

第 I 部門 腐食欠損を有する鋼板の圧縮およびせん断耐荷力に関する解析的研究

神戸大学工学部 学生員 ○坂口大生
 神戸大学大学院工学研究科 正会員 橋本国太郎

1. 研究背景および目的 現在，高度経済成長期(1955～1973 年)に建設された多くの構造物が老朽化し，構造物の維持管理が重要な課題として認識されるようになった．特に，鋼構造に関しては，劣化・損傷の要因の一つに腐食損傷が挙げられ，腐食により欠損した鋼構造物が健全かどうかの判断には，その保有性能が要求性能を上回っているかどうかを評価し推定する必要がある．そのため，近年，腐食鋼構造物の耐荷力に関する研究は多くされてきている．腐食に関する耐荷力評価の研究は，大きく板要素レベル，部材レベル，橋梁全体構造の3つに分類される．しかし，現段階では板要素，部材および橋梁全体構造での耐荷力に関する関連付けはほとんど行われていない．また，板厚が完全に0の場合の腐食(以下腐食欠損)を有する鋼部材に関しての研究は桁の一部をモデル化した場合では行われているものの，部材を構成する板要素レベルでの耐荷力評価では腐食欠損を想定したものはないのが現状である．そこで，本研究では腐食損傷・欠損が橋梁全体構造，部材レベル，板要素レベルに与える影響の関連付けを行い評価することを目標とし，その前段階として，腐食欠損を有する板要素に着目し，いくつかの腐食欠損のケースを想定してその残存耐荷力を解析的に評価することとした．

2. 解析モデル概要および解析ケース FEM 解析には汎用有限要素解析コード ABAQUS を用いて，図 1 に示すように解析モデルは4 辺単純支持板とし，形状は，X 方向の長さ a ，Y 方向の長さ b とともに 1000mm で縦横比 a を 1 の正方形板とし，等方硬化に従う材料として仮定する．また，初期たわみを圧縮負荷の場合には最大初期たわみ量を $b / 150$ とした sin 半波形で，せん断負荷を受ける場合には最大初期たわみ量を $b / 250$ とした sin 半波形で導入した．ただし，残留応力については考慮しないこととした．

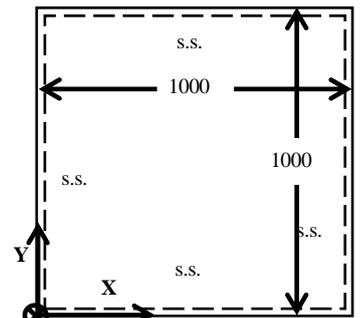


図 1 解析モデル概要

板厚は以下の式(1)に示す幅厚比パラメータを 0.3 から 1.5 まで 0.2 刻みで変化させて決定した．応力ひずみ関係は降伏点を塑性開始点とした応力塑性ひずみ関係を用いて，降伏応力 235N/mm^2 で塑性ひずみ 0， 400N/mm^2 で 0.2 となるパイリニア型で与えている．また，解析モデルの材料特性を表 1 に示す．

$$R = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \sqrt{\frac{12(1-\nu^2)}{\pi^2 k_\sigma}} \quad \text{または} \quad \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\tau_y}{E}} \sqrt{\frac{12(1-\nu^2)}{\pi^2 k_\tau}} \quad \text{式(1)}$$

表 1 モデルの材料特性

荷重タイプ	板幅 b (mm)	ポアソン比 ν	座屈係数 k	降伏応力 σ_y (N/mm ²)	ヤング率 E (N/mm ²)	鋼種
面内純圧縮	1000	0.3	4.0	235	210000	SM400
面内純せん断			9.34			

また，解析ケースは腐食の状況を以下の 3 通りのケースで想定した．

- (1) 縦の腐食欠損幅を 100mm 一定にして，横の腐食欠損幅を 100,200,300,400 および 500mm と変化させる．
- (2) 横の腐食欠損幅を 100mm 一定にして，縦の腐食欠損幅を 100,200,300,400 および 500mm と変化させる．
- (3) ケース(1)とケース(2)を複合させて，縦・横ともに腐食幅を 100,200,300,400 および 500mm と変化させる．

3. 解析結果

(1) 残存耐荷力に関する考察

解析結果として圧縮およびせん断の $R = 0.5$ (板厚 35.2mm) の場合における各欠損ケースの最大荷重を、腐食がない場合の最大荷重で除した耐力低下率と欠損幅の関係を図2および図3に示す。図2や図3より、欠損幅が増加するにつれて最大耐力は減少傾向にある。圧縮の場合では、横方向の腐食ケースは耐荷力の低下が縦方向および両方向の腐食ケースに比べてかなり緩やかであるが、縦方向および両方向の腐食ケースは欠損幅にほぼ比例して耐力が減少しており、最大腐食幅の500mmの腐食欠損のケースで健全時の耐荷力のちょうど50%程度まで低下している。圧縮力が作用する場合には腐食進行の方向が耐荷力に大きく影響を及ぼすと考えられる。また、せん断の場合では、横方向および縦方向腐食の2つのケースはほとんど同じ耐荷力低下を示した。しかし、両方向腐食のケースは横方向および縦方向腐食の場合より大きく耐荷力が低下し、500mm腐食の場合には健全時の耐荷力の20%程度まで減少している。せん断負荷では腐食の向きによっては耐荷力の低下はあまり変化がなく、また断面積の低下が大きく耐荷力に大きく影響を及ぼすと考えられる。

