

柱基部が腐食欠損した鋼製柱の座屈解析

東北大学 学生会員 ○佐野 善紀
東北大学 正会員 内藤 英樹

東北大学 学生会員 柏 宏樹
東北大学 フェロー 鈴木 基行

1. はじめに

近年、鋼部材がコンクリートに埋め込まれる箇所において著しい鋼材腐食が発生している事例が報告されている。このため、局所的な腐食が鋼部材の構造性能に及ぼす影響を明らかにする必要がある。すでに腐食鋼板の引張挙動に関する検討¹⁾は報告されているが、圧縮挙動に関する検討例は少ない。そこで、本研究では局所的に腐食が生じた鋼部材の曲げ圧縮挙動について検討する。具体的には、コンクリート境界部における鋼材の腐食欠損を想定した鋼製柱の座屈解析(FEMによる有限変位解析)を行う。この解析結果より、細長比、腐食率、断面形状の違いが座屈抵抗性に与える影響を検討する。

2. 解析概要

H形鋼、角形鋼管、コンクリート充填鋼管(以下CFT)柱を対象として、水平荷重を受ける鋼製柱の座屈性状を検討する。図-1のように、正負交番荷重を与えたFEMによる有限変位解析を行った。鋼板は4節点シェル要素でモデル化し、応力-ひずみ関係はバイリニアモデルを用いた。鋼材の材料特性は、ヤング係数200GPa、ポアソン比0.3、降

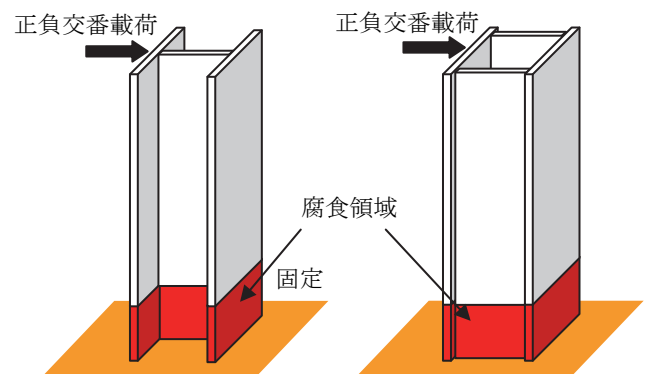


図-1 鋼製柱の概略図

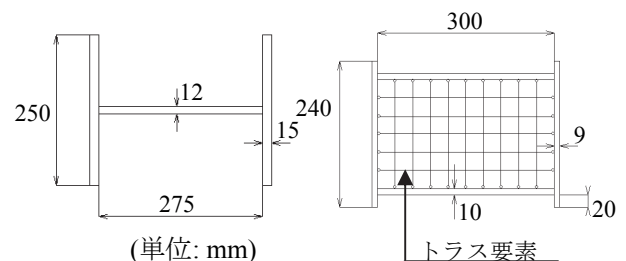


図-2 H形鋼断面とCFT断面

伏応力300MPa、降伏後は移動硬化則とし、剛性はヤング係数の1/100を仮定した。また、柱基部の境界条件は固定とし、要素寸法をH形鋼は25mm×25mm、角形鋼管とCFTは20mm×20mmとしている。CFTに関しては、図-2に示すように、向かい合うウェブとフランジをトラス要素で連結して、断面内側への変形を拘束した²⁾。

断面諸元を図-2に示す。CFTの断面形状については、コンクリート充填効果を確認するために角形鋼管断面と同一にした。細長比を変化させるため、各断面で柱高さを500, 1000, 2000, 3000, 4000mmの5種類を設定する。また、鋼材腐食によってヤング係数等の物性値が変化しないことから、断面欠損によって腐食を考慮した。本解析では、腐食率(断面欠損率)を0, 20, 40, 60, 80%に設定した。腐食領域に関しては、図-1に示すように、H形鋼は柱基部から上部に125mm、角形鋼管とCFTに関しては柱基部から上部に100mmまでを腐食領域とし、ウェブとフランジの板厚を一律に低減した。

3. 解析結果

(1) 座屈モード

本解析によって得られた座屈変形の一例を図-3に示す。H形鋼の座屈モードについては、健全時において柱高さ500mmの場合には柱基部のフランジで局部座屈が発生し、柱高さ1000mm以上の場合には全体ねじれ座屈を呈した。また、腐食を与えた全ての柱高さについては、フランジの局部座屈となった。

角形鋼管とCFTの座屈モードについては、細長比や腐食率に関らず、健全時を含めた全ての解析ケースにおいて柱基部でのフランジとウェブの局部座屈を呈した。なお、CFTについてはトラス要素によって断面内側への変形が抑制されるため、全て鋼管外側にはらみ出す座屈変形となった。

(2) 座屈荷重

各断面の腐食率と座屈荷重低下率の関係を図-4に示す。H形鋼、角形鋼管、CFTのいずれにおいても、腐食率の増加に伴って座屈荷重が直線的に減少することが確認された。これらの解析ケースはいずれも塑性

キーワード：座屈解析、鋼製柱、腐食、座屈荷重、座屈発生時変位

連絡先：〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 TEL：022(795)7449 FAX：022(795)7448

