

低層鉄骨造のDIY制震補強に関する技術開発
-その14- 養生期間中の湿度環境の影響に関する実験的検討

正会員 〇大入慎也*¹ 曾田五月也*²
同 花井 勉*³ 皆川隆之*⁴
渡辺啓太*¹ 西川翔太*¹

低層鉄骨造 DIY 制震補強
接着接合 湿度環境

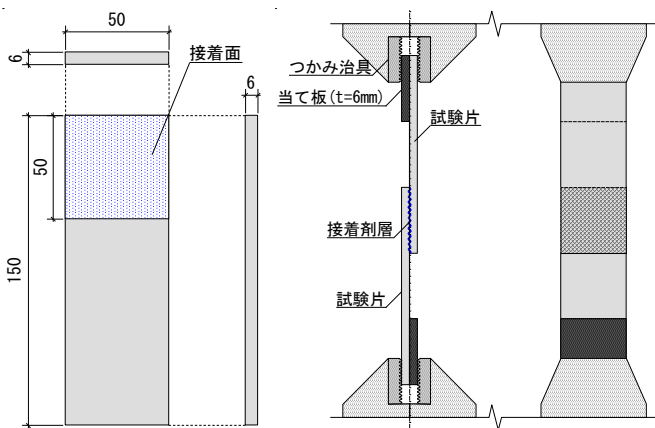
1 はじめに

これまでの研究から、季節の変化や火災の発生による温度変化に伴い、養生期間終了後の接着剤接合部が高湿度環境下にさらされた場合における接着強さが与えられる影響は大きいことが分かっている¹⁾。一方、接着剤接合を現場で行う場合、天候の変化による温度変化だけでなく湿度も変化し、養生期間中に急激な温度低下や降雨が発生することにより接着剤接合部が高湿度環境下にさらされる場合がある。本報告では、養生期間中に高湿度環境下にさらすことで、湿度環境が接着強さに与える影響を明らかにするために行った実験について述べる。

2 接着接合部の接着強さの力学性能実験

2.1 実験システムと試験体の形状

加力装置には 250kN オートグラフを使用し、載荷方法は片側引張単調加力とし、接着部の耐力が失われるまで載荷を行った。図 1 にはせん断試験に用いる試験体の詳細図と取付け図を示す。試験体の製作は接着剤メーカーの仕様規定に準じて粗度 40 のサンドペーパーによる表面処理を行い、接着剤塗布後一定期間適切に養生した。



(左：せん断試験体詳細図 右：同取付け図)
図 1 せん断試験体と取付け図 [単位:mm]

2.2 使用する接着剤の特性

表 1 には接着剤 A、T、K の 3 種類の接着剤の特性を示す。接着剤 A、T、K いずれも 2 液混合熱硬化型接着剤であるが、接着剤 A、K はエポキシ樹脂を、接着剤 T はア

クリル樹脂を主剤としている。また、公称されているメーカーの実施したせん断試験により得られたせん断接着強さは、接着剤 A が 20[N/mm²]、T が 23[N/mm²]、K が 28[N/mm²]である。式 1 には接着強さの算出式を示す。

表 1 接着剤の特性

接着剤名	接着剤A(A社)	接着剤T(T社)	接着剤K(K社)
種別	2液混合熱硬化型接着剤		
主剤	エポキシ樹脂	アクリル樹脂	エポキシ樹脂
可使時間/硬化時間	60分/1週間	15分/24時間	50分/7時間
保存方法	常温可能	常温可能	常温可能
その他の特徴	温度耐久性	低臭性	ゴム状成分混合
メーカー公称値	せん断接着強さ [N/mm ²] 20 (20℃時)	23 (25℃時)	28 (20℃時)

