

I - 35

高力ボルト摩擦接合部の応力分布に関する基礎的研究

○八戸工業高等専門学校 建設環境工学科 学生員 大石健太
八戸工業高等専門学校 建設環境工学科 学生員 高橋圭子
八戸工業高等専門学校 建設環境工学科 正会員 杉田尚男

1. はじめに

高力ボルト摩擦接合は、被接合材（母材）と添え板を高力ボルトで締付けた際に生じる材間圧縮力によって得られる接合材間の摩擦抵抗によって応力を伝達する。また、摩擦の低下によりすべりが発生するまでは極めて高い剛性が確保されると共に疲労にも抵抗することが知られている¹⁾。しかし、その接触圧分布や材間の摩擦力は被接合材または添え板の応力分布性状に大きな影響を与えていると考えられる。本研究では高力ボルト摩擦接合部の主すべり以前の状態を対象に添え板板厚、摩擦係数、ボルト孔数を変化させ材間圧縮力分布などの接合部の力学的特性の違いを三次元モデルにより把握することを目的とする。

2. 解析方法

(1) 有限要素法解析

本研究では微小変形理論に基づく弾性非線形解析を荷重増分法で行った。繰り返し計算法にはMNR法（修正ニュートン・ラプソン法）を用いて解析を行った。解析手順を図-1に示す。

(2) 解析モデル

摩擦係数に対応する引張力を受けるM20高力ボルト二面摩擦接合部（図-2）の対称性を考慮し、接合部の1/4部分からなる三次元力学モデルを作成した。標準モデル図と使用した要素を図-3に示す。ただし、解を安定させるために母材と添え板を拘束する仮想のやわらかいスプリング要素を使用した。外力として標準ボルト張力に相当する軸力 V を与え、母材端部に摩擦係数に対応する引張力 H を漸増載荷し、解析を行った。解析条件として、弾性係数 $(E) 2.06 \times 10^5 \text{ kN/mm}^2$ 、標準ボルト張力 173 kN に相当する軸力 $(V) 86.5 \text{ kN}$ 、母材厚 $(t_m) 12 \text{ mm}$ 、添え板板厚 $(t_s) 9 \text{ mm}$ 、幅 $(B) 75 \text{ mm}$ 、摩擦係数 $(\mu) 0.5$ 、標準ボルト張力に対応する引張力 $(H) 43.25 \text{ kN}$ のときを標準ケースとし、添え板板厚 6 mm 、座金を使用しない場合、メッシュを細分割した場合、摩擦係数 0.4 、それに対応する引張力 $(H) 34.6 \text{ kN}$ のときの計8ケースについて解析を行った。また、多円孔モデル（図-4）を作成し、円孔中心距離 (l) 、摩擦係数の変化が応力分布に与える影響について比較検討した。

3. 解析結果

標準ケース全体の最大主応力分布図と母材接触面における応力分布図、母材接触面の中心軸線上のせん断力と摩擦面材間圧縮力をそれぞれ図-5、図-6、図-7に示す。また、多円孔モデルにおいて摩擦係数 0.5 としたときの応力分布図、せん断力と材間圧縮力をそれぞれ図-8、図-9に示す。

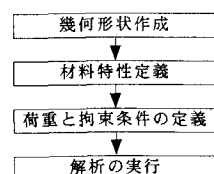


図-1 基本解析について

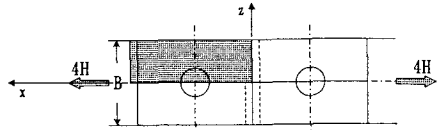


図-2 高力ボルト摩擦接合部

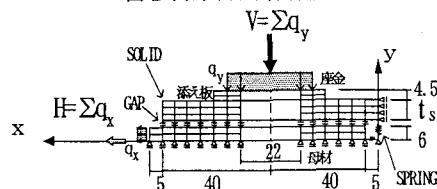


図-3 標準モデル図 (mm)

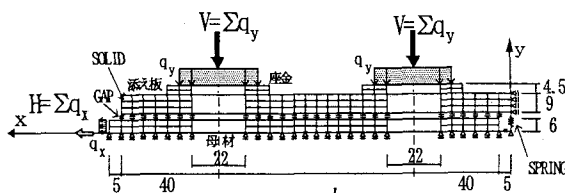


図-4 多円孔モデル図 (mm)

