

大阪市立大学工学部 学生会員 ○金城 力 大阪市立大学大学院 正 会 員 山口 隆司
大阪市立大学大学院 正 会 員 松村 政秀 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工法が求められている。その際、第一の部材を取り付けた後に第二の部材を取り付けるが、施工時の都合上、その接合部では通常と異なるボルト形式が必要となる。そこで、溝口ら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取り付ける工法を提案した。

本工法では、第一の部材締結時は特殊ナットのみで、第二の部材締結時は、本ナットにより締結する。特殊ナットを締結した状態で第二の部材を締結するため、拡大孔を有する継手となることが特徴である。そのため、通常の座金に加えて、それより大きな座金を用い(以下、拡大座金)が必要となる。溝口らはこれらのボルト継手形式に対し、すべり試験を実施し、母板の接合面処理がケレンの供試体のすべり係数が道路橋示方書の規定値²⁾である 0.40 を上回ることを明らかにした。

本研究では、各施工段階の継手性能を評価することを目的として、母板の接合面処理が無機ジンクの場合や施工段階を想定した特殊ナットの取り外しの影響および母板と連結板の孔ずれの有無をパラメータとし、施工期間を考慮したリラクゼーション試験およびすべり試験を実施した。

2. 実験供試体

図-1 に供試体形状を、表-1 に構造諸元と実験パラメータをそれぞれ示す。一面摩擦供試体(SZ, SK)は、目標導入軸力を 123kN とし、特殊ナットのみで締結した後に 1 ヶ月間のリラクゼーションを計測し、すべり試験を実施した供試体である。

二面摩擦供試体(DZ, DK)は、目標導入軸力を 225.5kN とし、引き続き本ナットで締結した後 1 ヶ月のリラクゼーションを計測し、すべり試験を実施した供試体である。特殊ナットの取り外しは特殊ナットを締結した

状態の影響を検討するために設けている。施工時の誤差を想定した孔ずれについては、図-2 に示すように、あらかじめ母板と連結板がずれるように設計した。孔ずれ量は 6.75mm である。

なお、供試体の拡大座金の寸法は、FEM 解析により連結板の接触圧等を検討した上で決定した。連結板の接合面は無機ジンクリッチペイントを目標膜厚 75 μ m で塗布し、母板に対するケレンでは、ディスクサンダーを用い、処理後の表面粗さは Ra=7.6~10.3 μ m であった。

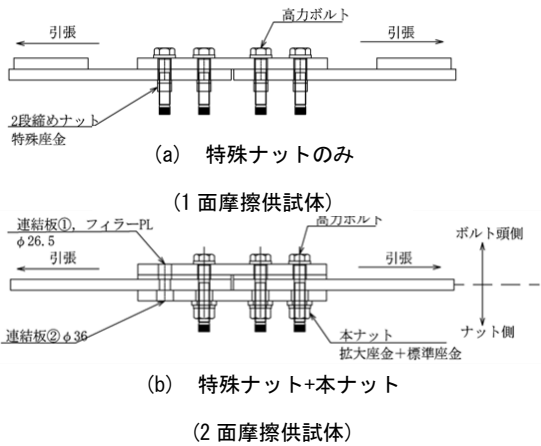


図-1 供試体形状(単位:mm)

表-1 供試体の構造諸元とパラメータ

供試体名		構造諸元						パラメータ			
		拡大座金内径 (mm)	拡大座金外径 (mm)	母板降伏耐力 P_{YM}	連結板降伏耐力 P_{YS}	すべり耐力 P_{SL}	すべり/降伏耐力比 β	供試体数	母板の接合面処理	特殊ナットの取り外し	母板と連結板の孔ずれ
一面摩擦	SZ-1	31	60	401	276	98	0.36	5	ジンク	無し	無し
	SK-1								ケレン		
二面摩擦	DZ-221				517	279	0.70	3	ジンク	有り	
	DZ-222								無し	無し	
	DK-221							5	ケレン		有り
	DK-222								無し		
	DZ-221e	ジンク	有り								
DK-221e	ケレン	有り									

