

腐食損傷を有する鋼製橋脚の耐荷性能に関する精度向上に向けた種々の検討

名古屋工業大学大学院 学生会員 ○野村 直之
 名古屋工業大学大学院 学生会員 大竹 輝
 京都大学大学院 正会員 橋本 国太郎

名古屋工業大学大学院 正会員 永田 和寿
 京都大学大学院 正会員 杉浦 邦征
 関東学院大学 正会員 北原 武嗣

1. はじめに

高度経済成長期に建設された鋼構造物は、建設から50年あまり経過し老朽化の時代を迎えており、これらの鋼構造物の地震時における耐震安全性を確保することは極めて重要である。そのためには、現実により近い環境で数値解析等を行い厳密に耐荷性能を評価する必要がある。そこで、本研究では矩形断面の角部を対象とし、板厚減少が起きる角部の位置や数が耐荷性能に及ぼす影響および応力の再配分を考慮する上で、今回は軸力の再配分が耐荷性能に及ぼす影響について考察することを研究目的とした。

2. 解析概要

本解析では、汎用構造解析プログラム ABAQUS を使用した。その解析モデルの断面概略図を図-1 に、解析モデルを図-2 に示す。これらの図に示すように、腐食損傷を角部に与え、損傷部の板厚は健全部(3.2mm)の半分(1.6mm)とし、損傷の範囲は断面の長さ方向に角部からすべて 10mm とした。橋脚部のダイアフラムの一枚目にあたる位置までは、角部に板厚減少を表現するために 1 要素 8 節点のソリッド要素を、それ以外の部分にはシェル要素を用いて要素分割し、ダイアフラムの 1 枚目より上部では、全てシェル要素で要素分割した。载荷部は剛体のはり要素を使用してその上端を载荷点とした。

解析モデルの材料特性を表-1 に示し、初期降伏変位および降伏荷重を表-2 に示す。表-1 の材料特性に関しては、鋼種 SM490 の引張試験の結果から算定している。また、初期降伏変位および降伏荷重は、解析モデルを Beronoulli-Euler ばりとして計算した値である。鋼材の構成則として移動硬化則を使用した。

载荷方法は、一定軸力(降伏軸力の 15%)を作用させた状態で、降伏ねじり量の約 80%を変位制御で与えた。その後、図-3 の载荷パターンに示すようなダイヤモンド型水平 2 方向繰り返し载荷を変位制御で行

った。水平 2 方向のそれぞれの初期降伏変位 δ_y を基準として、初期降伏変位の 3 倍まで順次漸増させた 4 サイクルの载荷を行った。また荷重作用の有無が耐荷性能に与える影響について考察するために、予め体積欠損を施したモデルと軸力を作用させた後に体積欠損を施す 2 パターンについても比較検討した。

ここでは、表-3、4 のように各解析ケースに呼び名をつけてそれぞれを区別することにした。

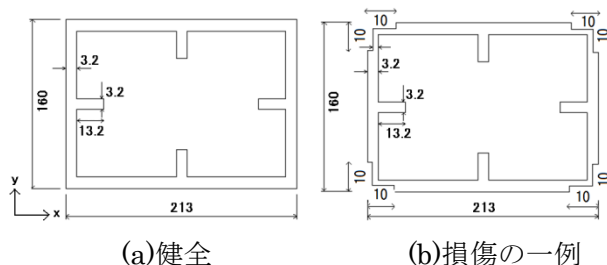


図-1 断面概略図

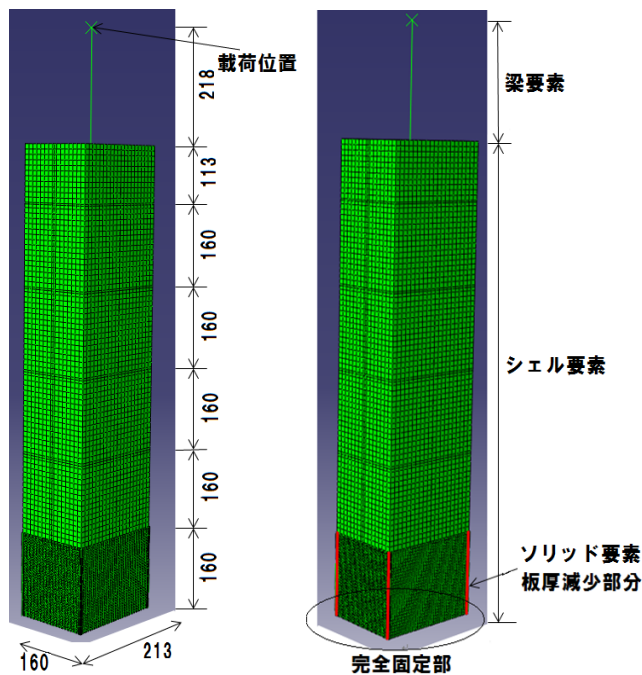


図-2 解析モデル(mm)

