

第 I 部門 無機ジンクリッチペイント面に接着剤を塗布した接合面のせん断強度と接合面圧の関係

大阪市立大学工学部 学生員 ○福辻 菜絵
 大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司
 ユニシ株式会社 正会員 堀井 久一

大阪市立大学大学院 学生員 神野 巧矢
 阪神高速道路株式会社 正会員 青木 康素
 大阪市立大学大学院 正会員 林 巖

1. 研究背景および目的

鋼部材の腐食に対する当て板工法では、一般的に高力ボルト摩擦接合が用いられ、当て板と被接合材の密着性を確保するためにエポキシ樹脂（以下、接着剤）等を塗布する場合がある。このような接着剤と高力ボルトを用いた接合方法に対して、既往研究¹⁾ではそれを併用接合と呼び、その見かけのすべり係数を評価している。見かけのすべり係数の算出には、図-1に示す面圧-せん断強度の関係²⁾を用いるが、既往研究で対象とした面圧は設計ボルト軸力導入時に作用する平均面圧（約65N/mm²、面圧100%）までであり、実際にはボルト孔近傍において、それよりも高い面圧（以下、高面圧）が作用する。また、添接板厚が薄い場合にも、接合面には高面圧が作用する。

本研究では、既往研究と同様に小型鋼板を用いたすべり試験を実施し、高面圧の併用接合のせん断強度とせん断強度に与える無機ジンクリッチペイント（以下、無機ジンク）、プライマーの粘度の影響を明らかにする。

2. 小型すべり試験

小型すべり試験機を図-2に、試験体を図-3に示す。外試験片を外板に設置し、内試験片を鉛直ユニットに設置することで2面摩擦接合としている。試験片形状は水平ジャッキの能力を考慮して30mm角（形状I）と50mm角（形状II）を使用した。使用した接着剤は、既往研究と同一の2液混合型金属接着用エポキシ樹脂系接着剤である。接合面は、図-3(a)に示すように、内試験片は腐食部のケレンを想定したブラスト処理、外試験片は当て板を想定した無機ジンクとしている。

試験ケースを表-1に示す。パラメータは導入面圧、接着剤の有無、接合面処理とした。接合面処理は、プライマーの粘度（プライマーa：超低粘度形エポキシ樹脂系接着剤、プライマーb：1液常温硬化型硬質形含浸補強材）と無機ジンク塗料のメーカー（無機ジンクA、無機ジンクB）をパラメータとした。試験体は、プラ

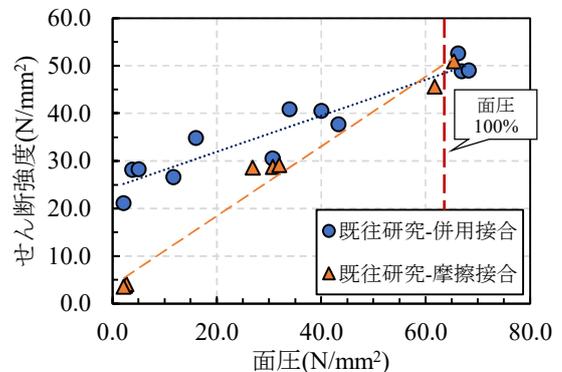


図-1 既往研究で得られた面圧-せん断強度の関係

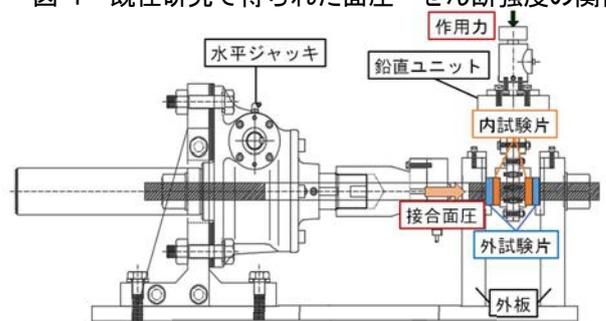


図-2 小型すべり試験機

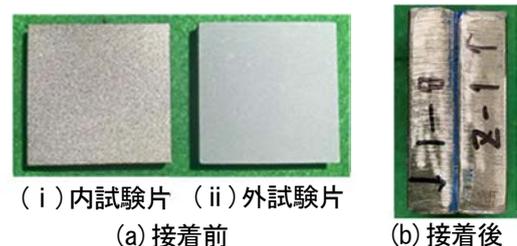


図-3 試験体

表 1 試験ケース

Case	面圧 (%)	形状	接着剤 有無	プライマー	表面処理	
					内試験片 (母板)	外試験片 (連結板)
aa-1	5	30mm × 30mm (形状 I)	有/無	a	ブラスト	無機ジンク A
	100					
	120					
	200					
aa-2	5	50mm × 50mm (形状 II)	有	a	ブラスト	無機ジンク A
100						
5						
ab	5	50mm (形状 II)	有	b	ブラスト	無機ジンク B
100						
ba	5	50mm (形状 II)	有	b	ブラスト	無機ジンク A
	100					

イマーaは塗布して1時間後に、プライマーbは約12時間浸漬して7日間の養生後に接着剤を塗布した。その後、20℃以上の環境でスナッグタイト相当の軸力（14.6N/mm²）を導入して1日圧着養生し、さらに圧力を開放した状態で6日以上養生した。

3. 試験結果と考察

面圧－せん断強度の関係を図-4 に示す。せん断強度は、最大荷重を試験体の面積で除したものとした。

図-4 (a) より、約 65N/mm² を越える高面圧域での併用接合と摩擦接合の面圧－せん断強度関係の近似式の傾きは同程度であり、高面圧域での併用接合のせん断強度も摩擦接合のそれと同程度である。

