を修正Q-factor法によって評価する。

細長比パラメータ: $\lambda_b = \sqrt{M_y / M_E}$

限界細長比パラメータ: $\lambda_{bor} = 0.2$

修正細長比パラメータ: $\lambda_a = \sqrt{Q} \cdot \lambda_b$

修正限界細長比パラメータ: $\lambda_{ocr} = \lambda_{bor} / Q^2$

$$\frac{M_u}{M_p} = Q \frac{1}{2\lambda_a^2} (S - \sqrt{S - 4\lambda_a^2})$$

ここに、 $S = 1 + \alpha \cdot (\lambda_a - \lambda_{ocr}) + \lambda_a^2$, M_y : 降伏モーメント, M_E : 弾性横ねじれ座屈モーメント, Q : 局部座屈を考慮した断面強度²⁾, 初期不整係数: $\alpha = 0.3$ 。

図-6は上式によって評価した連成座屈強度と有限要素解析の結果を比較している。平均値相当の初期不整を与えたモデルの極限強度の解析値(●印)は提案式によって精度よく評価されている。また、強度の下限值対応の初期不整を与えたモデルの極限強度の解析値は○印で表わされている。初期不整による強度の平均値からの変動のほか、降伏応力度並びに断面寸法の変動を包括的に評価する抵抗係数は、今回の解析結果から $\phi = 0.9$ が推奨されるが、等曲げ以外の荷重状態や断面形状の影響を調査するとともに、連成座屈実験との照合など設計規準としての信頼度を確立することが今後の課題である。

参考文献 1) 西村, 久保, 西井, 福本: 鋼はり部材の横ねじれ強度の統一評価, 土木学会論文集, No. 416, 1990.

2) 西村, 吉田, 福本: 鋼薄肉断面の極限強度評価法の比較, 本概要集, I - , 1990.

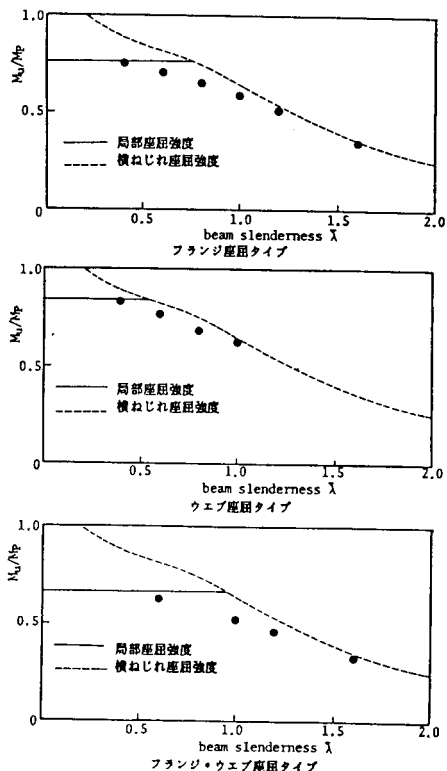


図-5 連成座屈効果による強度低減

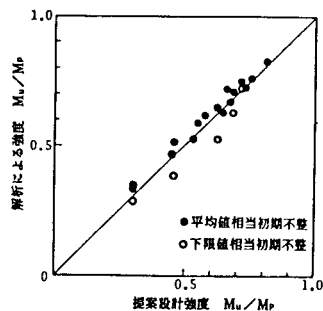


図-6 提案評価式と解析値の比較