

補剛U型断面部材の座屈強度について

愛媛大学工学部
アスコソラット (株)
徳山高専

正 員 大賀 水田生
正 員 ○大塚 雅 史
正 員 重松 恒 美

1. 概説

本研究では、自由端に種々の補剛材を有するU型断面部材が、図-1に示すように等分布圧縮荷重を受ける場合の座屈解析を伝達マトリックス法を用いて行い、自由端補剛材がU型断面部材の座屈強度に及ぼす影響を検討するとともに、有効な補剛方法について考察を行った。

2. 解析理論

図-2を参考にして右端の初期状態量 Z_0 を左端まで伝達することにより、左右端の状態量 Z_0 及び Z_3 間の関係式が、次のように得られる。

$$Z_3 = F_3 \cdot P_2 \cdot F_2 \cdot P_1 \cdot F_1 \cdot Z_0 = U \cdot Z_0 \quad \dots (1)$$

ここに、 F_i : 格間伝達マトリックス

P_i : 座標変換マトリックス

ここで両端の境界条件(右端: 対称、左端: 自由)を導入し、状態量を成分表示すると、次式になる。

$$\{ \bar{W}, \bar{\psi}, 0, 0, \bar{v}, \bar{u}, 0, 0 \}^T_3 = U \cdot \{ \bar{W}, 0, \bar{M}_y, 0, 0, \bar{u}, \bar{N}_y, 0 \}^T_0 \quad \dots (2)$$

式(2)において、初期状態量 Z_0 が0でない列及び最終状態量 Z_3 が0となる行を抜き出すことにより次式を得る。

$$U' \cdot Z_0' = 0 \quad \dots (3)$$

ここで式(3)が非自明な解を持つためには、係数マトリックス U' の行列式 $|U'|$ が

$$|U'| = 0 \quad \dots (4)$$

となることが必要であり、式(4)が求める座屈条件式となる。本研究では、この座屈条件式(4)を二分法を用いて解き、座屈係数 k 及び座屈モード m を決定している。

3. 解析モデル

図-3に本研究で対象とした合計8種類のモデルを示す。いずれのモデルにおいても、 $b/t=50.0$ 、 $b=h$ 、 $t_1/t=1.0$ である(図-1参照)。なお、TYPE2はTYPE1の補剛材端部を $0.2b_1$ 折り曲げたモデルである。

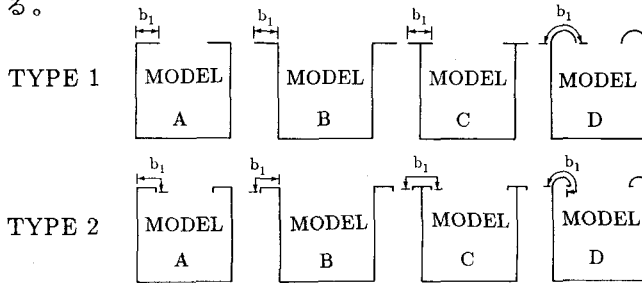


図-3 解析モデル断面図

4. 数値計算結果及び考察

(1) 座屈強度曲線

まず、TYPE1の4種類のモデルについて部材長を $0.0 \leq a/b \leq 200.0$ まで変化させ、 b_1/b をパラメータとして座屈解析を行った。図-4にTYPE1-MODEL Aの座屈強度曲線を示している。いずれの b_1/b においても a/b が小さい範囲では局部座屈を、また a/b がある値に達すると全体座屈を示すようになる。これは、他のモデルについても同様のことがいえる。

(2) 補剛材が座屈強度に及ぼす影響

U型断面部材自由端の補剛材が局部座屈強度($a/b=10.0$)及

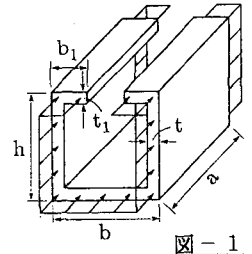


図-1

補剛U型断面部材

図-2 補剛U型断面部材の伝達方法

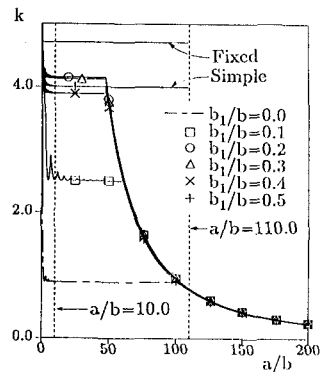


図-4 座屈強度曲線

(TYPE1-MODEL A)

