

角部に腐食損傷を有する鋼製橋脚の水平2方向繰り返し荷重下の力学的挙動

名古屋工業大学 学生会員 ○加藤慶太郎
 名古屋工業大学 岩原徳和
 名古屋工業大学大学院 正会員 永田和寿

1. はじめに

高度経済成長期に建設された鋼構造物が老朽化の時代を迎えており、これらの老朽化した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重要である。そこで、本研究では矩形断面を有する鋼製橋脚の断面角部に生じる腐食による板厚減少を損傷対象として、この損傷の有無が水平2方向繰り返し荷重下における力学的挙動に与える影響を解析的に明らかにすることを研究目的とした。

2. 解析概要

本研究で対象とした橋脚は、高度経済成長期に製作された矩形断面を有する1本柱の鋼製橋脚である。

その解析モデルを図-1に示す。載荷実験を計画しており、実験に合わせて実橋脚を約1/10にスケールダウンした解析モデルとした。この図に示すように、橋脚部は4節点のシェル要素で要素分割し、載荷部は剛体のはり要素を使用した。橋脚部の下端を完全固定とし、載荷部の上端を載荷点とした。

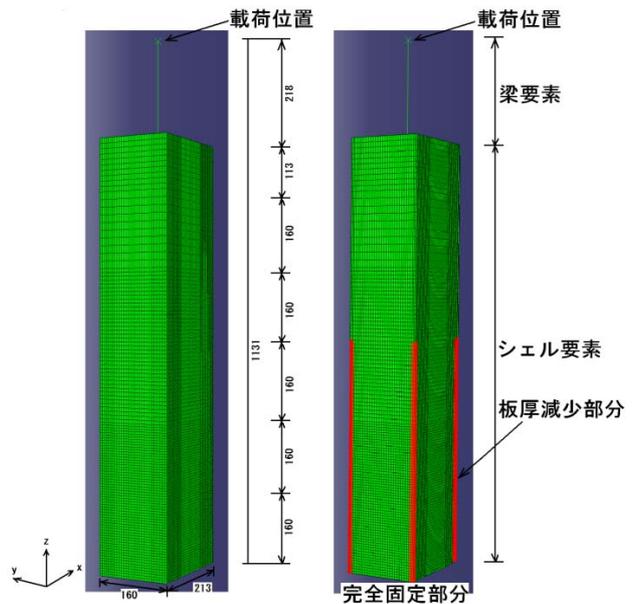
橋脚の断面図を図-2に示す。この図の(a)に腐食損傷のない断面を示し、(b)に腐食損傷を有する断面を示す。この図に示すように、腐食損傷をすべての角部に与え、損傷部の板厚は健全部(3.2mm)の半分(1.6mm)とし、損傷の範囲は断面の長さ方向に角部からすべて10mmとし、高さ方向に解析モデルの下端側から3パネル分とした。ここでは、角部に腐食のない健全な断面のみを有するモデルを Model-1 とし、角部に腐食による断面欠損を有するモデルを Model-2 と呼ぶことにする。

解析モデルに使用した鋼材の材料特性および解析モデルの初期降伏水平力および降伏変位をそれぞれ表-1、表-2に示す。ここで、初期降伏水平力および降伏変位は解析モデルを Bernoulli-Euler ばりとして計算した値である。

解析の順序として、はじめに一定軸力(降伏軸力の

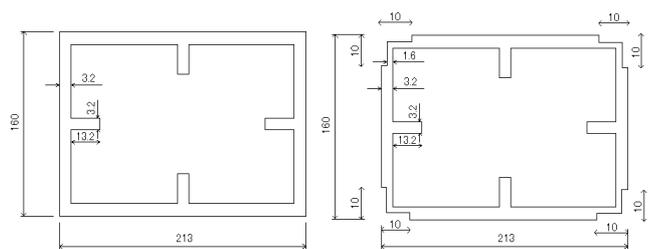
15%)を加えた後に、静的水平2方向繰り返し載荷を行った。2方向繰り返し載荷の方法は変位制御とし、図-4の載荷パターンに示すようなダイヤモンド型の載荷を行った。水平2方向のそれぞれの初期降伏変位 δ_{y0} を基準として $(0, 0) \rightarrow (0.5\delta_{y0}, 0) \rightarrow (0, 0.5\delta_{y0}) \rightarrow (-0.5\delta_{y0}, 0) \rightarrow (0, -0.5\delta_{y0}) \rightarrow (0.5\delta_{y0}, 0) \rightarrow (\delta_{y0}, 0) \rightarrow (0, \delta_{y0}) \dots$ と初期降伏変位の3倍まで順次漸増させた4サイクルの載荷を行った。

数値解析には汎用構造解析プログラム ABAQUS を使用した弾塑性有限変位解析を行った。鋼材の構成則として移動硬化則を使用した。



(a)健全なモデル (b)腐食損傷を有するモデル

図-1 解析モデル(単位: mm)



(a)健全な断面 (b)腐食損傷を有する断面

図-2 断面図(単位: mm)

