

一对の曲がり部材からなる構造体の断面形状が最大強度に及ぼす影響

熊本大学○学生員 佐藤宇紘 熊本大学 正 員 山尾敏孝

鹿島建設(株) 正 員 遠藤 史

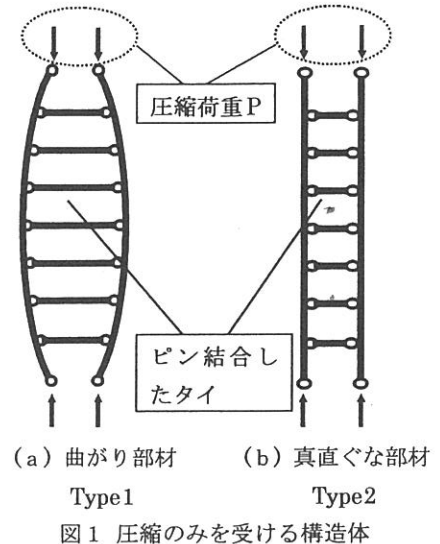
熊本大学大学院 佐藤 弘平

1. まえがき

著者らは、一对の曲がり部材で構成された構造体に軸圧縮力のみを载荷する場合、中間部分をタイでヒンジ結合するだけで十分な強度が期待でき、部材軸に対して直角方向への変形も抑えることができることを既往の研究で明らかにしてきた^{1), 2)}。また、曲がり部材は圧縮力が卓越する構造形式に有用であり、座屈強度で圧縮強度が決まってくる細長比の大きな領域では特に有用である。しかし、細長比や断面形状が変化した場合の解析データの蓄積が十分ではなかった。そこで、本研究では図1に示すような圧縮のみを受ける構造体を対象にして、細長比や断面形状を変化させた場合の最大強度と変形挙動を明らかにする。特に曲がり部材が真直ぐな部材と比較して、同一の圧縮力に抵抗する断面積を減らすことが可能で、経済性を追求できるか調べる。

2. 解析条件と解析モデル

図1に示すように一对の曲がり部材をタイで結合したものを Type 1 とし、比較のため真直ぐ部材の同じ構造体を Type 2 とした。境界条件として主部材の両端部をヒンジ、タイと主部材の結合も解析上、なるべく単純化するためにヒンジ結合とした。図2には解析に用いた主部材の形状と断面寸法を示す。曲がり部材の形状は放物線とし、主部材1本の曲げ剛性は EI とした。表1に解析モデルの諸元を示す。a は主部材基部間の距離を示し、細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ は式(1)より求めた。なお、これらの諸元は既往の研究結果^{1) ~ 3)}を参考とし、比較できるようにした。解析には弾塑性骨組解析法を用い、図1に示すような圧縮荷重を増分载荷した。初期不整として、初期たわみを左右の部材中央に最大初期たわみ $L/1000$ として正弦半波で与え、残留応力分布は図3に示すような分布を用いた。なお、タイには初期たわみや残留応力の初期不整はないものとして取り扱った。



(a) 曲がり部材 (b) 真直ぐな部材
Type1 Type2
図1 圧縮のみを受ける構造体

表1 解析モデルの諸元

ヤング係数 E (KN/mm ²)	216
降伏応力 σ_y (N/mm ²)	382
部材長 L (mm)	80~1600
基準部材長 L_0 (mm)	1600
主部材の断面積 A (mm ²)	840~1680
主部材の基準断面積 A_0 (mm ²)	1376
タイの断面積 A_t (mm ²)	0.2 A_0
アーチライズ比 f/L	0.06
基部の間隔 a (mm)	150
細長比 L/r	~300
細長比パラメータ $\bar{\lambda}$	0.05~3.77

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \frac{L}{r} \quad \dots (1)$$

