

特殊ナットを用いた2段締め高力ボルト摩擦接合継手の拡大座金に関する解析的研究

大阪市立大学大学院 正会員 ○金城 力 首都高速道路 正会員 峯村 智也
 大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司 IHI インフラシステム 正会員 齊藤 史朗
 駒井ハルテック 正会員 吉岡 夏樹 神鋼ボルト 正会員 林 衛

1. 研究背景および目的

鋼橋の補修、補強工事では、新設部材を既設部材の両側から取り付ける場合が想定され、効率よく新設部材を高力ボルト摩擦接合継手にて取り付ける工法が求められる。そこで、大西ら¹⁾は通常ナット(以下、本ナット)と異なる特殊ナットを開発し、第一の部材を既設部材に取り付けたまま第二の部材を高力ボルト摩擦接合継手にて取り付ける工法を提案した。この工法を採用した高力ボルト摩擦接合継手では、図-1に示すように、第二の部材(ナット側連結板)に拡大孔Φ36が存在し、大きな座金(以下、拡大座金)で拡大孔を覆った後、通常の座金を重ね、本ナットで締め付ける必要がある。

しかし、このような拡大座金に関する規格は定められておらず、拡大座金が連結板に及ぼす影響も明らかではない。

本研究では、拡大座金使用時の変形および接触圧に着目し、その最適な寸法を決定することを目的に、図-1の赤枠部分を対象に、FEM解析を実施した。

2. ナット側連結板のFEM解析

図-2および図-3に解析ケースの形状と要素分割および境界条件を、表-1および表-2に解析ケースと材料特性をそれぞれ示す。解析ケースは8節点および6節点ソリッド要素を用いてケース化した。連結板の材質はSS400、降伏応力は235N/mm²、材料構成則はバイリニアとした。ボルトおよび座金の材質はF10TおよびF35とし材料構成則は弾性とした。なお、全てのケースでヤング率は200,000N/mm²、ポアソン比は0.3とした。

図-3に示す連結板底面には対称条件を設け、ボルト軸部最下面に強制変位を与えた。摩擦係数はボルト頭部と通常座金の接触面を1.0とし、それ以外の接触面は0.4とした。解析ソルバーにAbaqus/Standardを用いた。解析パラメータは、拡大座金の内径(29および31mm)、板厚(8および10mm)、第二の部材取り付け時の施工誤

差を想定したボルト軸芯と連結板孔芯のずれ(ずれ量7mm)の有無とする。なお、比較のため、通常の高力ボルトセットのナット部を再現したケース(NW)も設定した。

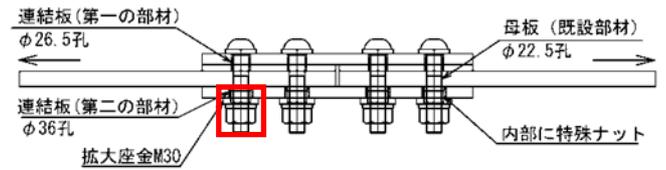


図-1 供試体形状

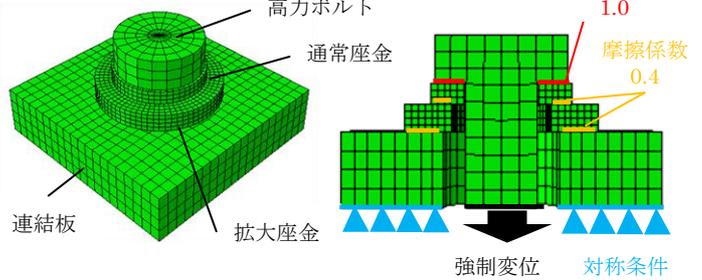


図-2 解析ケースの形状と要素分割及び境界条件

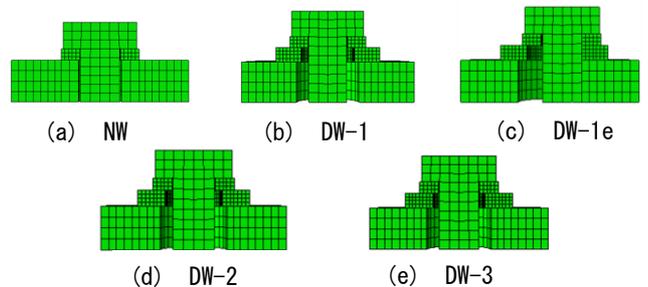


図-3 解析ケース断面図

表-1 解析ケース

解析ケース	連結板		拡大座金			ボルト軸部と連結板のずれ
	板厚 (mm)	孔径 (mm)	内径 (mm)	外径 (mm)	板厚 (mm)	
NW	16	24.5	-	-	8	なし
DW-1	16	36	31	60	8	あり
DW-1e	16	36	31	60	10	あり
DW-2	16	36	29	60	8	なし
DW-3	16	36	29	60	10	なし

表-2 解析条件

部材	連結板	ボルト	座金
要素	8節点および6節点ソリッド要素		
材質	SS400	F10T	F35
ヤング率(N/mm ²)	200,000		
ポアソン比	0.3		
降伏応力(N/mm ²)	235	-	-
構成則	バイリニア	弾性	弾性

