

高力ボルト継手のエネルギー吸収に関する検討

石川工業高等専門学校 正会員 三ツ木 幸子 松波 翔吾
 大阪市立大学 大学院 正会員 山口 隆司 学生会員 高井 俊和

1. まえがき

高力ボルト継手はすべり後も、荷重に耐えながら変形し、エネルギーを吸収する。この現象に着目し、巨大地震時のリスク最小化を図るため、高力ボルト継手のエネルギー吸収能の視点から高力ボルト継手の性能の検討を試みる。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、すでに行っているすべり後の耐荷性能に着目した実験の結果^{1),2)}を基に、エネルギー吸収能の評価方法の検討と継手形状の違いによるエネルギー吸収能の違いを検討する。

2. 実験概要と試算ケース

本検討で用いた終局耐力試験^{1),2)}の試験体の形状と試験ケース数を図1と表1、表2に示す。表1には、軸力を入れた場合を、表2には軸力を入れない場合が示されている。各継手タイプに対して、軸力ありでは4体、軸力なしでは2体行っている。また、この試験では、試験体の一部で、終局耐力だけでなく、写真1に示すボルトの位置の相対変位、母材端間の距離の変化、写真2に示す未破断側のボルト孔径を計測している。変位計測を全ケースに対しては行っていないので、変位計測値があるものを計算対象として、荷重変位関係と破断側の変形量からエネルギー計算を実施した。

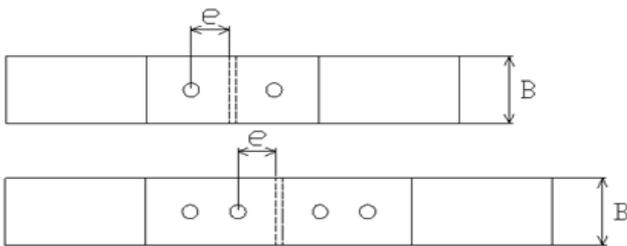


図-1 試験体図

表1 試験体形状と体数(軸力あり)

板幅 B(mm)	ボルト本数(本)	縁端距離 e (mm)			
		40	50	60	70
80	1	4	-	4	-
120	1	4	4	4	4
	2	4	-	4	-

表2 試験体形状と体数(軸力なし)

板幅 B(mm)	ボルト本数(本)	縁端距離 e (mm)			
		40	50	60	70
80	1	2	-	2	-
120	1	2	2	2	2
	2	2	-	2	-

3. 研究方法

高力ボルト継手のエネルギー吸収性能を検討するため、過去の試験データを用いて、以下の3種類の計算方法でエネルギー吸収量の計算を行って、エネルギー吸収量の評価方法の検討を行う。さらに、その評価方法で、継手形状によるエネルギー吸収への影響を検討する。

- (1) ボルト位置の相対変位を用いた方法
- (2) 母材端間の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



写真2 破断と未破断



写真3 変形後の孔の計測



写真1 ボルト位置の相対変位

キーワード 高力ボルト継手, 終局挙動, エネルギー吸収量, 評価方法

連絡先 〒929-0392 石川県津幡町北中条 石川高専 TEL 076-288-8163

3.1 ボルト位置の相対変位を用いた方法

このボルト位置で計測した相対変位を用いた荷重と変位関係の一例を図2の実線で示す。図2の点線で囲んだ部分の面積を用いてエネルギー吸収量 W_b を求める。2本ボルトでは、各ボルトで載荷荷重の半分の力を伝達するとして計算した。