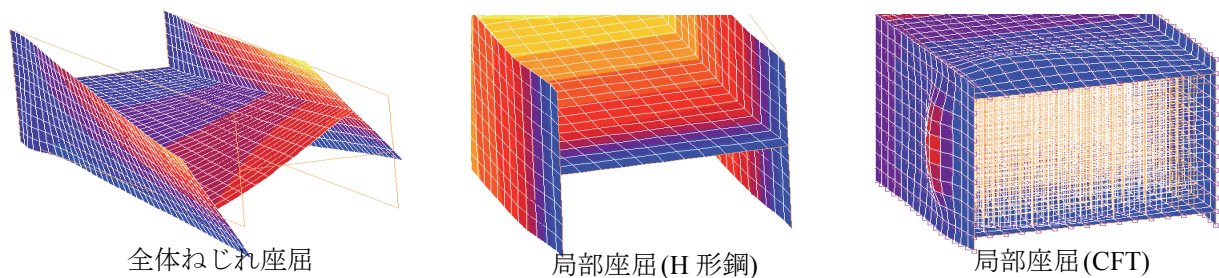


図-3 座屈モード

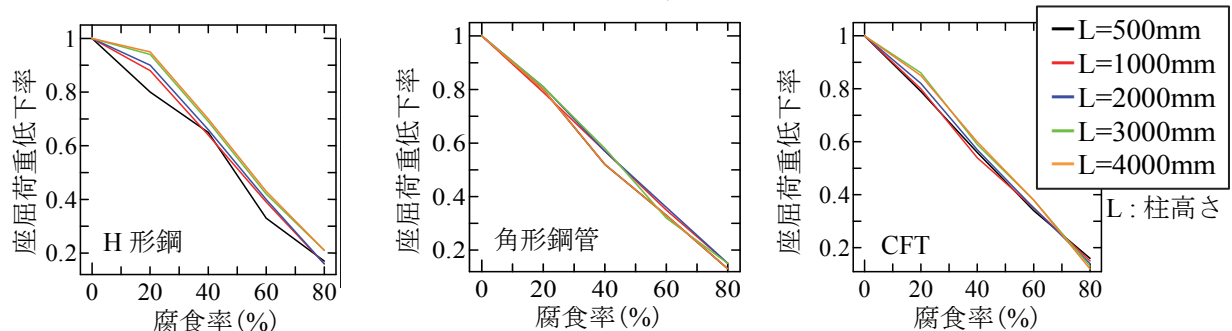


図-4 腐食率と座屈荷重低下率の関係

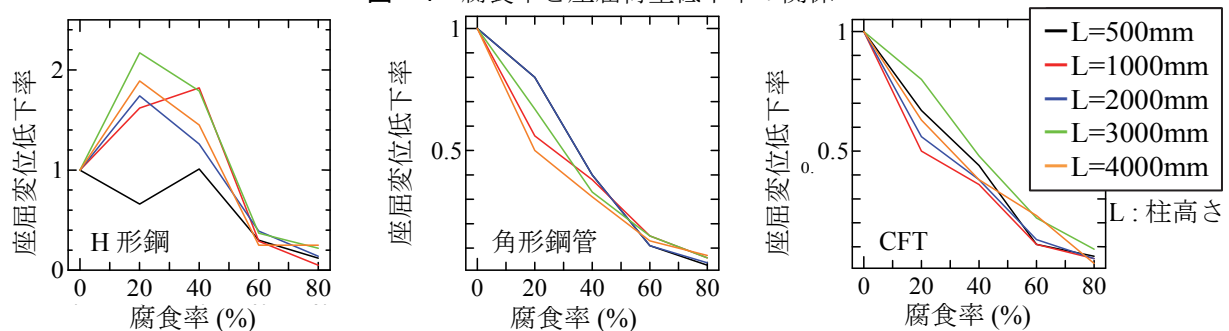


図-5 腐食率と座屈変位低下率の関係

座屈であるため、座屈荷重は降伏荷重と等しい。すなわち、腐食を模擬した断面欠損率に応じて降伏荷重(座屈荷重)が低下するため、腐食率と座屈荷重は線形関係となった。

(3) 座屈発生時変位

H形鋼について、腐食率と座屈発生時変位の関係を図-5に示す。前記のように柱高さ1000mm以上のH形鋼では、柱基部に腐食を与えることにより、座屈モードが全体ねじれ座屈から局部座屈へと移行する。このため、腐食率20%および40%としたこれらH形鋼では、座屈発生時変位が健全時よりも増加することが示された。なお、全てのH形鋼の解析ケースについて、腐食率60%以上の場合には座屈発生時変位が大幅に低下した。このようにH形鋼については、諸元や腐食欠損の与え方によって座屈モードや座屈発生時変位が複雑に変化した。

一方、角形鋼管やCFTでは、健全時と腐食を与えないずれの場合も同一の座屈モード(柱基部での局部座屈)となるため、腐食率と座屈発生時変位の低下には概ね線形関係が見出せた。

4. まとめ

柱基部における局部腐食を模擬して断面欠損を与えたH形鋼、角形鋼管、CFT柱の座屈解析を行った。本解析条件の範囲では、H形鋼柱では腐食を与えることによって座屈モードや座屈発生時変位が複雑に変化することが示された。一方、角形鋼管やCFT柱では、腐食を与えても座屈モードが変化しないため、腐食率の増加に伴って、座屈荷重や座屈発生時変位が直線的に低下することが示された。

参考文献 1) 大西弘志, 松井繁之: 腐食鋼板の力学的挙動に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol. 51A, 1992. 2) 内藤英樹, 松本大輔, 秋山充良, 鈴木基行: 3次元FEMモデルを用いたCFT柱における鋼管の局部座屈解析, コンクリート工学年次論文集, Vol. 28, No. 2, 2007.