

接合面に接着剤を塗布した高力ボルト摩擦接合当て板接合部の限界状態に関する実験的研究

大阪市立大学大学院 学生会員 ○福辻 菜絵
阪神高速道路株式会社 正 会 員 谷口 祥基

大阪公立大学大学院	正会員	山口	隆司
阪神高速先進技術研究所	正会員	赤松	伸祐
ユニシ株式会社	正会員	堀井	久一

1. 背景

高力ボルト摩擦接合を用いた当て板補修では、減肉部に不陸修正材用のエポキシ樹脂等（以下、接着剤）を充填し、高力ボルトにて締結する例がみられる。著者らのグループでは、接着剤を接合面にも塗布した併用接合について、摩擦接合よりもすべり耐力が向上すること、摩擦接合当て板補修と同様に純断面の降伏が先行することを示している^{1),2)}。しかし、併用接合当て板の限界状態については、腐食部の降伏が先行する場合については明らかになっておらず、実験による検証もなされていない。道路橋示方書³⁾が平成 29 年度に改定され、終局限界状態に相当する限界状態 3 の照査が必要とされていることから、併用接合の限界状態、特に、腐食部での降伏先行型の場合のそれを明らかにすることが必要となる。そこで、本研究では、併用接合当て板の限界状態を明らかにし、それを適切に設定するための基礎資料を得ることを目的に引張試験を実施した。

2. 試験体

試験体の形状および基本寸法を図-1に示す。試験体の材質はSM490Yであり、母板は19mm、当て板は6mm、高力ボルトはF10T M20である。ボルト間隔は、道路橋示方書³⁾で規定される最小ボルト間隔である65mmとした。母板の接合面は表面処理におけるばらつきの影響をなるべく排除するため、ブラスト処理(ISO-Sa2 1/2)とし、当て板は工場製作を想定して、ブラスト処理後、目標膜厚を75~120 μ mとして無機ジंकリッチペイント(以下、無機ジंक)を塗布した。

試験ケースを表-1に示す。パラメータは、接着剤の有無、欠損率である。欠損率を変化させることで、設計上降伏が先行する箇所を制御した。

3. 試験体の製作

試験体の製作状況を写真-1に示す。無機ジंकでの破壊を抑制するために、無機ジंक面に超低粘度形エポキシ樹脂系接着剤（以下、プライマー）を塗布する。

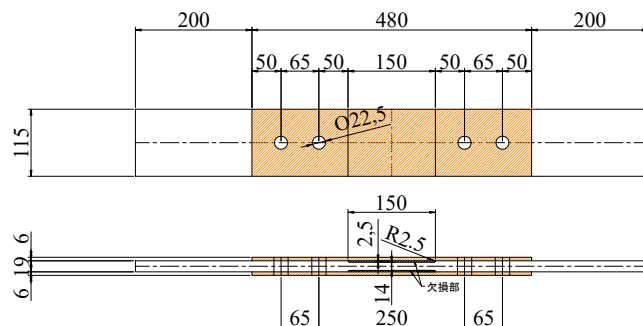
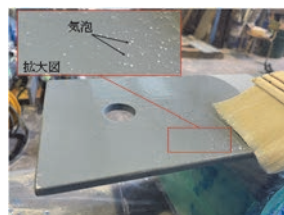


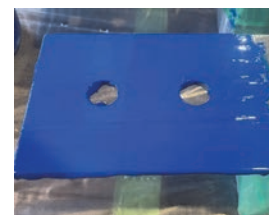
図-1 試験体形状と基本寸法（単位：mm）

表-1 試験ケース

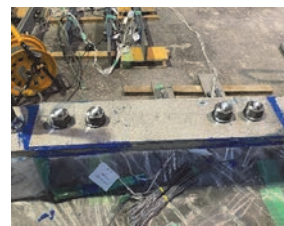
Case	母板		欠損率 (%)	当て板 板厚 (mm)	接着剤 の有無	先行降伏 箇所	体数
	板厚 (mm)	欠損部 板厚 (mm)					
NA-f25-b2	19	14	25	6	無	純断面	2
A-f25-b2		14	25		有	純断面	
A-f70-b2		6	70			腐食部	



(a) プライマーの塗布



(b) 接着剤の塗布



(c) 締付け完了



(d) 腐食部 (A-f70-b2)

写真-1 試験体の製作状況

無機ジンの空隙にプライマーを十分に含浸させるため、約1時間の塗置き時間を設けた。次に、無機ジン面およびブラスト面の両面に接着剤を塗布し、空気が入らないよう、鋼板同士を接着させた。使用した接着剤は、2液混合型金属接着用エポキシ樹脂系接着剤である。締付時期は、接着剤の硬化前と硬化後が想定されるが、現場での施工手順に統一させ、接着剤の硬化前に締付けを行った。なお、ボルト孔内に接着剤が流れこまない

キーワード 併用接合, 限界状態, 当て板補修, 接着剤

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 橋梁工学研究室 TEL&FAX 06-6605-2765

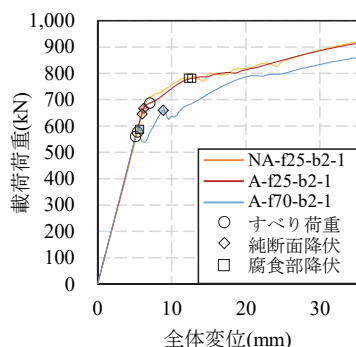


図-2 載荷荷重－全体変位

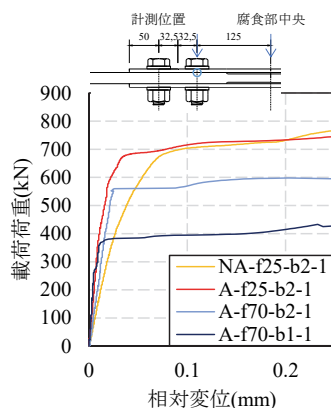


図-3 載荷荷重－相対変位

よう、おもりを用いて余剰な接着剤を除去した。

4. 載荷荷重－全体変位関係

載荷荷重－全体変位関係を図-2に示す。同図に、すべり、純断面降伏、腐食部降伏の載荷荷重をプロットしている。すべりは、図-3に示す載荷荷重－相対変位における剛性変化点、降伏は母板純断面のコバ面、または腐食部表面での計測ひずみが、材料試験から得た降伏ひずみに到達した荷重とした。

