

接着強度に及ぼす表面あらさと接着剤層の厚さの影響

加 賀 谷 忠 治*

The Influence of the Surface Roughness and the Thickness of Adhesive Layer on the Adhesive Strength between Metallic Surfaces

Chuji KAGAYA*

(Received September 1, 1970)

As was reported in a previous paper, tensile tests were done to find the adhesive strength at the contact surfaces normal to the direction of pull. The effect of the roughness of the surfaces of metal and the thickness of adhesive layer between contact surfaces, on the adhesive strength was obtained.

The results of the experiment are:

(1) The tensile adhesive strength is large when the adhesive layer is 6μ in thickness, for the surface roughness, H_{max} 0.03μ and 0.20μ .

(2) The strength is largest at the thickness of adhesive layer is 18μ , for H_{max} is 2.10μ .

1. 緒 言

接着の効果は接着剤の性能と被着材の表面の状態によって著しく左右される。著者は後者に属する問題の内で表面に孔隙の存在する場合についてはすでに報告してある¹⁾。

一般の通説では、接着強度は接着剤層の厚さにより相違するとされ、特に突き合わせ引張強度との関係は古くから多くの人々によって研究され、接着剤層が薄い程度強度が大であると言われている^{2,3)}。

しかしそれは接着剤層が比較的厚い範囲のみを扱った場合が多く、層が相当に薄い範囲や特に表面あらさを考慮した場合について実験を実施した例はほとんど見当たらないといって過言ではない。事実上被着表面は加工方法によって相違する特徴ある微細な凹凸の表面となっている。この表面あらさは接着効果を左右する重要な因子として技術上接着剤層の厚さとともに注目すべき重要な課題である。

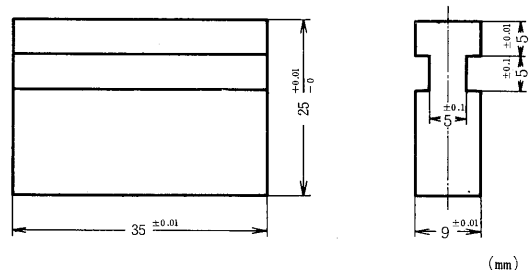
本稿ではブロックゲージ形状の金属同志をエポキシ系

接着剤で接着し、被着面の表面あらさを H_{max} 0.03μ , 0.20μ および 2.10μ の 3 種類について、接着剤層の厚さを比較的に薄い $6\sim 48\mu$ の範囲の内で $6\pm 0.6\mu$, $18\pm 1.8\mu$ および $48\pm 4.8\mu$ の 3 点を選び引張接着強度を実験によって求めた結果を報告する。

2. 実験方法

2. 1 接着剤と被着片

実験に使用した接着剤は、市販の「セメダインスーパー」で、硬化剤にポリアミド樹脂を用いたエポキシ系接着剤である。主剤と硬化剤は重量比 1:1 で、直示天秤



第1図 被着片の形状

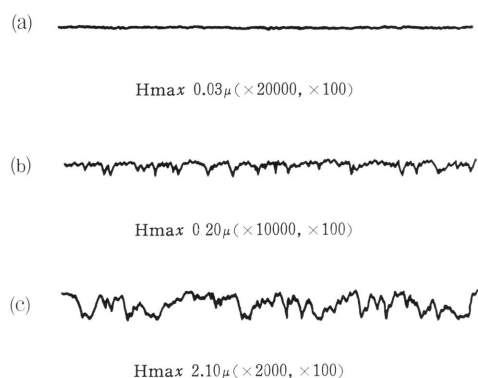
* 機械・生産機械工学科 (Department of Mechanical Engineering)

