

八角形中空断面部材の塑性変形性能

研究の背景・目的

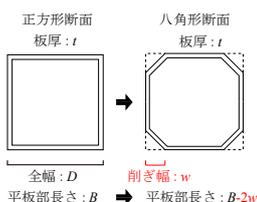


図1 八角形中空断面部材の耐力上昇メカニズム

<背景>

正方形断面部材は、板要素が独立して局部座屈を起こし、耐力が低下する。
耐力は板要素1枚の幅厚比 B/t による

八角形断面にすることで、1枚の平板部長さを減らすことにより、板要素の幅厚比を減少させる。

局部座屈は抑制され、耐力は上昇する

<目的>

八角形中空断面部材の弾性座屈耐力および塑性変形性能を数値解析および実大実験により把握する。

また、弾性座屈耐力評価式を理論解析により求め、固有値解析結果による結果により確かめる。

また、部材の板要素のみを考慮した幅厚比による評価ではなく荷重の条件および部材の境界条件を考慮に入れた新規幅厚比尺度を用いた八角形中空断面部材の性能評価手法を提案する。



図2 固有値解析例

数値解析概要

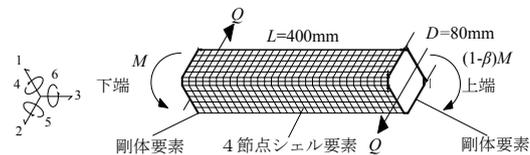


図3 解析モデル概要

解析モデルの荷重条件は一般的な柱を想定して、両端に曲げを作用させた場合と圧縮力を作用させた場合を考える。また、大変形解析を行う際材料データは実験によって得られた応力度歪み度関係を用いて、初期不整としては固有値解析の一次モードの最大値を $1/10$ として導入している。

新規幅厚比尺度の考え方

局部座屈に関する既往の研究の成果として鋼構造設計規準や鋼構造設計指針では幅厚比に関する規定が定められているものの、規定における荷重条件は単純化されている。

そこで部材形状である幅厚比や辺長比と荷重条件である加力角度や曲げなどに応じた形で評価可能である新規幅厚比尺度 S_H による評価を八角形中空断面部材の塑性変形性能に対して行う。

本論文では、右表における b_{kcr} (曲げと圧縮を受ける正方形断面部材の座屈係数)を八角形中空断面部材において導出し、新規幅厚比尺度 S_H を用いて式(2),(3)により塑性変形性能が評価可能かを検討する。

$$S_H = \sqrt{\frac{Mp}{Mcr}} \quad \text{： 新規幅厚比尺度}$$

最大耐力評価式 eq (1) (文献2で $A=0$)
 $M_{max} / Mp = -0.5 A (S_H - 0.7) + 1.0$
 塑性変形係率評価式 eq (2) (文献2で $B=0$)
 $\delta_{max} / \delta_p - 1.0 = 50B (S_H - 0.7)^2$

正方形断面の弾性局部座屈耐力
 $Mcr = b_{kcr} \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \frac{1}{(B/t)^2} Z$

$$b_{kcr} = 5.6 (1 + \sin 2\alpha) (1 + 1.7 \frac{\beta}{\lambda})$$

文献2において弾性局部座屈耐力はエネルギー法によって求めている

八角形中空断面部材の弾性座屈係数

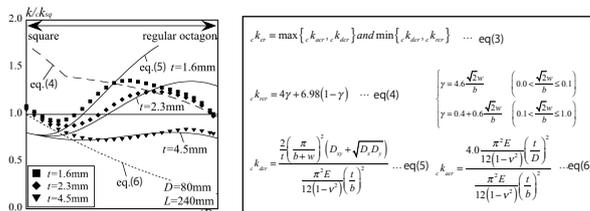


図4 圧縮力が作用した時の座屈係数と削ぎ幅の関係

圧縮作用時の座屈係数評価式と固有値解析結果の対応を確認する。表中式(3)に文献1)で提案されている純圧縮作用時の座屈係数評価式を示す。文献1)では薄肉断面部材を想定している。式(3)は式(4)、式(5)、式(6)から表される。式(4)は平板部が角を削いだ部分により回転拘束を受けることを想定し求められた近似式である。式(5)は八角形断面が波板平板4面で構成されていると考えることで求まる。また、全幅 D を持つ正方形断面に純圧縮が作用する場合の座屈係数である式(4)を下限值として考える。図4から概ね対応よく評価出来ていることがわかる。