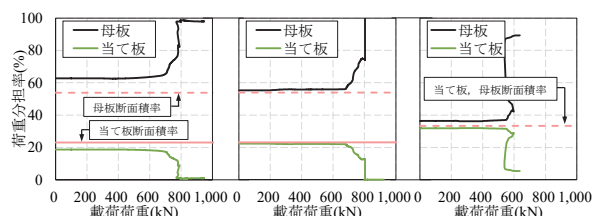
接着剤無の NA-f25-b2 ではボルト位置でのすべり後、純断面の降伏、接着剤有の A-f25-b2 では純断面の降伏後、すべりがそれぞれ発生した。NA-f25-b2 では載荷荷重の低下が発生したが、A-f25-b2 では見られず、接着剤により安定した挙動となった。A-f70-b2 では腐食部での降伏とすべりがほぼ同時に発生しており、載荷荷重低下は腐食部降伏によるものと考えられる。その後、全ケースで、初期剛性よりも低い剛性で載荷荷重が増加し、最大荷重を迎え、終局状態に至った。

5. 荷重分担率－載荷荷重

荷重分担率－載荷荷重関係を図-4に示す。荷重分担率は、腐食部において、母板または当て板が分担する荷重を当て板接合部全体に作用する荷重で除した割合である。NA-f25-b2 では、既往研究⁴⁾と同様、荷重分担率は断面積率よりも約10%高いが、A-f25-b2 では、両者はほぼ一致した。A-f70-b2 は、断面積率よりもわずかに荷重分担率が高いが、NA-f25-b2 よりも断面積率に近い。このことから、併用接合では、摩擦接合よりも母板と当て板の相対変位を抑制でき、当て板の分担荷重が増加すると考えられる。

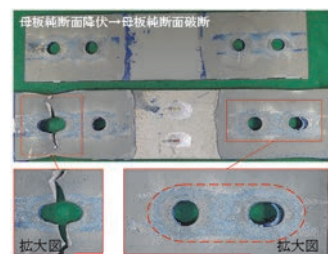
6. 破壊形式

試験後の試験体を写真-2に示す。A-f25-b2 では、母板純断面での破断、A-f70-b2-1 では母板腐食部での破断、A-f70-b2-2 は母板純断面での破断であった。A-f70-b-2 は、

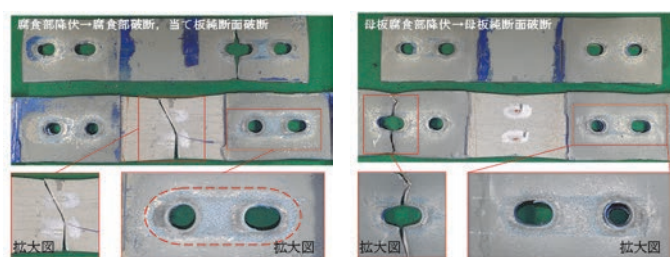


(a) NA-f25-b2-1 (b) A-f25-b2-1 (c) A-f70-b2-1

図-4 荷重分担率－載荷荷重



(a) A-f25-b2-1



(a) A-f70-b2-1

(b) A-f70-b2-2

写真-2 試験後接合面

欠損率を増加させ、当て板厚を欠損厚以下とし、腐食部で破断するように設計したが、純断面での破断も見られた。これは、図-4に示すように、腐食部では断面積率に応じて母板と当て板の分担荷重が決定されるためと考えられる。よって、当て板と母板の相対変位を抑制し、荷重分担率が断面積率に近づくようなボルト配置とする場合、腐食部のみが破断する可能性は十分低いと考えられる。以上より、併用接合当て板の限界状態は、使用限界として母板純断面の降伏、すべり、終局限界状態として母板純断面の破断と定義できると考えられる。

7. 結論

- (1) 接合面に接着剤を塗布することで、母板と当て板の相対変位を抑制でき、母板腐食部の荷重分担率は断面積率にほぼ一致した。
- (2) 必要ボルト本数を満足し、欠損厚以上の当て板厚である場合、母板腐食部の荷重分担率は断面積率に近づくため、母板腐食部およびボルトのせん断に関する限界状態の照査を省略できると考えられる。

参考文献

- 1) 丹波寛夫, 杉山祐樹, 藤田翔吾, 山口隆司, 藤本高志, 堀井久一: 無機ジンクリッチペイント面に接着剤を塗布した高力ボルト併用継手の引張耐力に関する実験的研究, 構造工学論文集 Vol.64A, 2018.
- 2) 丹波寛夫, 行藤晋也, 山口隆司, 杉浦邦征: 接着剤と高力ボルトを併用した軸方向力を受ける当て板補修に関する実験的研究, 構造工学論文集 Vol.61A, 2015.
- 3) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, I共通編II鋼橋編, 2017.
- 4) 例えば, 永田和寿, 町田幸大, 小川麻実, 山口隆司: 引張を受ける高力ボルト鋼板当て板接合部の荷重伝達機構に関する解析的検討, 鋼構造論文集, Vol.23, 2016.