

繰り返し水平荷重を受ける腐食した円形鋼管柱の変形能特性

大成建設株式会社

広島大学大学院

広島大学大学院

福山大学

正会員 ○ 藤本 慧

正会員 藤井 堅

フェロー会員 中村 秀治

正会員 中村雅樹

1. 研究背景・目的

阪神淡路大震災で、鋼構造物が甚大な被害を受けたことをきっかけに、変形能評価の重要性が認識されはじめた。現在ではこのようなまれに起こる大地震に対しては、鋼製橋脚の損傷を許容した機能保持型の耐震設計を行うことになっているが、繰り返し荷重下の終局挙動特性を把握することは重要である。

一方で、近年は鋼構造物の腐食が重要課題として取り上げられるようになってきている。腐食は早急に対応しないと深刻な影響が出るような問題ではないが、放置しておくとも材断面が減少し、耐力や耐震性能の低下を引き起こす危険性を持っている。道路標識柱等においても腐食事例が多数認められており、供用開始後 20 年にも満たない道路標識柱が腐食により倒壊するという事故例も報告されている。道路標識柱は円形断面が多く、雨水などの水分が残留しやすいことから腐食は地際部に起こり易い。道路標識柱は巨大構造物ではないが、円形鋼管柱の正確な健全度評価は工学的に重要である。

本研究では経時劣化腐食再現モデルを用いて鋼管基部の腐食を再現し、汎用構造解析ソフト ABAQUS に二曲面モデルを組み込んで複合非線形解析を行い、腐食した円形鋼管柱の変形能特性を探ることを目的とする。

2. 鋼管基部の腐食表面の再現

本研究で対象とするのは、約 17 年前に設置され、後に倒壊した道路標識柱である。道路標識柱は、支柱が基礎埋め込み部の境界付近で折損した。道路標識柱の腐食は主として基部が激しく、ところにより板厚が 0.0mm～0.2mm といった個所も見られた。この腐食した道路標識柱をモデルに、当大学で開発した経時劣化腐食表面作成モデルを用いて腐食表面を 17 年経過まで再現する。Fig2 の倒壊時の腐食状況を

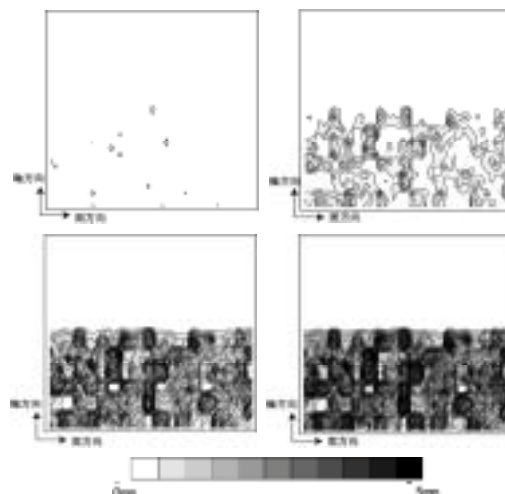


Fig1 腐食表面(腐食経過 5 年～腐食経過 17 年)

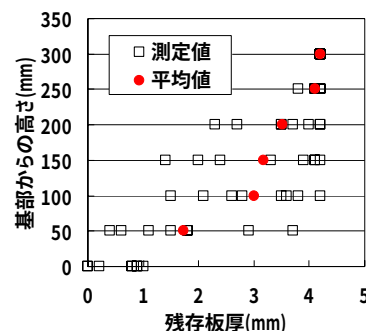


Fig2 道路標識柱の腐食状況

参考に、鋼管基部を再現したものを Fig1 に示す。腐食表面の再現では塗膜の影響を考慮し、塗膜の耐用年数は 10 年とした。塗膜の影響の無くなる 10 年経過以降で腐食の進展が進んでいることが分かる。

3. 腐食した円形鋼管柱の解析

解析モデルを Fig3 に示す。Fig4 のように鋼管頂部に繰り返し水平強制変位を与え、鋼管基部では作成した腐食表面を基に、要素の板厚(平均板厚)と平均偏心量を考慮した。

Fig5 に各経過年数に対応する腐食状況を勘案した荷重～変位関係を示す。塗膜の影響が無くなる 10 年

キーワード 材料構成則, 変形能, 繰り返し荷重, 腐食

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科 TEL082-424-7791

を過ぎてから、急激な耐力低下が見られ、繰り返しサイクルのエネルギー吸収量も小さくなっているのがわかる。エネルギー吸収量と包絡線を、Fig6 と Fig7 に示す。エネルギー吸収量は腐食経過 15 年と腐食経過 17 年で大きく低下していることが分かり、包絡線からも、腐食経過 15 年以降での耐力低下が大きいことがわかる。しかし、腐食経過 15 年以降の各モデルが 9 サイクル目までエネルギー吸収量が増加していることから、エネルギー吸収維持能力は保持しつづけていることが分かる。Fig8 に経過年数にともなう耐力低下を示す。10 年後では耐力低下は約 10%と小さいが、15 年後には約 45%，17 年後には約 70%と、10 年を過ぎてからは耐力低下が大きいのが分かる。

