

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9- 接着剤接合部の接着強さの疲労耐久性に関する検討

正会員  
同

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

低層鉄骨造  
接着剤

DIY  
鋼材接合部

制震補強  
疲労耐久性

1. はじめに

前報その8では、DIY制震補強における接着剤接合の安全性が認められた。本報告では、接着剤接合部への繰り返し荷重に対する疲労耐久性を把握するため、一連の風応答解析、および接着強さ実験を行った結果を述べる。なお、本実験ではその8で用いた接着剤を使用した。

2. 風応答解析による検討

2.1 解析モデル

解析モデルは2層の鉄骨造建物とした。図1には各階の伏図を、表1には断面リストを、表2には建物の諸元を示す。解析に用いた粘弾性ダンパのS/d(せん断面積/せん断厚さ)は、12.3[m]とし、粘弾性体の材料がジエン系のものを使用した。図2には粘弾性ダンパのモデルを示す。粘弾性ダンパは3本のMaxwell Modelを用いて模擬し、図1の点線で囲った部分に取付け長さ1000[mm]、取付け角度45度で方杖状に設置した。

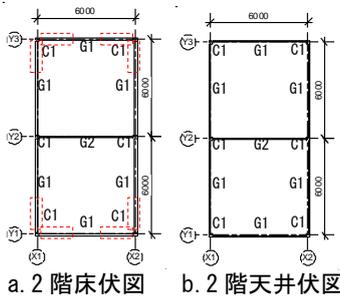


図1 各階伏図

表1 断面リスト

記号	寸法
柱 C1	□-250×250×8
梁 G1	H-300×150×6.5×13
梁 G2	H-200×100×5.5×8

表2 建物の諸元

階高		3[m]
質量	2層	39.65[t]
	1層	42.28[t]
固有周期	0.45[s]	
復元力特性	BL(k2/k1=1/4)	
主構造の減衰	初期剛性比例型2[%]	

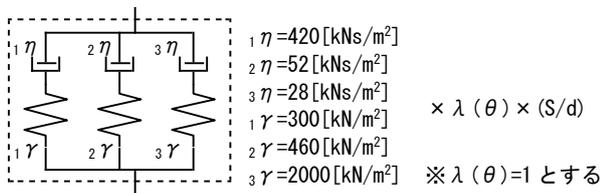


図2 粘弾性ダンパのモデル

2.2 模擬風力波の作成

本解析では地表面粗度区分をIIIとして平均風速40[m/s]の模擬風力波を作成した。風力F(t)はベルヌーイの法則より平均風力F̄と変動風力F'(t)を用いて式1のように表される。

$$F(t) = \bar{F} + F'(t) \quad (式1)$$

なお、模擬風力波は5波作成し、それらをアンサンプル平均したものを用いた。なお、解析ではX軸方向、Y軸方向別々に風力波を入力し解析を行った。

2.3 解析結果

図3にはX軸方向、Y軸方向に設置した粘弾性ダンパの荷重変形関係を並べて示す。解析結果より、ダンパの最大抵抗力はY軸方向で3.1[kN]程度であり、取付け金物の接着面積を考慮すると、接合部にかかる応力度は0.081[N/mm²]となる。疲労試験においては、JIS K 6864(接着剤-構造用接着剤の引張せん断疲れ特性試験方法)より、最大応力度τ<sub>max</sub>を解析での最大値0.081[N/mm²]、最小応力度τ<sub>min</sub>を0[N/mm²]、と定めるため、応力度振幅τ<sub>r</sub>は(τ<sub>max</sub>-τ<sub>min</sub>)/2=0.040[N/mm²]と求められる。

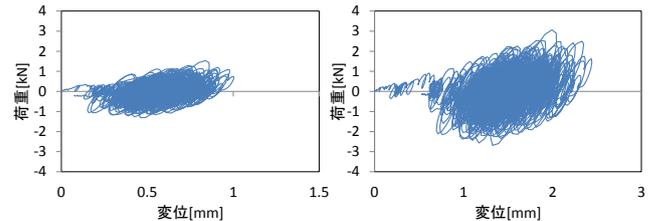


図3 粘弾性ダンパの荷重変形関係  
(左:X軸方向 右:Y軸方向)

図4には一般的なエポキシ樹脂接着剤のS-N曲線を示す。疲労応力度τ<sub>s</sub>は実験から得るのが一般的であるが、既往の研究において、疲労応力度τ<sub>s</sub>を接着剤の静的応力度τで除した値は約0.081になることが知られている。接着剤の静的応力度を9.2[N/mm²]とすると疲労応力度τ<sub>s</sub>は約0.62[N/mm²]となる。これは応力度振幅τ<sub>r</sub>=0.033[N/mm²]に比べ十分大きい値であるため、風応答、またはそれ以下の微振動の繰り返しによって接合部に損傷が生じる可能性は極めて低いといえる。

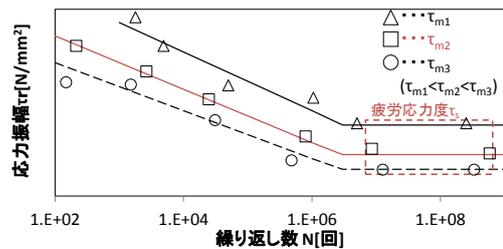


図4 一般的なエポキシ樹脂接着剤のS-N曲線

### 3. 実験的検討

#### 3.1 実験概要

本実験は JISK 6849(接着剤の引張試験方法)、及び JISK 6850(剛性被着材の引張せん断強さ試験方法)を参考に行った。加力装置には、250kN 級のオートグラフを使用し、実験時の周辺温度環境は 20[°C]とした。接着剤の養生期間は 1 週間とした。試験体は引張試験では 2 体の CT 形鋼(75×50×5×7)を、接着剤を用いて接合したものを、引張せん断試験では幅 50[mm]、板厚 6[mm]の平鋼(SS400)2 枚を、接着剤により接合したものを試験体とした。図 5 には引張試験の実験システムを、図 6 には引張せん断試験の実験システムを示す。