び全体座屈強度($a/b=110.0$)に及ぼす影響を、より詳細に検討するため、上記の8種類のモデルについて b_1 を $0.0 \leq b_1/b \leq 0.5$ の範囲で変化させ座屈解析を行った。

a) 局部座屈領域における検討

図-5(a),(b)に部材長 $a/b=10.0$ におけるTYPE1,2の座屈強度曲線を示している。いずれのモデルにおいても b_1/b がある値(変曲点)に達するまでは座屈強度が急激に増加するが、それ以後はほぼ一定値を示すようになる。これは変曲点以前においては補剛材取り付け位置が面外方向に変位しているのに対し(図-6(a))、変曲点以後は補剛材取り付け位置で面外変位が生じておらず(図-6(b))、このような座屈形状においては補剛材剛性の増加による強度の増大があまり期待できないためである。また、片側補剛であるTYPE1-MODEL A,Bにおいて b_1 が大きくなると($b_1/b \geq 0.24$)補剛材自体の強度が部材の座屈強度を支配するようになり、座屈強度が逆に低下する傾向にある。

MODEL A,B では、他のモデルと比較して小さな b_1/b で変曲点が現れていること、またTYPE1-MODEL A,Bの b_1/b の大きい範囲で強度が低下していることを考慮すると、局部座屈領域においては、TYPE2-MODEL A,Bが最も有効であると考えられる。

b) 全体座屈領域における検討

図7(a),(b)は部材長 $a/b=110.0$ におけるTYPE1,2の座屈強度曲線を示している。これらの図から明かなように、いずれのTYPEにおいてもMODEL Dを除いて座屈強度は低下する傾向にある。これは b_1 の増加による断面積の増加に比較して、断面二次モーメントの増加が小さいためである。

図-8にTYPE1-MODEL C及びDの座屈形状を示している。いずれのモデルにおいても、部材全体が梁として座屈しており、断面変形は生じていない。

5. 結論

本研究により得られた主な結果は次の通りである。1) 局部座屈領域において片側補剛であるTYPE2-MODEL A,Bが最も効果的である。2) 全体座屈領域においてはU型断面部材の自由端を補剛しても、さほど座屈強度の増大は期待できない。

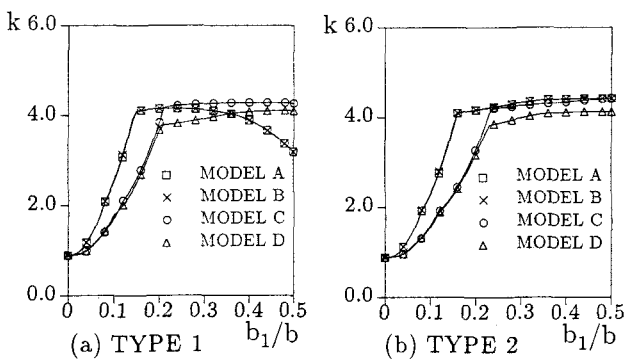


図-5 座屈強度曲線($a/b=10.0$)

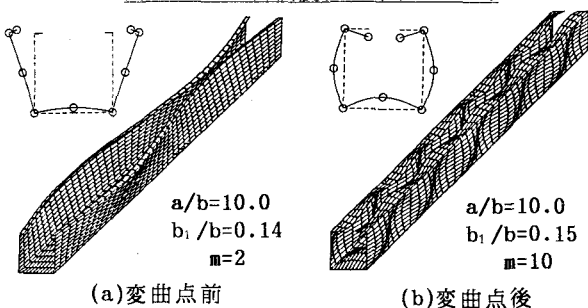


図-6 変形モード

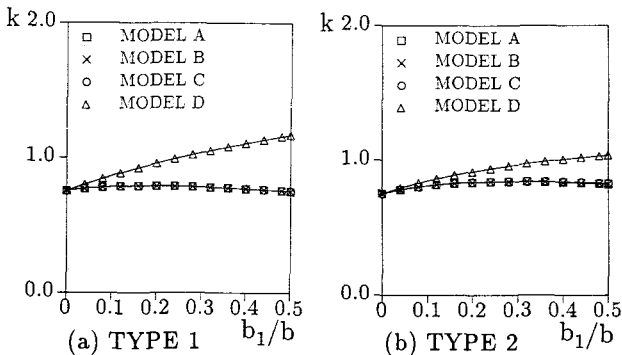


図-7 座屈強度曲線($a/b=110.0$)

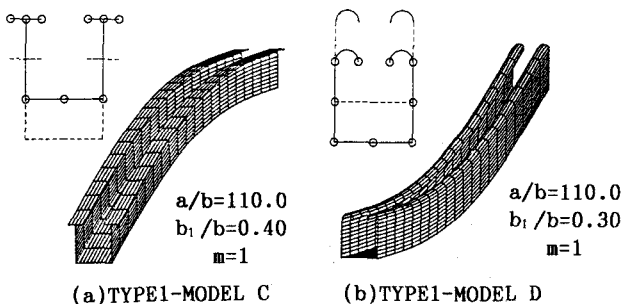


図-8 変形モード