腐食損傷を生じた鋼製円管の強度特性に関する解析的検討

長野工業高等専門学校　学生員　○塩原　久登
長野工業高等専門学校　正会員　奥山　雄介
長岡技術科学大学　正会員　宮下　剛
日鉄ケミカル&マテリアル　正会員　秀熊　佑哉
ものつくり大学　正会員　大垣賀津雄

1. はじめに

現在，昭和後期に建設された「鉄塔支持型円突」，「鉄塔支持型フレアスタック」等は，築後 40～50 年を経過しており，降雨や風化などの経年劣化による腐食減肉が多く認められる(**図-1**)．また，近年起きている地震などにより，製鉄・石油精製・化学・紙パルプ等の製造業においてプラント設備に対するリスク管理として，既存構造物に対する「耐震安全評価」および，「耐震性向上対策」がクローズアップされてきている．

そこで，エネルギー産業で幅広い用途に使用されており，その要求特性も多岐にわたっている鋼管の安全性を確保するために高い信頼性が求められている．安全性を確保していくためには，破壊現象の理論的な解析及び実験による安全性の実証が必要である．しかし，さまざまな実使用条件を想定した多数の実験を実施するには，多くの予算と時間を費やすため，現実的ではない．

そこで，これを補完する手段として数値解析技術がある．数値解析技術を活用することで，例えば，鋼管に圧縮力を作用させたときてどのような変形をするのか，どのような破壊が生じ得るのか，そのとき材料特性はどのような影響を与えるのかなどを定量的に評価することができる．近年のコンピューターの進歩及び有限要素解析(以下，FEA)の発展により，大きな構造物の複雑な変形挙動を計算で予測することが可能となった．

