

腐食損傷を有する矩形鋼製橋脚の水平 2 方向挙動に関する研究

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

1. はじめに

高度経済成長期に建設された鋼構造物は、近年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。そこで、本研究では矩形断面を有する鋼製橋脚を対象とし、角部の腐食損傷の有無がねじりと静的 2 方向水平力が同時に作用するような荷重下における力学的挙動に与える影響を、実験および解析により明らかに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 とした。橋脚部は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てその上端を載荷点とした。

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。

載荷方法は、はじめに一定軸力(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-4 の載荷パターンに示すようなダイヤモンド型水平 2 方向繰り返し載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_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。

ここでは、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 と呼ぶことにした。

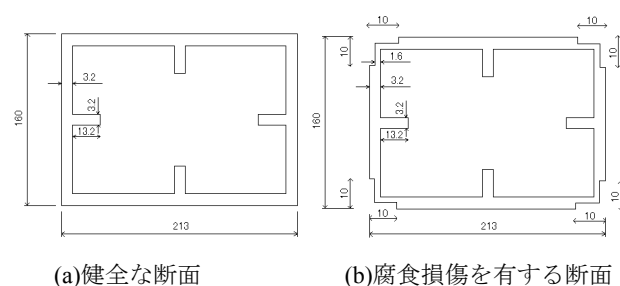


図-1 断面概略図(単位：mm)

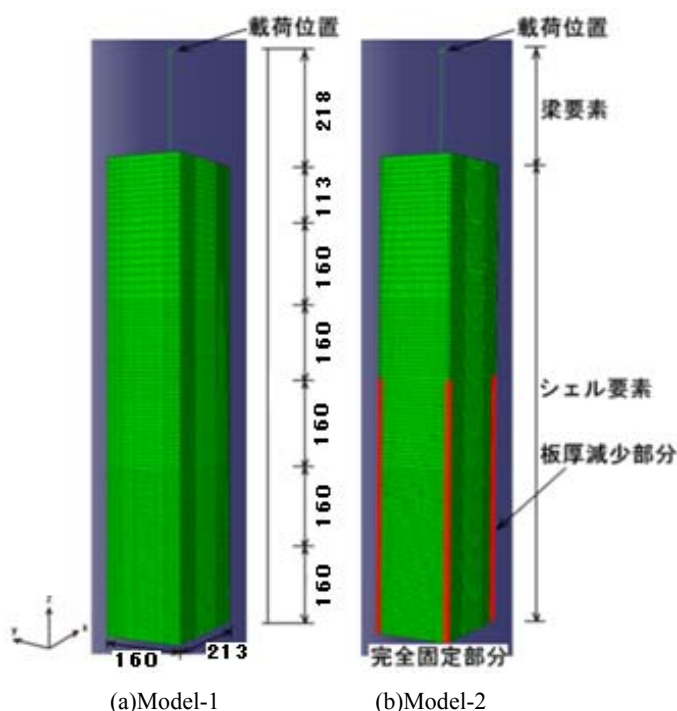


図-2 解析モデル(単位：mm)

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

3. 解析結果と考察

健全なモデルである Model-1 の実験結果および解析結果の X 軸方向を図-5 に示す. この図において実験結果と解析結果は概ね挙動が一致しており, 载荷実験ならびに数値解析の妥当性が確認できる.

図-6 に解析で得られた X 軸方向の荷重の包絡線を示す. この図についてしてみると, 2 サイクル目の δ_y までは, Model-1 と Model-2 において大きな変化はみられないが, 最大荷重を迎える 3 サイクル目の $2\delta_y$ において, Model-1 は Model-2 に比べ荷重が大きく, 4 サイクル目の $3\delta_y$ ではその差が顕著にみられる.

最大荷重後の低下率は, Model-1 は約 35%, Model-2 は約 60%であり, Model-2 が Model-1 に比べ大きいことがわかる. これらの傾向は, Y 軸方向でも同様である. 以上のことより, 解析モデルの変形が小さいときには腐食による断面欠損の影響は小さく, 解析モデルの変形が大きくなるにつれてその影響も大きくなるといえる.

実験と解析の载荷終了時における基部の座屈形状を Model-1 と Model-2 について, それぞれ図-7 と図-8 に示す. これらの図より, 実験ならびに解析の板パネルおよび角部の座屈形状が概ね一致していることから, 本実験の妥当性が確認できる.

