

リベット接合を模擬した要素部材の引張降伏特性に関する研究

前橋工科大学 学生会員 ○貴志 豪友 東日本旅客鉄道 正会員 山本 達也
 前橋工科大学 正会員 谷口 望 東日本旅客鉄道 正会員 小林 寿子

1. 背景・目的

近年、構造物の維持管理の重要性が高まっている中で、リベット接合の性能が注目されている。リベット接合は昭和 30 年頃まで主要な接合方法であった。その後、溶接の手間やコスト面の問題からボルト接合が一般的になったため、リベット接合は現在適用されていない。リベット接合の特性を把握するための研究を行うことにより、構造物の維持管理に役立てたいと考えた。リベットとは、片側が円盤状になっており、反対側の部分を熱で柔らかくさせた後、専用のハンマーで端部を叩いて締固め、塑性変形させて使用する鋼材である。リベット接合とは穴を開けた鋼材同士を重ねて穴の位置を合わせ、リベットを差し込み、対側も円盤状に潰すことで鋼材同士を固定する接合のことである。

リベット接合はボルト接合より耐久性が高いと考えられている。理由として、錆びにくい、緩みにくいことが挙げられる。本研究では、この理由について理論的に解明するため、リベット施工時に生じる鋼板の残留応力の再現を行い特性の把握、またボルト接合との比較を行う。

2. 解析方法

解析は有限要素法解析コードFINALを用いて行う。図-1 は本研究で扱うモデルである。寸法は縦横 103.02mm の正方形。図の赤い部分がリベットであり直径は 22.2mm である。モデルの拘束条件は、リベット上端と下端を z (並進, 回転) 拘束, x, y (並進, 回転) 拘束無しで設定する。母材は拘束を行っていない。材料条件を表-1 に示す。このモデルのリベット部分に温度荷重を与え、リベット施工時の膨張を再現する。温度は仮定として初期温度に対し、 $+20^{\circ}\text{C}$ 、 $+80^{\circ}\text{C}$ 、 $+120^{\circ}\text{C}$ で載荷を行う。また図-2 のようにこのモデルを片持ち梁として想定し、 x 軸方向に引張荷重を与える。温度荷重による残留応力が働い

ている状態での引張荷重を与えることでモデルの変形図、温度変化に伴う荷重、変位の関係を見る。また、リベット接合と比較するためにボルト接合を模擬した解析も行う。ボルト接合では母材とボルトに隙間があるため、これを再現するためにボルトの材料定数を表-1 のように設定した。そこでリベットと母材の界面要素について詳細に設定を行った。引張荷重を与えた場合、リベットと母材が剥離すると考えられる部分は剛性の低い要素を想定し、リベットと母材が剥離せず接していると考えられる部分は剛性の高い要素を想定した。具体的な数値については表-2 に示す。この解析結果から応力の分布や荷重による変化も確認する。そして解析結果からリベットとボルトの挙動の差異を確認する。

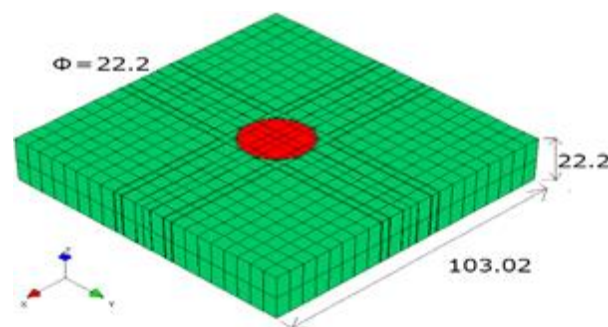


図-1 FINAL 解析モデル

表-1 母材とリベットの材料条件

	母材	リベット	ボルト
弾性係数 (kN/mm ²)	200	200	0.1
ポアソン比	0.3	0.3	0.3
引張降伏点 (kN/mm ²)	235	235	235
線膨張係数 (10 ⁻⁵)	1.0	1.0	1.0
初期温度 (°C)	20	20	20

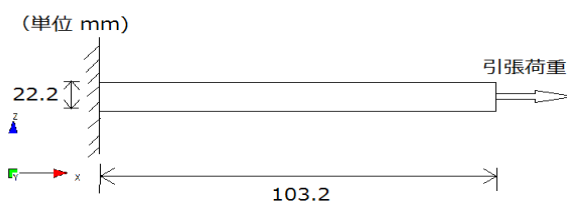


図-2 解析モデルに引張荷重を与えた図

表-2 界面要素の材料条件

リベットの場合	高強度部分	低強度部分
弾性係数 (kN/mm ²)	200	0.1
ポアソン比	0.499	0.499
引張降伏点 (kN/mm ²)	999	999
線膨張係数	1.0×10^{-5}	1.0×10^{-5}
初期温度 (°C)	20	20

