

接着構造体のための粘接着剤の開発研究

池田慎哉, 塚脇 聡, 中司建一

Research and development of the adhesive for structure

IKEDA Shin-ya, TSUKAWAKI Satoshi, and NAKATSUKA Kenichi

Recently, metal boxes have been almost assembled by pressing and welding from sheet metals. By method of changing into the adhesive bonding, it is going to expect to improvement in the reduction in cost, laborsaving, work environment and so on. Therefore, we had been researching the manufacture of structured objects using adhesion tapes and acrylics adhesives. In this research, we measured the shearing stress of various adhesives on the market. Some adhesives with large stress were chosen and we investigated their rate of maintenance of shearing stress after flooding with cutting oil. Deteriorating rates of maintenance are much different with the different kinds of adhesives. It seems that molecular structure of adhesives and additives has influenced these differences. In addition, durability of adhesives to strong vibrations was tested, to find those which held at even 15G.

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が、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。そのため当センターでは過去に粘着テープ、アクリル系接着剤による金属構造体の研究を行ってきた。本研究ではさらに多種の市販金属用接着剤のせん断強度を測定した。せん断強度の大きい接着剤をいくつか選び、切削油浸漬時の接着強さ保持率を調べた。保持率の低下は接着剤の種類によって大きく異なり、主剤の分子構造や添加物が影響していると考えられる。また接着剤の振動への耐性は高く、15Gの荷重下の振動でも接着状態はそのまま保持された。

キーワード：接着剤、溶融亜鉛めっき鋼板、ホットメルト、切削油、振動試験

1. 緒 言

現在、電気・機械装置の制御用パネルあるいは装置内に組み込まれている各種の金属構造体は、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¹⁾。このような作業は熟練を要し、大変な労力と電気などのエネルギーが必要である。また、溶接作業では粉塵、騒音、閃光をとめない、過酷な環境で作業をしなくてはならず、いわゆる3K職場となっている²⁾。また、今後の熟練工の不足により溶接による筐体作製は困難になることが予想される。このような板金溶接を接着工法に置き換えることにより、人材不足、工程短縮、省エネなどがはかれる。そのために当センターでは過去に粘着テープ、アクリル系接着剤による金属構造体の研究を行ってきた。本研究ではそれらの過去の研究で蓄積した接着構造体製作技術をもとに、有機系金属接着剤で工作機械構造体を製作することを目的とし、せん断引張強さについて調べた。工作機械内部は切削油が噴霧され、また常に振動を受けるといった激しい環境下にある。そのため耐切削油接着強さ保持率、振動に対する耐性についても調べた。

2. 実 験

接着接合の強度はせん断強さのほうが引張強さよりも強くなるのが一般的に知られており^{3,4)}、継手も接着面にはせん断応力が働くように設計する⁵⁾。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試験片を使用してせん断強度を測定した。この試験片をオートグラフで図1の左右方向に引張試験を行い、最大せん断応力を測定することにより、有機系金属接着剤の性能を評価した。

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)である。

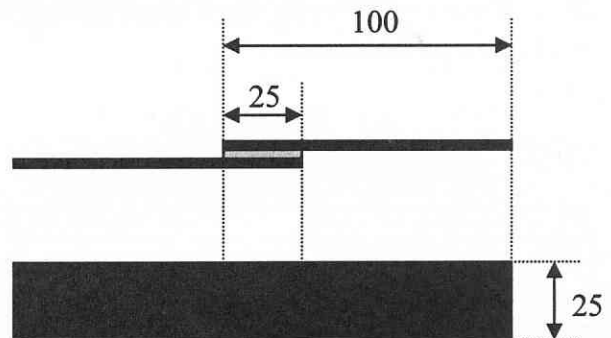


図1 シングルラップのせん断強度試験片

2.1 有機系金属接着剤のせん断強度試験

溶融亜鉛めっき鋼板は表面をアセトンで洗浄した後、清浄なキムワイプでふき取り、十分乾燥した後に使用した。

使用説明書に従ってエポキシ系接着剤、アクリル系接着剤、シアノアクリレート系接着剤を被着材に塗布し、50N/100mm²の圧力で加圧し接着した。接着後加熱が必要なものは所定時間、所定温度で加温した。その後加圧したまま室温で24時間養生した。

ホットメルト接着剤は専用のホットメルトガンで塗布を試みたが、室温の被着材に触れると直ちに硬化するため接着が困難であった。そこで被着材に固形のホットメルト接着剤を乗せ、溶融温度に設定したオープン内で5分加熱し、ホットメルト接着剤が溶融したところで取り出し速やかに加圧し接着した。その時点で接着は完了していたが、条件を揃えるために加圧したまま室温で24時間養生した。

