

酒井鉄工所 正会員○伏見 義仁 酒井鉄工所 正会員 竹内 修治
関西電力 井ノ口弘恭 大阪大学工学部 正会員 西村 宣男
関西電力 軸屋 一美 岐阜大学工学部 正会員 村上 茂之

1. はじめに

塔状構造物に使用された電縫鋼管に孔があいたり、板厚の減少によって断面が欠損した場合、断面欠損の影響と、孔周辺の応力集中や局部的変形の影響の相互効果により、孔径や開孔位置によっては、残存耐荷力が著しく低下することが予測される。鋼管部材の残存耐荷力が低下することによって構造物全体の強度も低下し、構造物の予期せぬ崩壊にいたる事態も予想される。ところが、このような孔あき鋼管部材の座屈耐荷力について行われた研究は少なく、孔あき鋼管部材の座屈耐荷力特性は明らかになっていない。構造物の経済的かつ合理的な維持管理を行うためには、孔があいた構造物に限らず、製作時から年月を経て何らかの被害や形状の変化を生じた構造物の残存耐荷力特性を明らかにすることも必要である。そこで、本報告では、シミュレーションにより、孔あき鋼管の圧縮強度に対する開孔位置と断面欠損の影響を明らかにした。

2. 解析方法と解析モデル

解析には、薄肉シェル構造物の弾塑性有限変位解析のために開発した 8 節点アイソパラメトリックシェル要素を用いたプログラム(NASHEL: Non-linear Analysis program for SHELL structures)¹⁾を使用した。解析した部材は、 $\phi 89.1 \times 3.2\text{mm}$ (STK400)の電縫鋼管である。解析は、図-1 に示すように孔あき鋼管を 3 次元のフルモデルにより行った。これは、座屈方向を固定しないためである。また、解析モデルの支持条件はピン支持とした。解析シリーズは、大きく分けて次の 2 つのシリーズとした。

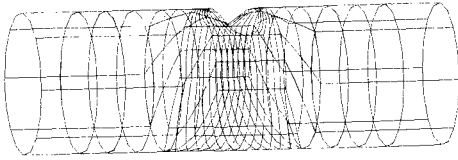


図-1 3D 解析モデル

孔あき材シリーズ) 孔のみの断面欠損で、部材長は 500mm 間隔で 500~6500mm の範囲とし、孔の位置は全長を L として端部からの距離が L/8 と L/2(部材中央)の 2 種類で解析した。

孔+減厚材シリーズ) 孔の周囲を減厚させたモデルであり、その種類を表-1に示す。部材長は 1580mm で弾塑性座屈領域であり、孔の位置は L/2 で解析した。孔の周囲には開孔部中心に向かって断面欠損率が 5%間隔で 5%~25%になるように比例的な減厚を与えた。減厚範囲の大きさは軸方向に 150mm、周方向に 140mm である。

表-1 孔+減厚材シリーズの解析モデル

No.	孔径 (mm)	開孔部の 断面欠損率 (%)	開孔+減厚部 断面欠損率 (%)	極限強度
H05-T10	14	5	10	0.773
H05-T15	"	"	15	0.725
H05-T20	"	"	20	0.665
H05-T25	"	"	25	0.603
H10-T15	28	10	15	0.665
H10-T20	"	"	20	0.623
H10-T25	"	"	25	0.587
H15-T20	40	15	20	0.567
H15-T25	"	"	25	0.539
H20-T25	52	20	25	0.484

3. 解析結果と考察

孔あき材シリーズ) 図-2と図-3に開孔位置が部材中央の場合と L/8 の場合の、Slenderness Parameter(以下細長比と称す)と極限強度の関係を示す。図-2と図-3の縦軸は健全部の断面積と降伏強度(3700kg/cm^2)²⁾で無次元化した強度であり、凡例の数字は孔あき材による断面欠損率を示している。図中に鋼管部材の強度曲線として広く用いられている ECCS-a0 曲線を併せて記している。また、図-4と図-5に健全材に対する部材強度の低下を示す。これらの図から分かるように、孔位置が L/2 の場合、部材長が短くなるに従い、孔の断面欠損が与える局部座屈の影響が大きくなる傾向がある。また、断面欠損率が大きくなるに従い局部座屈が顕著に

Yoshihito FUSHIMI, Syuji TAKEUCHI, Hiroyasu INOYUCHI, Nobuo NISHIMURA, Kazumi JIKUYA, Shigeyuki MURAKAMI

現れるため極限強度の低下が著しくなっている。孔位置が部材端部にあり、断面欠損率が 5%程度で細長比が約 1.0 以上の場合と断面欠損率が 10%程度で細長比が約 1.5 以上の場合、局部座屈よりも全体座屈が先行し、断面欠損が部材強度の低下にあまり影響していない。