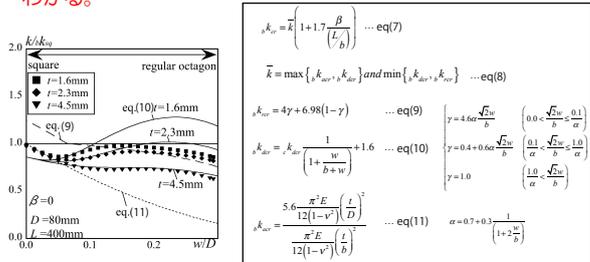


図5 曲げが作用した時の座屈係数と削ぎ幅の関係

曲げが作用した時の座屈係数評価式と固有値解析結果の対応を確認する。同じ板厚では、曲げモーメント勾配 β が0, 1, 2と変化した場合でも同じ w/D での座屈係数比が等しくなると確認済みのため、八角形断面部材の座屈係数への曲げモーメント勾配の影響は正方形断面部材への影響と等しいと言える。そこで文献(2)の正方形断面に対する Mcr の式の定数を八角形断面に適応する変数に変化させた式(8)を提案する。この式(8)は式(9)、式(10)、式(11)から表される。式(9)は文献(3)で提案されている式で、式(10)は本研究にて提案する八角形断面の一部を波板鋼板と考えた時の式である。式(11)は下限の式であり、図5より対応よく評価出来ていることがわかる。

八角形中空断面部材の実大静載荷実験

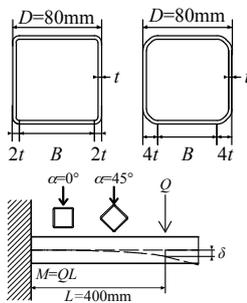


図6 載荷実験概要

八角形中空断面部材の載荷実験を行い、塑性変形性能を把握する。荷重の条件はせん断曲げとして、断面の形は図1のような試験体を用いることとする。

試験体のパラメータは

- 1)板厚、2)加力角度、3)載荷履歴とした。

載荷履歴は単調載荷と漸増繰り返し載荷を行なった。

図7に荷重変位関係を示す。図(a)から八角形断面の塑性変形性能が角形断面のものより優れていることがわかる。図(b)から角形断面は45度方向載荷の方が最大耐力は大きくなるのに対し、八角形断面は加力角度による影響が小さい。図(c)から角形、八角形断面ともに繰返しの影響で塑性変形性能が低下することがわかる。

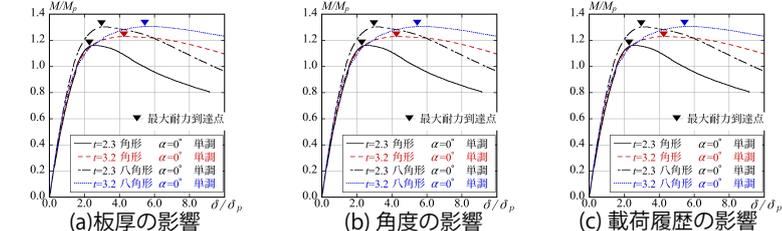


図7 各パラメータの影響

八角形断面部材の塑性変形性能評価

実大静載荷実験および大変形解析によって得られた削ぎ幅を変化させた八角形断面部材の塑性変形性能は、新規幅厚比尺度 S_H に、本論文において導出した八角形断面部材の座屈係数評価式eq(7)を代入した新規幅厚比尺度を用いて評価する。eq(1),eq(2)に修正値 A,B を用いたものを図9に点線で見示す。点線によって安全側に評価出来ている。

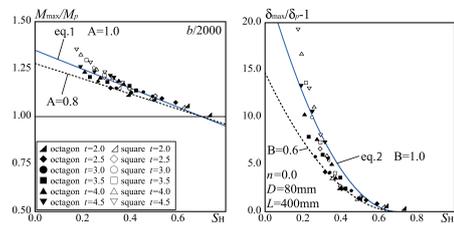


図8 塑性変形性能と新規幅厚比尺度の関係

結

固有値解析および理論解析により八角形中空断面部材の座屈係数評価式を導出し、その評価式を適用した新規幅厚比尺度を用いた塑性変形性能評価式に対して、修正値を用いることで八角形断面部材の塑性変形性能が評価可能であることを本実験結果および大変形解析結果を踏まえて示した。

<参考文献>

- 1.小橋知季, 五十嵐規矩夫, 清水信孝: 軸圧縮力を受ける薄肉八角形断面部材の弾性局部座屈耐力, 日本建築学会構造系論文集, 第735号, pp.713-722, 2017.5
- 2.佐藤亮亮, 五十嵐規矩夫: 曲げせん断力を受ける正方形中空断面部材の局部座屈性状と構造性能評価法, 日本建築学会構造系論文集, 第731号, pp.123-133, 2017.1
- 3.小橋知季, 五十嵐規矩夫, 清水信孝: 曲げと圧縮が作用する薄肉長方形断面部材の弾性局部座屈耐力及び最大耐力, 日本建築学会構造系論文集, 第755号, pp.97-107, 2019.1