

接着構造体の強度評価と用途開発 (第 2 報)

塚脇 聡, 池田慎哉, 藤井敬二*

Research and development of the adhesive bonding

TSUKAWAKI Satoshi, IKEDA Shin-ya and FUJII Keiji. *

Metal boxes have been almost assembled by pressing and welding from sheet metals. By method of exchanging welding into the adhesive bonding, it is expected to reduce costs, and improve labor saving, work environment and so on. Performances of the joints were made some problems, which were heat resistance, humidity-proof and ultraviolet ray-proof. Therefore we report some good results of environmental studies. Moreover, we report some product developments.

現在, 筐体の板金加工は, プレスや溶接を用いて行われている。この中で溶接工程を接着工法に変更することにより, 低コスト化, 省力化, 作業環境の改善が見込まれる。接着工法を実際に製品で適応する際に信頼性が問題となることが多い。そこで, 本研究では前報¹⁾で選定した超強力接着テープを用いて各種環境試験を行った。その結果, 製品化を行うのに十分な性能であることがわかった。また本研究のシーズを活用して技術指導を行った接着工法の用途開発についても報告する。

キーワード: 接着剤, 接着テープ, 両面テープ, 超強力, 鋼板, 溶融亜鉛めっき

1. 緒 言

現在, 電気・機械装置の制御パネルあるいは装置内に組み込まれている各種の板金筐体は, 主としてプレスと溶接を併用することにより組み立てられている。溶接は接合強度が優れている反面, 工程の煩雑さや作業環境に課題がある²⁾。板金溶接を接着工法に置き換えることにより・熟練工が不要なこと・作業工程の短縮による納期の短期化・溶接-仕上げ工程の短縮による省エネなどによるコストダウンと, 粉塵・騒音・閃光の出ない作業環境の改善が期待できる。

接着剤を用いて筐体作製を行っている事例はあるが³⁻⁶⁾, 金属用超強力接着テープが採用された事例は未だない。接着テープは溶剤を使わず異臭が少ないので作業環境の点や, 貼るだけで使えることから作業工程の点で有利である。しかし, 近年急速に開発されつつある素材であり接合強度の点で十分な信頼性が得られていないことが課題となっている。本研究は前報¹⁾で選定した接着テープの耐候性評価を中心におこなった。

接着剤や接着テープを製品に適応させるために用途開発を行った。まず, 金属筐体の商品化についての可能性を探った。次に, 接着工法とプレス工法を併用した方法についても検討した。一方, この研究に伴い派生したシー

ズを活用して技術指導を行った木工用回転刃物が画期的な耐久性能であったので紹介する。

2. 実 験

本研究で用いた接着テープは前報¹⁾で接着強度と破壊状態から選定した 4 種類を用いた。また, 接着剤は, 耐候性の良いアクリル系と高温でも強度が低下しにくいエポキシ系の 2 種類を使用した。

接着接合の強度は引張強さよりもせん断強さのほうが非常に強くなるのが一般的に知られており^{8,9)}, 継手も接着面にせん断応力が働くように設計する¹⁰⁾。そのため, 接着性能の評価に最も重要なデータがせん断強度試験である。本研究ではこのせん断強度試験片をシングルラップと呼ばれる図 1 に示すような二枚の金属板の一部を貼り合わせたものを使用した。この試験片を図 1 の左右方