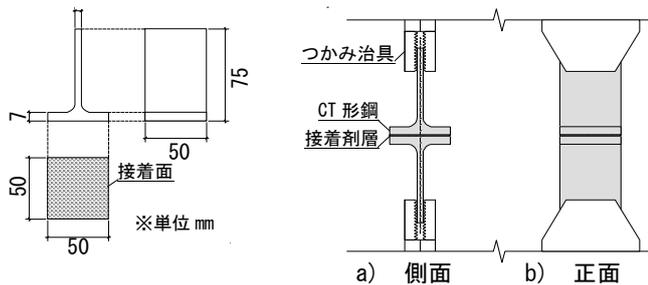


図 5 引張試験の実験システム

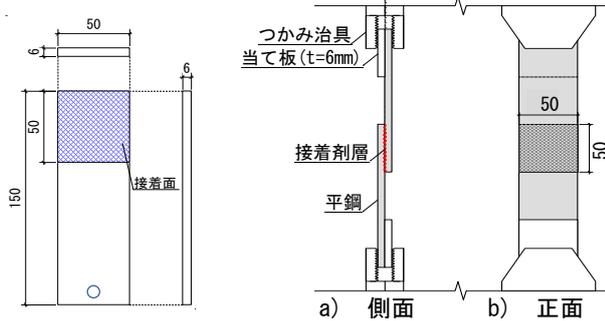


図 6 引張せん断試験の実験システム

#### 3.2 試験体の種類と製作手順

表 3 には試験体の分類を示す。試験体は変動が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、養生方法で施工した。試験体は引張試験体、引張せん断試験体ともに、動的な繰り返し载荷を行わずに静的载荷のみを行うものと動的な繰り返し载荷後に静的载荷を行うものの 2 種類とし、それぞれ 3 体ずつ用意した。表 4 には試験体の制作手順を示す。

表 3 試験体の種類

	引張	せん断
静的载荷のみ	3	3
動的载荷+静的载荷	3	3

\*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 (現 清水建設)

\*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 三菱地所設計)

\*6 早稲田大学創造理工学研究科建築学専攻

表 4 試験体の製作手順

順序	作業内容
1	試験片の表面をサンドペーパーで研磨する
2	アセトン系の溶剤で研磨後に残った微粉を除去する
3	主剤、硬化剤を所定の混合比で混ぜ合わせる
4	接着剤を接着面に直接塗布し、均等に延ばす
5	可使用時間以内に接着面を貼り合わせる
6	側面にはみ出た接着剤を除去する
7	クリップを用いて接着剤がずれないように仮固定する
8	指定されている期間養生する

#### 3.3 载荷方法

静的载荷の载荷方法は片側引張単調加力とし、载荷速度は 500[mm/min]とした。動的载荷の载荷方法は振幅 2[kN]、振動数 2[Hz]の sin 波を 360 秒間継続して入力した。

#### 3.4 実験結果と考察

図 7 には静的载荷のみを行った試験体の接着強さを、図 8 には動的载荷後に静的载荷を行った試験体の接着強さを示す。各棒グラフはそれぞれの試験体を示している。図 8 中の線は図 7 での平均値を示す。図 7、8 からわかるように動的载荷後には若干の接着強さの低下が見られるが大きな低下は見られないため、使用した接着剤は疲労耐久性についても十分な性能を有していることがわかる。

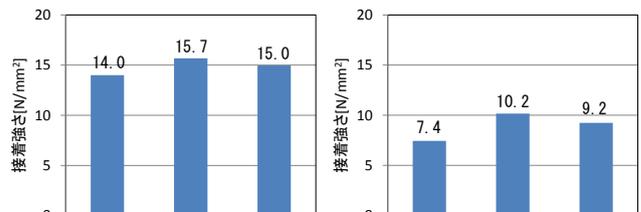


図 7 接着強さ(静的载荷のみ)  
(左:引張 右:せん断)

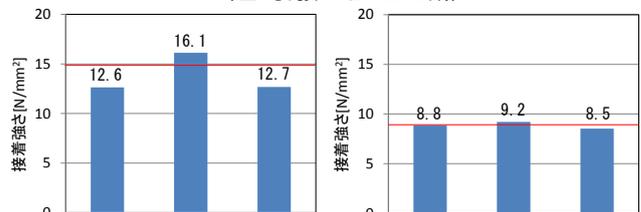


図 8 接着強さ(静的载荷+動的载荷)  
(左:引張 右:せん断)

#### 4. まとめ

風応答解析の結果、接着剤接合部にかかる応力度は小さく、そこから算出される応力度振幅は、接着剤の疲労応力度に比べ極めて小さいため、風応答によって接着剤接合部に損傷が生じる可能性は極めて低いことがわかった。また、実験の結果、接着剤接合部に動的载荷を作用させた場合でも、接着強さの低下は少なかったため、動的载荷が接着剤接合部に与える影響は少ないと言える。以上より接着剤接合は接合部への疲労耐久性を十分に保持した有用な接合工法であることを示した。

\*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.