

高力ボルト継手の終局挙動に及ぼす板厚の影響に関する研究

石川工業高等専門学校 学生会員 舟山耕平
石川工業高等専門学校 正会員 三ツ木幸子

1. はじめに

我が国では、高力ボルト継手の多くは摩擦接合として用いられてきている。摩擦接合はすべりを起こさないことを前提とするため、継手部におけるすべり後の終局挙動に関する研究は少ない。一方、阪神淡路大震災、東日本大震災と想定外の荷重を経験し、巨大地震時のリスクの最小化を求める動きが出始めている。この時期に、高力ボルト継手の設計方法を検討して巨大地震時のリスクを最小化するため、すべり後の高力ボルト継手の挙動を把握することは意義あることと考えられる。

そこで本研究では、高力ボルト継手の引張試験を行って、すべり後の終局挙動について耐荷力と変形性能の視点から基礎的な研究を行っている。本報告では、厚板 19 mm の試験体の試験結果を報告するとともに、H23 年度に行われた薄板 9 mm の場合と比較検討を行う。

2. 研究概要

2.1 試験体

母材の板幅を 120 mm とし、厚さを 19 mm としたボルト 1 本の高力ボルト継手を用いて、縁端距離を 40 mm と 60 mm に変化させ、軸力有り無し試験体を作成し、4 タイプの試験体について各 3 本ずつ引張試験を行った。添接板の板厚を 11 mm とし、母材の縁端あるいは、高力ボルトのせん断で終局強度が決まるよう設計を行った。

試験体数と形状を表-1 と図-1 に示す。

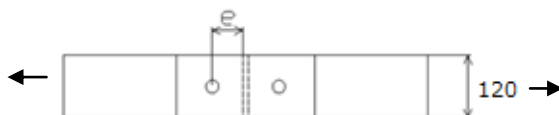


図-1 試験体

表-1 試験体数

		縁端距離 e	
		40mm	60mm
軸力	有り	3	3
	無し	3	3

2.2 試験方法

試験体は軸力有りの場合、設計軸力（205kN）を目標にトルクレンチで締め付け、軸力無しの場合、手締めを行って密着させた。この試験体を万能試験機に設置して引張試験を行った。軸力無しの場合は、載荷を約 10kN まで行い、母材と添接板の相対ずれを計測するための基準線を、荷重方向のボルトの中心位置で試験体の板厚面（コバ面）に水平に引いた。なお、主として塑性変形による相対変位を計測することを計画したため、基準線を支圧応力が降伏応力に達しない段階の 10kN で基準線を引いた。

軸力有りの試験体に関しては、試験体をセットし軸力を導入した後、載荷前に水平線を引き、これを基準線とした。

荷重段階については、材料試験とミルシートの結果から得られた結果から算出した降伏荷重、破断荷重を参考に決定した。本試験では、軸力有り無しともに 30kN ずつ荷重を増加して載荷を行い、ボルト位置の母材と添接板の相対ずれ、母材端間の距離の測定を目視で行った。載荷は母材あるいはボルトが破断するまで行った。試験終了後、試験体を解体し、試験体を観察し、写真撮影を行い、非破断ボルト孔の荷重方向の径をノギスによって計測した。

3. 試験結果と考察

3.1 試験結果

最大荷重（終局耐力）、すべり荷重、すべり後の極小荷重、破断位置、試験後の未破断孔のボルト孔径について、軸力無しは表-2 に、軸力有りは表-3 に示す。また、試験体ケースの名称の F は軸力有りを、B は無しを示す。その後の 120 は試験体の幅を、次の 40 あるいは 60 は縁端距離を示す。

キーワード: 高力ボルト継手、終局挙動、すべり後、耐荷力、変形性能

連絡先: 〒929-0392 石川県河北郡津幡町北中条タ1 石川工業高等専門学校

TEL:076-288-8163

表－2 軸力無し試験結果

軸力無し試験結果 表－2								
試験体ケース	最大荷重 (kN)	破断位置	ボルト孔径(母材) (mm)		ボルト孔径(添接板) (mm)			
B-120-40-①	362.3	縁端 上	37.95	—	25.70	25.70	25.35	25.30
B-120-40-②	370.0	縁端 上	36.65	—	26.20	26.60	25.90	25.90
B-120-40-③	370.0	縁端 下	—	39.10	26.80	26.70	26.20	25.95
B-120-60-②	473.5	ボルト 下	33.40	34.65	29.45	29.10	28.15	27.50
B-120-60-③	470.5	ボルト 上下	36.35	36.15	28.00	27.85	29.40	29.75

