

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17- 組合せ応力作用時の接着強さと接着剤接合部の設計法の提案

正会員 ○望月大輔*¹ 曾田五月也*²
同 花井勉*³ 皆川隆之*⁴
大入慎也*⁵ 西川翔太*⁶

低層鉄骨造 DIY 制震補強
接着接合 組合せ応力 設計法

1 はじめに

DIY 制震補強工法における接着剤接合では、ダンパは柱梁仕口部に方杖状に設置されるため、接着面には組み合わせ応力が作用する。そこで本報告では、加力方向に対する接着面の角度を変化させて組合せ応力を作用させた場合における、接着強さに与える影響について明らかにし、接着剤接合部の設計方法を提案する。

2 実験概要

2.1 実験システム・載荷方法・使用接着剤

本実験は、加力装置に 250kN 級のオートグラフを使用し、載荷方法は片側単調加力として上側に引張り、載荷速度は 10[mm/min]とした。また、接着剤はエポキシ系の構造用接着剤 A について検討を行い、接着強さは最大荷重[N]を接着面積[mm²]で除した算出式(式 1)で評価する。

$$s = \frac{P}{A} \dots (式 1)$$

S:接着強さ[N/mm²] P:最大荷重[N] A:接着面積[mm²]

2.2 試験体の仕様詳細及び試験体取付け図

図 1 には、試験片詳細図を示す。本実験では、加力軸と接着面が平行な方向を 0° (せん断方向)、直行方向を 90° (引張方向)と定義し、角度を変化させて実験を行った。試験片は、幅 30[mm]、長さ 80[mm]、板厚 12[mm]の平鋼(SS400)を加工したものとし、接着面積はいずれも 12×12[mm²]とする。

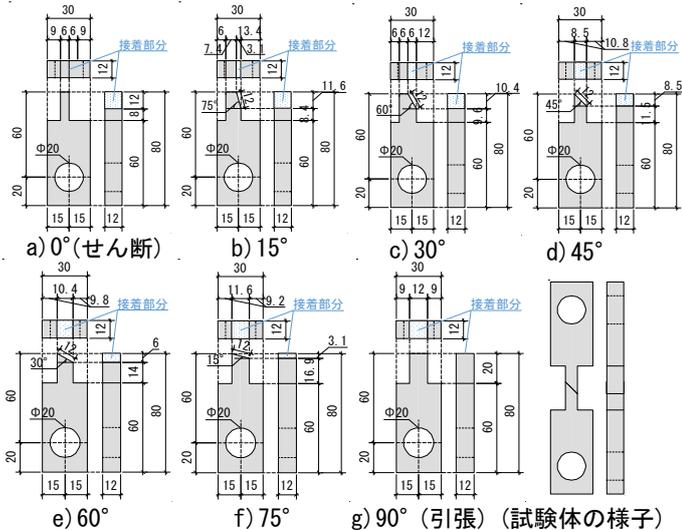


図 1 試験片詳細図 [単位: mm]

試験装置への取付けとして、ピン接合するために Φ20 の孔を設けている。試験体は、加工された試験片 2 体を接着剤により接合して製作する。写真 1 には、試験体の取付けの様子を、図 2 には、試験体の取付け部詳細図を示す。

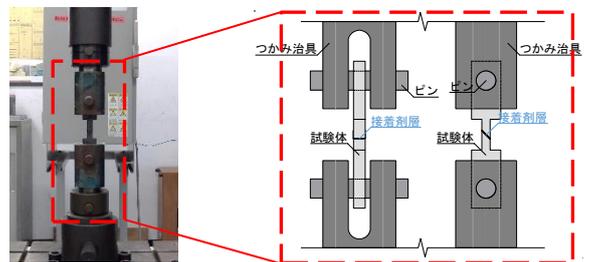


写真 1 試験体取付けの様子

図 2 試験体取付け部詳細図

3 実験結果

3.1 接着強さの比較

図 3 には、接着強さの比較を試験体毎に示す。なお本実験は接着面積が小さいため、試験体毎の抵抗力の差が小さい場合でも相対的に接着強さのばらつきが大きくなる。そのため、通常の試験に比べて試験体数を増やし、ばらつきが過度に大きい試験体を棄却することにより、詳細な検討を行った。図中の数値は棄却後の平均接着強さ[N/mm²]を示す。実験結果より、単純にせん断、及び引張荷重が作用した場合に比べて、組合せ応力が作用した場合には接着強さが低下することが分かる。したがって、任意の取付け角度における接着強さを推定する上では、既往のせん断、及び引張試験より得られた接着強さを低減して用いる必要があると考えられる。