孔+減厚材シリーズ) 表-1と図-2に極限強度を示し、図-6に断面欠損と極限強度の関係を示す。これらの図から弾塑性領域においては断面欠損率が同じであっても、極限強度は孔径が大きいほど小さくなっている。また、孔あきシリーズと比較すると、断面欠損率が同じ場合、孔あき材シリーズよりも孔+減厚材シリーズの方が極限強度が高くなった。

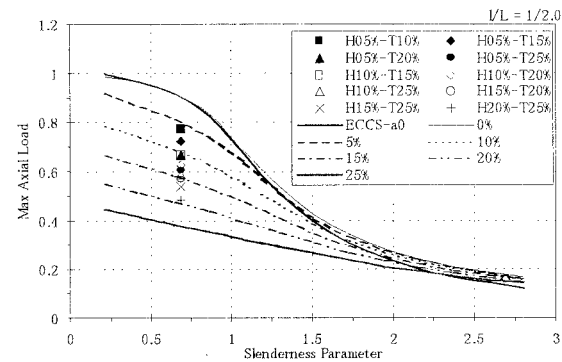


図-2 部材長と極限強度の関係 (孔位置=L/2)

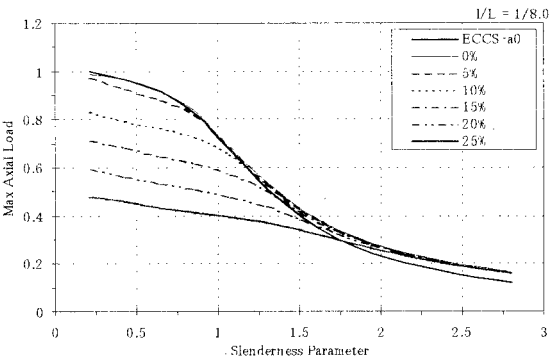


図-3 部材長と極限強度の関係 (孔位置=L/8)

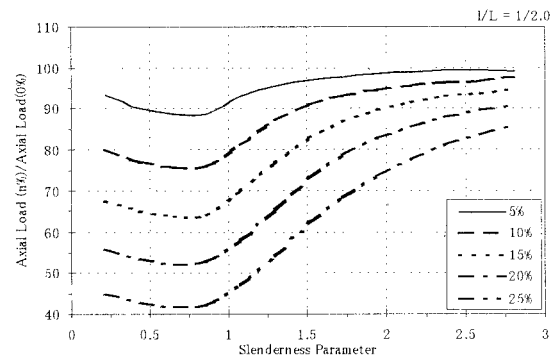


図-4 部材強度の低下 (孔位置=L/2)

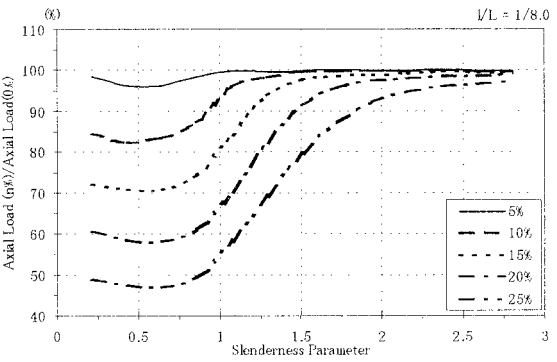


図-5 部材強度の低下 (孔位置=L/8)

4. まとめ

断面欠損が部材端部にあり、細長比が大きければ、局部座屈の影響よりも全体座屈の影響が大きくなり断面欠損の極限強度に対する影響は小さくなる。弾塑性座屈領域において孔あき材シリーズと孔+減厚材シリーズの極限強度を比較すれば同じ断面欠損の場合、孔+減厚材シリーズの方が極限強度が高い。また、開孔の大きさが同じであれば、極限強度は断面欠損率と比例関係にある。

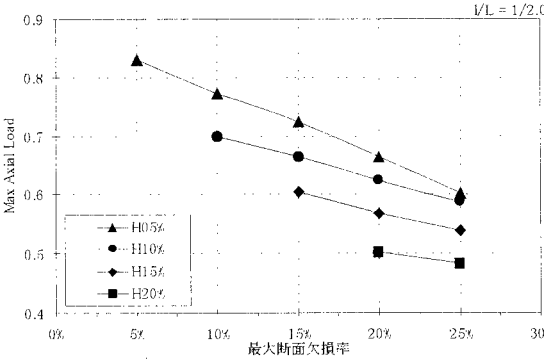


図-6 孔+減厚の極限強度比較

【参考文献】1)村上茂之：変厚および有孔鋼構造要素の極限強度特性に関する研究，大阪大学学位論文，1996.7
2)西村宣男ら：有孔鋼管部材の座屈実験，平成 8 年度関西支部年次学術講演概要集，土木学会，pp I -50-1－pp I -50-2，1996.5