

## 低層鉄骨造の損傷抑制用DIY制震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

正会員 ○花井勉\*<sup>1</sup> 曾田五月也\*<sup>2</sup>  
同 皆川隆之\*<sup>3</sup> 神谷佳祐\*<sup>4</sup>  
大入慎也\*<sup>5</sup> 渡辺啓太\*<sup>6</sup>

低層鉄骨造                      DIY                      制震補強  
接着剤                              温度変化                      耐用年数

## 1 はじめに

提案する DIY 工法では、低層鉄骨造建築物のピロティ部分等の室外環境にダンパが設置されることもあり、夏場には躯体表面やダンパ接合部が高温になることが考えられる。また大地震発生時には構造躯体や 2 次部材の損傷だけでなく、火災による被害も数多く報告されている。したがって、接着剤接合部が接着剤メーカーの仕様規定より高い温度に達し、接着強さが低下することが考えられる。そこで本報告では、夏場や火災時を想定した温度環境下での接着剤接合部の接着強度の温度依存性に関する実験による性能評価を行う。また、耐久性を評価するための熱老化促進試験を行い、接着剤接合の耐用年数を推定する。

## 2 夏場を想定した温度環境下での検証実験

## 2.1 実験概要

まず夏場を想定した温度環境下での接着強さの評価を行う。加力装置、及び試験体はその 11 と同様とし、接着剤にはエポキシ系接着剤 A とアクリル系接着剤 T を用いた。せん断試験体のラップ長は 12.5[mm]、板厚は 6[mm] とし、載荷時の温度は 20、40℃とした。

## 2.2 実験結果

図 1 には温度毎の平均せん断接着強さを示す。グラフ内の点線は各接着剤のメーカー公称値を示す。接着剤 A は高温時にも平温時と同程度の接着強さとなったが、接着剤 T は高温時に接着強さが低下し、平温時の 6 割まで接着強さが低下することが分かる。

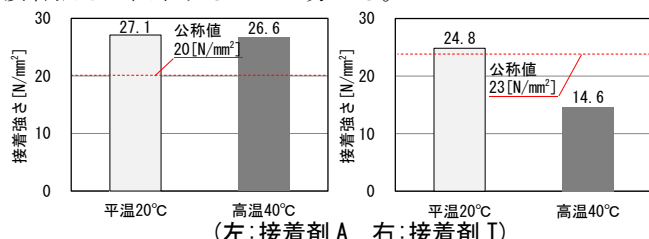


図 1 温度毎の平均せん断接着強さの比較

## 3 火災時を想定した高温環境下での検証実験

## 3.1 実験概要

次に火災時を想定した高温環境下での接着剤接合部の耐熱性の評価を行う。図 2 には実験システムを示す。本実験の加力装置には 30kN 級アクチュエータを使用し、試

験体とアクチュエータヘッド、及び試験体と反力台は治具を介してピン接合した。試験体の加熱にはリボンヒーターを用い、試験体端部にリボンヒーターを巻き付け接着剤接合部の温度を上昇させながら載荷を行った。本検討では載荷する一定の荷重値をパラメータとし、公称接着強さの 1/3、1/10、1/30 の値とした。接着剤には A、T の 2 種を使用した。

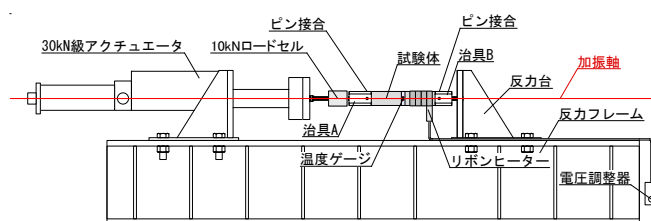


図 2 実験システム図

## 3.2 実験結果

表 1 には破断時の接着剤接合部の温度を示す。試験体の温度は接着剤接合部の両表面に貼った 2 本の温度ゲージによる計測値の平均値とした。公称接着強さの 1/3 の荷重値を作用させた試験体は、接着剤 A では約 35℃、接着剤 T では約 40℃に達し破断した。公称接着強さの 1/10 の荷重値を作用させた試験体は、接着剤 A では約 65℃、接着剤 T では約 60℃に達し破断した。一方で、公称接着強さの 1/30 の荷重値を作用させた試験体は、接着剤 A では約 90℃になっても接合部は破断しなかった。接着剤 T は 85℃程度に達し破断した。

本工法で使用する 100kN 級ダンパと金物の自重(約 40[kg])を本実験に用いた試験体の接着面積(625[mm<sup>2</sup>])分に換算した場合の荷重値は 2.1[kg]程で公称値の約 1/600 となる。したがって、火災時にダンパや金物が脱落する恐れはないと考えられる。

表 1 破断時の接着剤接合部の温度

温度 [°C]	載荷荷重値		
	公称値/3	公称値/10	公称値/30
接着剤 A	36.3	64.1	92.9 (未破断)
接着剤 T	39.6	61.1	84.9

## 4 熱履歴が接着強さに与える影響に関する検証実験

### 4.1 実験概要

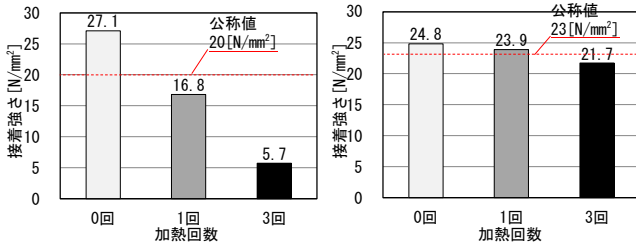
続いて火災による高温状態を繰り返し経験した後の接着強さを評価し、熱履歴に対する影響を検証する。実験システムはその11と同様とし、せん断試験体のラップ長は12.5[mm]、板厚は6[mm]とした。接着剤には接着剤A、Tを使用した。写真1には試験体の加熱状況を示す。接着剤を塗布し養生期間経過後にリボンヒーターを巻き付けアルミ箔で覆いながら加熱した。加熱温度は200[°C]とし、繰り返し加熱する場合には目標温度到達後に常温で放置し、室温程度まで冷却させた後再度加熱を行った。



