

無機ジンクリッチペイント面と接着剤の接着性能に関する検討

阪神高速道路(株) 正会員 ○丹波 寛夫 コニシ(株) 正会員 堀井 久一
大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司 大阪市立大学大学院 学生会員 藤田 翔吾
阪神高速道路(株) 正会員 杉山 裕樹

1. 研究背景および目的

腐食により減肉した鋼部材に対する補修方法として、減肉箇所にエポキシ樹脂等を充填した上で、高力ボルトを用いたあて板補修が行われている。このとき母材は電動工具等で粗面にし、あて板部材の接合面はあて板施工時までの防錆のために無機ジンクリッチペイント面とすることが多い。これまで著者らは、接合面に無機ジンクリッチペイント（以下、「無機ジンク」という。）とエポキシ樹脂系接着剤を併用した高力ボルト継手を用いてすべり実験を実施し、すべり面の破壊形態が、ボルト孔直下では接着剤の凝集破壊、ボルト孔直下以外では無機ジンクの凝集破壊となることを明らかにした¹⁾。ここで、接着剤を併用しているにもかかわらず無機ジンク層内で凝集破壊するということは、接着剤の接着性能を有効に活用できていない可能性がある。そこで本研究では、無機ジンクに接着剤を塗布した接合面を対象として、接着性能の向上を目指した検討を実施した。

2. 引張せん断接着強さ試験

2.1 試験方法と使用材料

本研究では、図-1に示す、接着長 12.5mm、接着幅 25mm の 1 面せん断供試体を用いて、引張せん断接着強さ試験（JIS K 6850）を実施した。なお、JIS では使用する鋼板厚は 1.6mm とされているが、1.6mm 厚では、無機ジンクの塗布に先立つブラスト処理において試験片が変形するため、本試験では 3.2mm 厚の鋼板を用いた。鋼板同士の接着に用いられているエポキシ樹脂は種々あるが、本研究では、上向きや立向きの塗布が可能で、既往研究¹⁾において使用している 2 液混合型エポキシ樹脂系接着剤（製品名：E258）を用いた。また、本研究では、無機ジンク層を補強することを目的に、無機ジンク層の空隙を充填するためのプライマーを使用した。プライマーは、使用する接着剤と同じエポキシ樹脂系の材料の中から、コンクリートのひび割れ注入補修用として使用されている超低粘度タイプの材料を選定した。接着剤とプライマーの材料特性を表-1に示す。

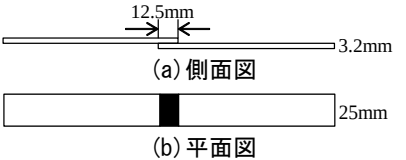


図-1 供試体の形状と寸法

2.2 供試体の種類

本試験に用いる供試体は、無機ジンク厚 (50μm, 100μm, 150μm)、プライマーの有無、プライマーの施工（塗布）温度（23℃, 5℃）をパラメータとした。プライマーの施工温度をパラメータとしたのはプライマーの粘度を変えるためであり、プライマーの粘度は、別途行った試験により、23℃で 95mPa・s、5℃で 320mPa・s であった。供試体は各ケース 3 体とした。試験条件と供試体数を表-2に示す。

表-1 接着剤とプライマーの材料特性

使用目的	接着剤	プライマー
主剤	エポキシ樹脂	エポキシ樹脂
硬化剤	ポリアミドアミン 変性脂環式ポリアミン	脂環式ポリアミン
混合比(質量比)	主剤:硬化剤=1:1	主剤:硬化剤=3:1
混合粘度	150±50Pa・s/20℃	100±50mPa・s/20℃
可使時間	50分/20℃	50分/20℃
引張強さ	25MPa	27MPa
引張せん断接着強さ	24MPa	17MPa
圧縮降伏強さ	53MPa	60MPa
圧縮弾性率	1200Mpa	1400Mpa

2.3 供試体の製作

供試体の製作にあたっては、まず鋼板の接合面をブラスト処理した後、片方の鋼板は無機ジンクを所定の膜厚となるよう塗布した。次に無機ジンク面の上に、所定の温度状態においてプライマーを塗布し 30 分間養生した後、もう一方の鋼板の接合面（ブラスト面）とプライマー塗布した接合面の両方に接着剤を塗布して

表-2 試験条件と供試体数

無機ジンク厚	施工温度 粘度	プライマー なし	プライマーあり	
			23℃	5℃
			95mPa・s	320mPa・s
50μ m		3	3	3
100μ m		3	3	3
150μ m		3	3	3
0(ブラスト)		3	0	0

キーワード あて板補修、接着剤、無機ジンクリッチペイント、1 面せん断試験
連絡先 〒590-0075 大阪府堺市南花田口町 2-3-20 阪神高速道路(株)堺建設部 TEL 072-226-4719

重ね合わせた。重ね合わせてから、試験までの養生期間は7日間とした。なお、養生温度については、施工温度 23℃の供試体は 23℃とし、施工温度 5℃の供試体は、重ね合わせてから1日間は 5℃、その後の6日間は 23℃とした。

3. 試験結果と考察

試験結果の一覧を表-3 に、引張せん断接着強さとプライマーの有無の関係を図-2 に示す。接着強さが最も大きいのは無機ジंकを用いずブラスト面に接着剤を使用した供試体であり、次いでプライマーありの供試体となり、プライマーなしの供試体の接着強さが最も小さくなった。プライマーの粘度としては 320mPa・s の方が 95mPa・s より接着強さが大きくなる傾向が見られるが、最低値は同程度であり、これらの粘度では大きな差異はないと考えられる。試験後の接合面の破壊状態として、E21 供試体の例を写真-1 に示す。本試験では接着剤と無機ジंकの破壊状態が