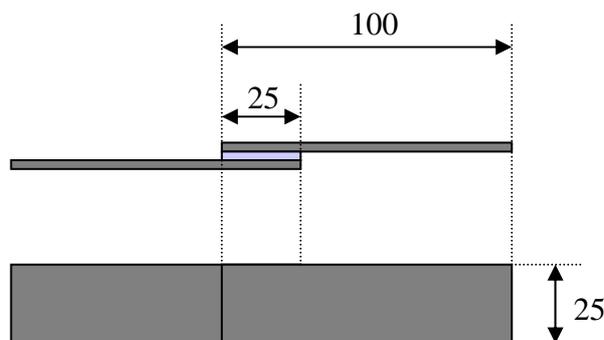


図 1 シングルラップのせん断強度試験片

向にオートグラフで引張試験を行い、最大せん断応力を測定した。接着テープと接着剤の性能は JIS Z1541-1998 を参照して、評価した。

本研究で用いた被着材は、100×25×1.6mm の溶融亜鉛めっき鋼板 (JIS G3302-1998, 以下 SGHC 材と略す。) である。耐食性の高い SGHC 材は非塗装の金属筐体への応用化を考えて選択した。SGHC 材は工場などの現場で使用するレベルにするために埃や加工屑を乾いたウエスでふき取り使用した。接着テープは 25×25mm に切り出し、被着材間に貼り合わせ、0.5N/mm² の圧力で 5 分間加圧し接着した。試験片は同種のを 3~5 点作製し、せん断応力は平均値より求めた。接着テープを固化させるために室内で 12 時間保持した。

引張試験は 2 種類のオートグラフで行った。10kN 用オートグラフ (AG-10kNE, 株式会社島津製作所製) のロードセルは最大荷重 5kN と 10kN のものを使用した。荷重の校正は 100N の実荷重で行った。引張試験は恒温恒湿室で行い、温度 20℃, 湿度 65% とした。一方、測定温度を変更する際には 100kN 用オートグラフ (AG-10TB, 株式会社島津製作所製) を用いた。ロードセルは 100kN のものを使用した。荷重の校正は 1kN の実荷重で行った。引張速度は両者とも 50mm/min で行い、チャックと試験片の間ですべりはなかった。

2.1 温度依存性試験

金属筐体を実際に屋外で設置する場合、-10~50℃ の温度変化が見込まれる。そのため、試験ではより広め温度条件である -30~100℃ で試験を行った。測定温度は -30, 0, 10, 20, 30, 40, 50, 100℃ であり、各温度 3 点の試験片を恒温槽内に 20 分保持し温度が均一になるようにした。せん断強度と破壊伸びを 4 種類のグレードの接着テープで測定した。

2.2 耐高温高湿性試験

輸送コンテナ中などで高温・高湿条件にさらされることが予想される。そのため、接着テープの耐熱、耐湿性について評価を行った。試験片を恒温恒湿槽 (40℃, 95% JIS C0032-1992) 中で規定時間保持し、室内で 12 時間乾燥後、引張試験を行った。

2.3 屋外暴露試験

屋外に金属筐体を設置した場合のために、降雨・日照条件のもとでの接着テープの劣化について評価を行った。屋外暴露試験は平成 13 年 4 月~平成 14 年 4 月の期間に東部工業技術センターの屋上で行った。東部工業技術センターは 5 階建ての鉄筋コンクリートであり、屋上もコンクリートで覆われている。風通しは良いが照り返しは強くかなり過酷な条件であった。屋上のコンクリート上に直接試験片を置き、コンクリートは数度の傾斜がついており水が溜まらない構造になっている。試験片は 1, 3, 6, 12 ヶ月で採取し、24 時間室内で乾燥後せん断強さを測定した。

2.4 促進耐候性試験

屋外暴露と比較し、長期間の紫外線劣化の予測を行うためにキセノンフェードメータ (FA-25X 東洋理化学工業株式会社) を用いて促進耐候性試験を行った。紫外光に対して接着面が垂直になるように照射した。

3. 結果および考察

3.1 接合の温度依存性

せん断強度と破壊伸びについて -30~100℃ で温度依存性を調べた結果が図 2 である。今回測定した 4 グレードの接着テープはほぼ同様の結果であったので代表的な例を示した。せん断強度は温度が上昇するにしたがって低下したが、破壊伸びは急激に増加した。特に注目すべき点は、低温での接着強度の大きさと十分な伸びがある点である。低温 (0℃ 以下) では室温 (25℃) の 2.5 倍もの接着強度があり破壊伸びも 5~8% と十分であった。一方、高温部では急激に接着強度は低下し、接着テープは高温に弱いことがわかった。しかし、50℃ 以下では前報¹⁾で設計上必要な接着テープ選考基準とした 1MPa (図 2 に破線で示す) を上回っていることから、実用上十分な値であることがわかった。

3.2 熱や湿度による劣化

恒温恒湿槽中で温度 40℃, 湿度 95% を保持し、接着強度がどのような変化をするかを図 3 に示した。接着テープ 4 グレードについて行った。図にみられるように始めの数日に若干の強度の低下が見られたがその後は一定強度を保っていることがわかった。初期段階で強度低下がある一定量進行するが、定常状態に達していることから一定に達した状態での強度設計を考える必要がある。実際には、熱や水分などによるテープ自体の劣化は長時間、漸進的に進行する。図 3 に見られるように強度が保持した状態 (又は若干上昇する) がみられたことから測定時間程度ではほとんど劣化していないことがわかった。