※すべり/降伏耐力比はすべり係数の値を 0.4, ボルト軸力を M22 の設計ボルト軸力(205kN)として算出した。なお、設計耐力は公称値を用いている。

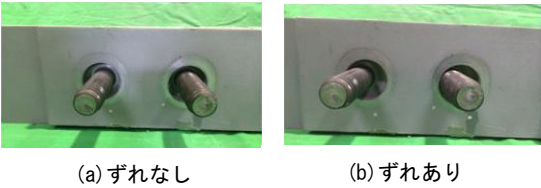


図-2 母板と連結板の孔ずれ

3. 試験結果と考察

表-2 に試験結果のまとめを示す。リラクゼーション試験では、軸力低下率が概ね 10%程度となり、1 面摩擦の場合の方が 2 面摩擦よりもやや大きい傾向が見られた。これは締め付け部材厚に占める無機ジंकの膜厚の違いによるものと考えられる。

すべり試験では、母板の接合面処理が無機ジंकの場合に比べて、ケレンの場合ではすべり係数 μ_1 は目標導入軸力が 123kN の 1 面摩擦で 13%, 225.5kN の 2 面摩擦で 25%ほど低下したものの設計すべり係数 0.40 以上を満足した。ケレンと無機ジंकの異種接合面の場合のすべり係数は、ケレンの程度によって設計すべり係数を下回ることが知られており、本研究で行ったケレンの程度であれば 0.40 を確保できると考えられる。

特殊ナットの取り外しの有無の影響を調べるため、図-3 に示すようにすべり面を観察した。なお、写真左側は頭部側連結板とフィラーの接触面、母板とナット側連結板の接触面を示し、写真右側はフィラーと母板の接触面を示す。すべり面の観察から、いずれの供試体においても、すべり痕が類似しており、特殊ナットの取り外しの有無によるすべり係数への影響は少ないと考えられる。

母板と連結板の孔ずれに着目すると、表-2 より、孔ずれがない場合に比べて、孔ずれがある場合ではすべり係数のばらつきが大きくなった。これには、図-4 に示すように孔ずれがある一部の供試体ではすべり痕が異なっていたことも関係していると考えられる。このように、拡大座金と孔位置の関係のわずかな違いによってすべり耐力が変化したものと考えられる。

4. まとめ

本研究では、特殊ナットを用いる高力ボルト摩擦接合継手の各施工段階における継手性能の評価を目的とし、施工段階を想定したリラクゼーション試験およびすべり試験を実施した。以下に得られた結果をまとめる。

- 1) リラクゼーション試験では、軸力低下率が全ての供試体で概ね 10%程度の低下率に留まった。
- 2) 本研究で行った母板：ケレンでは、連結板：無機ジंकの場合の組み合わせにおいて、すべり係数が 0.40 を満足した。
- 3) 特殊ナットの取り外しの有無によるすべりへの影響