Fig9 に腐食した鋼管(腐食部の最小断面平均板厚=1.5mm)の包絡線を示す。図には比較として、板厚が 1.5mm の腐食していない健全な鋼管の包絡線もあわせて示している。両者を比較すると、腐食した鋼管は最高荷重は無腐食よりも小さくなるが、最高荷重後の耐力低下は緩やかである。

4. 結論

本研究での結論を以下に示す。

- ・経時劣化腐食表面作成モデルを使って、鋼管基部の腐食を再現し、二曲面モデルを用いて、円形鋼管柱の繰り返し水平載荷解析を行った。
- ・腐食した円形鋼管はサイクルを重ねると耐力低下が起きるが、エネルギー吸収能力は維持し続ける。
- ・倒壊時での道路標識柱の耐力低下は約 70%である。
- ・健全な円形鋼管と腐食した円形鋼管との包絡線を比較すると、最高荷重付近での挙動が異なる特徴が見られた。

参考文献

1. 宇佐美勉他:座屈設計ガイドライン pp403-437, 社団法人土木学会, 2005
2. Y.F.Dafalias and E.P.popov : A Model of nonlinearly hardening Materials for Complex Loadnig, Acta mechanica 21, pp.173-193
3. C.shen 他:降伏棚を有する鋼材の二曲面モデル, 土木学会論文集 441/I-18, pp179-188

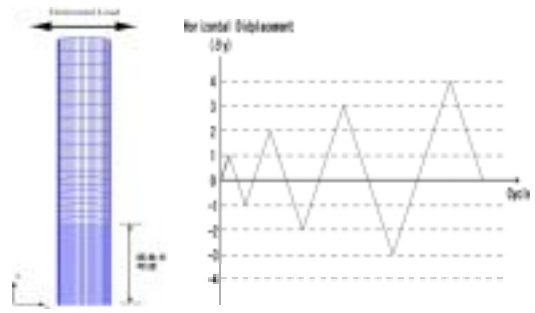


Fig3 要素分割図 Fig4 荷重概念図

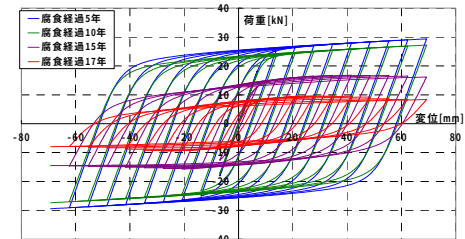


Fig5 荷重～変位関係

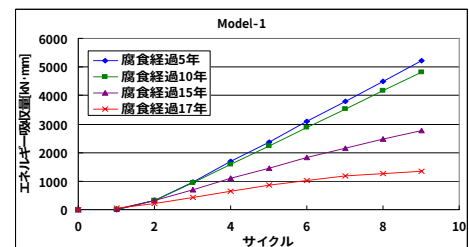


Fig6 エネルギー吸収量

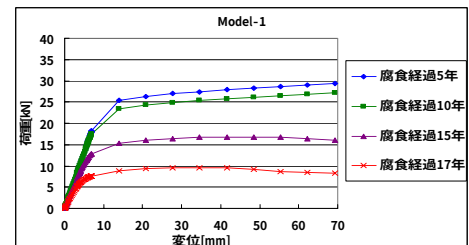


Fig7 包絡線

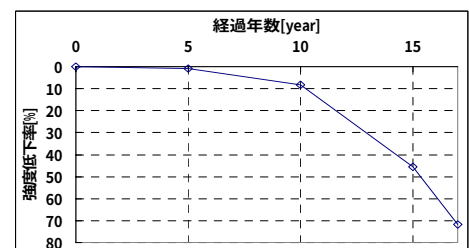


Fig8 経過年数と強度低下率の関係

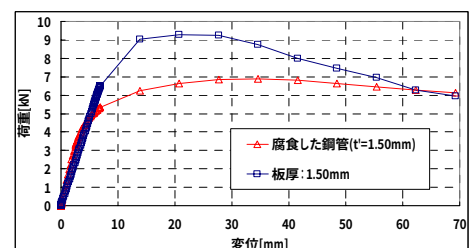


Fig9 包絡線の比較