

I - 105

FEM解析による高力ボルト軸力キャリブレーション実験の検証

近畿大学理工学部 正会員 谷平 勉 大阪市建設局 正会員 ○ 亀井正博
 日本電子計算 正会員 丹羽量久 滋賀ボルト 正会員 藤田周市
 日本構研情報 正会員 狩野正人 日本工業試験所 正会員 出口恒宜

1. まえがき

既存継手の高力ボルト軸力測定法の一つであるボルト頭部ひずみ測定法では、抜き取ったボルトの引張試験を行わなければならない、その際、測定されるボルトの頭部表面の横方向ひずみは、支持プレートの板厚、ボルトと座金の位置関係（偏心）等の影響を受けるものと考えられる。これらの影響についての検定実験はすでに実施しているが¹⁾、さらに、FEM解析によってその影響を確認したので、結果について報告する。

2. 解析モデル

頭部ひずみゲージによる軸力測定法の供試体のセッティングを模式的に描くと図-1のようになる。解析に用いた有限要素モデルを図-2に示す。解析対象は、高力ボルト、座金、支持プレート、治具で、すべて中実要素を用いてモデル化した。ボルト頭部～座金間、座金～支持プレート間、および支持プレート～治具プレート間の各接触面は接触要素を介して結合させることにより、剥離とすべり（粘着力は無視）を考慮した。解析は表-1に示すように、支持プレート板厚が12mmと30mmの2モデル（以後、12mmモデル、30mmモデルとよぶ）に対して、6ケース行った。なお、解析にはMSC/NASTRANを用いた。

3. 解析結果

ボルト軸力が25tfのときの12mmモデルの変形モードを図-3に示す。すべりを考慮した解析ケースにおいては、12mmモデルでは支持プレートは治具プレートに対してすべっているだけでなく、その外側の大部分が大きく浮き上がっているのがわかる。また、両モデルともすべりを考慮したケースでは、座金は内側に傾くだけでなく外方向にすべっている。

4. 実験値との比較

図-4に解析および実験により得られた軸力とボルト頭部のひずみとの関係を示す。頭部のひずみに関しては、摩擦係数 $\mu = 0.0$ の解析値は、30mmモデルよりも12mmモデルの方がひずみが大きく、実験結果とは逆の傾向になっている。12mm

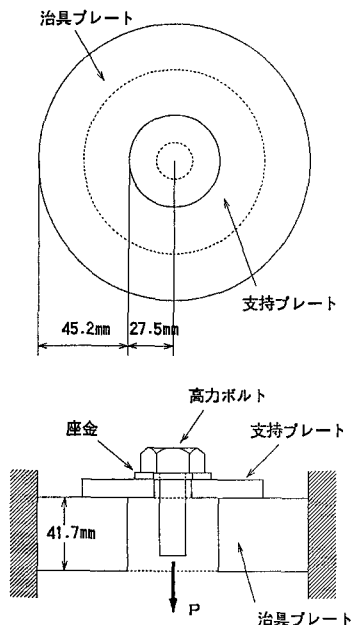


図-1 解析モデル

表-1 解析ケース

摩擦係数 板厚	0.0	0.2	∞
12mm	○	○	○
30mm	○	×	○

注) ×印は収束せず解が得られなかったケース

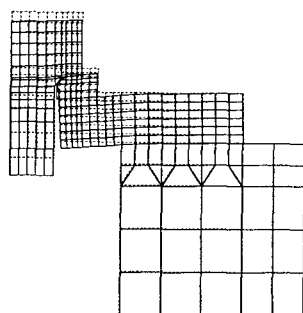
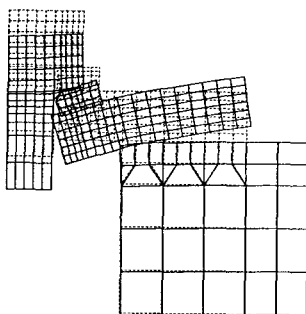
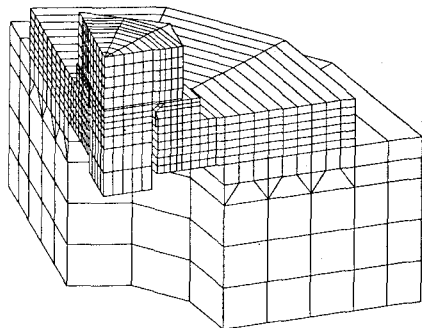
(a) 摩擦係数 $\mu = 0.0$ (b) 摩擦係数 $\mu = \infty$

図-2 有限要素モデル（支持プレート板厚12mm）

図-3 変形モード（支持プレート板厚12mm）

モデルの解析値は実験結果とよく一致している。一方、 $\mu = \infty$ の解析値は、30mm モデルの方が12mm モデルよりもひずみの値は大きく、実験結果の示す傾向と一致しており、両者のひずみ差も実験結果に近い。しかしながら、解析値のひずみの絶対値はいくぶん小さめに評価されている。