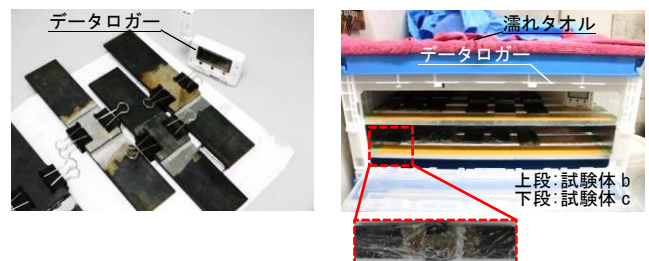
$$S = \frac{P}{A} \dots (式 1)$$

S:接着強さ[N/mm²] P:最大荷重[N] A:接着面積[mm²]

3 養生環境と試験体の概要

3.1 養生方法と試験体の種類

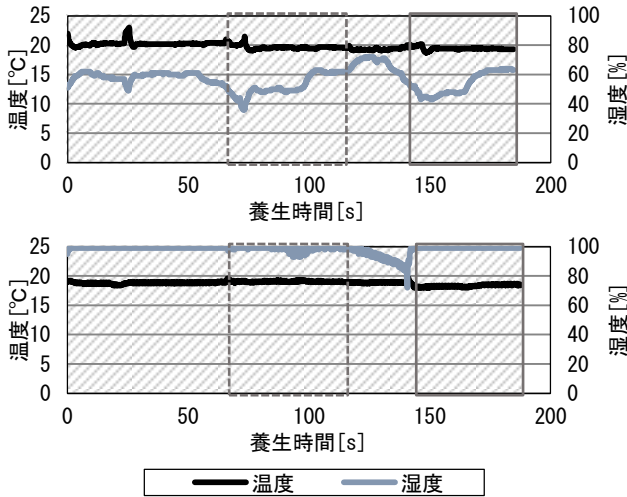
写真 1 には養生の様子を示す。養生方法は、室内で養生したもの、水分が垂れ出さない程度に十分に水分を含ませたタオルを被せた容器内で、雨天時におけるピロティなどの外部空間を想定した湿度が 100%程度、温度が 20℃程度を維持した高湿度環境下で養生したもの、高湿度環境下において接着剤接合部をラップすることで空気を遮断したものとの 3 種類とし、それぞれ試験体 a、b、c とする。なお、養生中の温度、及び湿度は、温湿度データロガーTR-72U(株式会社ティアンドディ)を用いて常に計測し、一定の環境が保たれることを確認する。試験体は養生方法、及び接着剤の種類をパラメータとした全 9 種類とし、いずれの試験体も 3 体とする。



(左：室内環境(試験体 a) 右：高湿度環境(試験体 b、c))
写真 1 養生の様子

3.2 養生中の温湿度環境

図 2 には養生中の温湿度環境の比較を養生環境毎に示す。図中の網掛け、実線枠、点線枠はそれぞれ接着剤 A、T、K の養生期間を示す。いずれの養生環境でも温度は 20℃程度が維持されており、湿度は室内環境下では 50%程度、高湿度環境下では 100%程度が維持されていることが分かる。



(上：室内環境(試験体 a) 下：高湿度環境(試験体 b、c))
図 2 養生中の温湿度環境の比較

4 実験結果と考察

4.1 接着強さの比較

図 3 に実験結果を示す。図中の数値は養生環境毎の平均接着強さを、点線は接着剤毎の通常的环境下で養生した試験体 a の平均接着強さを示す。エポキシ系接着剤 A は高湿度環境下では接着強さが低下するが、空気を遮断することで接着強さの低下が抑えられることが分かる。一方、同じエポキシ系接着剤 K ではいずれの試験体も同程度の接着強さを示すことが分かる。文献では、エポキシ系接着剤の接着強さは、相対湿度を 100%とした場合には、接着剤層へ侵入する水分量により、大きく低下することが分かっている²⁾。接着剤 A の接着剤層の厚さは接着剤 K の 2 倍程度であることから、養生期間が長く、接着剤層の表面積が大きい接着剤 A の方が接着剤 K に比べて多く水分を吸収するため、高湿度環境下にさらした試験体 b では接着強さが低下したと考えられる。アクリル系接着剤 T は高湿度環境下では接着強さに変化は見られないが、空気を遮断することで接着強さが若干低下することが分かる。アクリル系接着剤は、密封状態では被着材の接着剤と接触している部分において発錆することがあり³⁾、空気を遮断した試験体 c では接着剤

