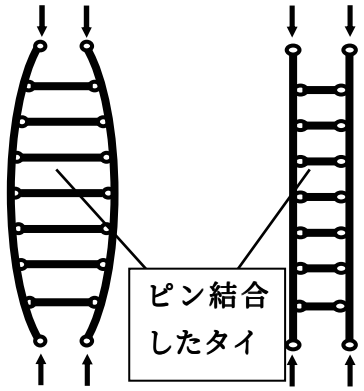
圧縮力を受ける曲がり部材構造の断面形状が最大強度に及ぼす影響

熊本大学○学生員　佐藤宇紘
鹿島建設（株）正　員　遠藤　史
熊本大学　正　員　山尾敏孝

１．まえがき

著者らは、一対の曲がり部材で構成された構造体に軸圧縮力のみを載荷する場合、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、断面積や断面２次モーメントを減らすことが可能であるかを調べるものである。



（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

２．解析条件と解析モデル

図１に示すように一対の曲がり部材をタイで結合したものをType１とし、比較のため真直ぐ部材の同じ構造体を Type２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),2)]を参考にして、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載荷した。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、タイには初期不整はないものとして取り扱った。

表１　解析モデルの諸元

ヤング係数　E（KN/mm²）	216
降伏応力　σ_y（N/mm²）	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（mm²）	840~1680
基準断面積　A_0（mm²）	1376
タイの断面積　A_t（mm²）	$0.2A_0$
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

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

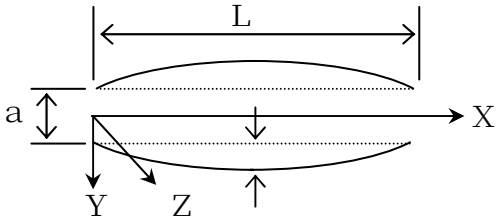


図２ 主部材の形状

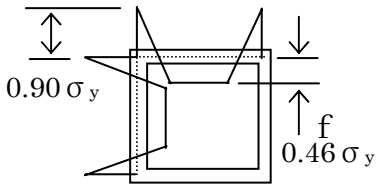


図３ 残留応力分布

キーワード：曲がり部材、座屈強度、細長比パラメータ、断面形状
連絡先（熊本市黒髪２－３９－１・電話 096-342-3533・FAX096-342-3507）

3．解析結果と考察

図４は、縦軸に最大応力σmaxを降伏応力σy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(Type１)と真直ぐ部材(Type２)の断面形状や細長比を変化させて解析し、その最大強度をプロットした。また、解析範囲は道示[3]よりかなり大きな$\bar{\lambda}$（細長比300)までとし、これらを道示の基準強度曲線と比較した。また、解析結果より曲がり部材の強度曲線として提案した。図に示すように、基準強度曲線と真直ぐ部材(Type2)の結果はよく対応していることがわかる。また、曲がり部材の場合は$\bar{\lambda}$が大きくなっても最大強度の低下は少なく、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った。断面形状が最大強度に及ぼす影響を見るため、図 5 に示したようにL_0=1600mm,A_0=1376 mm²を基準モデルとし、Loを一定にして断面形状のみ変化させ解析した。断面変化１はウェブ幅のみ減少変化させ、断面変化２はウェブ幅：フランジ幅一定(H:B=4:5)で減少させた。図 6、図 7 は縦軸に図４と同じく最大強度を、横軸に基準モデルとの断面積比、断面二次モーメント比をそれぞれとったものである。図 6 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。また、断面変化２では Type1 は断面積が半分(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。また、図 7 に示すように最大強度は断面２次モーメントに大きな影響を受けるが、曲がり部材の方が断面二次モーメントの減少による強度低下が抑えられていた。また、図 8,9 は縦軸に部材長 L、横軸に軸直角方向変位 v、曲げモーメント M をそれぞれとり、σmax/σy=0.6 のときのそれぞれのタイプの値を示した。まっすぐ部材(Type2)では、１半波のモードが部材中央に大きく現れるのに対し、曲がり部材(Type1)は変位が非常に小さく、曲げモーメントも小さく抑えられていた。以上のことが最大強度の違いに影響したと考えられる。