5. 考察

ボルト頭部は座金から軸方向圧縮力と半径方向せん断力を受ける。これらの力とともに、ボルト頭部上縁を縮まそうとするモーメントとして作用するため、頭部に横方向ひずみが生じる。ボルト頭部～座金間の接触面に生じている鉛直方向の圧縮応力度の分布を図-5に示す。図からもわかるように、 $\mu = \infty$ の場合は、ボルト頭部～座金間の圧縮応力度は両モデルともほぼ同じ分布形であるが、 $\mu = 0.0, 0.2$ の場合は、12mm モデルの分布形は外側に偏っている。図-6は、ボルト頭部に生じたひずみを軸方向圧縮力によるものと半径方向せん断力によるものとに分けたものである。摩擦係数が大きくなるにしたがって、30mm モデルの軸方向圧縮力による成分が卓越し、結果的に頭部ひずみは30mm モデルの方が12mm モデルよりも大きくなっている。このことから、実際の摩擦係数は0.2よりも大きかったものと推定される。また、 $\mu = \infty$ の場合の解析値が実験値より小さくなった原因としては、治具の切り込み部分を見逃しているため解析では硬めに見込んでおり、さらに、ボルト頭部の高さを基準寸法より0.3mm小さく評価したことや、頭部を完全な六角柱としていることなども考えられる。

6. あとがき

本報告では、ボルト軸力キャリブレーション実験において、支持プレートの板厚がボルト頭部のひずみに及ぼす影響をFEM解析により調べた。頭部ひずみに影響を及ぼす要因とその程度が整理され、軸部と頭部のひずみの関係が明らかになれば、現場で計測された頭部ひずみに何らかの係数を乗じるだけで直ちにボルト軸力が推定できることになる。そのような観点から、今後、偏心の影響、支持プレートの材質の影響などについても研究を進めていく予定である。なお、本報告は関西道路研究会耐久性小委員会（委員長：渡邊英一）での活動成果の一部を、著者らが代表してまとめたものである。種々のご助言を頂いた委員の方々にお礼申し上げる。

参考文献

- 1) 谷平・石原・亀井・畑中：高力ボルト軸力キャリブレーション法の検定実験，土木学会年次学術講演会講演概要集，1993.9.

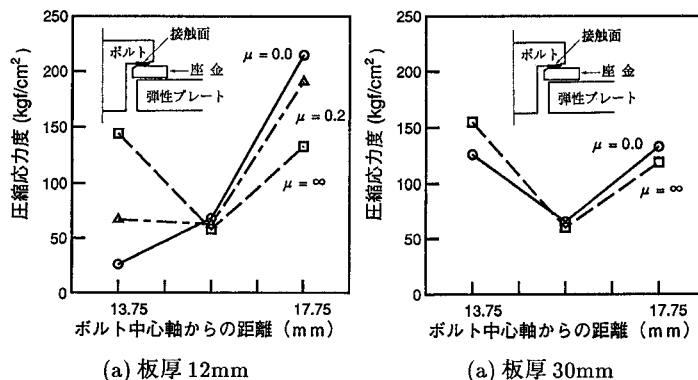


図-5 ボルト頭部～座金間に生じる圧縮応力度

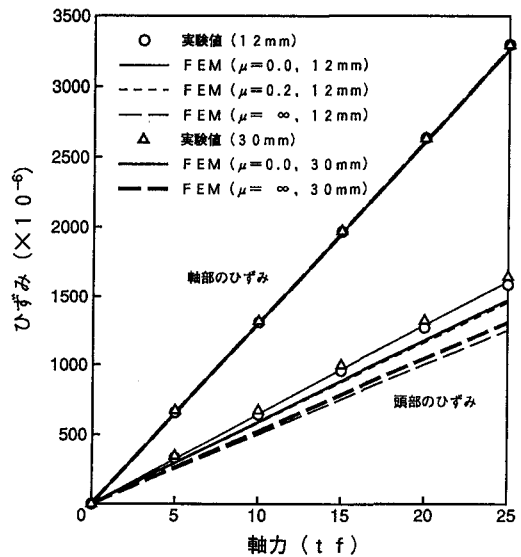


図-4 軸力－ひずみ関係

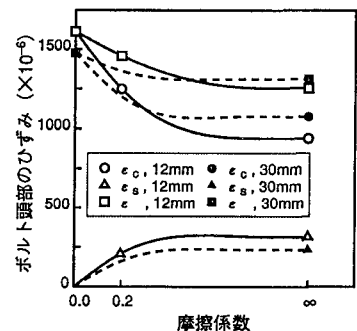


図-6 ボルト頭部に生じるひずみ