

多列厚板高力ボルト摩擦接合継手のすべり挙動に関する解析的検討

大阪市立大学大学院工学研究科 学生会員 ○彭 雪 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 山口 隆司
(独)土木研究所 正会員 村越 潤 (独)土木研究所 正会員 澤田 守
(独)土木研究所 正会員 遠山 直樹 (独)土木研究所 大嶽 敦郎

1. 研究背景および目的

近年、コスト削減の観点から、75mmを超える厚板鋼板を主部材に用い、従来構造より部材数を低減し、製作性にも有利な橋梁が建設されている。厚板鋼板の接合に高力ボルト摩擦接合継手（以下、ボルト接合）を適用する場合、継手自体が多列化・大型化する傾向にあるが、すべり耐力、ボルト列数、初期不整等が継手性能に与える影響について定量的に明らかにされるには至っていない。著者らはこのような背景のもと平成21年度から厚板鋼板のボルト接合を対象に、実物大継手部の引張載荷実験を実施している。ここでは、一連の実験結果を補完し、厚板多列継手におけるすべり発生メカニズムを数値解析により解明することを目的として、FEM解析を行った。本稿では、実験結果に基づく解析モデルの妥当性の検証と12列継手におけるすべり/降伏耐力比 β （以下、 β ）の影響について報告する。

2. 解析モデルの検証

文献1)に示される引張載荷実験の再現解析を行い、解析モデルの妥当性を検証した。解析モデルの形状および諸元、材質は、実験供試体と同じとし、実験結果を再現できるよう解析における摩擦係数を設定した。解析には汎用のFEM解析コードABAQUSを用い、材料・境界・幾何学的の3つの非線形性を考慮した。原則、8節点のソリ

表-1 解析ケース

解析ケース名		M22-12-0.47A	M22-12-0.95A
ボルトM22(F10T) 孔径24.5mm	本数	12	12
	軸力(kN/本)	205	205
母材 SM490	板厚(mm)	75	75
連結板 SM490	板厚(mm)	38	38
試験体幅(mm)		190	110
備考		すべり先行	母材降伏
材料特性			
SM490(母材)			
ヤング率	ポアソン比	応力(N/mm ²)	塑性ひずみ
206500	0.289	363.3	0
		363.9	0.0159
		444.7	0.0351
		476.1	0.0528
SM490(連結板)			
ヤング率	ポアソン比	応力(N/mm ²)	塑性ひずみ
213400	0.271	375.7	0
		377.2	0.0168
		400.3	0.0228
		416.4	0.0268

表-2 解析結果と実験結果の比較

ケース名	M22-12-0.47	M22-12-0.47A	M22-12-0.95	M22-12-0.95A
すべり荷重(kN)	3375	3371	2975	2860
すべり係数	0.69	0.69	0.62	0.6
摩擦係数	-	0.73	-	0.73
β	0.75	0.75	1.28	1.22
備考	すべり先行		母材降伏	

