

高力ボルト継手部添接板に発生する曲げ応力の解析

<接触面の摩擦力を考慮した場合>

菱日エンジニアリング(株) 正会員 ○宮内 和良
 三菱重工工事(株) フェロー 勝野 壽男
 広島工業大学 工学部 正会員 皆田 理

1. はじめに

橋梁主桁の補修を目的に高力ボルト継手部のボルト取換えを行う場合、継手部の変形・応力状態を実験及び解析により確認しておく必要がある。実験¹⁾を行った結果、ボルトの締付けによりボルト間の添接板表面に当初予想しなかった大きな曲げ応力が発生した。この現象を検討するため、ボルト間の一区画(一般部)および中央部の一区画(中央部)を取り出した3次元モデルを用いて線形有限要素解析を先に行った²⁾。ここではさらに一步解析を進め、実験供試体一般部の解析モデルを用いて接触面の摩擦の影響について検討する。

2. 解析モデル

図-1に示す実験供試体一般部を解析対象とし、対称性を利用して最小な3次元モデルを考えた。(図-2参照)ボルト頭部と添接板および添接板と母材の接触面には摩擦を考慮し、摩擦係数(μ)は表-1に示すように4通りに変化させた。材料は線形材料 SS400 ($E=2.1 \times 10^4 \text{ kg/mm}^2$, $\nu=0.3$) とし、ボルト1本あたりの締付力 22ton をボルト軸力として与える。

解析モデルの周囲4側面の境界条件は、先に行った摩擦無しの解析結果²⁾を勘案して周辺に広がる境界条件(FREE)を用いた。

表-1 解析ケース

ケース名	摩擦係数 (μ)
CASE-M0	0.0
CASE-M1	0.2
CASE-M2	0.4
CASE-M3	0.6

3. 解析結果

- (1) 発生応力：ゲージ添付位置(a点～a'点)に発生する荷重方向(X方向)応力の添接板板厚方向分布を図-3に示す。添接板板厚方向分布はほぼ直線分布となり、軸応力および曲げ応力に分離できる。図によれば、 μ の値によらず軸応力は曲げ応力に比べて小さいこと並びに曲げ応力は μ の増大に伴って減少することがわかる。 μ が0.6になると曲げ応力は摩擦がない場合の約0.4倍になる。
- (2) 添接板-母材の接触状況：ボルト穴縁からX方向距離を横軸に、板厚方向変位を縦軸にとり、添接板裏面および母材表面の変形を

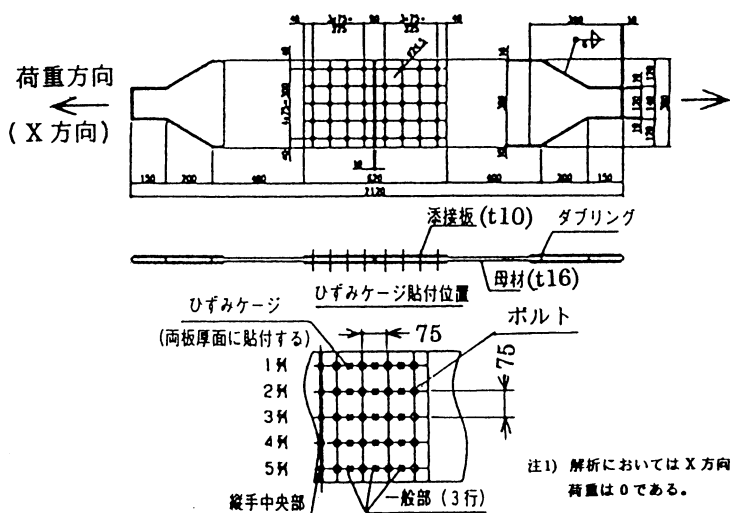


図-1 実験供試体と歪ゲージ位置

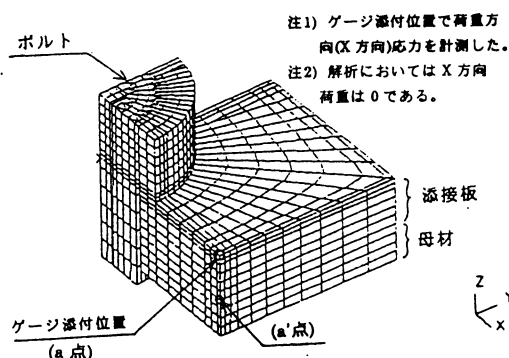


図-2 解析モデル(一般部)

キーワード：鋼橋高力ボルト継手、ボルト取換え、添接板応力、摩擦の影響、有限要素法解析

連絡先：〒231-8715 横浜市中区錦町12番地 TEL:045-621-7486 FAX:045-622-2184

同一図に示したものが図-4(a),(b)である。図は例として摩擦係数(μ)が 0.0, 0.4 の場合を示す。これによれば、ボルト穴の近くでは添接板と母材は接触しており、ボルト穴から離れるに従って隙間が出来る。また、摩擦係数 (μ) が大きいほど添接板と母材の間の隙間は小さくなり、添接板と母材は一体として挙動する。

