

高力ボルト継手の終局挙動における変形性能に関する研究

石川工業高等専門学校専攻科 学生会員 大河 滉典
 石川工業高等専門学校専攻科 正会員 三ツ木幸子
 大阪市立 大学院 正会員 山口 隆司
 大阪市立大学大学院 学生会員 高井 俊和
 金沢市役所 非会員 松波 翔吾

1. はじめに

我が国の高力ボルト継手の多くは、摩擦接合として使用されてきている。摩擦接合はすべり荷重を限界値としているため、すべり荷重に関する研究は多く行われてきている。一方、東日本大震災のような大震災を経験し、設計荷重以上の荷重が作用し、すべりを起こす可能性が考えられる。そのため摩擦接合のすべり後の挙動を把握しておくことは意味あることと考えられる。高力ボルト継手はすべり後、破断までにかんがりの変形を起こすため、エネルギー吸収能が期待できるものと考えられる。そこで高力ボルト継手のエネルギー吸収能を利用して、想定外の力が作用した際のリスクを小さくするため、すべり後の挙動および高力ボルト継手の性能を検討している。

本研究では、高力ボルト継手のエネルギー吸収能を検討するために、高力ボルト継手の引張試験を行い、変形と耐荷力の視点から耐荷性能を検討し、エネルギー吸収量の検討を行った。

2. 研究概要

2.1 試験体

本研究で使用する試験体の形状とケース数を図-1、表-1に示す。板厚は19mmで、H23年度に行った試験で用いた試験体の板厚9mmの約2倍の板厚である。

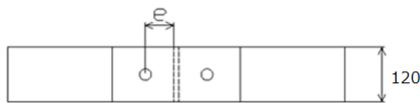


図-1 試験体図

表-1 試験体ケース数

	縁端距離e	
	40mm	60mm
軸力有り	3体	3体
軸力無し	3体	3体

2.2 変形測定方法

本研究では変形量およびエネルギー吸収量を検討するため、以下の4つの評価方法を採用した。

- (1) ボルト位置の相対変位を用いた方法
- (2) 母材端間距離の変化量を用いた方法
- (3) 未破断側ボルト孔の変化量を用いた方法
- (4) 変位計を用いた継手全長の変形計測方法

(1) ボルト位置の相対変位を用いた方法

ボルトの位置の板厚面に基準線を引き、この基準線のずれを載荷ステップ毎に目視で0.1mmまで計測する。この荷重とボルト位置の母材と添接板の相対変位(ズレ)の関係を図-2の実線で示す。これに対して、エネルギー吸収量は、各ボルトで伝達する荷重と各ボルト位置での母材と添接板の相対変位から求められるので、図-2の斜線で示した部分の面積を計算する。

H23年度では基準線を油性マジックで引いていたが、塑性変形の段階の塗装の剥がれに対処するため、今年度は金属等の硬いもので母材本体に直接ゲガキを行って対処した。

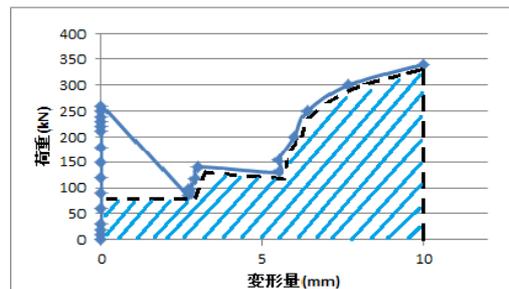


図-2 荷重変位曲線(相対変位)

(2) 母材端間距離の変化量を用いた方法

母材と母材の間の距離を(1)と同様の方法で計測する。この計測値は両側の母材端の変位量の合計値を計測することになる。そこで、ボルト位置での計測値によるエネルギー吸収量と比較するため測定値の半分の値を用いてエネルギー計算を行う。

(3) 未破断側ボルト孔の変化量を用いた方法

試験終了後のボルト孔の破断写真を写真-1右に示す。下が破断した孔で、上は未破断孔である。この未破断側ボルト孔の応力方向の直径をノギスによって計測し、破断直前までのエネルギー吸収量を求めるという簡易的な手法である。今年度からは添接板の孔の影響も検討するため、添接板のボルト孔の変位も計測している。また今年度はボルト破断先行型の試験体があり、ボルトで破断した場合、母材は破断しないため、母材のすべての孔の計測を行った。

キーワード 高力ボルト継手 終局挙動 すべり後 変形性能 エネルギー吸収能

連絡先 〒929-0392 石川県河北郡津幡町北中条(字)タ1 石川工業高等専門学校 TEL 076-288-8000

エネルギー計算においては、最大荷重と未破断側ボルト孔の変形量を掛け合わせたものとして計算している。



写真-1 試験写真(左) 破断写真(右)