そこで，本研究では腐食損傷による欠損を有する鋼製円管に対する変形特性及び，強度特性を有限要素解析により検証していく．

図-1 損傷事例

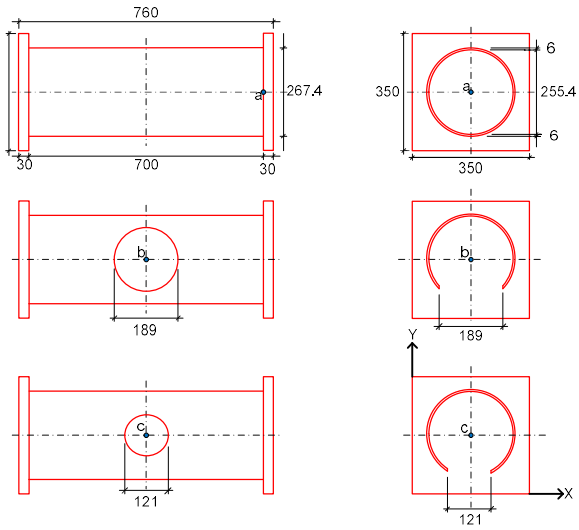

図-2 モデル形状

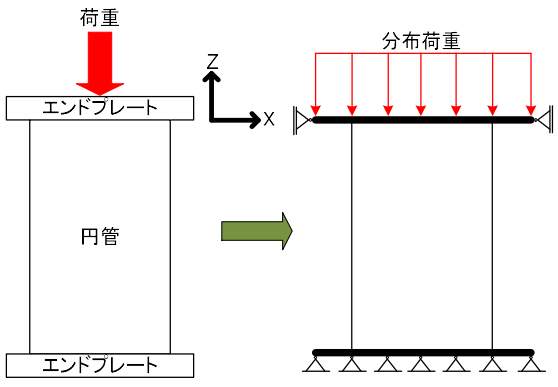

図-3 モデル化

2. 解析モデル

本研究では，汎用構造解析ソフト DIANA10.2[1)]を用いて,(1)損傷の有無，(2)損傷の与え方をパラメー

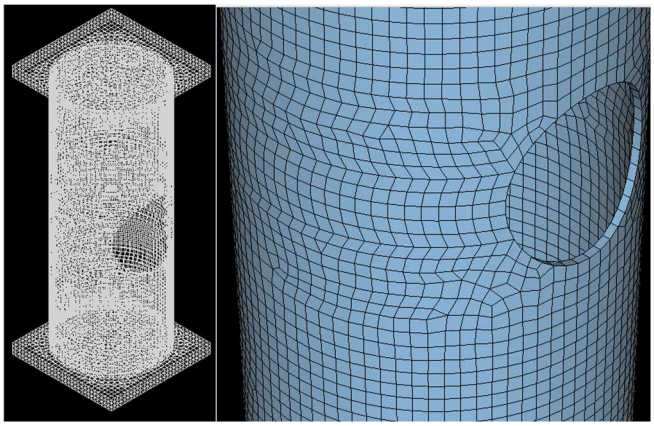

図-4 メッシュの分割(欠損率 25%)

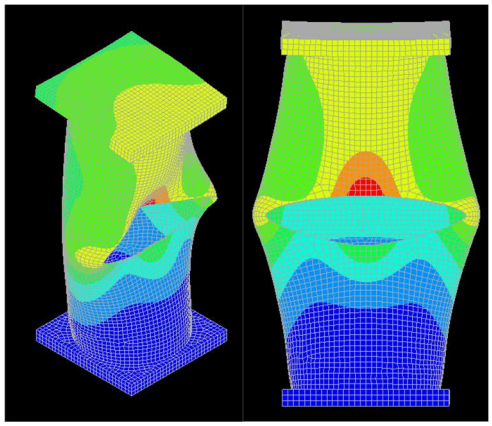

図-5 25%欠損モデル コンター図(変形量)

表-1 解析ケースの予定一覧

No,	長さ L(mm)	断面形状		損傷位置	損傷量
		外径 D(mm)	厚さ t(mm)		
1	700	267.4	6	―	―
2				中央(L/2)	孔 15%
3					孔 25%
4				L/4	孔 15%
5					孔 25%
6				L/8	孔 15%
7					孔 25%
8		318.5		―	―
9				中央(L/2)	孔 15%
10					孔 25%
11				L/4	孔 15%
12					孔 25%
13				L/8	孔 15%
14					孔 25%

タとし，解析を行う．解析に用いた材料特性は，降伏応力 σ_y=358 MPa，ヤング係数 E=200 GPa，ポアソン比 v=0.3 とし，寸法は長さ 700 mm，外径 267.4 mm，板厚 6 mm の鋼製円管を対象とする．解析モデルの概要図を**図-2** に示す．この，鋼製円管の中央部に損傷を与える．損傷は，鋼管の断面積に対し，25 %(φ=189 mm)と 15 %(φ=121 mm)の欠損を与える．鋼管の上下に幅 350 mm，厚さ 30 mm のエンドプレートを設ける．荷重については上側のエンドプレートに対し，Z 軸負方向に分布荷重を載荷する．境界条件については，上のエンドプレートは X,Y 軸固定，下側のエンドプレートは X,Y,Z 軸固定とした(**図-3**)．メッシュの分割については，要素サイズを 10mm となるようにオートメッシュで分割した．分割したモデルを**図-4** に示す．

3. 解析結果および今後の展望

図-5 は解析によって得られた，25%欠損モデルの変形状態である．これより，欠損部周辺で大きな変形が生じており，欠損がある方向に前かがみに変形していることが確認できる．今後，変形特性及び強度特性の考察を行っていくために，実験結果との比較や，最適なメッシュ分割を行って解析の妥当性や精度を高めていくことや，荷重を強制変位にして非線形解析を実施する．また，欠損の比率や位置，鋼管の寸法などを対象にしたパラメトリック解析を実施する（**表-1**）．

参考文献

1) DIANA User’s Manual Release Notes Release 10.2