試験片は同種のものを5点作製し、せん断応力は5点の平均値より求めた。

引張試験はオートグラフ(AG-10TB, 株式会社島津製作所製)で行い、ロードセルは最大荷重100kNのものを使用した。引張速度は50mm/minで行い、引張試験機のチャックと試験片のすべりはなかった。なお、この試験方法の概要はJIS Z1541-1998に規定されている。

2.2 有機系金属接着剤の耐切削油性

2.1と同様の方法で接着したせん断強度試験片を加圧したまま室温で1週間養生した。1週間養生した試験片をユシローケン SC525Y (ユシロ化学工業株式会社製, 20倍希釈, 以下SC525Yと略す), ユシローケン EC50T-3 (ユシロ化学工業株式会社製, 20倍希釈, 以下EC50T-3と略す), ユニカットジネン MQL (日石三菱株式会社製, 以下MQLと略す)の3種類の切削油に10日間室温で浸漬した。使用した切削油の主成分を表1にまとめておく。比較用のブランクの試験片は同じ室内に10日間放置した。浸漬期間中は攪拌棒で切削油を数時間毎に攪拌した。10日経過後に、SC525YおよびEC50T-3に浸漬した試験片は流水で30分洗浄して清浄なキムワイプで拭き取り2.1と同様の方法でせん断強度試験を行った。MQLに浸漬した試験片はそのまま清浄なキムワイプで拭き取りせん断強度試験を行った。

表1 切削油の主成分

SC525Y	合成潤滑油・アニオン系界面活性剤・水トリエタノールアミン(20~30%)
EC50T-3	鉱油(50~60%)・アニオン系界面活性剤・水
MQL	合成油(100%)

それぞれ5つの試験片で測定を行い、せん断応力は5点の平均値より求めた。耐切削油接着強度保持率は耐切削油接着強度のブランク接着強度に対する割合で求めた。

なお、この試験方法の概要はJIS K-6858-1974に規定されている。

室温での耐切削油接着強度保持率がよかった接着剤について60℃での耐切削油接着強度を測定した。実験方法は上記の室温での方法と同様である。

2.3 振動試験

2.1と同様の方法で接着したせん断強度試験片を振動試験装置(G-0110型, 株式会社振研製)に固定し、試験片の末端に金属製のおもりで加重して振動試験を行った。試験条件は表2のとおりである。振動周波数はG-0110型で可能な最大値である200Hzで固定した。

表2 振動試験条件

	荷重 (G)	振動周波数 (Hz)	加重重量 (g)	振動時間 (時間)
条件1	5	200	146	1
条件2	10	200	146	1
条件3	10	200	292	1
条件4	15	200	292	2
条件5	15	200	598	5

3. 結果および考察

3.1 有機系金属接着剤のせん断強度試験

試験片のせん断応力は、せん断強度の最大荷重値より算出した。各種接着剤のせん断応力の結果を図2~5に示す。接着剤名はAC(アクリル系接着剤), EP(エポキシ系接着剤), CA(シアノアクリレート系接着剤), HM(ホットメルト接着剤)の略号に数字をつけた記号で表した。接着剤に必要なせん断強度の目安として、当センターで過去に行った金属構造体の設計に関する研究⁶⁾で設定した1MPaを採用した。

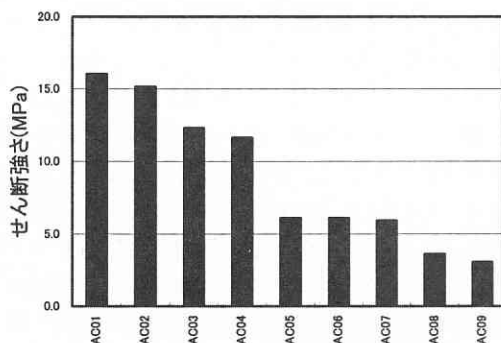


図2 アクリル系接着剤のせん断強度

アクリル系接着剤ではすべての接着剤において1MPaを超えるせん断強度となった。しかしアクリル系接着剤では主剤と硬化剤を混合し硬化するまでの時間(ポットライフ)に接着を完了しなくてはならないという作業上の問題点もある。ポットライフは接着剤によって異なる。