により 0.01g まで計量し、十分攪拌、混合したものを用いた。

被着片の材質は合金工具鋼 S 3 種 (SKS-3) を用いて、第 1 表に示す工程で、第 1 図に示す寸法、形状のものを特別に製作した。被着片の表面は全面に精密な研削加工を施して平行、平面の得られるようにした。特に被着面はラップ仕上げにより規定の表面あらさを得るとともに、面の精度に留意し接着剤層の厚さが不均一とならぬようにつとめた。被着面のあらさは H_{max} 0.03 μ 、0.20 μ および 2.10 μ の 3 種類で、触針式あらさ測定機で求めた表面の凹凸曲線を第 2 図に示す。

第 1 表 被着片の加工工程

材 質	合金工具鋼 S 3 種
焼 な ま し	750~850°C, 一成形一
焼 入 れ	830~850°C, 油 冷
オイルテンパ	180°C
サ ブ ゼ ロ	第 1 次・-20°C, 20分
	第 2 次・-75°C, 40分
オイルテンパ	100°C
硬 度	HRC 60
研 削 — ラップ仕上げ — 検 査	



第 2 図 被着面のあらさ曲線

2. 2 試験片

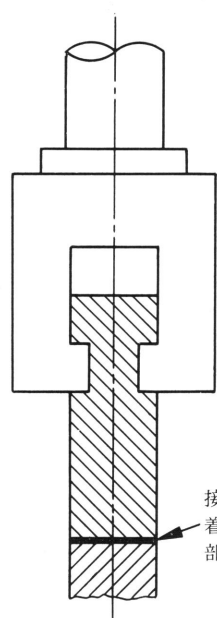
被着片はあらかじめ各寸法を精密に測定し、トリクロルエチレンによる超音波洗浄器で脱脂した後、恒温恒湿室 (20°C $\pm$ 1°C, 55% $\pm$ 2%) で両被着面に接着剤を接着剤層の厚さに応じて塗布し、突き合わせてさらに余分な接着剤を押し出して所定の厚さになるように接着を行った。このとき、特別に設計製作した接着治具により、被着片相互の間に発生しやすいずれや傾きを避けるようにした。治具による試験片への加圧力は分銅で負荷し、

約 1kg/cm² である。

試験片は接着治具に取りつけたままで恒温恒湿室内に置き、24時間経過した後除荷し、万能測長器により A 級ブロックゲージと 0.1 μ まで比較測定して 接着剤層の厚さを求めた。測定した試験片はさらに 24 時間養生の後実験に用いた。



写真 1 試験片の測定状況



第 3 図 試験片取付具

関係を示す。表面の凹凸が一定であれば、接着剤層の厚さが増すにつれて接着強度が低下する傾向を表わしている。

第 4 図は H_{max} が 0.03 μ である最も平滑な表面の間での厚さと強度の関係で、接着剤層が非常に薄い 6 μ では強度の変動が大きく現われている。そして 8 倍に厚さが増大した点の低下も大である。

引張試験機には自在継手を介した特別な試験片取付具を用い、荷重が正しく試験片の軸方向にかかるようにした。試験は室温で、引張速度は約 1.5mm/min で行なった。写真 1 に接着剤層の厚さの測定状況を、第 3 図に試験片取付具を示す。

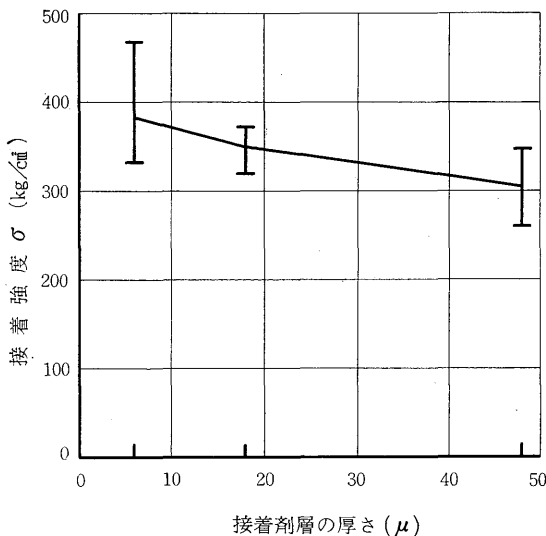
3. 実験結果

引張試験による接着接合面の破壊は表面あらさと、接着剤層の厚さの相違には関係なく、どの場合にも上下の接着面に接着剤が付着した状態で引き離されていた。第 4, 5, 6 図は被着表面あらさが異なる試験片により求めた、接着剤層の厚さと引張接着強度の

