

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8- 接着剤の劣化要因を考慮した接着強さの力学性能検証実験

正会員 曾田五月也\*1 花井勉\*2  
同 ○神谷佳祐\*3 皆川隆之\*4  
井上雄貴\*5 佐藤剛生\*6

低層鉄骨造                      DIY                      制震補強  
接着剤                              温度依存性                      養生期間依存性

1. はじめに

本工法では、素人でも行える簡易な施工方法として、主架構の常時荷重を負担することのないダンパの接合部において施工性の優れた接着剤接合を採用している。一方で接着剤は高分子化合物であるため、様々な外的要因によりその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、鋼材間の接着剤接合の本格活用に向けて行った接着剤の周辺温度、養生期間が接着強さに与える影響を把握する力学性能検証実験結果について述べる。

2. 接着剤接合の特徴

2.1 他の接合法との比較

表1には各接合法の特徴の比較を示す。接着剤接合は他の接合法に比べ、施工性に優れ、安価であり、意匠性にも優れ、施工の際に部材を損傷することもない。また、多くの接着剤は粘弾性体であるため、衝撃や振動に強い。さらに、接着面で応力を負担するため、局部に応力集中が起こりにくいという特徴も有する。

表1 各接合法の特徴

	接着剤接合	ボルト接合	溶接接合
施工性	接合作業は容易	開孔作業が必要	特別な資格が必要
コスト	安価	安価	高価
その他	硬化まで一定時間を要する	開孔が必要	熱変形が生じる

2.2 接着剤接合の接合理論

接着剤接合の接合理論として、接合面に働く主な力には、分子間力と投錨効果がある。図1には2種類の接合理論のイメージ図を示す。分子間力は分子同士が引きつけ合う力のことを指し、一般的に分子が密な状態であれば分子間力も強く働く。投錨効果はアンカー効果とも呼ばれ、被着材表面のわずかな凹凸、傷などから接着剤が入り込み楔のように抜けなくなることで抵抗力を発揮する仕組みとなっている。

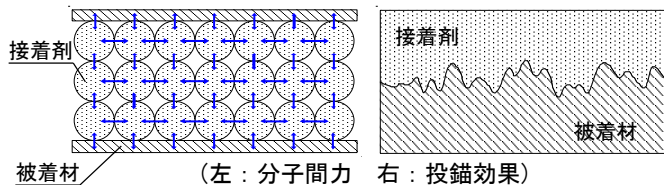


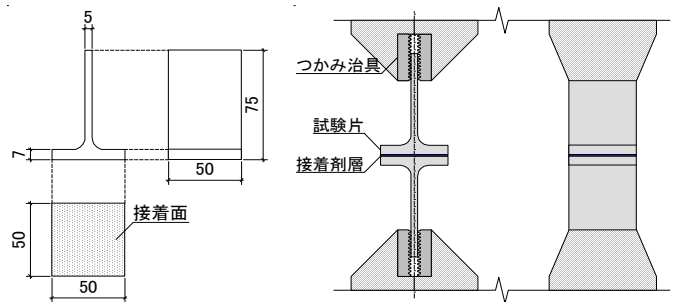
図1 接合理論のイメージ図

3. 接着接合部の接着強さの力学性能検証実験

3.1 実験システムと試験体の形状

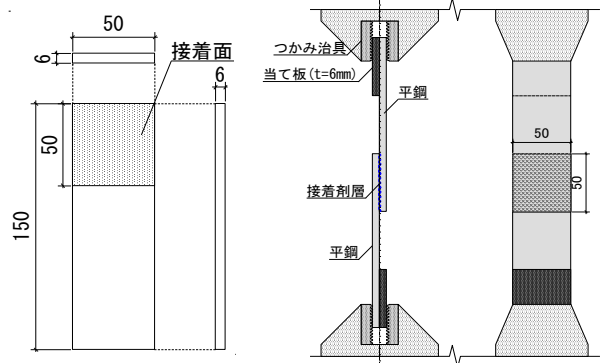
加力装置には 250kN オートグラフを使用し、載荷方法

は片側引張単調加力とし、接着部の耐力が失われるまで実験を行った。図2、3には引張試験、せん断試験に用いる試験体の詳細図と取付け図を示す。試験体の製作は変動の少ない最適接着強さが得られるように接着剤メーカーの仕様規定に準じた表面処理、養生方法とした。