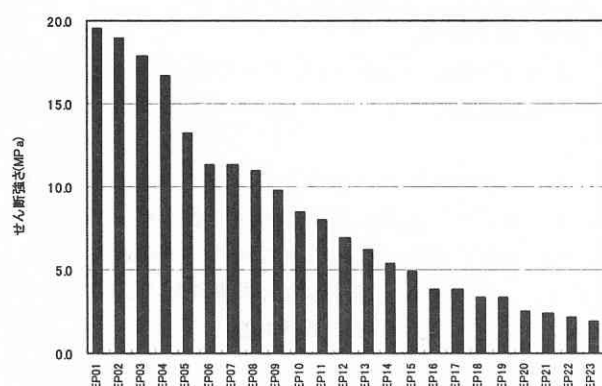


図3 エポキシ系接着剤のせん断強度

エポキシ系接着剤でもすべての接着剤において 1MPa を超えるせん断強度となった。エポキシ系接着剤もほとんどのものは主剤と硬化剤を混合して使用するが、EP01,02,03,04,05,19 は 1 液加熱型で、圧着した後 180℃で 30 分加熱することで硬化する。EP19 を除いて接着強度が高いのが特徴だが、実用化においては接着構造体全体を加熱することが必要になる。EP16,17 はポットライフが短いため、接着面積が大きな構造体には使用するには適さないと考えられる。EP21,23 は接着強度が出るまでに 1 週間程度かかる低速硬化型で、作業時間の短縮を目的とする本研究には適さないことがわかった。

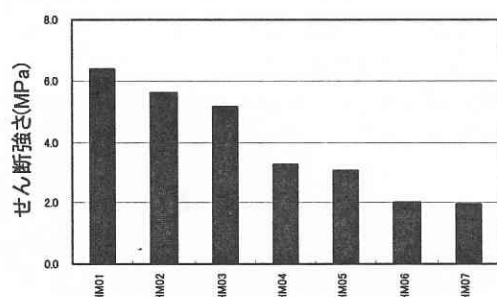


図4 ホットメルト系接着剤のせん断強度

ホットメルト接着剤のせん断強度もすべて 1MPa 以上となったが、アクリル系接着剤、エポキシ系接着剤などの反応性接着剤に比べて低い値となった。ホットメルト接着剤にはいくつかの基本構造があり、本研究で使用した接着剤の HM01 は EVA 系、HM02,06 はポリオレフィン系、HM03,05 はポリアミド系、HM04 はポリウレタン系、HM07 は合成ゴム系である。EVA 系の HM01 は汎用接着剤で金属専用接着剤ではないが、今回の実験では一番大きなせん断強度となった。

瞬間接着剤として知られている、シアノアクリレート系接着剤はポットライフが非常に短いため、接着面積が広い接着構造体の作製にはあまり適していないが、比較のためにせん断強度を測定した。せん断強度は 10MPa

以上と高いが、試験片ごとのせん断応力のばらつきは大きかった。これは硬化までの時間が短いため、圧着が不十分な試験片があったためだと考えられる。

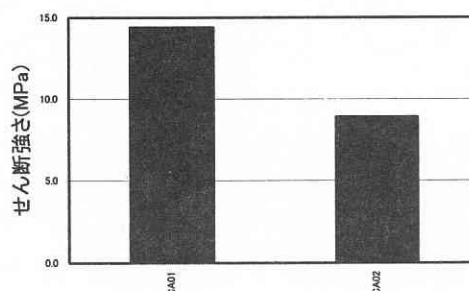


図5 シアノアクリレート系接着剤のせん断強度

これらの結果から、接着剤は接着テープをはるかに上回る強度となることがわかった。しかし 2 液の混合の手間や、硬化開始までに固定を完了しなくてはならないなどの問題点もあるため、より扱いやすい接着剤を開発する必要がある。

3.2 有機系金属接着剤の耐切削油性

各種接着剤の室温、10 日での耐切削油接着強さ保持率の結果を図 6 に示す。

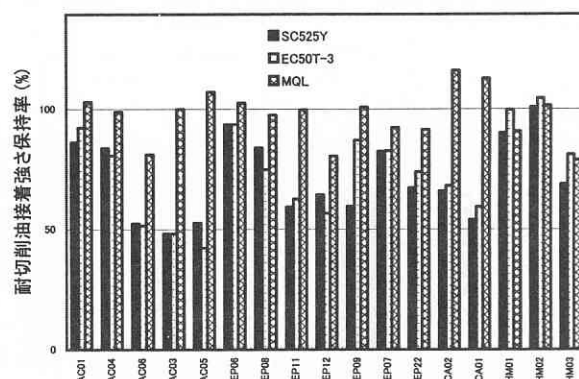
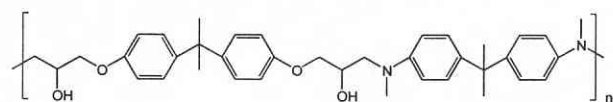


図6 接着剤の耐切削油接着強さ保持率(室温)

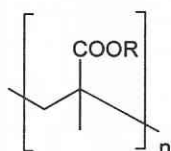
耐切削油接着強さ保持率が 100%を超えるものがあるのは、切削油に浸漬することで接着強度が増したのではなく、接着具合の良・不良によるばらつきである。接着工法ではこのようなばらつきがあるため、余裕をもった強度設計にする必要がある。