(4) 変位計を用いた変形計測方法

写真-1 左のように変位計を設置し、試験体の全伸びを測定する。データロガーによって測定するため、すべり時の細かな挙動を把握することができるが、継手の全体の伸び変形を計測することになる。

3. 結果

各試験体の試験結果を最大荷重、破壊部位、ボルト孔径をまとめたものを表-2 に示す。試験体の名称は左から板幅-縁端距離-ボルト本数を表し、同じ形状の試験体に関して①~⑥の番号で区別している。①~③は軸力有で、④~⑥は軸力無である。

120-60-1④は実験の条件が異なっていたので、表に示していない。

表-2 試験結果

	試験体	最大荷重 (kN)	破壊部位	ボルト孔径 (mm)	
軸力有	120-40-1①	388.0	縁端 下	40.20	
	120-40-1②	384.0	縁端 下	38.90	
	120-40-1③	385.0	縁端 上	36.00	
	120-60-1①	482.0	ボルト 下	38.20	34.30
	120-60-1②	473.5	ボルト 上	34.90	36.50
	120-60-1③	497.5	ボルト 下	40.35	36.55
軸力無	120-40-1④	362.3	縁端 上	37.95	
	120-40-1⑤	370.0	縁端 上	36.65	
	120-40-1⑥	370.0	縁端 下	39.10	
	120-60-1⑤	473.5	ボルト 下	33.40	34.65
	120-60-1⑥	470.5	ボルト 上下	36.35	36.15

4. 考察

4.1 未破断側ボルト孔

各タイプの未破断側のボルト孔径と板厚 9mm の場合と比較したものを表-3 に示す。この表のボルト孔径は同じ試験体タイプ 3 体の結果を平均したものである。

表-3 非破断側ボルト孔 比較

軸力	試験体	19mm (mm)	9mm (mm)
有	120-40-1	38.37	26.59
有	120-60-1	36.80	42.50
無	120-40-1	37.90	36.73
無	120-60-1	35.14	44.00

縁端 40mm の軸力有の試験体については板厚 19mm

の変形量は板厚 9mm より 12mm ほど大きいのが、軸力無の試験体では板厚による差はほとんどない。

縁端 60mm の試験体では、板厚 9mm では軸力有、軸力無ともに 40mm 以上の変形があったが、板厚 19mm については、軸力有では 6mm ほど、軸力無では 9mm ほど、板厚 9mm の変形量より小さい値となった。これは、今年度の縁端 60mm の試験体が、剛性が高く、変形を起こしにくいこと、変形が大きくなる前に、ボルトで破断していること、断面積が増えたことで応力レベルが下がったことなどが関係していると思われる。

4.2 エネルギー吸収量

次に各計測から得られたエネルギー吸収量を比較したものを表-4 に示す。

表-4 エネルギー 比較

		H25年度		H23年度	
軸力有	120-40-1	ボルト位置 上	3303	ボルト位置 上	-
		ボルト位置 下	2895	ボルト位置 下	1357
		母材間	5099	母材間	-
		未破断	5133	未破断	1711
	120-60-1	ボルト位置 上	7588	ボルト位置 上	4592
		ボルト位置 下	6609	ボルト位置 下	4538
母材間		8043	母材間	4627	
未破断		5998	未破断	4663	
軸力無	120-40-1	ボルト位置 上	3165	ボルト位置 上	1547
		ボルト位置 下	3027	ボルト位置 下	1692
		母材間	3176	母材間	1542
		未破断	4954	未破断	2043
	120-60-1	ボルト位置 上	4180	ボルト位置 上	4211
		ボルト位置 下	4249	ボルト位置 下	4065
		母材間	4126	母材間	4166
		未破断	5043	未破断	4740

この表から縁端が 40mm のエネルギー量は板厚 19mm のものが、板厚 9mm に対して約 2 倍になっていることが分かる。一方、縁端 60mm の試験体は、軸力ありは 2 倍にはならず、軸力無しでは、板厚 9mm とほとんど同じ値になった。

5. まとめ

軸力無の縁端距離 40mm のせん断で破断する試験体では、未破断側の変形量がほぼ等しいため、板厚に比例して最大荷重も増加し、それに従い、エネルギー吸収も増加している。

未破断側ボルト孔の計測は、簡便かつ破断までの変形を計測できるため、この方法の評価方法を検討していく予定である。

6. 参考文献

- 1) 日本道路協会：道路示方書Ⅱ鋼橋編(2013)
- 2) 三ツ木幸子、深谷道夫、酒井武志、山口隆司、石井信行、「支圧抵抗を期待した高力ボルト継手に関する 2, 3 の考察」鋼構造年次論文報告集 第 14 巻(2006)
- 3) 松並貴志、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体力に関する基礎的研究」構造年次論文報告集 第 20 巻(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」鋼構造年次論文報告集 第 20 巻(2012)