3.3 接着強度の屋外暴露の影響

屋外暴露による接着強度の変化について図 4 に示す。

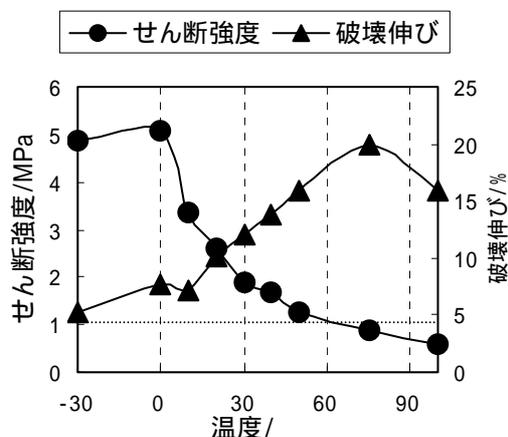


図 2 接着テープのせん断強度と破壊伸びの温度依存性

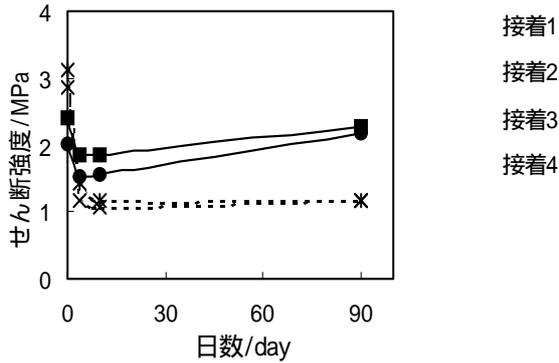


図3 高温高湿条件下での接着テープのせん断強度の変化

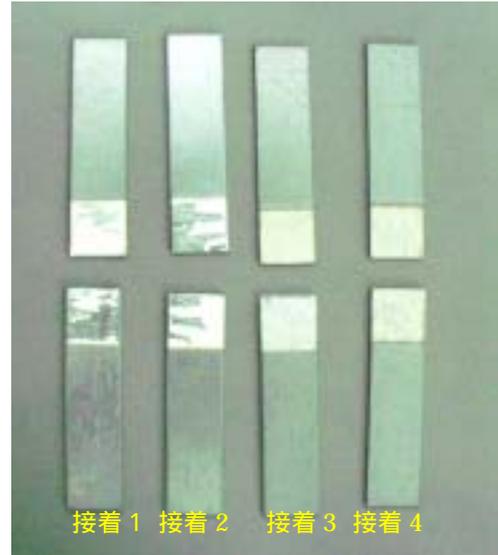


写真1 12ヶ月間屋外暴露試験後の接着テープの破断試験片

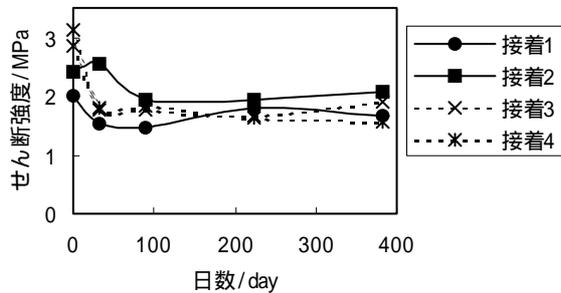


図4 屋外暴露による接着テープのせん断強度の変化

図にあるように、始めの1~3ヶ月間は大きな強度変化が現れたが、その後は安定した値であった。これら結果から、1年程度の屋外設置では接着テープの性能が十分に保てることわかった。初期の性能低下は高温高湿条件でもみられており、設計する上で考慮した方が良いと考えられる。

1年間屋外暴露を行った接着テープの破断試験片を写真1に示す。試験片の状況を詳しく調べたが、カビなどの形跡も確認されなかった。また、端面の表面部分だけ若干汚れていた。このような汚れのために一般的に接着テープの能力が低下しているように見えると考えられる。筐体作成時に端面での処理を上手にすれば美観も損なわず安心感のある製品を作ることができると考えられる。

