

複合応力を受ける鋼-鋼接着接合の強度に関する実験

福井 詩優

1. 背景と目的

鋼材の接着は、工期短縮や軽量化などの利点が多いために、様々な産業分野で普及しているが、土木・建築分野での実用例は極めて少ない。将来的な普及を目指して、建築分野で想定される使用方法に関する研究が進められているが、引張り、せん断、剥離などの比較的単純な応力条件での試験がほとんどである。そこで、せん断力と圧縮力または引張力の組合せ応力が作用した条件での接着強度を、包括的に検証する目的で実験を行ったので、ここに報告する。

2. 実験計画

図1に、本研究で用いた試験体を示す。接着面積 $4,000 \text{ mm}^2$ に一様応力が作用するように、厚さ 80 mm の鋼材を2つ組み合わせ合わせた。接着面が、荷重方向に対して 0° 、 30° 、 45° 、 60° または 90° をなすように、2個一対の鋼材を接着した。 0° は純引張、 90° は純せん断の条件に相当する。引張試験用の試験体5体と圧縮試験用の試験体4体を、それぞれ2セットずつ製作した。

接着面以外の面をビニールとメンディングテープで養生し、接着面をアセトンで脱脂した。接着剤にコニシ(株)製二液混合型エポキシ系接着剤 E258R を使用した。所定の割合で混合した接着剤を接着面に塗布し、接着面全体に十分塗布されていることを目視により確認したあと、室温環境下において、一週間養生した。1セット目の引張試験用 0° 試験体には、錘を多く載せた状態で、それ以降の試験体には、どの試験体にも接着面に同程度の平均圧力がかかる状態で養生した。

容量 $1,000 \text{ kN}$ の万能試験機を用いて、荷重速度を 0.1 kN/s に制御して、引張試験と圧縮試験を行った。写真1(a)に、ユニバーサルジョイントを介して実施した引張試験、写真1(b)に、試験体の安定性を確保する装置を介して実施した圧縮試験の実施状況を示す試験後には接着剤を除去し、中目#320の油砥石で接着面を研磨することで、全セットに同じ鋼材を再使用した。

3. 実験結果

図2に、引張試験で得た、荷重とクロスヘッド変位の関係を示す。1回目の 0° は、錘を多く載せた影響を強く受け、接

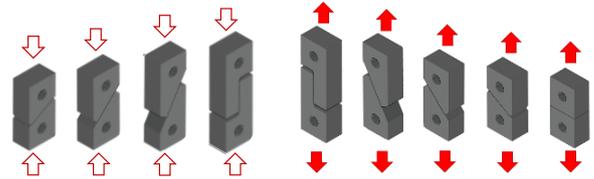


図1. 試験体一覧

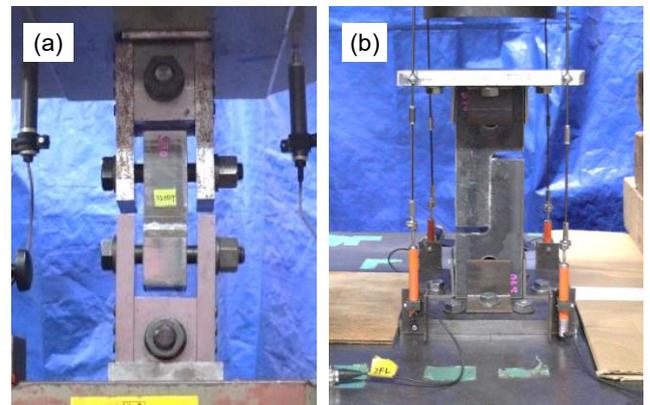


写真1. 試験状況：(a) 引張試験；(b) 圧縮試験

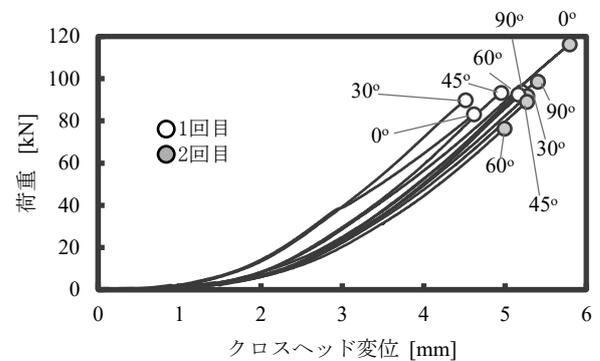


図2. 引張試験1回目 結果



写真2. 接着破壊面：(a) 接着不良；(b) 凝集破壊；(c) 界面破壊

着面から接着剤が流れ出てしまった。そのため、他の試験体ほど、強度が上がらなかったと考える。写真 2(a)に接着不良であった破壊面を示す。

破壊後の接着面について、両側の鋼材に接着剤が付着した場合は凝集破壊(写真 2(b))、いずれかの側に鋼材表面が現れた場合は界面破壊(写真 2(c))と判定できる。一般的に、凝集破壊が理想であり、より安定的に高い強度を発現できることが知られている。90°の試験体について1回目は界面破壊の割合が47%であったことに対して、2回目は100%であった。図4に載荷時の挙動について示しているが、界面破壊の少ない1回目と比べ、2回目の方が破壊荷重は小さい。