(左：引張試験体詳細図 右：取付け図)

図2 引張試験体と取付け図[単位:mm]



(左：せん断試験体詳細図 右：取付け図)

図3 せん断試験体と取付け図[単位:mm]

3.2 使用する接着剤の特性と必要接着強さ

表2には接着剤A、Mの2種類の接着剤の特性を示す。接着剤A、Mともに2液混合熱硬化型接着剤であるが、接着剤Aはエポキシ樹脂を、接着剤Mはアクリル樹脂を主成分としている。また、接着剤Aは無臭かつ、常温での保存が可能であるが、接着剤Mは刺激臭を有し常温では保存することができず、可使用時間が短いといった特徴を有する。図4には本工法におけるダンパの設置状況を示す。ダンパの容量を100[kN]、取付け角度を45度、安全率を3倍とし、取付け金物の接着面積を50000[mm<sup>2</sup>]の十分な値とした場合、接着剤にはそれぞれ4.2[N/mm<sup>2</sup>]以上の接着強

さが求められる。以下ではこの値を必要接着強さと称し、接着強さの判断基準とする。式1には必要接着強さの算出式を示す。

表2 接着剤の特性

接着剤名	接着剤A(A社)	接着剤M(S社)
種別	2液混合熱硬化型接着剤	
色	灰色	
基材	エポキシ樹脂	アクリル樹脂
匂い	無臭	刺激臭
保存方法	常温可能	10℃以下で保存
可使時間	60分	3分
養生期間	1週間	24時間
その他の特徴	温度耐久性	即効性
メーカー公称値		
引張接着強さ (20℃時)[N/mm <sup>2</sup> ]	-	8
せん断接着強さ (20℃時)[N/mm <sup>2</sup> ]	20	15.7

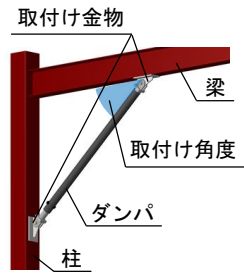


図4 ダンパの設置状況

$$\sigma = f \times 1000 \times \sin \theta \div (A \times \nu) \dots (式1)$$

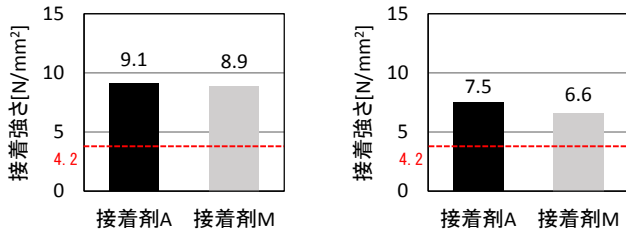
$\sigma$ : 必要接着強さ[N/mm<sup>2</sup>]  $f$ : ダンパ容量[kN]

$\theta$ : 取付け角度[°]  $A$ : 接着面積[mm<sup>2</sup>]  $\nu$ : 安全率

#### 4. 実験結果と考察

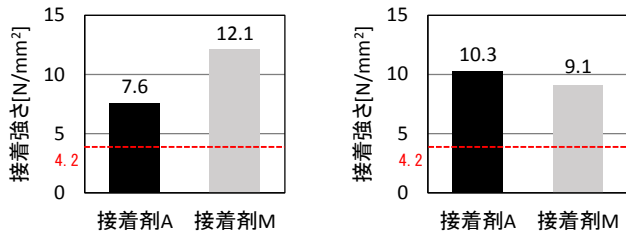
##### 4.1 接着強さの温度依存性に関する検討

まず載荷時の接着剤の温度をパラメータとして変化させた場合の接着剤接合部の力学性能検証実験の結果を示す。実験時の周辺温度環境は平温と高温の2種類設定し、事前検討の結果より20[°C]、40[°C]とした。図5、6には引張実験、せん断実験における各試験体の接着強さを示す。グラフ内の点線は必要接着強さ4.2[N/mm<sup>2</sup>]を示す。グラフよりどちらの接着剤とも平温時より1~3割程度の接着強さの低下が見られるが、必要接着強さ以上の値は発揮していることが分かる。したがって匂いや、保存方法、可使時間などの施工や管理上の観点から、接着剤Aの方が扱いやすく本工法に適しているといえる。