3. 解析結果と考察

3.1 連結板の接触圧

図-4 に M22F10T の標準ボルト軸力(226kN)を導入した際の連結板のナット側接触面における接触圧分布を示す。接触圧は、図-4 から、いずれのケースについても、孔周辺において接触圧が高くなり、ボルトから離れる程低くなる。また、軸芯のずれがあるケース(DW-1e)を除いて同心円状に接触圧が分布している。拡大孔を用いるケースは通常ケース(NW)に比べ接触圧の分布範囲が大きくなった。分布範囲は拡大座金の板厚 $t=10\text{mm}$ のケース(DW-2)で一番大きくなった。軸芯のずれがあるケース(DW-1e)では接触圧がすべてのケースの中での最大値を示し、接触圧の分布に偏りが確認できた。

表-3 に連結板孔の円周方向における接触圧(以下、孔縁接触圧)の最大値を示す。内径 $\Phi 31\text{mm}$ のケース(DW-1)は内径 $\Phi 29\text{mm}$ のケース(DW-3)に比べその値が約 8%低下し、通常ケース(NW)に比べ約 5%の増加に留まった。なお、板厚 $t=10\text{mm}$ のケース(DW-2)は通常ケース(NW)に比べ、孔縁接触圧の最大値が約 10%低下した。

3.2 座金の変形

図-5 に軸力導入時における拡大座金の変位分布を、図-6 には座金の変形状態を示す。ここで示した拡大座金の変位は拡大座金底面における鉛直方向変位である。軸芯のずれのない、いずれのケースも、孔中心に近づくに連れて拡大座金の変位は大きくなっており、最大でも約 0.03mm となっている。板厚 $t=10\text{mm}$ のケース(DW-2)の変位は通常ケース(NW)の値とほぼ等しくなった。図-6 よりずれがあるケース(DW-1e)では、座金外縁の浮き上がりが認められるが、完全に離間することなく、接触域が確保されていることが確認できる。

4. まとめ

- 1) 内径 $\Phi 31\text{mm}$ のケース(DW-1)において、孔縁内径側の接触圧の最大値は通常ケース(NW)の値に比べ、約 5%の増加に留まった。
- 2) ずれがないケースでは座金外縁は浮き上がらず、接触圧を伝達している。しかしながら、本研究で対象とした拡大座金では、ずれがある場合(DW-1e)においても座金外縁の浮き上がりに留まり、座金としての

十分な機能を有していると考えられる。

- 3) 解析結果より、汎用性にも優れている内径 $\Phi 31\text{mm}$ 、外径 $\Phi 60\text{mm}$ 、板厚 8mm の摩擦接合用 M30 座金を適用することとした。

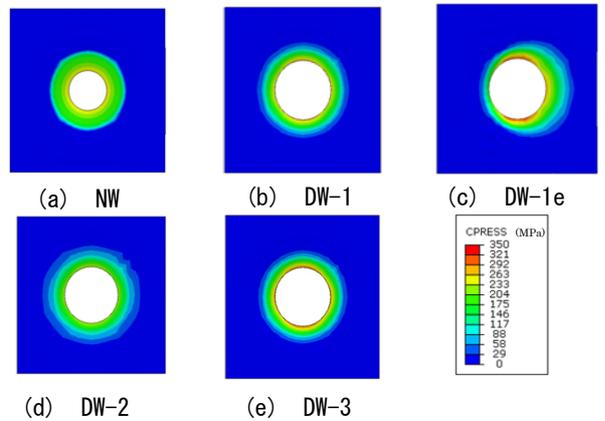


図-4 連結板表面における接触圧の分布

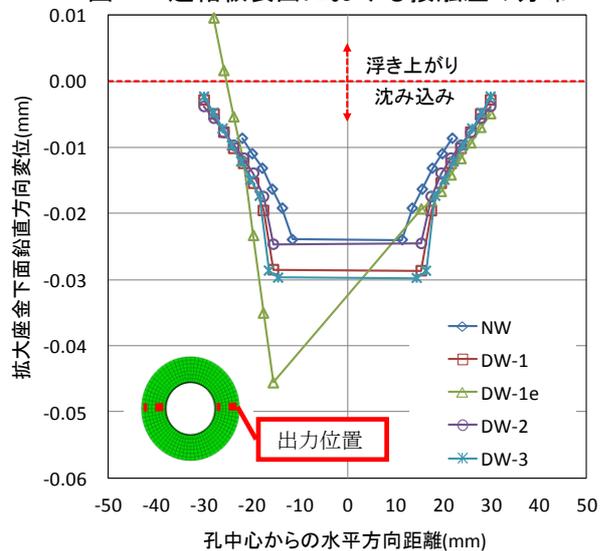


図-5 拡大座金変位

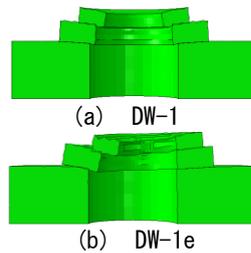


図-6 変形図(変形倍率 50 倍)

表-3 孔縁接触圧最大値

解析ケース	接触圧最大値
NW	263.9
DW-1	276.4
DW-1e	323.8
DW-2	239.7
DW-3	301.1

参考文献

- 1) 大西ら：鋼板両側に補強部材を連結する 2 段締めナットの開発，土木学会年次学術講演会講演概要集，I-446，2014.9
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，I 共通編・II 鋼橋編，2012.3
- 3) 土木学会：高力ボルト摩擦接合継手の設計・施工・維持管理指針(案)，2006.12