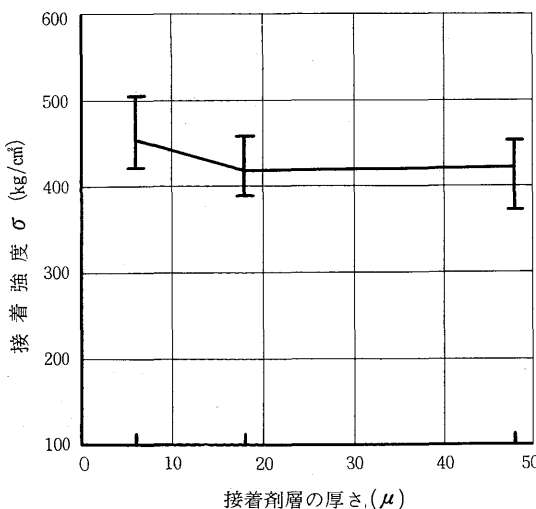
第5図は H_{max} が 0.20μ のときの実験結果で、最も薄い場合を除いて厚さに対する強度はほぼ一定である。

第6図は軟鋼を240メッシュのサンドペーパーで研磨して得られる程度の表面あらさ、 H_{max} が 2.10μ の試験片における厚さと接着強度の関係を示す。強度は 18μ のときが大きく、厚さが増加しても強度の低下は比較的少ない。

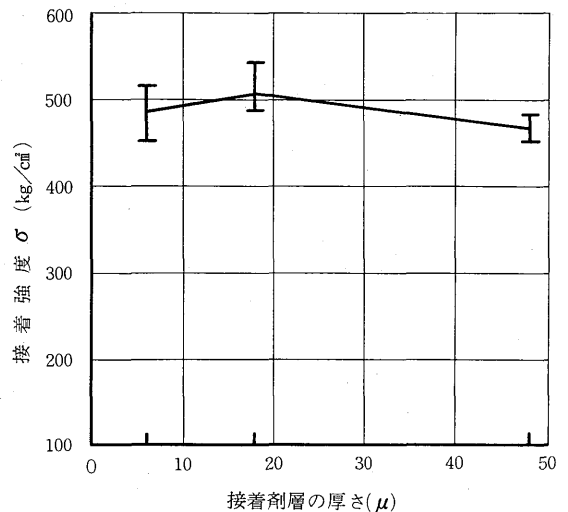
一般的に接着は被着材と接着剤の分子引力によるので両分子間距離を十分小さくして接着剤が被着表面を完全に濡らすことが重要であり、接着強度は接着層が薄い程大となる。しかし余り薄くなると欠膠の部分を生じやすく、この個所は接着剤が存在しないため全面積の強度が



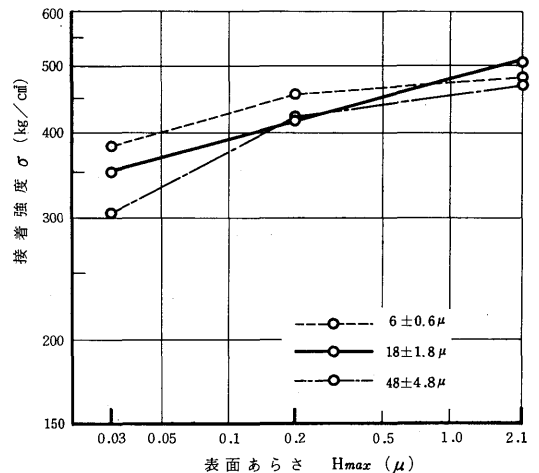
第4図 接着剤層の厚さと接着強度 ($H_{max} 0.03\mu$)



第5図 接着剤層の厚さと接着強度 ($H_{max} 0.20\mu$)



