

接合面に接着剤を塗布した高力ボルト摩擦接合継手に関する実験的研究

大阪市立大学大学院 学生員○行藤 晋也
 大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司

阪神高速道路技術センター 正会員 丹波 寛夫
 阪神高速道路株式会社 正会員 飛ヶ谷 明人

1. 研究背景および目的

鋼道路橋における鋼部材の腐食に対する補修方法として、高力ボルトを用いたあて板補修が挙げられる。あて板補修を行う場合、腐食により減肉した箇所には、防食および不陸調整の目的でエポキシ樹脂等を充填することが多いが、エポキシ樹脂部がすべり耐力に与える影響について明確でない。そのため、エポキシ樹脂の接着力やエポキシ樹脂部に配置したボルト軸力に伴うすべり耐力の増加は、設計上考慮していない。そこで、本研究では、接合面に接着剤を塗布した高力ボルト摩擦接合継手供試体を用いてすべり試験を実施し、すべり耐力およびすべり係数の観点から検討した。

2. 実験供試体

実験供試体の形状および内訳を図-1、表-1にそれぞれ示す。鋼種は高張力鋼 HT590、使用ボルトは M20 である。すべり先行となるように、すべり/降伏耐力比 β は、すべり係数を 0.4 と仮定して 0.25 とした。実験供試体のパラメータは表面処理の違いと高力ボルトの有無とした。連結板の表面処理は、CASE-A, B では無機ジンクリッチペイント（以下、無機ジンクという。）85~100 μm とし、CASE-C はブラスト処理（十点平均粗さ Rz_{JIS} は平均で 33.6 μm ）とした。一方、母板はいずれもブラスト処理（ Rz_{JIS} は平均で 26.6 μm ）とした。表面処理後、CASE-B, C は接着剤を塗布した。接着剤は、上向きや立向きの塗布が可能な 2 液混合型のエポキシ樹脂系接着剤（製品名：E258）¹⁾を用いた。

実験供試体の製作にあたっては、母板と連結板の接触面に接着剤を薄く塗布した後、仮ボルトを組立用スパナで力いっぱい締め付け（スナッグタイト）、余剰な接着剤を排出させた。接着剤の硬化期間を考慮し、1 週間後に仮ボルトを取り外し、軸部にひずみゲージを貼付した高力ボルトを、トルクレンチを用いて人力で締め付けた。軸力を導入する際には、ひずみゲージの値を管理し、キャリブレーションの結果をもとに、設計ボルト軸力の 1 割増しである 182kN を目標とした。

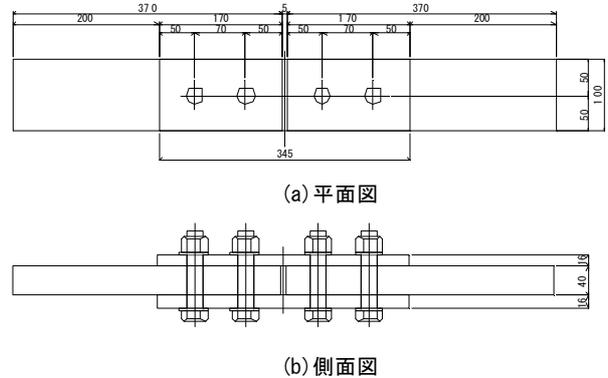


図-1 実験供試体(単位:mm)

表-1 実験供試体の内訳

CASE	供試体 No.	表面処理		高力ボルト 有無	接着剤 有無	供試体数
		母板 (40mm)	連結板 (16mm)			
A	1-1	ブラスト	無機ジンク	有	無	3
	2-1	ブラスト	無機ジンク	無	有	1
B	2-2	ブラスト	無機ジンク	有	有	3
	3-1	ブラスト	ブラスト	無	有	3
C	3-2	ブラスト	ブラスト	有	有	3

3. すべり試験

接着剤のクリープの影響によるボルト軸力のリラクゼーションを考慮し、締め付け完了から約 1 週間後にすべり試験を行った。すべり試験は、載荷能力 1,000kN の万能試験機を用い、ボルト軸力とボルト位置における母板と連結板の相対変位を計測した。

4. すべり試験結果

試験結果一覧を表-2 に示す。なお、すべり係数 μ の算出には文献 2) より式(1)を用いた。また、接着剤のみの供試体に対しても、見かけのすべり係数を算出するために、同様の設計ボルト軸力を用いた。

$$\mu = \frac{P}{m \cdot n \cdot N} \dots \dots \dots (1)$$

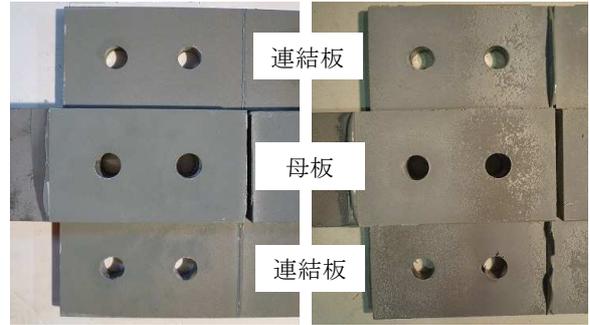
ここに、 μ : すべり係数 P : すべり荷重
 m : 接合面の数 (=2) n : ボルト本数 (=2)
 N : 設計ボルト軸力 (165kN)

ケース毎のボルト軸力低下率の比較を図-2 に示す。これより、ボルト軸力低下率の平均値は No.1-1 で 6.2%、No.2-2 で 6.0% であり、接着剤の有無による差異は見られなかった。これは接着剤厚が極薄のため、接着剤の

キーワード 高力ボルト, エポキシ樹脂, すべり試験, すべり耐力, 表面処理
 連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院 工学研究科 都市系専攻 橋梁工学分野 TEL&FAX 06-6605-2765