3.4 屋外暴露と促進耐候性の相関

キセノンフェードメータで1700時間の耐候試験を行った結果を図5に示す。目安として1700時間照射した場合8年分の日光照射に換算できる。図に見られるように接着強度を測定した結果、屋外暴露の場合と同様にほとんど劣化は観測されなかった。

金属用接着剤の場合貼りあわせた金属が紫外線をささ

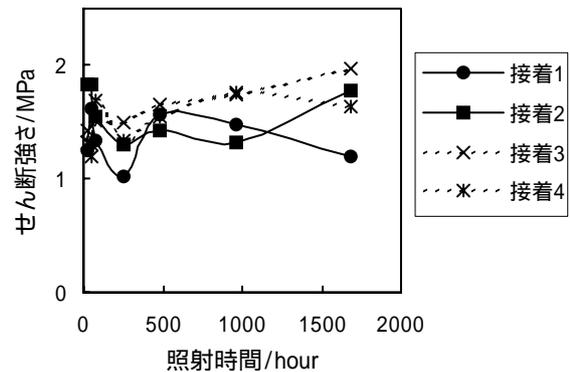


図5 促進耐候性試験による接着テープのせん断強度の変化

ざるため紫外線による劣化はほとんど起こらないと考えられる。

4. 用途開発

本研究を通じて平成13~14年度に行った接着剤や接着テープを用いて行ったこれらの工法の用途開発について3つの事例を報告する。用途開発は、製品開発を主体として企業と連携して研究を行った成果であり、特に本研究のように工法を研究した場合は重要である。本研究の主目的である金属筐体、プレス工法を併用した圧延鋼板用芯、木工用回転刃に応用した事例などについて報告する。

4.1 金属筐体

施工した金属筐体を写真2に示す。写真左側2個がステンレス製であり、右側2個が溶融亜鉛メッキ鋼板製である。

ステンレス製の筐体は出荷するには筐体全体を磨く

必要があり、溶接によるひずみや焼けの修復に非常に手間がかかることから特に接着工法のメリットが大きい。そこで、共同研究を行っている地元企業の商品化のために試作を行った。接着にはアクリル系の常温硬化型接着剤を用い、固定のために接着面に対して2ヶ所のリベット接合を行った。リベット接合を行うことにより接着剤が硬化するまでの治具が不要となる。溶融亜鉛メッキ鋼板製の筐体は接着テープ2で作製した。前年度作製したものとほぼ同様であるが端面でけがをしないような工夫を行った。これらのステンレス鋼板製筐体と溶融亜鉛メッキ鋼板製は屋外暴露を行う。

写真3に工場内に設置し実地実験を行っている例を示す。この筐体は溶融亜鉛メッキ鋼板製でアクリル系の接着剤を用いて施工した。地元企業の工場内に設置し、衝撃や高温多湿の環境下での使用テストを行っている。

4.2 圧延鋼板用ロール芯

圧延鋼板をコイルにするための芯を溶接で作っている地元企業があり、これを接着工法に転換したいという要望があったため試作を行った。写真4に試作した製品を示す。端の部分を100mmづつ、のりしろでずらした二枚の鉄板の全面に接着剤を塗布し、接着テープで仮止め



写真2 金属筐体の施工例

し、ロール曲げを行った。最終的にのりしろに接着剤を塗布して完成した。アルミ板と鋼板を貼りあわせるとさらにクラッド材として展開が可能である。

4.3 木工用回転刃物

木工用回転刃物は、現在台座と超硬チップの接合を銀口ウ付けにより行われている。銀口ウ付けは強度や信頼性が高いというメリットがある。しかし、高温で接合を行うために、高靱性高強度の超硬チップを用いると台座と線膨張係数の差により製品に割れを生じる場合が多く歩留まりが低く大きな問題となっている。

今回これを改善するために200以下で接着可能なエポキシ系接着剤を用いて木工用刃物と台座の接着を行った。写真5に木工用刃物の製品を示す。写真に見られるように接着工法では銀口ウ付けで行っていた酸化スケールを取るなどの後処理の必要もなく、そのまま研磨・出荷が可能となった。