第6図 接着剤層の厚さと接着強度 ($H_{max} 2.10\mu$)



第7図 表面あらさと接着強度

低下したようにみえる。

しかしその反面接着剤層が相当に厚くなると、層内に気泡やそのほかの欠陥も増すことが考えられ、特に2液混合型の接着剤ではその不安が多いと思う。

第7図は表面あらさと引張接着強度との関係を接着剤層の厚さ毎に、両対数目盛上に表わした。どの厚さでも表面あらさが増せば強度は大となるが、 $H_{max} 0.03\mu$ で接着層の厚いときの影響が大きくなっている。 18μ の厚さではほぼ直線関係にある。写真2にあらさと厚さにおける接着面の破壊状態の顕微鏡写真を示す。厳密な判定はやや困難と思うが全体として界面破壊が主で、層の厚いときには点在する凝集破壊が認められる。接着層の厚いときは気泡や欠陥部が内蔵されやすく、この部分から破壊が起りやすいことも観察される。

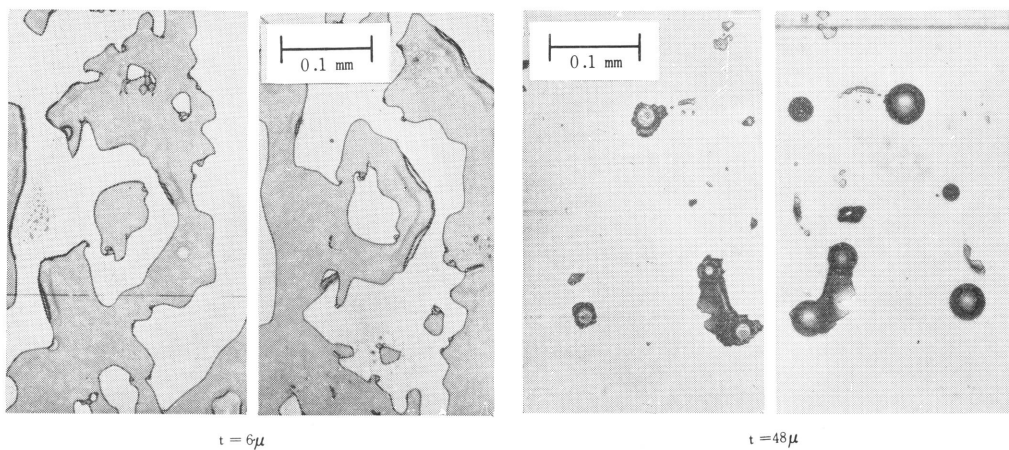
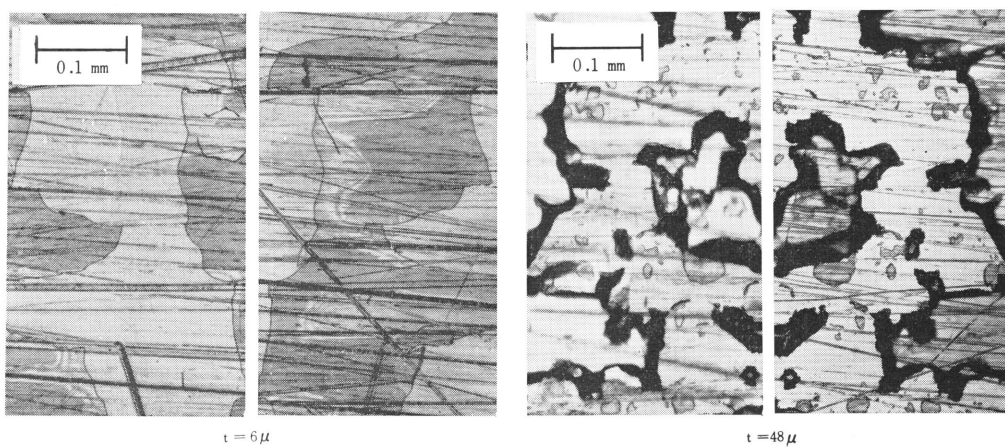
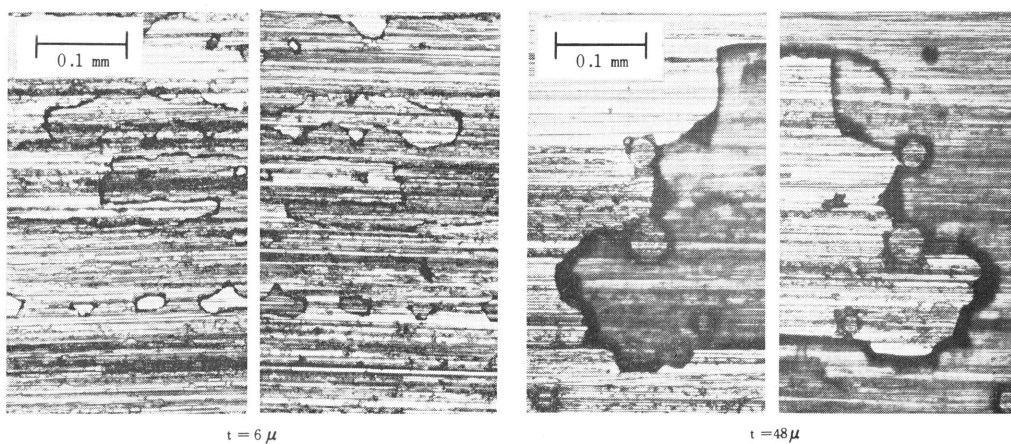
(a) $H_{\max} 0.03\mu$ (b) $H_{\max} 0.20\mu$ (c) $H_{\max} 2.10\mu$