表－3 軸力有り試験結果

試験体ケース	最大荷重 (kN)	破断位置	ボルト孔径(母材) (mm)		ボルト孔径(添接板) (mm)			
F-120-40-①	388.0	縁端 下	40.20	—	26.60	26.80	25.80	25.80
F-120-40-②	384.0	縁端 下	38.90	—	25.75	25.70	26.55	26.20
F-120-40-③	385.0	縁端 下	36.00	—	26.20	26.55	25.45	25.60
F-120-60-①	482.0	ボルト 下	38.20	34.30	29.80	29.35	27.85	27.15
F-120-60-②	473.5	ボルト 上	34.90	36.50	27.85	28.50	29.75	30.05
F-120-60-③	497.5	ボルト 下	40.35	36.55	30.45	29.90	28.40	28.30



写真－1



写真－2



写真－3

縁端距離が 40mm の場合は縁端のせん断で破壊し、60mm の場合はボルトのせん断で破断している。また、縁端のせん断破断の状況を写真－1 に、ボルトのせん断破断の状況を写真－2, 3 に示す。ボルトはねじ部の最も内側の谷部を含む断面で斜めに破断していた。

3.2 ボルトのせん断強度

ボルトのせん断強度について、断面積を $\phi=22$ mm として 2 面せん断を仮定して計算したもの(a)、(a) の断面積を有効断面積 303mm² で計算したものを(b)として表－4に示す。さらに、材料強度と比較するため、ミルシートの引張強度から(1)式を用いて算出したせん断強度を(c)に示す。

$$\tau_u = P_u / \sqrt{3} \cdots (1)$$

表－4 ボルトのせん断強度

軸力		有り	無し
算出方法	A(mm ²)	せん断強度(N/mm ²)	
a	379.9	637.4	621.2
b	303.0	799.2	778.9
c	—	620.7	

以上から、ボルトのせん断はボルト径の値を用いて求めたせん断応力と材料強度から求まるせん断強度を比較して評価できると考えられる。

3.3 縁端部のせん断強度

縁端のせん断で破断したケースについて、縁端のせん断強度を算出し、材料試験結果から算出したせん断強度との値と比較する。また、H23 年度に行われた薄板の試験結果とも比較した。これらをまとめたものを以下の表－5に示す。

表－5 縁端部のせん断強度

軸力	19mm		9mm	
	実験値平均 (N/mm ²)	材料試験 (N/mm ²)	実験値平均 (N/mm ²)	材料試験 (N/mm ²)
無し	241.7	250.0	232.4	253.5
有り	253.7		255.6	

3.4 すべり荷重値、すべり後の極小値の比較

軸力有りの試験体に見られるすべりについて、すべり荷重及びすべり後の極小荷重を以下の表－6に示す。

表－6 すべり荷重及びすべり極小値

試験体ケース	19mm			9mm
	すべり荷重 (kN)	すべり荷重極小値 (kN)	すべり荷重/ すべり極小値	すべり荷重/ すべり極小値
F-120-40-①	268.0	101.5	0.38	0.8
F-120-40-②	255.5	117.0	0.46	
F-120-40-③	270.0	200.0	0.74	
F-120-60-①	253.5	149.5	0.59	
F-120-60-②	269.5	118.5	0.44	
F-120-60-③	243.0	130.5	0.54	

4. まとめ

以上をまとめると以下ようになる。

- (1) ボルトのせん断は、最小断面積のネジ部であったが、せん断強度は軸部の断面積を用いて評価できると考えられる。
- (2) 縁端のせん断強度は、軸力の有無で多少差はあるが、9mm と同様に材料強度を用いて算出したせん断強度で評価できると考えられる。
- (3) 板厚の違いによって、すべり荷重値に対するすべり極小値の割合に大きな差がでることが分かった。これは、すべり直後の軸力の低下に起因するものと考えられる。

5. 参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書Ⅱ鋼橋編(2002)
- 2) 高井俊和、山口隆司、三ツ木幸子、西川真未：「高力ボルト継手の終局挙動における孔変形に着目し 2, 3 の考察」構造工学論文集(2014 年 3 月)
- 3) 松波貴志、三ツ木幸子、西川真未、山口隆司：「軸力を入れない高力ボルト継手の終局耐力に関する基礎的研究」(2012)
- 4) 西川真未、三ツ木幸子、松波貴志、山口隆司：「摩擦接合継手のすべり後の耐荷性能に関する基礎的研究」(2012)