また, 基部の損傷状態についてしてみると, 図-7 の Model-1 では, 座屈が板パネルのみに生じ, 角部は座屈をせず直角を維持しているが, 図-8 の Model-2 では, 板パネルだけでなく, 座屈が角部でも生じている. よって, Model-2 では座屈の進行が早く, 座屈が角部で拘束されずに広がっていき, Model-1 に比べ耐荷力の低下が著しいことが確認できる.

以上から, 腐食により劣化した構造物が, 大規模な地震時に大きな損傷を受ける恐れがあり, 適切な維持管理を行う必要があると思われる.

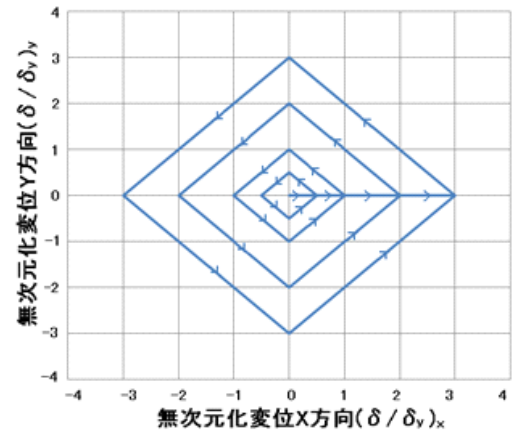


図-4 载荷パターン

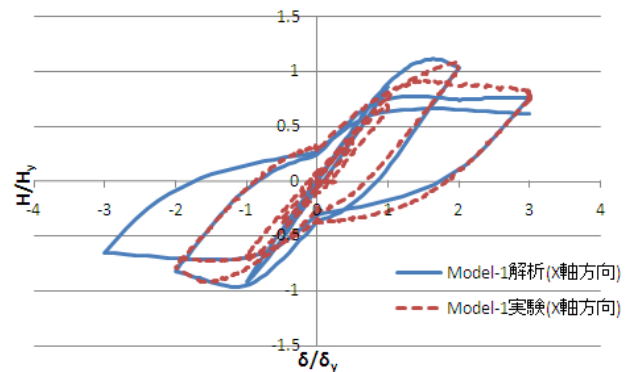


図-5 実験と解析の荷重-変位曲線
(Model-1, X 軸方向)

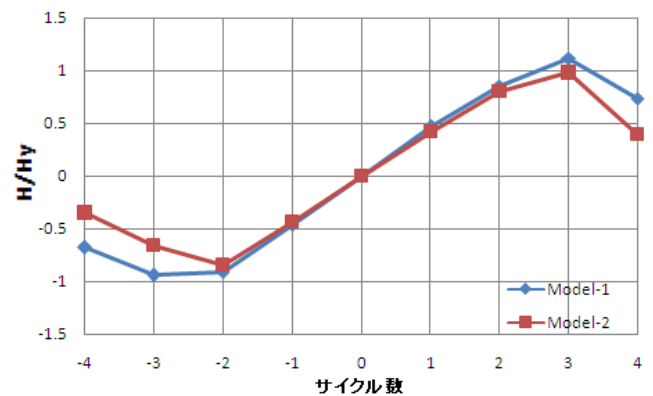


図-6 解析の包絡線
(Model-1, Model-2, X 軸方向)

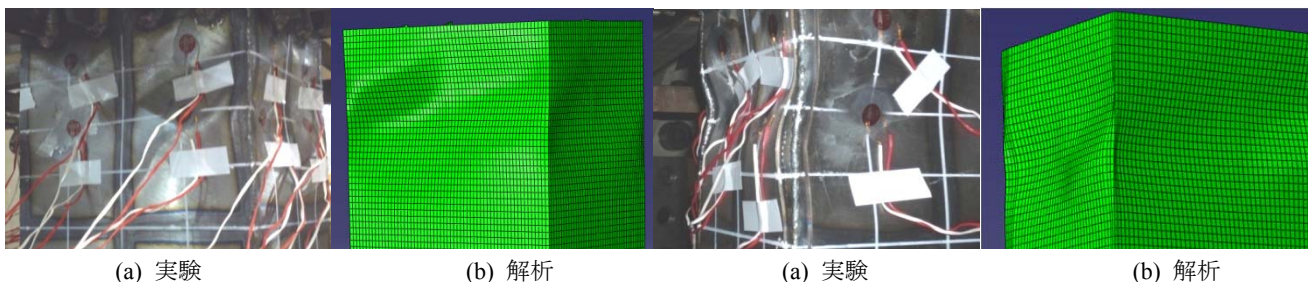


図-7 载荷終了時(Model-1)

図-8 载荷終了時(Model-2)