(左: 平温時 右: 高温時)

図5 引張試験結果

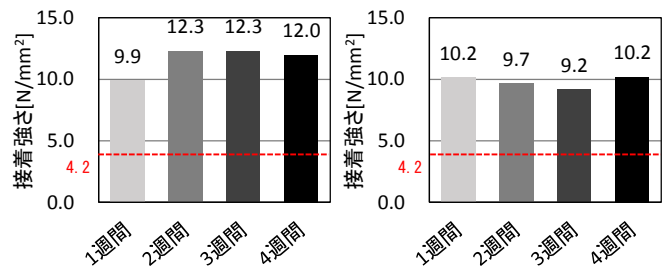


(左: 平温時 右: 高温時)

図6 せん断試験結果

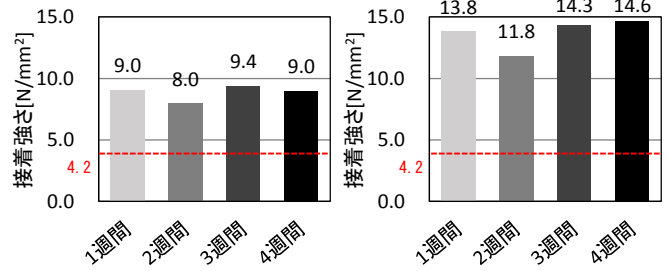
##### 4.2 接着強さの養生期間依存性に関する検討

続いて接着剤の養生期間をパラメータとして変化させた場合の接着剤接合部の力学性能検証実験の結果を示す。実験時の周辺温度環境は前項と同様に平温と高温の2種類を設定した。接着剤の養生期間はすべての試験体で同一温度環境下とし、1~4週間の4種類とした。図7、8には引張実験、せん断実験における各試験体の接着強さを示す。グラフ内の点線は必要接着強さ4.2[N/mm<sup>2</sup>]を示す。実験結果よりいずれの場合においても接着強さ以上の値となっているが、3週間以上養生させることでより安定した性能を発揮するといえる。また、各実験において平温時の実験結果と高温時の実験結果を比較すると、いずれの場合も高温環境下における著しい接着強さの低下は見られず、平温時の75[%]以上の接着強さを発揮していた。



(左: 平温時 右: 高温時)

図7 引張試験結果



(左: 平温時 右: 高温時)

図8 せん断試験結果

#### 5. まとめ

本稿では、まず接着剤Aと接着剤Mについて接着強さの温度依存性に関する検討を行い、いずれの接着剤も必要接着強さ4.2[N/mm<sup>2</sup>]以上の接着強さを発揮していることを明らかにした。その上で、接着剤Aは無臭であり、常温で保管可能という施工上の優位性から、接着剤Aを本工法で使用する接着剤と選定した。続いて、接着剤Aの接着強さの養生期間依存性について検証し、接着剤Aは1週間以上養生させることで必要接着強さ以上の値を発揮するが、養生期間を3週間以上とすることでより安定した性能が得られることを示した。

\*1 早稲田大学創造理工学部建築学科教授 工博

\*2 えびす建築研究所代表取締役 博士(工学)

\*3 早稲田大学創造理工学研究科建築学専攻

\*4 えびす建築研究所

\*5 早稲田大学創造理工学研究科建築学専攻 (現 清水建設)

\*6 早稲田大学創造理工学研究科建築学専攻 (現 三菱地所設計)

\*1 Prof., Dept. of Architecture, Waseda Univ., Dr. Eng.

\*2 President, Ebisu Building Laboratory Co., Dr. Eng.

\*3 Graduate Student, Waseda Univ.

\*4 Ebisu Building Laboratory Co

\*5 Graduate Student, Waseda Univ.

\*6 Graduate Student, Waseda Univ.