は確認できなかった。また、母板と連結板の孔ずれはすべり係数のばらつきが大きくなる傾向となった。

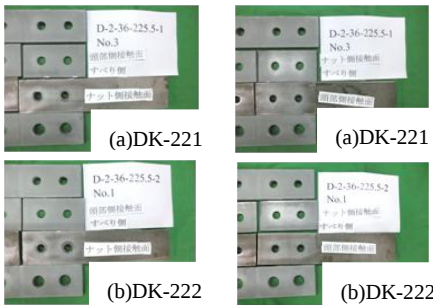


図-3 特殊ナットの取り外しの有無のすべり面

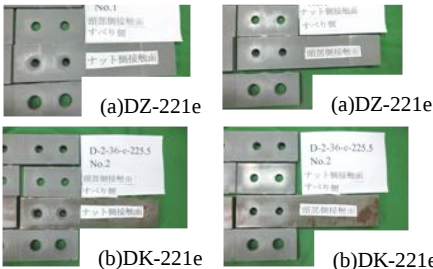


図-4 孔ずれのある供試体のすべり面

表-2 実験結果

供試体名	ナット形式	試験前軸力 (N_t) (kN)	すべり 荷重 (kN)	すべり 係数 (μ_1)	設計す べり 係数 (μ_2)	μ_1 変動 係数	1ヶ月後 軸力 低下率 (%)	すべり面
SZ-1	特殊ナット	106.9	-	-	-	0.017	-	1
		107.9	-	-	-		12.4	2
		109.2	148.9	0.68	0.61		12.0	2
		107.7	152.9	0.71	0.62		13.3	1
		110.9	152.7	0.69	0.62		11.8	1
	SZ-1平均	108.5	151.5	0.69	0.62		12.4	
SK-1	特殊ナット	109.5	132.4	0.60	0.54	0.031	8.2	2
		110.1	137.0	0.62	0.56		11.7	2
		100.3	117.7	0.59	0.48		14.2	2
		106.5	120.6	0.57	0.49		11.5	2
		105.9	126.4	0.60	0.51		12.1	2
	SK-1平均	106.5	126.8	0.60	0.52		11.5	
DZ-221	特殊ナット 撤去後	198.4	454.2	0.57	0.48	0.022	10.3	1
	本ナット	232.1	513.5	0.55	0.57		9.7	2
	DZ-221平均	194.4	453.8	0.58	0.47		10.6	2
	DZ-221平均	208.3	473.8	0.57	0.51		10.2	
DZ-222	特殊ナット & 本ナット	191.5	474.7	0.62	0.47	0.014	10.6	2
	DZ-222平均	195.0	481.3	0.62	0.48		11.5	2
	DZ-222平均	188.8	453.7	0.60	0.46		10.7	2
	DZ-222平均	191.8	469.9	0.61	0.47		10.9	
DK-221	特殊ナット 撤去後 本ナット	198.1	374.0	0.47	0.48	0.041	9.8	2
		188.4	357.3	0.47	0.46		9.7	2
		192.0	349.0	0.45	0.47		9.8	2
		205.6	362.0	0.44	0.50		9.5	2
		200.0	340.0	0.43	0.49		7.8	2
	DK-221平均	196.8	356.5	0.45	0.48		9.3	
DK-222	特殊ナット & 本ナット	201.4	367.4	0.46	0.49	0.028	9.1	2
		231.1	405.0	0.44	0.56		11.1	2
		230.2	407.4	0.44	0.53		11.2	2
		218.3	-	-	-		9.5	2
		226.3	382.0	0.42	0.55		10.2	2
	DK-222平均	221.5	390.5	0.44	0.54		10.3	
DZ-221e	特殊ナット 撤去後 本ナット	187.8	459.7	0.61	0.46	0.054	10.3	2
		206.4	440.3	0.53	0.50		11.5	1
		199.1	481.9	0.61	0.49		10.1	1
		200.4	448.6	0.56	0.49		9.5	1
		197.0	479.6	0.61	0.48		9.7	1
	DZ-221e平均	198.1	462.0	0.58	0.48		10.2	
DK-221e	特殊ナット 撤去後 本ナット	200.2	318.7	0.40	0.49	0.062	7.9	2
		202.1	340.8	0.42	0.49		7.8	2
		195.3	-	-	-		9.5	2
		197.6	365.4	0.46	0.48		11.3	2
		192.4	-	-	0.47		9.8	2
	DK-221e平均	197.5	341.6	0.43	0.48		9.3	

μ_1 ：試験前軸力に対するすべり係数

μ_2 ：設計ボルト軸力に対するすべり係数

※すべり面は 1: ボルト頭部側連結板とフィラーの接触面

2: フィラーと母板の接触面

参考文献

- 1) 溝口・大西・吉岡・齊藤・篠崎，両側に補強部材を連結する
2 段階締めナットの開発，土木学会年次学術講演会講演概要集，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