キーワード 腐食損傷、矩形鋼製橋脚、応力の再配分、断面欠損、耐荷性能

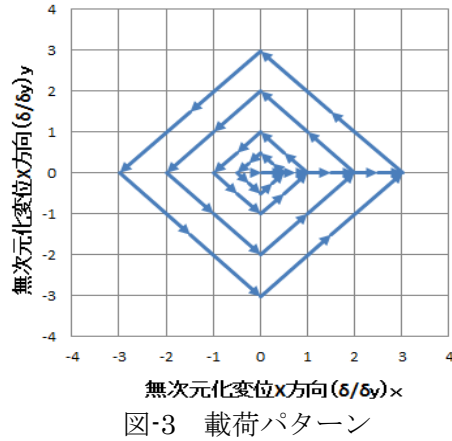
連絡先 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 TEL 052-735-5482

表-1 材料特性

E (N/mm ²)	σ_y (N/mm ²)	ν
2.09×10^5	403	0.282

表-2 降伏変位および荷重

	δ_y (mm)	H_y (kN)
X軸方向	6.53	47.7
Y軸方向	8.69	40.6



また case-4a, 4b の X 軸方向の荷重-変位曲線を図 6 に示す. 腐食損傷の前後で軸力はほとんど変化していないことと, 2 つのケースでは挙動がほとんど一致していることが確認できる. また Y 軸方向の荷重-変位曲線においても挙動がほとんど一致していることより, 荷重(軸力)作用の有無が耐荷性能に与える影響は小さいことが確認した.

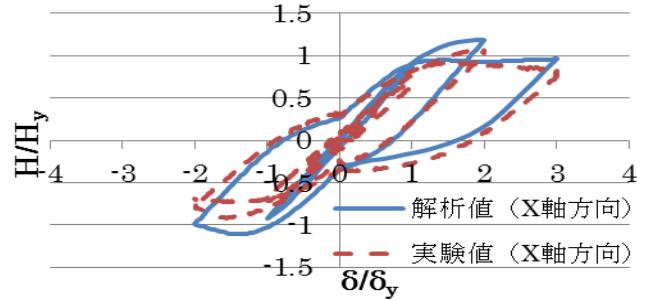


図-4 実験供試体と case-0 の X 軸方向荷重-変位曲線

表-3 各ケースの名称 1

腐食損傷の種類	モデル名
健全	case-0
1つの角部が損傷	case-1
X軸方向に並ぶ2つの角部が損傷	case-2a
Y軸方向に並ぶ2つの角部が損傷	case-2b
対角線にある2つの角部が損傷	case-2c
3つの角部が損傷	case-3
4つの角部が損傷	case-4

表-4 各ケースの名称 2

载荷順序	モデル名
体積欠損→軸力作用	case-4a
軸力作用→体積欠損	case-4b

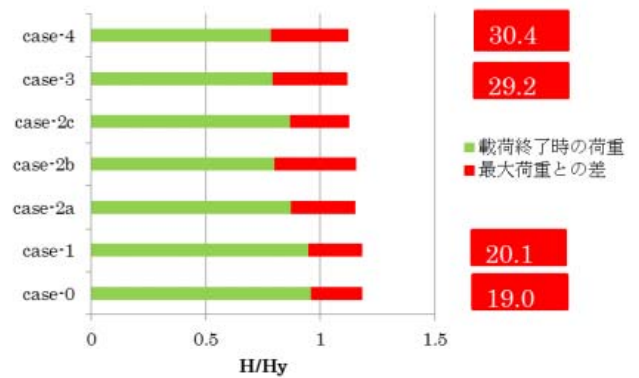


図-5 最大荷重からの低下率(X軸方向)

3. 解析結果と考察

健全なモデルである case-0 の X 軸方向の解析結果と载荷実験の実験結果を図-4 に示す. 解析結果および実験結果の挙動は概ね一致していることが分かる. Y 軸方向でも同様に概ね一致しており, 载荷実験ならびに数値解析の妥当性を確認することができる.

損傷した各モデルの X 軸方向の最大荷重と载荷終了時の荷重を示すグラフを図-5 に示す. case-1 では最大荷重から载荷終了時の荷重への低下率は 20.1% であり, 健全な場合である case-0 と比べてもほとんど差が出ていないことが分かる. また case-3 の低下率は 29.2%, case-4 の低下率は 30.4% であり, case-3 と 4 においてもあまり差が出ていないことが分かる. このことより, 腐食による体積欠損の量による耐荷性能の低下は 2 段階あることが分かる.

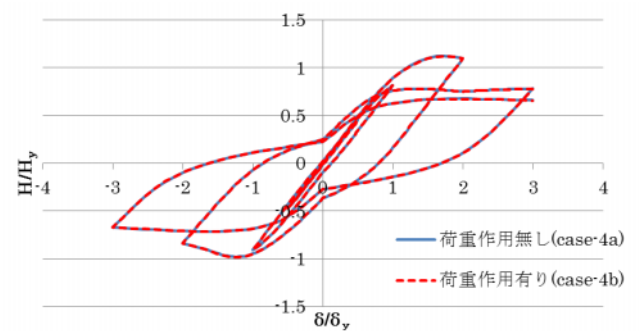


図-6 荷重-変位曲線(X軸方向)

4. まとめ及び課題・方針

本研究では腐食の位置や量, 荷重(軸力)の作用の有無を変化させた数値解析を行い, 力学的挙動や耐荷性能への影響を確認することが出来た. 今後は, 残留応力などの初期不整も考慮し, 厳密に耐荷性能を評価することで, 有効な補修・維持管理の提案につながるようにしたい.