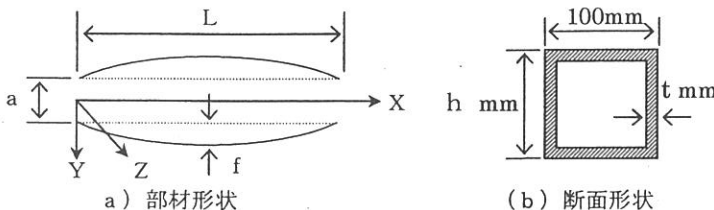


図2 主部材の形状と断面寸法

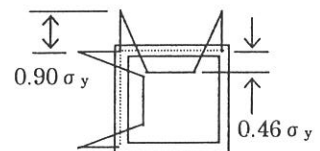


図3 残留応力分布

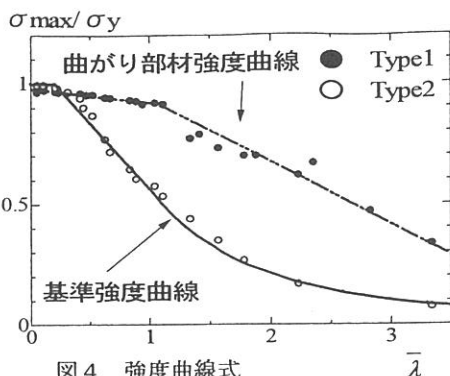


図4 強度曲線式

3. 解析結果と考察

図4は、縦軸に最大応力 σ_{max} を降伏応力 σ_y で除して無次元化したものを、横軸に細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ をとったものである。曲がり部材(Type 1)と真直ぐ部材(Type 2)の断面形状や部材長を変えて解析し、その最大強度をプロットした。また、解析範囲は細長比 300 までとし、これらを道示⁴⁾の基準強度曲線と比較した。また、ここに曲がり部材強度曲線を示したがまだ検討していく必要がある。図のように、基準強度曲線と Type2 はよく一致している。また、曲がり部材(●)の方が真直ぐな部材(○)より最大強度が大きいことが分かる。特に細長比の大きな領域では強度が基準強度式の3倍を超えるものもある。そこで断面形状が最大強度に及ぼす影響を見るため、 $L_0=1600\text{mm}$, $A_0=1376\text{ mm}^2$ を基準モデルとし、断面形状のみ変化させ解析した。図5は縦軸に図4と同じく最大強度を、横軸に基準モデルの断面面積との比をとったものである。図に示すように基準モデル断面との面積比 A/A_0 が減少しても Type1 の方は Type2 に比べ強度の低下が小さい。さらにこの場合、円で囲ったように Type1 は断面面積が半分 ($A/A_0=0.5$) でも Type2 の基準モデル ($A/A_0=1.0$) と同程度の最大強度を有することが分かる。図6は Type1, 2 の圧縮荷重一軸直角方向変位曲線である。それぞれの面外変位が最大となる部材位置において値をとった。図に示すように Type1 は最大強度に達するまでの変形量が小さく抑えられていることがわかる。また、図7,8は縦軸に部材長 L 、横軸に軸直角方向変位 v をとったもので、変形モードを見ることができる。ここでは示していないが Type2 では、1 半波のモードが現れるのに対し、図7,8のように Type1 ではモードが荷重によって変化している。以上のことが最大強度の違いに影響したと考えられる。なお、詳細については講演当日に発表予定である。

参考文献

- 1) 山尾敏孝 他：タイで結合した2本の曲がり部材の座屈強度と挙動について，構造工学論文集，Vol.41A，pp.229-234，1995.
- 2) 石原元 他：タイで結合した一対の曲がり部材の圧縮力に対する挙動と一解析法，土木学会論文集，No.647/I-51，pp.143-154，2000.
- 3) 山尾敏孝 他：曲がり部材で構成された鋼製橋脚の強度と変形挙動に関する研究：鋼構造年次論文報告集，第8巻，pp.263-268，2000.11.
- 4) 日本道路協会：道路橋示方書・解説I 共通編、鋼橋編，1994.

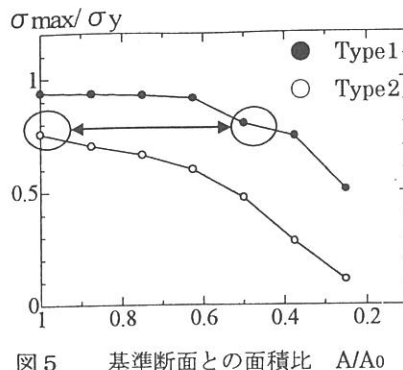


図5 基準断面との面積比 A/A_0

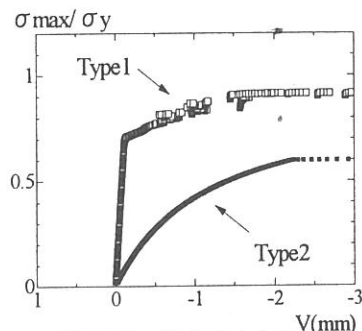


図6 圧縮荷重一軸直角方向変位
(細長比 $L/r=78$)

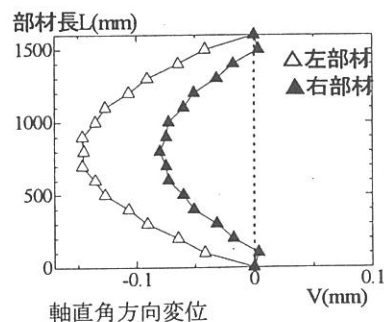


図7 $\sigma_{max}/\sigma_y=0.7$ での変形モード
(Type1, 細長比 $L/r=78$)

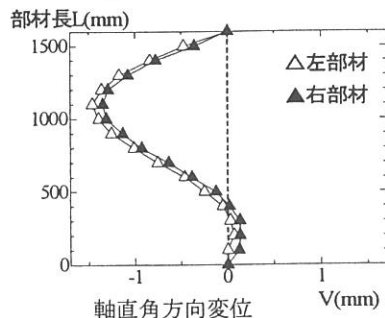


図8 $\sigma_{max}/\sigma_y=0.9$ での変形モード
(Type1, 細長比 $L/r=78$)