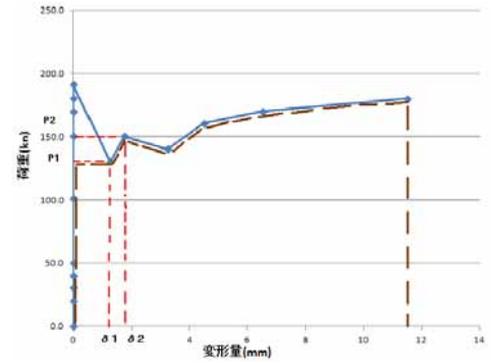


図2 相対変位を用いた計算

3.2 母材端間の距離の変化量を用いた方法

写真1に示す上下の母材のすき間(母材端間距離)の増分を変位として、エネルギー吸収量を評価する。

母材端間距離の変化量を用いた計算方法も3.1と同様にエネルギー計算を行う。ボルト位置の相対変位を用いた方法では、継手の片側で考えている。一方、この母材端間距離の変化量は継手の中心に対して両側に変形しているために、母座間距離の半分の値を用いてエネルギー吸収量を計算する。

3.3 未破断側ボルト孔径の変化量を用いた方法

写真2の左は破断側の母材で、右側が未破断側の母材を示す。未破断側のボルト孔径は、破断する直前の最大変形量に近いので、これを用いて変形可能量(変形性能)が把握できると考えた。この変形量はすべての試験体で写真3のようにノギスで計測している。

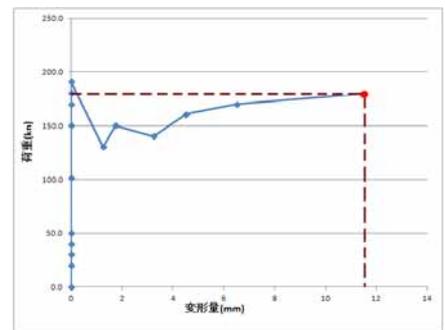


図3 ボルト孔径を用いた計算

未破断側ボルト孔径の変化量と最大荷重を掛け合わせて、これをエネルギー吸収量 W_d とした。この量は、図3の破線で囲まれた面積に近いものと考えられ、エネルギー吸収量を過大に評価すると考えられるが、これを基準値として評価方法の検討を行った。

4. 結果と考察

ボルト位置の相対変位を用いて計算した値 W_b を未破断側のボルト孔径を用いて計算した値 W_d で割って求めた比率を表-3に示す。板幅120mmで1本ボルトの時の軸力有りの場合、0.8~1.21と、 W_b は W_d とほぼ同じ値になった。これに対して、軸力無しの場合は0.68~0.87となり、摩擦抵抗が期待できない分、 W_b は W_d に対してかなり小さい値になる。

かなり大まかではあるが、この未破断側の変形量と最大荷重を用いて、エネルギー吸収量を把握できるものと考えられる。エネルギー吸収量を過大評価を回避する方法として低減係数を用いた評価が考えられ、実用上は、保証値推定する式を提案することが望まれることが考えられる。

表3 bolt 位置相対変位 W_b / 未破断側変形量 W_d

	軸力有り				軸力無し	
	1	2	3	4	1	2
80-40-1	-	-	-	0.78	-	0.58
80-60-1	-	0.94	-	0.78	0.51	0.64
120-40-1	-	0.00	-	-	0.63	0.87
120-50-1	0.57	0.99	-	1.21	0.42	0.68
120-60-1	0.79	1.07	1.06	0.80	0.78	0.88
120-70-1	0.58	0.95	0.98	-	0.67	0.83
120-40-2(内)	1.47	1.87	-	1.86	1.04	1.27
120-40-2(外)	0.53	0.76	-	0.66	0.58	0.75
120-60-2(内)	2.68	2.46	-	1.55	1.03	1.09
120-60-2(外)	0.92	0.76	-	0.73	0.53	0.60

また、用いた実験結果は、すべり荷重と最大荷重の違いが比較的大きくない事例が多かったので、この違いの視点からも、この評価方法の適用性について検討する必要があるものと考えられる。

5. まとめ

以上の検討から、かなり大まかではあるが、この未破断側の変形量と最大荷重を用いて、エネルギー吸収量を把握できるものと考えられる。

6. 参考文献

- 1) 西川真未, 三ツ木幸子, 松並貴志, 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)
- 2) 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耐力に関する基礎的研究」構造年次論文報告集 第20巻(2012)