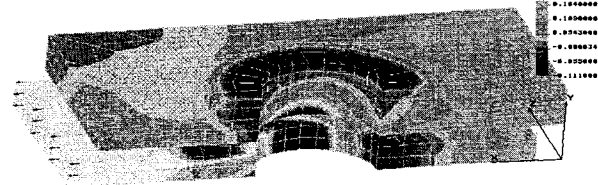


図-5 標準モデル最大主応力分布図



(a) Von-Mises 相当応力分布図

(b) 最大主応力分布図

(c) せん断力分布図

図-6 標準モデル接触面の応力分布図

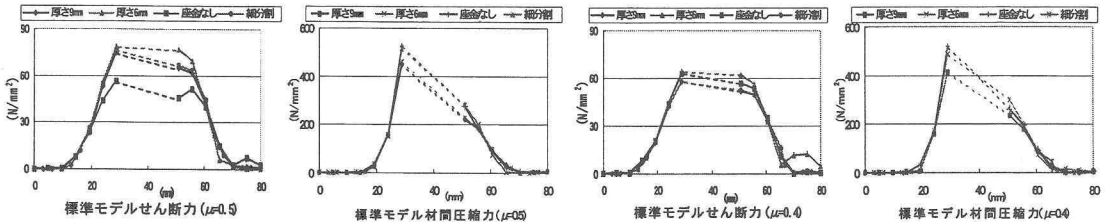


図-7 標準モデルせん断力と材間圧縮力

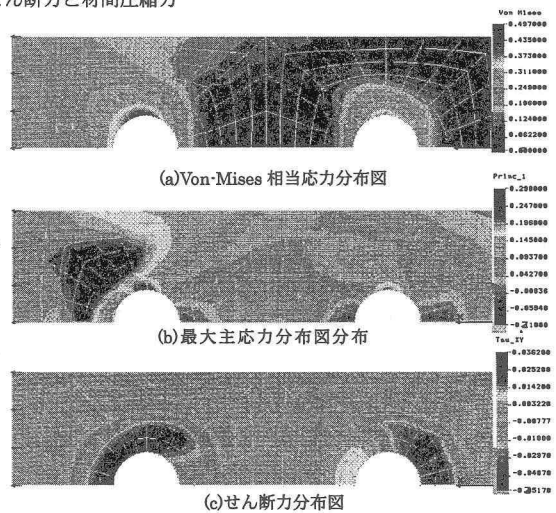
標準ケースの摩擦面での Von-Mises 相当応力は円孔周辺に集中しているのに対して、主応力は引張側円孔の座金縁に沿うように集中している。また、せん断力は円孔に沿うように応力が集中し、円孔を中心として左右ほぼ対称の流れとなる。異なる摩擦係数で比較すると摩擦係数が大きくなるほど応力は増加するが、応力分布性状に変化はない。

多孔モデルでの引張側の Von-Mises 相当応力、主応力は共に標準モデルと同様の応力分布性状であり、応力値は標準ケースと比較するとそれぞれ小さい値を示す。また、引張側でない円孔付近での応力分布は円孔の縁に最大の応力が生じ、引張側よりも応力値が小さい。せん断力分布は標準ケースと異なりそれぞれの円孔の外側に偏った応力分布となり、応力値は小さくなる。

Von-Mises 相当応力・最大主応力は、ボルト本数が増加しても応力分布性状はほとんど変化しない。また、円孔中心距離を変化させたモデルについても解析を行ったが応力分布性状に変化は見られなかった。今回の解析においては主すべりが発生しない限り円孔中心距離を延長できる可能性がある。

4. おわりに

三次元モデル解析の結果、応力分布性状を得ることが出来た。本研究においては非線形の弾性領域内であると仮定して解析を行っているため、今後の課題として塑性領域での応力分布性状の把握や、摩擦係数の変化、曲げやねじり、主すべりなどを考慮した解析が必要である。



(a) Von-Mises 相当応力分布図

(b) 最大主応力分布図分布

(c) せん断力分布図

図-8 多孔モデル接触面の応力分布図

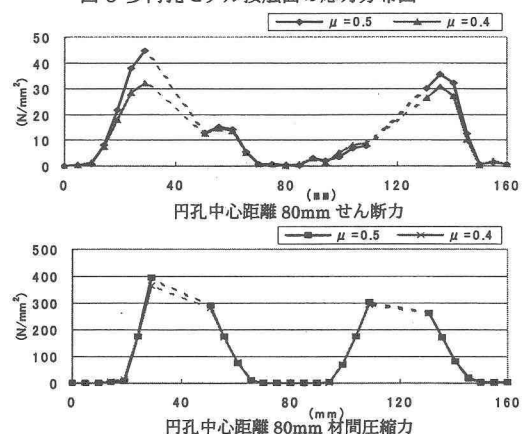


図-9 多孔モデルせん断力と材間圧縮力

[参考文献]

- 1) 平井敬二, 宇野暢芳, 高力ボルト摩擦接合部におけるボルト孔前面の伝達摩擦力に関する実験的研究
鋼構造論文集, 第 10 巻第 39 号, pp.1-10, 2003 年 9 月