図-4 (b) より、無機ジンク A にプライマー a を塗布した aa-2 と無機ジンク A にプライマー b を浸漬した ab とを比較すると、プライマーの粘度によるせん断強度に差異は見られない。また、aa-2 と無機ジンク B にプライマー a を塗布した ba とを比較すると、面圧によらず ba のせん断強度が高く、無機ジンク B のせん断強度が高いと考えられる。しかし、本試験で得られたせん断強度は、最大で約 50% 既往研究より低くなった。

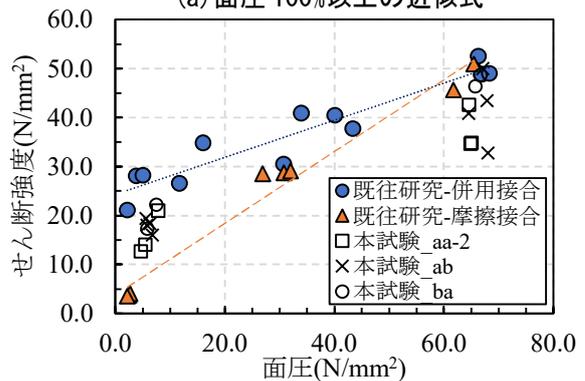
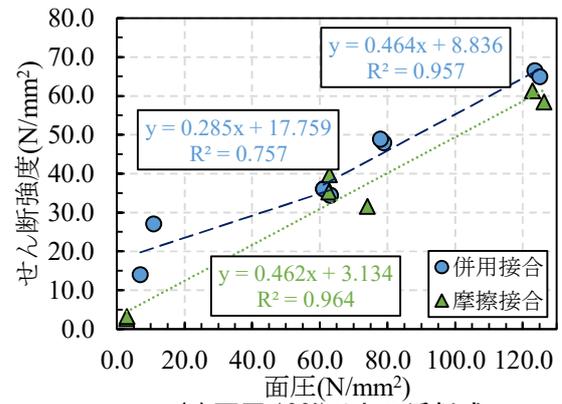
試験後の接合面を図-5 に示す。接合面の灰色は無機ジンク、青色は接着剤、白色はプライマーである。高面圧域では、全ケースで (a) に示す接着剤と無機ジンクの凝集破壊となった。

本試験では、低面圧の場合、(c) のような無機ジンクの凝集破壊が多く見られたが、この破壊形式は接着剤がほとんど関与せず、破壊したことでせん断強度が低くなったと考えられる。面圧 100% において、プライマー a を用いた場合、(d) に示すように無機ジンクの凝集破壊となっており、せん断強度が低くなった。プライマー b を用いた場合は、(e) に示すように無機ジンクと接着剤の凝集破壊とプライマーの凝集破壊が混在した。そのため、せん断強度のばらつきが大きくなったと考えられる。無機ジンク B を用いた場合、(f) に示すように、局部的に無機ジンクの凝集破壊が見られたが、多くは無機ジンクと接着剤の凝集破壊であった。そのため、既往研究と同等のせん断強度が得られたと考えられる。したがって、併用接合の高面圧域では、接着剤および無機ジンクの凝集破壊の場合、せん断強度が高く、望ましい破壊形式であると考えられる。

4. まとめ

本研究では、高面圧および接合面処理をパラメータとした小型すべり試験を実施し、併用接合における面圧－せん断強度の関係を既往研究との比較により検討した。得られた結果を以下に示す。

(1) 高面圧域では、併用接合の面圧－せん断強度関係の傾きは摩擦接合同程度となった。



(a) 面圧 100%以上の近似式
(b) 既往研究と各パラメータ間の比較
図-4 面圧－せん断強度の関係

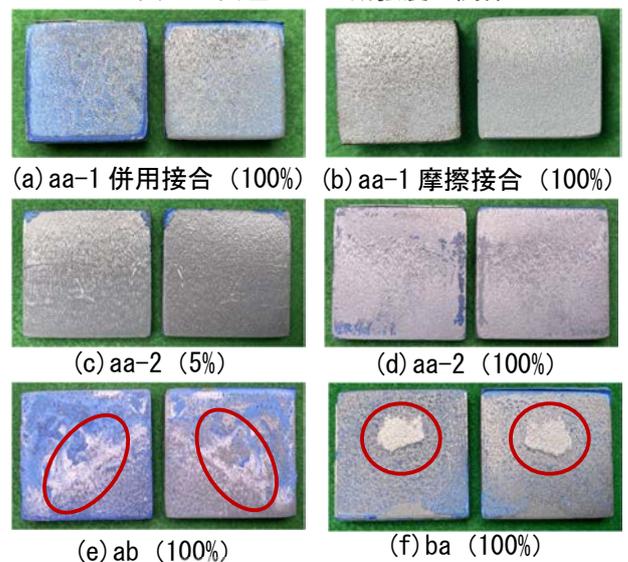


図-5 試験後の接合面

- (2) 高面圧域で想定される破壊形式は、無機ジンクの凝集破壊および接着剤と無機ジンクの凝集破壊が考えられ、接着剤と無機ジンクの凝集破壊のせん断強度は高く、望ましい破壊形式と考えられる。
- (3) プライマーの粘度によるせん断強度への影響は見られず、無機ジンク塗料メーカーによるせん断強度への影響は見られた。

(参考文献)

- 1) 藤本高志：接着剤と高力ボルトを併用した部材接合の力学的挙動とその設計に関する基礎的研究，大阪市立大学大学院都市系専攻修士論文，2019.3.
- 2) 神野巧矢，藤本高志，山口隆司，青木康素，赤松伸祐：無機ジンクリッチペイント面を介した接着接合のせん断強度と接合面圧の関係，第75回年次学術講演会講演概要集，I-44，2020.9