写真1 試験体の加熱状況

### 4.2 実験結果

図3には加熱回数毎の平均せん断接着強さを示す。グラフ内の点線は各接着剤のメーカー公称値を示す。エポキシ系接着剤Aでは加熱後に接着強さが低下するが、アクリル系接着剤Tでは大きな低下は見られなかった。



(左：接着剤A 右：接着剤T)  
図3 平均せん断接着強さ

## 5 熱老化による接着剤接合の耐用年数評価実験

### 5.1 実験概要

最後に本工法における接着剤接合の耐用年数に関する評価を行う。耐用年数の評価には熱老化試験を実施した。試験方法は接着剤を塗布し、室温で所定の養生期間経過後の試験体に対して専用の硬化炉を用いて140[°C]の加熱を15、30日間行った後に載荷し、接着強さを評価する。載荷方法、及び試験体はその11と同様とし、せん断試験体のラップ長は50[mm]、板厚は6[mm]とした。接着剤には接着剤Aを用い、被着面の表面処理にはショットブラストを用いた。

### 5.2 実験結果

図4、5には加熱期間毎の平均せん断接着強さ、アレニウスプロット<sup>1)</sup>により描いた加熱期間と接着強さの関係を示す。30日間の加熱後でも加熱前と同等の接着強さを発

揮することから、30年相当の接着強さは大きく低下することなく、十分な接着強さを有していることが分かった。4章の熱履歴の実験結果では接着剤Tの方が熱履歴に強いことから、いずれの接着剤と十分な耐久性を有すると推定される。

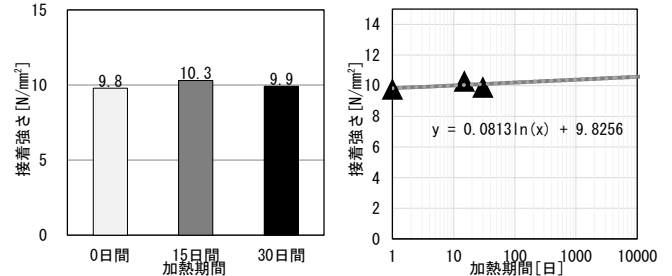


図4 平均せん断接着強さ 図5 加熱期間接着強さの関係

### 6 安全率の設定

以上の検討を踏まえDIY工法における接着剤接合の安全率の設定を行う。表2には各接着剤の公称接着強さに対する40°C、火災経験後の平均接着強さの割合を示す。40°Cでは接着剤Tは公称値の6割程度の接着強さとなることが分かる。一方で、火災を一度経験した場合には、接着剤Aは耐力が低下するが、ダンパと金物自重を支える耐力は保持できると考えられる。火災後には状況により再設置するものとする、被着材の設計時安全率は地震が発生しうる夏場の温度環境下での接着強度を基に決定することとし、適切な実験結果から得られた高温時の接着強度に対して3倍以上を見込むことが妥当と考えられる。

表2 公称接着強さに対する接着強さの割合

	メーカー公称せん断接着強さ [N/mm²]	夏場を想定した場合(40°C)の平均接着強さ [N/mm²]	40°Cでの平均接着強さ / 公称値	火災を1度経験した後の平均接着強さ [N/mm²]	火災経験後の平均接着強さ / 公称値
接着剤A	20 (20°C)	26.6	1.33	16.8	0.84
接着剤T	23 (25°C)	14.6	0.63	23.9	1.04

## 7 まとめ

本稿では接着剤接合強さに対する温度の影響について実験的知見を得た。1)夏場を想定した40°Cの温度環境下では接着剤によっては接着強さが低下する。2)火災時を想定した高温環境下ではいずれも接着強さが低下したが、ダンパと金物の自重を支える耐力は十分保持している。3)熱劣化試験では30年相当の劣化でも耐力低下がほとんどない。以上より、火災後には状況判断するものとして、温度の影響を考慮した設計時安全率は夏場を想定した接着強度より3倍以上見込むとよいことが分かった。

### 【謝辞】

本研究を遂行するにあたり、文部科学省科学研究費「低層鉄骨造建築物を対象としたDIY制振補強構法の開発(挑戦的萌芽研究) 研究代表者:曾田五月也」から研究助成を受けた。記して謝意を表す。

### 【参考文献】

1)千原秀昭, 稲葉章: アトキンス物理化学の基礎, 東京化学同人, pp.295-299, 1984.4

\*<sup>1</sup> えびす建築研究所代表取締役 博士(工学)

\*<sup>2</sup> 早稲田大学創造理工学部建築学科教授 工博

\*<sup>3</sup> えびす建築研究所

\*<sup>4</sup> 久米設計

\*<sup>5</sup> 早稲田大学創造理工学研究科建築学専攻

\*<sup>6</sup> 早稲田大学創造理工学研究科建築学専攻

\*<sup>1</sup> President, Ebisu Building Laboratory Co., Dr. Eng.

\*<sup>2</sup> Prof., Dept. of Architecture, Waseda Univ., Dr. Eng.

\*<sup>3</sup> Ebisu Building Laboratory Co

\*<sup>4</sup> KumeSekkei Co.Ltd.

\*<sup>5</sup> Graduate Student, Waseda Univ.

\*<sup>6</sup> Graduate Student, Waseda Univ.