この刃物の実機加工試験を天然木材や合板など多様な



写真4 圧延鋼板用ロール芯



写真3 金属筐体の設置例



写真5 木工用回転刃物

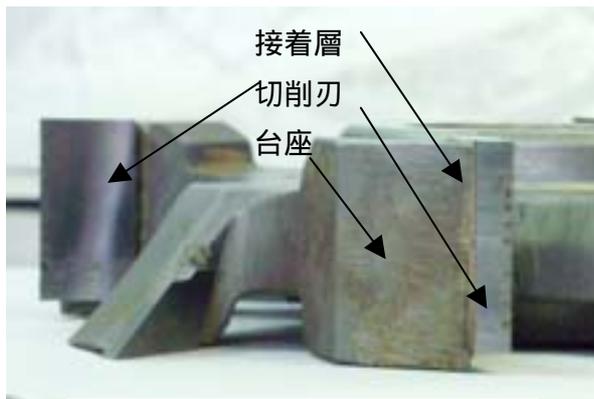


写真6 使用後木工用回転刃物拡大

木材で行った。写真6に実機試験後の刃物の拡大写真を示す。刃先に合板の接着層による磨耗が見られる。結果は超硬チップの耐久性が飛躍的に向上し、最低でも2倍、難切削材は7倍の耐久性が実現できた。

5. 結 言

本研究では接着テープの環境試験を行い、せん断応力を測定することにより接着接合について下記の4点について明らかにした。

- 1) 接着テープの接着力について温度依存性について調べたところ、低温では非常に大きな接着力を持っていたが、高温では小さくなる傾向があった。十分な耐熱設計をする必要があることがわかった。
- 2) 接着テープの熱や水分による劣化を調べた。初期の強度減少はあったが継続的な劣化は観測されなかった。
- 3) 接着テープを貼りあわせた試験片の屋外暴露を行ったところ、接着強度は安定しており1年経過してもほとんど変化はなかった。
- 4) 接着テープの促進耐侯性試験を行った。約8年分の紫外光を照射したが接着強度に大きな変化はなかった。

以上のことから、日常的な環境では接着テープは構造用として十分に活用できることがわかった。

また、接着工法の用途開発を行い下記の3点についてわかった。

- 5) 金属筐体の試作を行い十分な性能であることがわかったが、商品化のためにはコスト削減とともに付加価値をつける必要がある。

- 6) プレス加工との複合工法では技術的には十分目途が立ったので、異種金属の貼り合わせなど、付加価値を求める。
- 7) 木工用回転刃物を接着工法で作ることにより耐久性が2～7倍上昇した。

謝 辞

金属筐体の設計、板金加工、プレス加工など用途開発は、LIFT21研究会超強力接着ワーキンググループの活動の一環として行いました。(株)栄工社ほか5企業と、アドバイザー 京極秀樹教授(近畿大学工学部)に深く感謝いたします。

木工用刃物の開発、実機試験は山崎機工(株)と共同で行いました。深く感謝いたします。

文 献

- 1) 塚脇聡ら：広島県立東部工業技術センター研究報告，14，25-28(2001)。
- 2) 中島義信：'96-6.20. 大阪，接着剤とリベット併用による板金筐体の設計・施工技術と信頼性，日刊工業新聞社 1-12。
- 3) 原賀康介：'97-9.17. 東京，接着接合化技術 日本機械学会 (No97-70) 19-28。
- 4) 眼龍有事：'96-6.20. 大阪，接着剤とリベット併用による板金筐体の設計・施工技術と信頼性 日刊工業新聞社 29-42。
- 5) 八木直樹：'96-6.20. 大阪，接着剤とリベット併用による板金筐体の設計・施工技術と信頼性 日刊工業新聞社 43-54。
- 6) 京極秀樹：接着接合による制御盤組立てのシステム化に関する研究。
- 7) 三刀基郷ら：2000年版接着剤データブック 日刊工業新聞社。
- 8) 藤井透：'97-9.17. 東京，接着接合化技術 日本機械学会(No97-70) 3-10。
- 9) 池上皓三ら：RC99 接着接合技術応用研究分科会 研究成果報告書 日本機械学会 (1993)。
- 10) R. D. Adams et al. "Structural Adhesive Joins in Engineering." Chapman & Hall, 2-6 Boundary Row, London SE1 8TH 1997。