MQL に対する保持率はほとんどの接着剤で 80%以上と高い数値となっている。それに比べて SC525Y, EC50T-3 では保持率の低下が大きく接着剤によっては 50%以下に低下した。表 1 に示したように SC525Y, EC50T-3 は塩基性物質を含む水・油の混合液で、pH はそれぞれ 9.7, 10.1 である。ここで接着剤の基本構造式を図 7 に示す。この図 7 からわかるようにポリオレフィン系ホットメルト接着剤以外は、塩基の攻撃による加水分解を受ける部位を持つ。特にエポキシ系接着剤、ポリアミド系接着剤

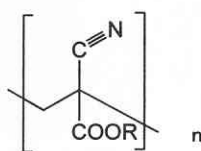
では主鎖に分解可能部位があるため、塩基性油剤への耐性が低い結果となったと考えられる。塩基成分や pH の違いによる保持率の違いはほとんど見られなかった。



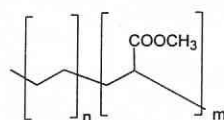
エポキシ系接着剤



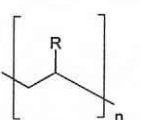
アクリル系接着剤



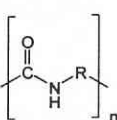
シアノアクリレート系接着剤



EVA系



ポリオレフィン系



ポリアミド系

図7 接着剤の基本構造式

アクリル系接着剤、エポキシ系接着剤、シアノアクリレート系接着剤、ホットメルト接着剤から、耐切削油接着強さ保持率のよい接着剤をそれぞれ1つ選び、60℃での接着強さ保持率を測定した結果を図8に示す。

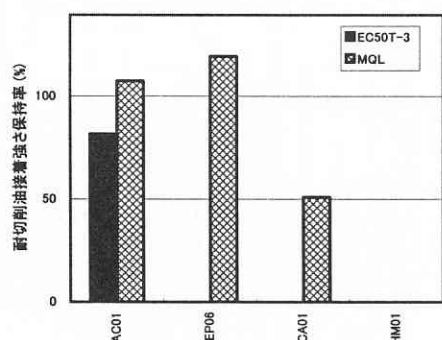


図8 接着剤の耐切削油接着強さ保持率(60℃)

室温では保持率の低下が小さかった MQL において、シアノアクリレート系接着剤は 50%、ホットメルト接着剤は 0%という大きな保持率の低下が起こった。シアノアクリレート系接着剤、ホットメルト接着剤のいずれも耐熱性が低いため、60℃という温度に耐えられなかったことが原因と考えられる。

EC-50T3 ではアクリル系接着剤のみが 82%と高い保持率を示し、他の接着剤はすべてせん断応力を測定する前に試験片の接着部位が剥落した。図7の構造式からわかるようにアクリル系接着剤の主鎖は塩基の攻撃を受けないため、60℃の塩基でも強度が保たれた可能性がある。しかし図6からわかるように塩基に弱いアクリル系接着剤もあるため、どのような構造や補助成分の違いが切削油に対する耐性に影響を与えているのか、今後の研究で

明らかにしていく必要がある。

3.3 振動試験

AC01,EP06,CA01,HM01 について表2に示した振動条件で振動試験を行ったが、いずれも加振後の剥落はなかった。

強度、耐候性と共に接着工法の不安要因としてあげられることの多い振動に対する耐性であるが、今回選んだ4種類の接着剤は、表2の振動条件での破壊はないことがわかった。今後、構造体での振動試験も行い、信頼性の高い工法を確立する必要がある。

4. 結 言

本研究で接着剤のせん断応力と耐切削油性、振動に対する耐性について検討した結果、下記の4点が明らかになった。

- 1) 金属接着に使用可能な多種の市販接着剤のせん断強度データが得られた。同じ基本構造の接着剤でもせん断強度は大きく異なるが、ほとんどの接着剤で金属構造体の設計に十分な強度があることがわかった。
- 2) 接着剤の接着強さは非水溶性切削油への浸漬ではあまり低下しないが、水溶性切削油への浸漬では大きく低下することがわかった。この耐切削油性は接着剤の分子構造との関係が大きいことが示唆されるものだった。
- 3) 60℃での耐切削油性試験では耐熱性の低いシアノアクリレート系接着剤、ホットメルト接着剤は強度を保持できなかった。水溶性切削油ではアクリル系接着剤のみが高い保持率を示した。
- 4) 振動試験機を用いた試験により15Gの振動に耐えられる接着剤があることがわかった。

謝 辞

使用した接着剤は接着剤メーカー15社から無償で提供していただきました。深く感謝いたします。

文 献

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 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).
- 5) R. D. Adams et. al "Structural Adhesive Joints in Engineering." Chapman & Hall, 2-6 Boundary Row, London SE1 8TH 1997.
- 6) 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).