

材境界位置)における桁内面側方向への面外変形を、高さ方向に約 200mm の範囲に 1mm 振幅の正弦半波で与えた。また、載荷点、支持点では球座を模擬した剛梁要素を設置している。

腐食による減肉は、柱としての有効長さの領域についてはキャリパーにて計測した残存板厚を 10mm 間隔で計測した残存板厚を要素に導入し、それ以外の領域については、目視及びレーザー変位計のデータに基づき、孔食位置及び板厚が 1/2 以下となった位置のみ、それぞれ板厚 0mm, 1/2 板厚とした。また、シェル要素でのモデル化を行っているため、一体モデルでは腐食減肉の違いによる偏心の影響は考慮していないが、リベットモデルではとじ合わせ部における、桁内外の非対称性による偏心の影響は考慮している。

図-4 に腐食を考慮したリベットモデルを示す。リベット継手はとじ合わせ位置において、節点と節点を結ぶ剛性(軸方向: $4.4 \times 10^6 \text{N/mm}$, せん断方向: $1.7 \times 10^6 \text{N/mm}$)を持つばね要素(弾性ばね)によりモデル化した。リベット軸や孔まわりの変形、とじ合わせ部の鋼材面の摩擦は考慮していない。一体モデルについては、とじ合わせ部の鋼板の重なりを一枚の板として部材厚としてシェル要素に反映した。

4. 試験及び解析結果

図-5に荷重と鉛直変位の関係を示す。ここで、鉛直方向変位はES1の位置での上下フランジ間の距離とした。また、図-6に試験終了後の試験体の変形状況を示す。図中には、参考として図-2のA1, A2それぞれの健全断面積及び最小断面積により算出した降伏荷重を示す。

載荷試験では 1000kN 付近で ES1 桁内面側とじ合わせ下端にて降伏が生じ始め、2000kN 付近でウェブ全体の面外変形や、ES1 (桁内面側) とじ合わせ下端の局部座屈が発生した。その後、図-6 に示す下フランジアングル材境界位置において変形が集中し最大荷重(2862kN)を迎えた。

解析結果に関して、一体モデル(腐食)では最大荷重(3275kN)は試験値に対し 14.4%高いものの、荷重-変位挙動は類似の傾向を示した。一方、リベットモデル(腐食)では、最大荷重時の変位は一致していないが、初期勾配付近から試験値に近づき、最大荷重(2681kN)は試験値に対し 6.3%低くなり比較的近い値となった。また、両モデルとも崩壊時の変形モード(図-6 の下フランジアングル材-ウェブの境界部での変形)は良い一致を示した。その上で、荷重-変位関係が試験結果と相違した主な要因は、ES1 桁内面側とじ合わせ下端の局部座屈、下フランジアングル材とフィラーの不連続による挙動、材片間の摩擦、初期形状などを必ずしも適切に再現できていないことが考えられる。引き続き、残存耐荷力の実務的な評価手法の提案に向けて、腐食桁端部の限界状態と腐食性状の関係性を検討していく予定である。

本研究の一部は、(一社)日本鉄鋼連盟からの受託研究(2018 年度)として実施した。ここに記して、深謝の意を表す。

参考文献

1) 中田, 野上ほか: 鉄道リベット桁橋桁端部の応力性状と有効断面評価に関する一考察, 日本鋼構造協会, 第 25 回鋼構造年次論文報告集, Vol.25, No.9, pp.449-456, 2017.11.
 2) 石川, 村越ほか: 腐食した鋼道路橋桁端部の圧縮載荷試験, 土木学会第 73 回年次学術講演会概要集, I-047, pp.93-94, 2018.8.
 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 II 鋼橋・鋼部材編, 2017.11.

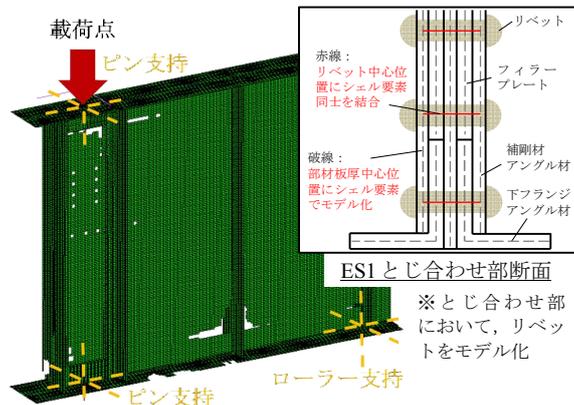


図-4 解析モデル (リベットモデルの場合)

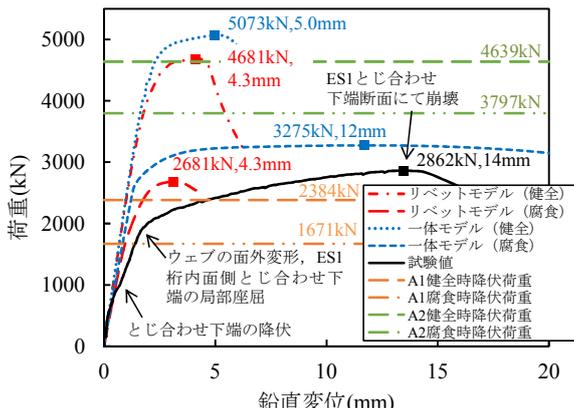


図-5 荷重-鉛直方向変位関係

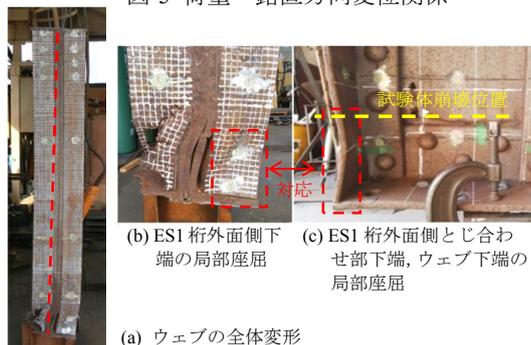


図-6 載荷試験後の ES1 周辺の変形状況