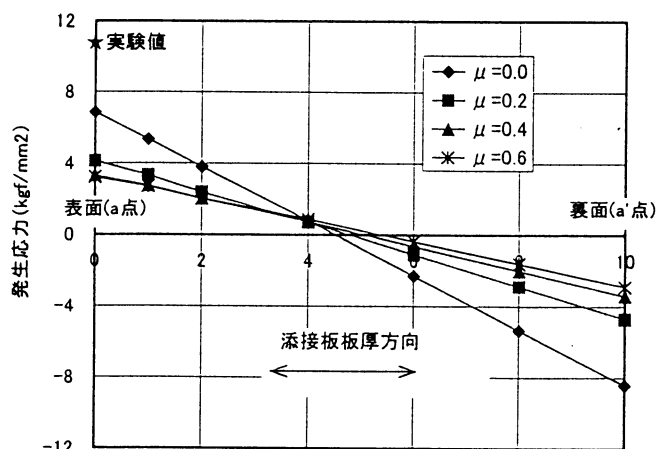


図-3 添接板に発生する応力の板厚方向分布
〔ゲージ添付位置(a点~a'点)、X方向応力〕

表-2 添接板表面・裏面の応力比較 (kgf/mm²)

解析ケース	摩擦係数 (μ)	X 方向発生応力				備考
		表面(a 点)		裏面(a' 点)		
		実験	解析	実験	解析	
CASE-M0	0.0	約 11	6.84	—	−8.44	裏面応力は 計測せず
CASE-M2	0.4		3.34		−3.40	

4. 実験結果との比較

ボルト取換え実験の結果¹⁾と本解析結果との比較を行う。継手一般部における添接板表面のX方向応力を比較して表2にまとめる。この表によれば次のことがわかる。

- 一般部については裏面の実験値が計測されていないが、解析結果から添接板は面外に曲げ変形を受けていることが推測できる。
- 摩擦係数(μ)が0の場合の添接板表面(a点)における応力解析値は実験値の約0.6倍であり、実験は誤差を含むと考えれば両者は比較的一致すると言える。しかし、 $\mu=0.4$ の場合の解析値は実験値の約0.3倍であり明らかに実験結果と異なる。

5. まとめ

ボルト締付に伴って一般部添接板表面(a点)に大きな曲げ応力が発生する。接触面の摩擦係数(μ)が、この曲げ応力に与える影響を有限要素法により解析した。

モデル周囲4側面の対称性を考慮した本解析では、摩擦係数(μ)が大きくなるに従って添接板と母材は一体として挙動する。結果として添接板は面外に曲がりにくくなり表面(a点)の曲げ応力は小さくなる。一方、対称条件とは無関係にボルト締付を行ったと推測される実験では、添接板表面に大きな曲げ応力が発生する。これは、摩擦がない場合の変形(図4(a))のように添接板が面外に大きく曲がったためと考えられる。

従って、今回のボルト取換え実験¹⁾において一般部添接板表面(a点)に発生する応力を有限要素法で求める場合の解析手法としては、摩擦係数(μ)を便宜上 0 とした方が実際に近いことがわかる。

参考文献：1) 皆田 他：鋼橋添接部ボルト取換え実験，橋梁メンテナンス技術レポート Vol.2 1999，pp.76-82

2) 宮内 他：高力ボルト継手部添接板に発生する曲げ応力の解析，第55回 年次学術講演会講演概要，I-8，I-A60

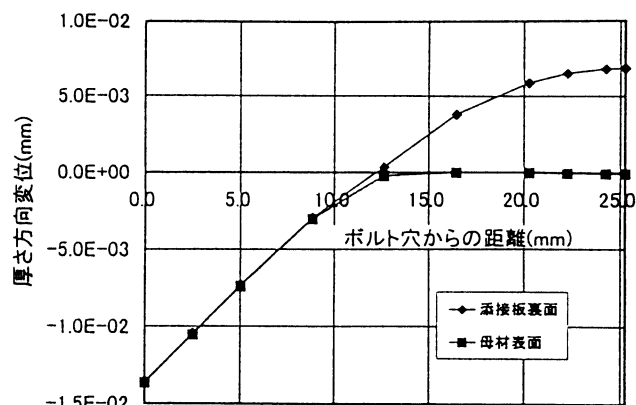


図-4(a) 添接板－母材の接触状況
＜摩擦係数： $\mu=0.0$ ＞

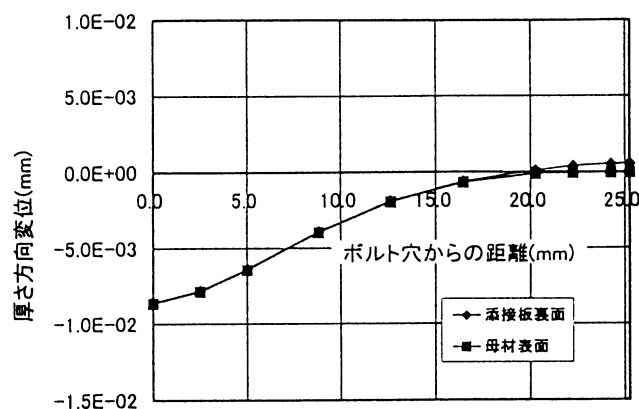


図-4(b) 添接板－母材の接触状況
＜摩擦係数： $\mu=0.4$ ＞