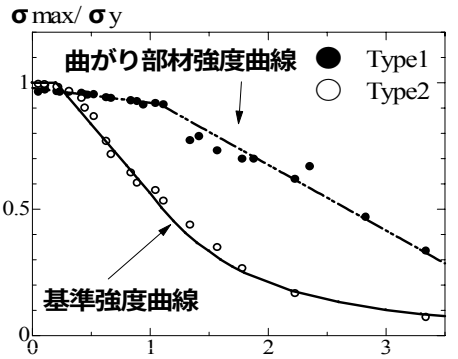


図４　強度曲線式

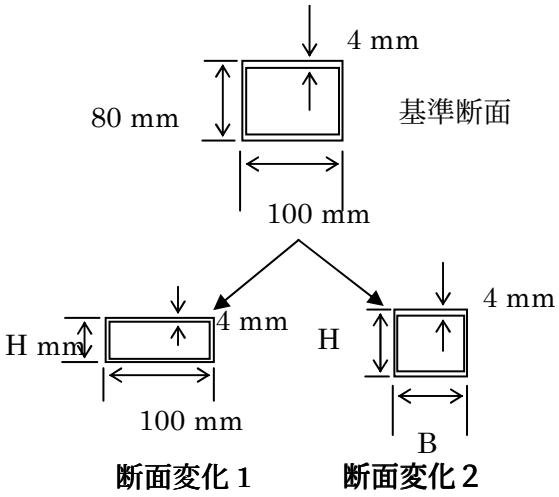


図５　断面変化１，２

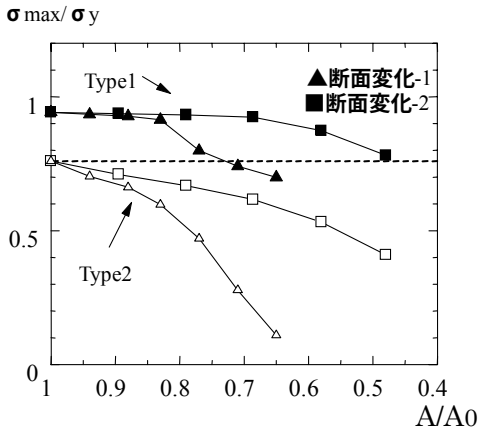


図６　基準断面との面積比

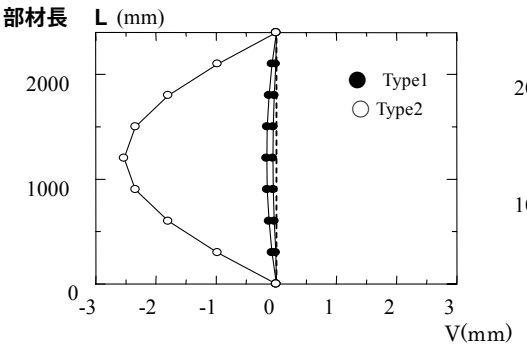


図８　軸直角方向変位

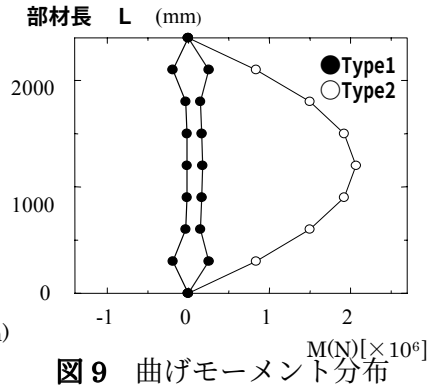


図９　曲げモーメント分布

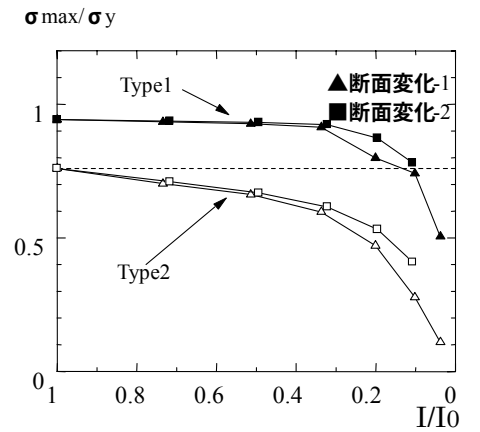


図７基準との断面二次モーメント比

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）日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅰ共通編、鋼橋編、1994.