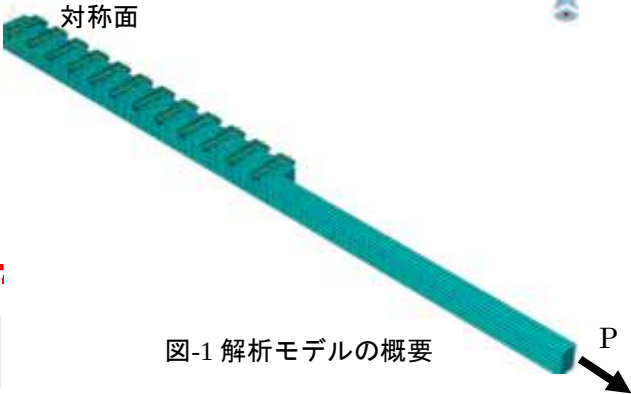


図-1 解析モデルの概要

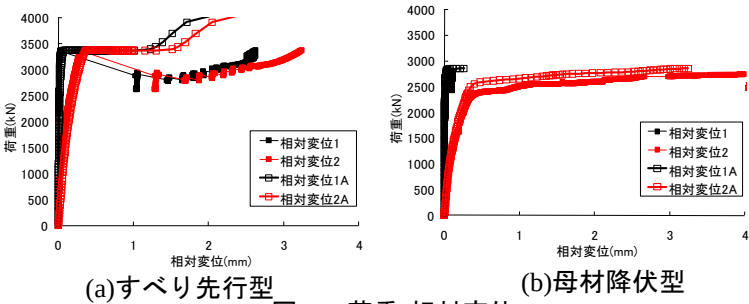


図-3 荷重-相対変位

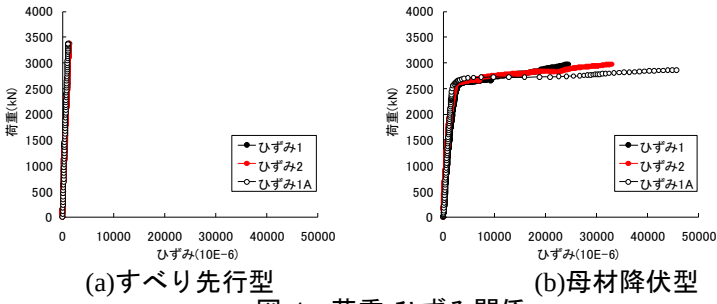


図-4 荷重-ひずみ関係

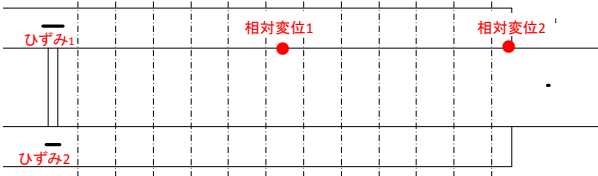


図-2 測定位置

ッド要素を用い、約 30,000 の要素に分割した。図-1 に解析モデルの概要を、表-1 に解析ケースをそれぞれ示す。ケース名は、M(ボルトの呼び径)・(列数)・(β の設定値)であり、最後の英字 A がつくものは解析を意味している。また、解析における着目点である相対変位とひずみの測定位置を図-2 に示す。表-2 に解析結果と実験結果との比較を、図-3、4 に解析で得られた荷重-相対変位、荷重-ひずみ関係をそれぞれ示す。表-2 より、すべり荷重のレベルが実験値と解析値とではほぼ一致しており、解析における摩擦係数の設定に問題がないことを確認した。また、図-3、図-4 における荷重-相対変位、荷重-ひずみ関係は、両者ともに良く一致しており本解析モデルが妥当であると判断できる。

3. すべり耐力/降伏耐力比 β の違いがすべり挙動に与える影響

すべり挙動に影響を与える要因の1つである β に着目し、2章で検証したモデルと同様の方針で解析モデルを作成した。解析ケースを表-3 に示す。解析にはすべり先行型である M22-12-0.55A とすべり先行型ではあるが降伏先行型の挙動を示す M22-12-0.95A の2ケースを設定した。ただし、すべり係数の低下等を評価するため、2章と異なり摩擦係数は 0.5 の一定値を与えている。解析結果のまとめを表-4 に、ボルト軸力の変化を図-5 にそれぞれ示す。図-5 は、載荷荷重 P をすべり荷重 P_{sl} で無次元化し、 P/P_{sl} が、0、0.8、1 の時のボルト軸力の変化を示している。また、図-6 にすべり発生時の連結板の Mises 応力を、図-7 に軸力導入時の母板と連結板の接触圧をそれぞれ示す。

表-4 より β が大きい M22-12-0.95A のすべり係数は、 β が小さい M22-12-0.55A と比べて、3% 程度低下し、軸力低下率の平均値も大きくなっている。ボルト軸力の低下は連結板の降伏とも密接に関係しており、継手内側の連結板の局部降伏の大小とボルト軸力低下の大小が関係していることがわかる。また、 β が 0.95 と 1.0 より小さい場合であつてもすべり発生時には継手内側ボルトの周辺で局部降伏が進展しており、すべり係数の若干の低下をもたらしている。

表-3 解析ケース

解析ケース名		M22-12-0.55A	M22-12-0.95A
ボルト M22(F10T)	本数	12	12
孔径 24.5mm	軸力(kN/本)	205	205
母材 SM490	板厚(mm)	75	75
連結板 SM490R	板厚(mm)	38	38
試験体幅(mm)		190	110
すべり耐力/降伏耐力 β		0.55	0.95

表-4 解析結果のまとめ

ケース名	M22-12-0.55A	M22-12-0.95A
すべり荷重(kN)	2387	2239
すべり係数	0.483	0.469
軸力低下率 (全モデルの平均)	3.4%	6.3%

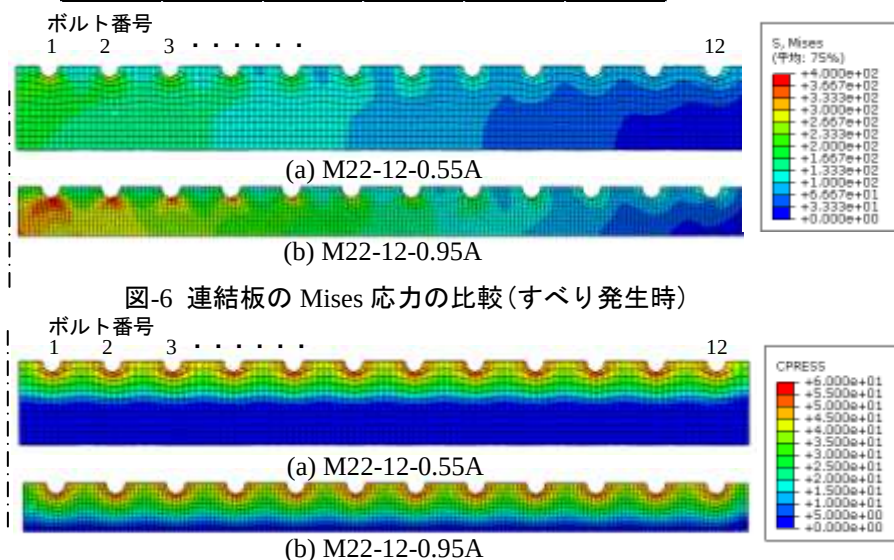


図-7 連結板の接触圧の比較(軸力導入時)

4. 今後の課題

今後は、これらの解析結果を詳細に分析し、多列継手の荷重伝達メカニズムとすべり係数低下のメカニズムの関係から列数とすべり係数の低下関係を明らかにする予定である。また、初期不整(肌隙)や導入ボルト軸力の変動がすべり耐力に与える影響についても検討する予定である。

参考文献 1) 彭雪, 山口隆司, 松村政秀, 村越潤, 梁取直樹, 石澤俊希: 多列厚板高力ボルト摩擦接合継手のすべり挙動に関する引張載荷実験,

土木学会第 65 回年次学術講演会, I-471, 2010