4. 考察

図4に、引張試験と圧縮試験2セットで得た結果をまとめる。最大荷重を接着面に垂直な力と平行な力に分解し、さらに面積で除した値を、それぞれ引張接着強度、せん断接着強度と考えた。図中に、高野 りらが実施した、円柱型試験体の引張接着実験、鋼板の二面せん断実験の結果を併せて示す。

引張試験では、2セットで比較的近い強度を測定したが、圧縮試験では、接着面の傾きが30°の試験体を例外に、各セットで測定した強度が大きく違った。接着面の傾きが0°の試験体は、引張でも圧縮でも、ほぼ同一条件のはずだが、圧縮試験の方が小さな強度を測定した。試験方法として、圧縮载荷の方が不安定であり、初期不整などの影響を受けやすい結果だと考えられる。また、接着面の傾きが90°の引張試験体は、高野 りら、より小さな引張強度を測定した。接着剤も同じで、接着面積がほぼ等しく、接着面の形状(長方形か円形)以外に、载荷条件に違いはないので、引張強度の違いを生じた原因は、接着厚さにあると考えている。円柱型試験体は、鋼材の重みを利用して接着面に一様応力が作用した状態で養生されたが、本研究の試験体は、鋼材の形状が非対称であるために、鋼材の重心を接着面の図心に一致させることが困難であった。その結果、接着厚さが極めて不均一で、一部で2.04 mmにも達した。今後、養生中の圧力分布に留意して、試験体の製作方法を改良したい。

5. 結論

実験により、以下の知見を得た。

- エポキシ接着剤を用いて同様の手順で接着作業を行った場合、圧縮試験では安定した結果を得ることは難しい。
- 圧縮試験において、角度の小さい方が耐力は大きくなる。
- 0度の試験体では、円柱の引張接着試験と同等の耐力が得られなかった。

試験体の製作方法に改良の余地があり、特に、接着厚が厚くなりすぎないように、接着面にわたって均一になるように製作する必要がある。今回の実験を踏まえ、2月以降に追加実験を行う予定である。

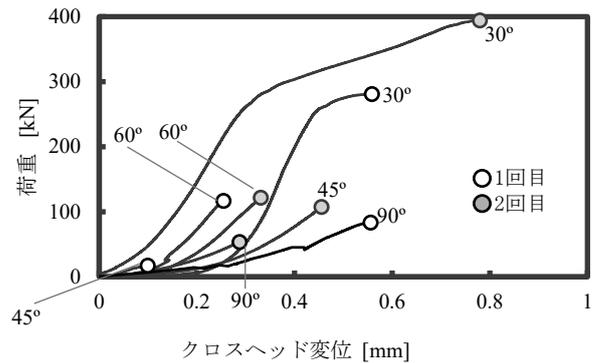


図3. 圧縮試験1回目 結果

6. 参考文献

- 1) 高野春菜ほか：鋼構造論文集, vol.31, No.123, pp37-47, 2024
- 2) 若林一民：溶接学会誌 Vol.73, No.4 pp206-21-, 2004

表1. 凝集破壊の割合(%)

		0°	30°	45°	60°	90°
引張	1回目	接着不良	100	100	100	100
	2回目	100	100	100	25.9	100
圧縮	1回目	-	0	0	43.5	53.2
	2回目	-	1.0	0	5.3	0

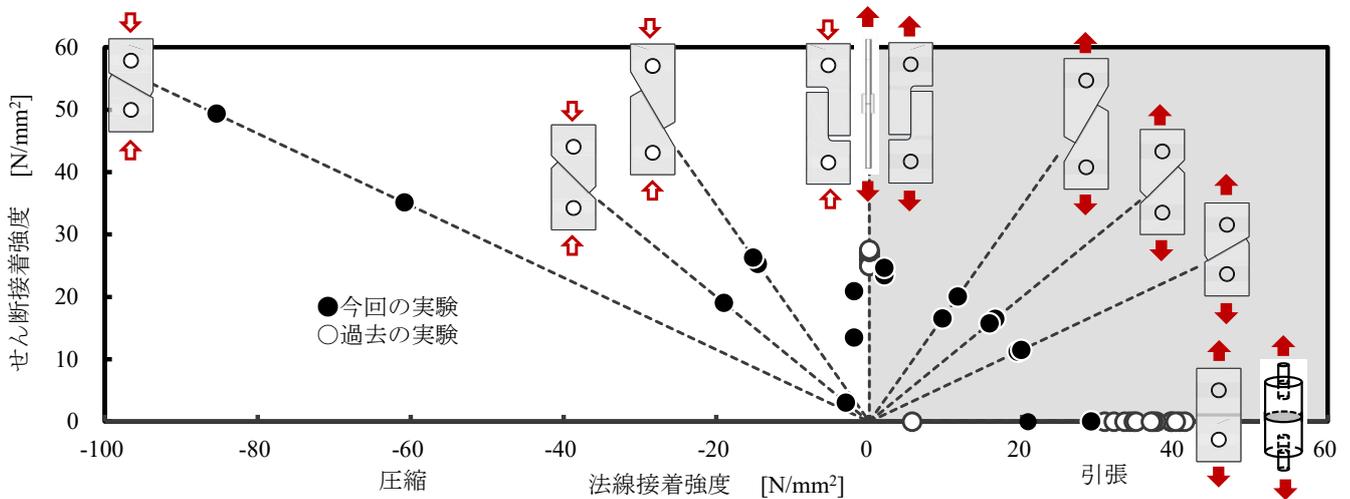


図4. 複合応力状態での接着強度