ボルトの場合	高強度部分	低強度部分
弾性係数 (kN/mm ²)	0.1	0.1
ポアソン比	0.3	0.3
引張降伏点 (kN/mm ²)	235	235
線膨張係数	1.0×10^{-5}	1.0×10^{-5}
初期温度 (°C)	20	20

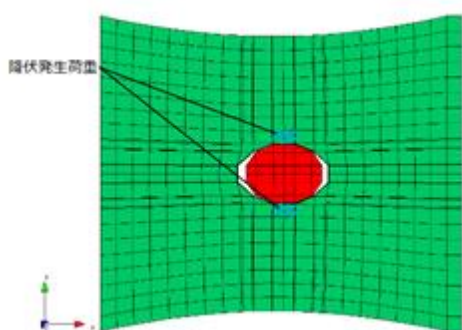


図-3 +120°C時のモデル変形図

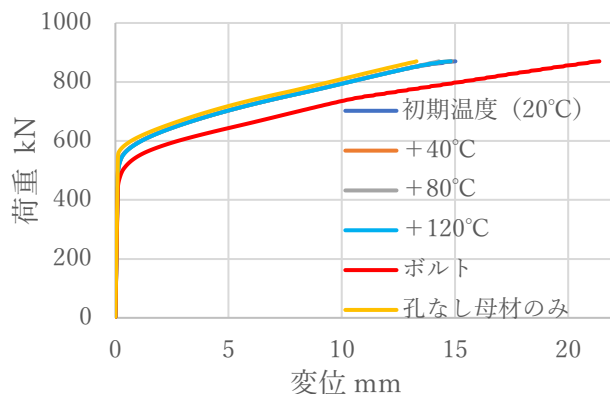


図-4 荷重-変位グラフ

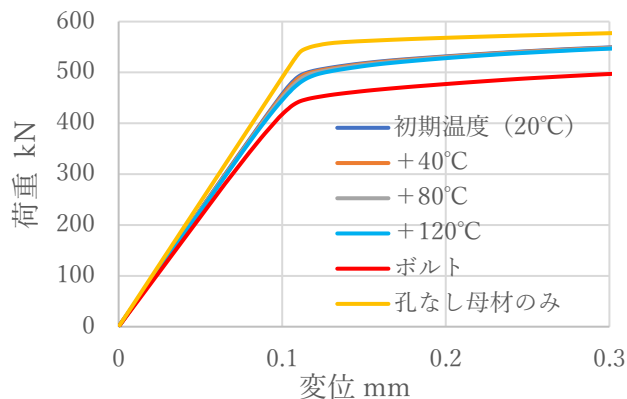


図-5 降伏点拡大図

表-3 温度別降伏荷重

(降伏位置は図-3 に示す)

	降伏荷重 (kN)	荷重比
初期温度 (+0°C)	330.60	1.00
+40°C	339.30	1.03
+80°C	345.10	1.04
+120°C	342.20	1.04
ボルト	281.30	0.85
孔無し健全	501.70	1.52

3. 解析結果

温度解析を行なった結果、リベットは膨張した。リベットが膨張し、それに伴い母材に影響があり歪みが生じた。温度解析でのリベット周辺の応力では、温度荷重の変化量を上げていくにつれ、最大主応力は大きくなり比例の関係にあった。温度荷重を与え残留応力が残ったまま引張荷重を与えた結果、図-3 のような変形図になった。引張荷重により母材が引き伸びたことにより、リベットが押しつぶされるような変形が起きた。また荷重方向においてリベットと母材に剥離が見られた。温度荷重別による荷重と変位の関係を表すと図-4 のようになった。図-5 は降伏点の拡大図である。降伏荷重の大きさは、孔なし健全モデル、リベットモデル、ボルトモデルの順になった。変位に関しても孔なしモデル、リベットモデル、ボルトモデルの順で小さくなった。表-3 のように条件別に降伏点を比較した。リベットモデルが+120°C の時よりも+80°C のほうが降伏荷重が大きいのは、温度荷重の際に、+117°C でリベットが降伏したからだと考えられる。

4. まとめ

本研究から、ボルト接合よりリベット接合の方が降伏荷重が大きく変位も小さくなった。維持管理を行う際には、橋梁がどの接合方法をされているのかを把握し、優先順位を決めることが重要であると考えた。

参考文献

1) 上原, 谷口: リベット接合を用いた鉄道用鋼橋の特性に関する研究、土木学会第 44 回関東支部技術研究発表会、2017 年