表-2 実験結果一覧

CASE	供試体 No.	導入軸力 (kN)	試験前軸力 (kN)	軸力低下率 (%)	すべり荷重 (kN)	すべり係数	平均すべり係数
A	1-1	183.4	170.2	7.2	415.5	0.63	0.65
		185.4	174.5	5.9	434.0	0.66	
		183.6	173.3	5.7	431.0	0.65	
B	2-1	-	-	-	125.0	(0.19)	0.83
	2-2	191.8	178.4	7.0	538.5	0.82	
		184.8	172.9	6.4	556.0	0.84	
		182.5	173.9	4.7	558.5	0.85	
C	3-1	-	-	-	701.5	(1.06)	(1.06)
		-	-	-	706.5	(1.07)	
		-	-	-	698.5	(1.06)	
	3-2	182.5	174.6	4.3	800.5	1.21	1.20
		183.3	176.3	3.8	773.0	1.17	
		183.8	176.8	3.8	809.5	1.23	
		-	-	-	-	-	



(a) 供試体 No. 2-1 (b) 供試体 No. 3-1
写真-1 実験後の接合面の状況の一例

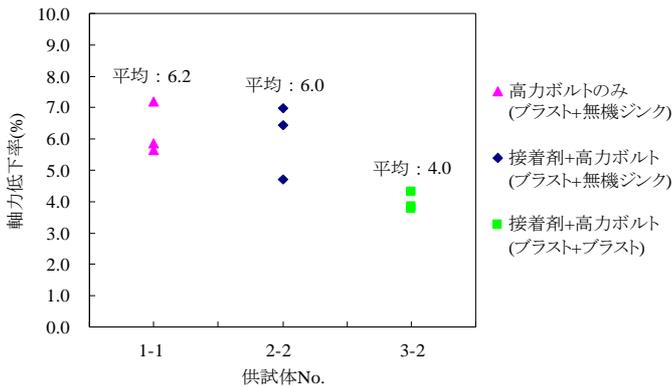


図-2 ボルト軸力低下率の比較

クリープの影響はほとんどないものと考えられる。また、No.3-2 のボルト軸力低下率の平均値は 4.0%と、No.2-2 に比べて小さくなったが、これは無機ジンクがないことによるものと考えられる。

接着剤のみの供試体 (No.2-1 と No.3-1) のすべり荷重に着目すると、No.2-1 の 125kN に対し、No.3-1 では 698~707kN と大きく異なる結果となった。この理由としては、すべり時の破壊箇所 (すべり箇所) の違いによると考えられる。すなわち、実験後の接合面の状況の一例を写真-1 に示すが、No.2-1 の破壊箇所は無機ジンク層内での凝集破壊であり、無機ジンクのせん断強度に依存しているのに対し、無機ジンクのない No.3-1 では接着剤での凝集破壊となり、接着剤のせん断強度に依存しているものと考えられる。次に、ケース毎のすべり係数の比較を図-3 に示す。接着剤を塗布した No.2-2, No.3-2 のすべり係数は、接着剤のない No.1-1 より高くなる結果となった。これより、接合面に接着剤を塗布した高力ボルト摩擦接合継手においてもすべり係数が 0.45 以上を確保できることが分かった。なお、No.2-2 より No.3-2 の方が高いすべり係数を得たことについては、上述のようにすべり時の破壊箇所の違いによるものと考えられる。

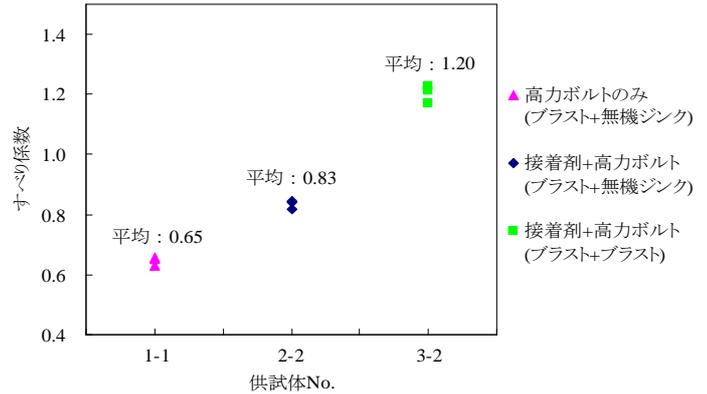


図-3 すべり係数の比較

5. 結論

接合面に接着剤を塗布した高力ボルト摩擦接合継手供試体を用いてすべり試験を実施した。得られた結果を以下にまとめる。

- 1) 接合面に接着剤を極薄に塗布した継手のボルト軸力低下率は 4~6%と低い値であった。
- 2) 接合面に接着剤を塗布した高力ボルト摩擦接合継手のすべり係数は 0.8~1.2 と、0.45 以上を十分確保できた。
- 3) 接合面に接着剤を塗布した継手のすべり時の破壊箇所は、接合面に無機ジンクがある場合は無機ジンク層内での凝集破壊であり、無機ジンクがない場合は、接着剤での凝集破壊となった。

今後、供試体数を増やし、データの蓄積をはかるとともに、これらに基づいた接着剤と高力ボルトの併用継手における合理的な設計法を提示する必要がある。

参考文献

- 1) 丹波寛夫, 行藤晋也, 山口隆司, 飛ヶ谷明人, 堀井久一: あて板補修に用いる不陸調整用エポキシ樹脂系接着剤の接着性能に関する基礎的実験, 土木学会第 68 回年次学術講演会概要集, 2013.9
- 2) 土木学会: 高力ボルト摩擦接合継手の設計・施工・維持管理指針(案), 2006.12