と試験体の境界となる端部で錆が生じ接着部の強さが低下したと考えられる。

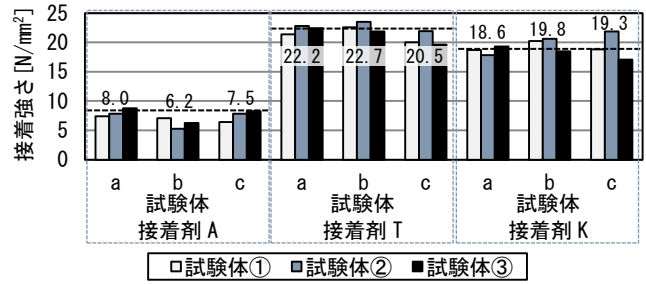


図 3 接着強さの比較

4.2 破壊性状の比較

写真 2 には破壊性状の比較を示す。接着剤 A は片側に接着剤が残る明らかな界面破壊となり、接着剤 T、K は接着剤層で破断することにより両側の被着面に接着剤が残る凝集破壊が先行していることが分かる。また、接着剤 T の試験体 b、c では錆が見られ、試験体 b は接着剤が十分に硬化しているのに対し、試験体 c は表面に粘り気が残っていた。これは、試験体 b は養生が十分であるが高湿度環境下のため空気中の水分で発錆したのに対し、試験体 c は密封状態による硬化不良が原因となって発錆したと考えられる。

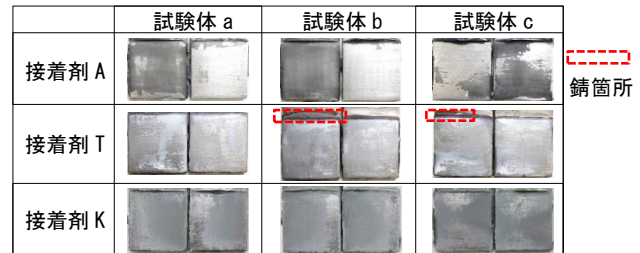


写真 2 破壊性状の比較

5 まとめ

本稿では、養生期間中の湿度環境の違いによる影響を明らかにした。いずれの接着剤も高温高湿環境で養生を行っても耐力低下は大きくないが、特にアクリル系接着剤 T とエポキシ系の中でも接着剤層の厚さが薄い接着剤 K には影響がない。エポキシ系接着剤 A は養生期間、及び接着剤層の関係で若干影響が出るため、接着環境により接着剤を選択する、又は設計耐力を低減すると良い。

【謝辞】

本研究を遂行するにあたり、2016 年度早稲田大学特定課題 B の研究助成を受けた。記して謝意を表す。

【参考文献】

- 1) 花井勉,他:低層鉄骨造の損傷抑制用 DIY 共振補強に関する技術開発(その 13) 接着剤接合強さに対する温度変化の影響に関する実験的検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集 2016(構造 III),pp.911-912,2016.8
- 2) 柳原榮一:接着のトラブル対策,日刊工業新聞社,pp.82-83,2006.12
- 3) 柳原榮一:被着材からみた接着技術 金属材料編,日刊工業新聞社,pp.38-39,2003.3

*1 早稲田大学創造理工学研究科建築学専攻

*2 早稲田大学創造理工学部建築学科教授 工学博士

*3 えびす建築研究所代表取締役 博士(工学)

*4 えびす建築研究所

*1 Graduate Student, Waseda Univ.

*2 Prof., Dept. of Architecture, Waseda Univ., Dr. Eng.

*3 President, Ebisu Building Laboratory Co., Dr. Eng.

*4 Ebisu Building Laboratory Co