(2) 耐荷力曲線による評価

既往の研究により、簡易かつ推定精度の良い腐食鋼板の強度評価法として耐荷力曲線での評価が行われてきた。例えば、杉浦¹⁾は腐食状況によって耐荷力曲線がばらばらであると評価を行うのに精度よく行うことが困難であることから、平板解析結果を真値としその座屈曲線に合うような有効板厚の評価法の検討を行った。そこで、本論文では様々な板幅や条件で耐荷力曲線を描き評価方法の検討を行った。図4に示すように、圧縮負荷を受ける場合においては両方向および縦方向の腐食ケースでは腐食側の板幅で評価すると、ほとんどのケースではほぼ元の平板の耐荷力曲線で評価できることがわかる。これは圧縮負荷を受ける場合の縦方向および両方向の腐食ケースは欠損幅にほぼ比例して耐荷力が減少していたためと考えられる。しかし、図5に示すように、せん断負荷を受ける場合においてはすべてのケースで全く健全時の耐荷力曲線と違う挙動を示し、有意な評価を行うことはできなかった。

4. 結論 圧縮の場合では耐荷力の低下は断面積よりも腐食の向きに大きく影響を受けるが、せん断の場合では耐荷力の低下は腐食の向きによってはほとんど違いがなく腐食の断面積に大きく影響を受ける。また、せん断の場合では板幅も耐荷力に大きく影響をおよぼす。また、圧縮における両方向・縦方向腐食では腐食した板幅で評価することで健全時の耐荷力曲線1本でおおよそ耐荷力評価ができる。ただし、せん断では耐荷力曲線による有意な評価を行うことができないことがわかった。

参考文献 1) 杉浦邦征, 田村功, 渡邊英一, 伊藤義人, 藤井堅, 野上邦栄, 永田和寿: 腐食鋼板の圧縮強度の簡易評価法に関する検討, 土木学会論文集, Vol.63 No.1 pp.43-55, 2007.

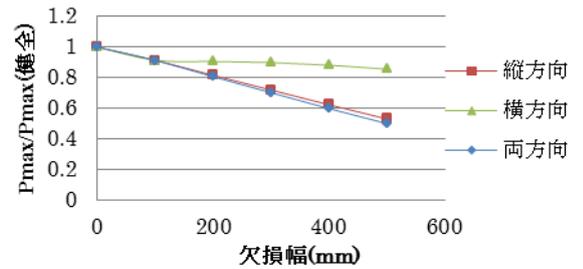


図2 R=0.5 圧縮負荷

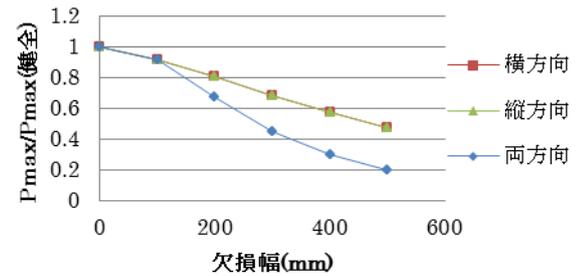


図3 R=0.5 せん断負荷

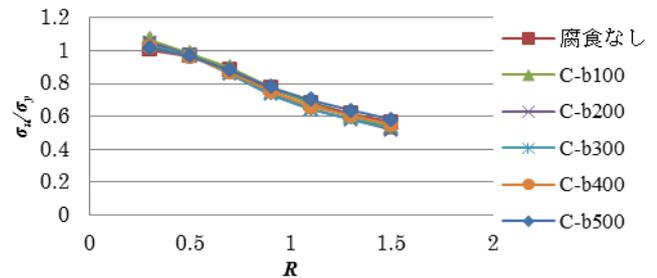


図4 圧縮 両方向腐食 腐食した板幅で評価

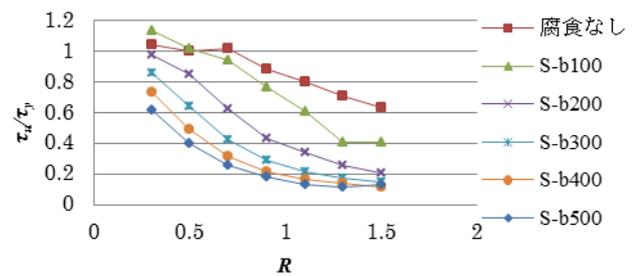


図5 せん断 両方向腐食 腐食した板幅で評価