分かるよう、無機ジंकに顔料を加え青に着色している。写真より、E21 供試体では、無機ジंकの凝集破壊と接着剤の凝集破壊がほぼ半々で混在する破壊形態となった。引張せん断接着強さと破壊形態が接着剤の比率の関係を図-3 に示す。ばらつきがあるものの、接着剤の凝集破壊の比率が大きいほど、接着強さが大きい傾向が見受けられる。また、プライマーを用いると、無機ジंकのみの凝集破壊という破壊形態はなくなっており、無機ジंक層の空隙にプライマーが充填され、無機ジंक層が補強されたものと考えられる。引張せん断接着強さと無機ジंक厚の関係を図-4 に示す。プライマーを用いた場合、無機ジंक厚にかかわらず接着強さはあまり変わらない結果となった。これより、無機ジंक厚が 150μm までであれば、無機ジंक層の空隙はプライマーで充填されるものと考えられる。

4. 結論

無機ジंकに接着剤を塗布した接合面の接着性能の向上を目指し、無機ジंक層の空隙を充填するためにプライマーを塗布した供試体を用いて、引張せん断接着強さ試験を実施した。得られた結論を以下に示す。

- (1) 無機ジंक層にプライマーを用いると、無機ジंकに接着剤を塗布した接合面の引張せん断接着強さが大きくなる。
- (2) プライマーを用いることで、無機ジंकの凝集破壊という破壊形態はなくなる。
- (3) 厚みが 150μm までの無機ジंकにプライマーを用いた場合、引張せん断接着強さにあまり差異はない。

参考文献

1) 丹波寛夫, 行藤晋也, 山口隆司, 杉浦邦征, 飛ヶ谷明人, 田畑晶子: 腐食孔を模擬した凹部を有する接合面に接着剤を塗布した高力ボルト継手の力学的挙動に関する実験的研究, 構造工学論文集 Vol.60A, pp.703-714, 2014.3.

表-3 試験結果

No	供試体条件			上段: 引張せん断接着強さ(N/mm ²)			
	無機ジंक厚	プライマー粘度	施工温度	下段: 破壊形態 ^{注)}			平均
				1	2	3	
N1	50μm	プライマーなし	23℃	8.6 Z100	15.2 Z100	11.6 Z100	11.8
E11		95mPa・s	23℃	19.4 Z30,C70	16.0 Z70,C30	20.3 Z30,C70	18.6
E12		320mPa・s	5℃	21.5 Z5,C95	22.9 Z10,C90	23.5 C100	22.6
N2	100μm	プライマーなし	23℃	6.0 Z100	6.9 Z100	7.7 Z100	6.9
E21		95mPa・s	23℃	17.3 Z60,C40	19.3 Z60,C40	20.0 Z50,C50	18.9
E22		320mPa・s	5℃	19.5 Z20,C80	23.3 Z20,C80	16.9 Z10,C90	19.9
N3	150μm	プライマーなし	23℃	7.1 Z100	9.7 Z100	10.1 Z100	9.0
E31		95mPa・s	23℃	21.3 Z30,C70	20.4 Z20,C80	19.2 Z30,C70	20.3
E32		320mPa・s	5℃	22.7 Z5,C95	20.2 Z5,C95	20.2 Z5,C95	21.0
B	サンドブラスト面			24.3 C100	23.5 C100	27.0 C100	24.9

注) 破壊形態について
・Z: 無機ジंकの凝集破壊、C: 接着剤の凝集破壊を表す。
・ZまたはCの後の数字は、その比率をパーセントで表す。

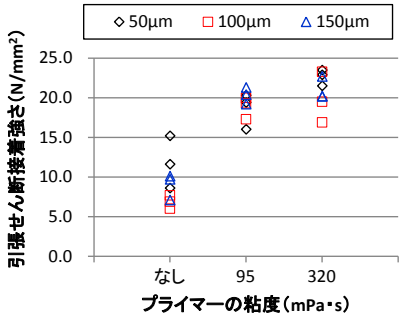


図-2 接着強さとプライマーの有無の関係

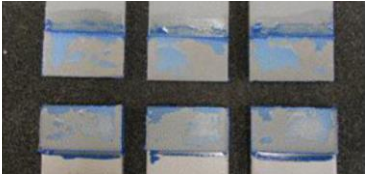


写真-1 接合面の破壊状態 (E21 の 3 供試体)

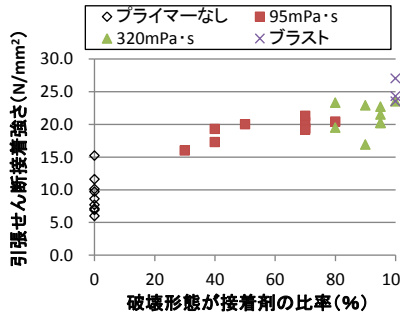


図-3 接着強さと接着剤の破壊比率の関係

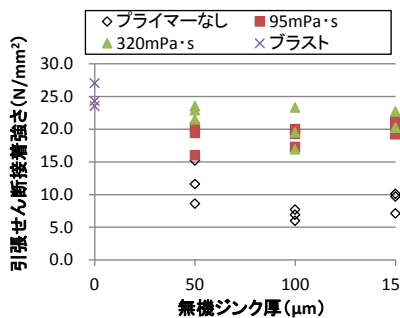


図-4 接着強さと無機ジंक厚の関係