表-1 材料特性

変数	単位	
降伏応力	N/mm ²	325
ヤング係数	N/mm ²	2.0 × 10 ⁵
ポアソン比	-	0.3

表-2 初期降伏水平力と降伏変位

			X方向	Y方向
初期降伏水平力	H_{y0}	kN	38.4	32.8
降伏変位	δ_{y0}	mm	5.53	7.36

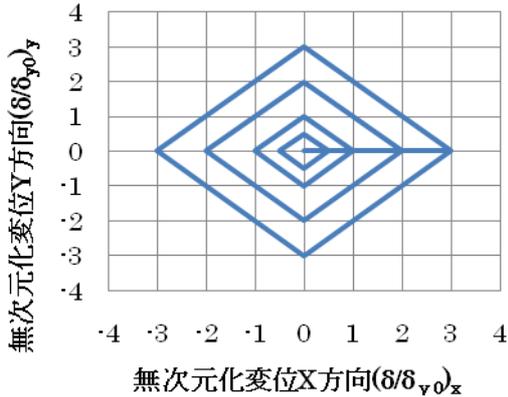


図-4 荷重パターン

3. 解析結果と考察

得られた腐食損傷がない腐食損傷を有する Model-1 と Model-2 の荷重-変位曲線をそれぞれ図-5、図-6 に示し、解析終了時の解析モデル基部における座屈による損傷状態を図-7 に示す。Model-1 の方が Model-2 に比べ、X 方向（強軸）、Y 方向（弱軸）ともに耐荷力が大きいこと、最大荷重後の耐荷力の低下は Model-2 が Model-1 に比べ X 方向（強軸）、Y 方向（弱軸）ともに大きいことが分かる。Model-2 は断面が欠損しているために、Model-1 に耐荷力が小さくなるのは当然であるが、図-7 に示すように、Model-1 では角部は直角を維持しており、座屈の波形の節になっているが、Model-2 では断面欠損部である角部に座屈が生じており（図-7(b)において丸で囲った部分）、耐荷力および変形性能を低下させていることが明らかとなった。

また、図-8 に X 方向の包絡線を示す。このグラフから、腐食による断面損傷の影響は荷重が最大荷重を迎えるまでは小さく、最大荷重後に大きいことが分かる。この結果は Y 方向でも同様であった。

以上のことから、角部に腐食損傷を有する橋脚は

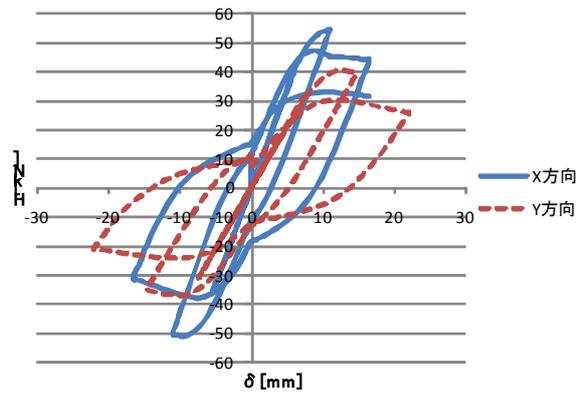


図-5 Model-1 の荷重-変位曲線

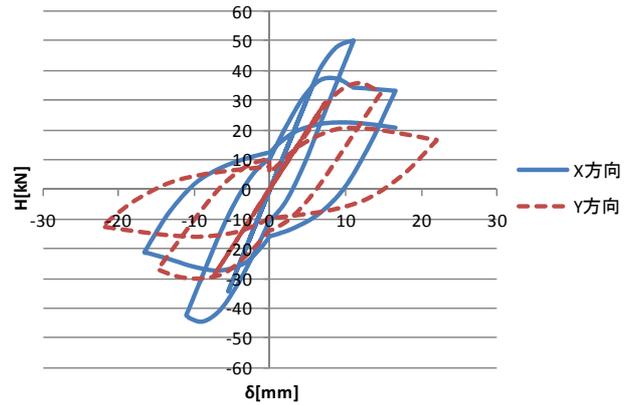
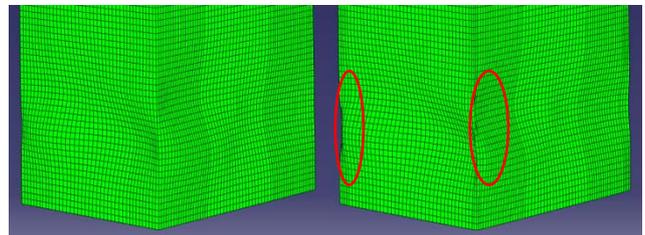


図-6 Model-2 の荷重-変位曲線



(a) Model-1

(b) Model-2

図-7 荷重終了時の座屈による損傷状態

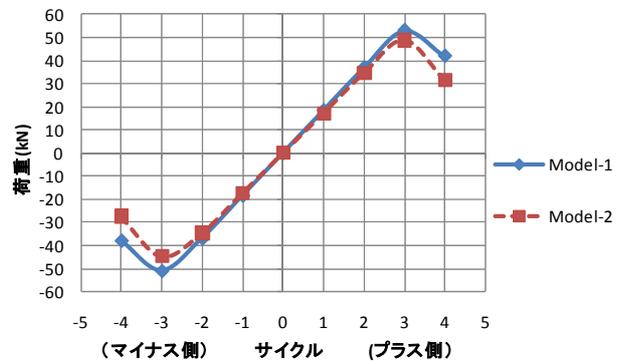


図-8 X 方向の包絡線

レベル2地震時に大きな損傷を受ける恐れがあり、維持管理においては注意が必要である。