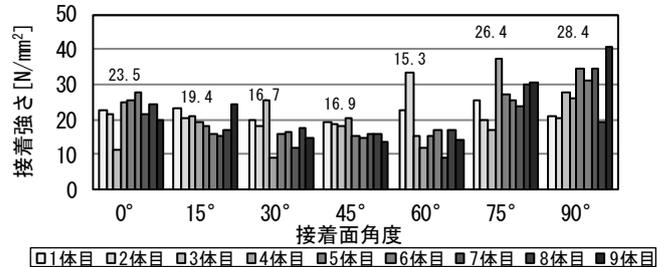


図 3 接着強さの比較

3.2 設計用接着強さの設定方法の検討

図 4 には、負担応力度の分布図を示す。なお、負担応

力度とは作用する荷重を接着面に対して平行、垂直方向に分解した場合に接着面に生じる応力度のことであり、接着面に対して平行な方向への応力度を接着面負担せん断応力度、垂直方向への応力度を接着面負担引張応力度と呼称する(図 5)。いずれの接着面角度においても、せん断試験から得られる平均接着面せん断応力度と引張試験から得られる平均接着面引張応力度を結んだ直線に実験結果が集中していることが分かる。また図より、全ての試験体における信頼範囲をおおよそ満たすことができ、ほとんどの試験結果が領域内に収まる値として、安全率は 1.5 倍見込むことが好ましいと言える。本工法は非専門業者による設計を想定しているため、簡易な取付け金物設計用接着強さの設定手法が求められる。したがって、本工法における取付け金物設計用接着強さは単純せん断、引張試験より求まるせん断、引張接着強さに安全率を 1.5 倍見込んだ値を直線的に結び、任意の取付け角度における接着強さを設定するものとする。また、接着剤の強度の環境依存性に伴う安全率は、既往の実験により 3 倍とすることが適切であることが示されていることから¹⁾、設計時の安全率は 4.5 倍(1.5×3.0)を見込むことで十分に設計することができると考えられる。

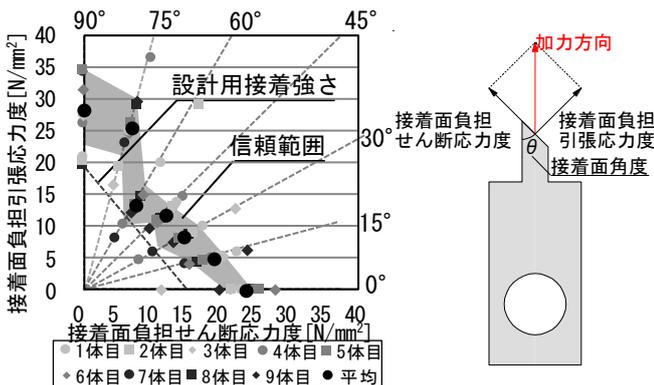


図 4 負担応力度の分布

図 5 応力度イメージ図

4 接着剤接合部の設計方法の提案

4.1 設計の流れ

本工法における取付け金物の矩形接着面における幅長さ寸法の設計方法を提案する。設計では、まずダンパの容量や取付け角度を決定した上で、柱や梁の断面寸法から、取付け金物の幅、長さ寸法の範囲を決定する。その後、想定する取付け金物寸法におけるせん断、引張接着強さを負担応力度分布図に図示することで、取付け角度を考慮した設計用接着強さを求める。設計用接着強さを算出した後は、ダンパ容量を設計用接着強さで除し、安全率を乗じることによって必要接着面積を算出し、幅、長さ寸法を決定することで、取付け金物の設計を終える。

4.2 設計用せん断、引張接着強さの算出

設計用せん断、引張接着強さの算出方法を示す。解析結果より、せん断応力度は幅方向の寸法による影響は小さく、引張応力度は長さ方向の寸法による影響は小さいことから、せん断モデルでは幅寸法を 50[mm]と固定し、引張モデルでは長さ寸法を 50[mm]と固定して解析を行った。解析結果を用いて、50×50[mm]の標準試験体における接着強さと比較することで各接着面形状における設計用接着強さを算出した。表 1 には、解析により得られた各接着面形状における最大応力度の割合と解析結果より算出される設計用せん断、引張接着強さの一覧を示す。

表 1 設計用せん断・引張接着強さ一覧

接着強さ	せん断				引張			
	6		16		7		16	
板厚 [mm]								
幅 [mm]	50							
長さ [mm]	50		200		200		250	
最大応力度 [N/mm ²]	32.67	48.89	59.14	69.57	76.46	115.3	153.7	192.1
比率	1.00	0.67	0.55	0.47	1.00	0.66	0.50	0.40
設計用接着強さ [N/mm ²]	10.8	7.2	6.0	5.1	13.5	9.0	6.7	5.4

4.3 組合せ応力作用時における設計用接着強さの算出

設計用せん断、引張接着強さを、負担応力度分布図上に図示することで、組合せ応力作用時における設計用接着強さを算出する。図 6 には、負担応力度分布図を用いた算出方法のイメージ図を示す。まず、横軸を接着面負担せん断応力度、縦軸を接着面負担引張応力度とした負担応力度分布図上に設計用せん断、引張接着強さを図示する。次に、設計用せん断、引張接着強さを直線で結び設計用接着強さが分布する領域を示し、設定した取付け角度に対応する接着強さが分布する軸を図中に図示することで設計用接着強さを算出する。

図 6 設計用負担応力度分布図

5 まとめ

本報告では、加力方向に対する接着面の角度を変化させた場合、応力度分布図においてせん断試験から得られる平均接着面せん断応力度と、引張試験から得られる平均接着面引張応力度を結んだ直線で各角度の接着強さを模擬できることを示し、また接着強さのばらつきによる安全率は、1.5 を見込むことで十分に設計できることを示した。また、本工法における取付け金物の矩形接着面形状における幅長さ寸法の設計方法を提案した。

【参考文献】

- 1) 花井勉, 曾田五月也, 皆川隆之, 神谷佳祐, 大入慎也, 渡辺啓太: 低層鉄骨造の損傷抑制用 DIY 制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

*¹ 早野組
 *² 早稲田大学元教授 工博
 *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
 *⁵ 清水建設
 *⁶ 早稲田大学創造理工学研究科建築学専攻

*¹ Hayano Co.
 *² former Prof., Waseda Univ., Dr. Eng.
 *³ President, Ebisu Building Laboratory Co., Dr. Eng.
 *⁴ Ebisu Building Laboratory Co.
 *⁵ Shimizu Co.
 *⁶ Graduate Student, Waseda Univ.