写真2 接着面の破壊状態

(4)

今までは接着層の厚さは単独に考慮されたが、表面の凹凸との関連については問題とされなかった。しかし接着表面のあらさと接着剤層の厚さとが相関的に接着強度に影響を及ぼすことは注目すべき点である。実験の範囲内でのあらさと厚さの関係は $H_{max} 0.03\mu$ および $H_{max} 0.20\mu$ の場合は 6μ 、 $H_{max} 2.10\mu$ の場合は 18μ が最適であることが知られた。

4. まとめ

以上ラップ仕上面の表面あらさと接着剤層の厚さの関係を引張接着試験により求めた結果、あらさが $H_{max} 0.03\mu$ および 0.20μ のときは接着層が 6μ の厚さで大きな接着強度を得たが、あらさの影響は比較的に顕著ではない。これよりも層が厚い場合、特に平滑な $H_{max} 0.03\mu$ のときの強度は小さく、一方層が薄いと欠膠を生じやすく強度にばらつきが大きくなる。 $H_{max} 2.10\mu$ のあらさでは層が 18μ の厚さのときが最も適当で、薄い 6μ の層では表面の凹部に接着剤が入り込みにくいためか強度が低く現われた。

接着層の厚さは一般に 20μ 程度あれば十分で、表面あらさは $H_{max} 2\mu$ 程度は容易に得られるので、この点では作業上好都合である。

本研究の結果を発表するにあたり、昭和44年度本学特別研究費の援助を頂いたため実験の一部が遂行されたことを特に記して、深く感謝の意を表する。直接ご指導と助言を頂いた福原達三本学前教授に併せて深く感謝の意を表する。また精密な試料を作って頂いた大亜工業株式会社落合三郎氏、毎日夜遅くまで実験に協力してくれた本学学生石田心一君、日比野正樹君および山本伸一君に対し、厚くお礼申し上げる次第である。

文 献

- 1) 加賀谷忠治, 多孔質な金属の接着強度, 中部工業大学紀要第5巻, p.5 (1969)
- 2) N.A. de Bruyne and R. Houwink, "Adhesion and Adhesives" p.110 (1951), Elsevier Pub. Co.,
- 3) 山口章三郎, 天野晋武, 第3回接着研究発表会講演要旨集, p. 11 (1965)