環境と作業性に優れた接合法の研究

田宮　宏一*　斎藤　雄治*　箕田　博**

A study on eco-friendly adhesion method excellent in workability .

TAMIYA Kouiti*,　SAITO Yuji*　and　MITA Hiroshi**

抄　　録

有機溶剤系接着剤と水溶性接着剤の接着強度の比較を行い、鉄道車輌の製造工程に水溶性接着剤を使用することが可能かどうかの検証を行った。その結果、A1 材を水溶性接着剤で接着した場合は、有機溶剤系接着剤で接着した場合よりも高い接着強度が得られることが明らかになった。また、ＳＳ材でも処理条件を変えることにより、必要な接着強度が得られる可能性がある。今後は作業性と耐久性を考慮しながら実用化試験を実施し、水溶性接着剤の鉄道車輌への適用を促進する。

1.　緒　　言

産業界では地球環境問題、資源の有効利用などが重要な課題とされているが、鉄道車輌メーカにおいては有機溶剤による環境汚染が問題となっており、その見直しが盛んに行われている。ＪＲにおいても現在多くの有機溶剤系接着剤が使われているが、地球環境に配慮した車輌づくりをするためにも、水溶性接着剤への置き換えが求められている。しかし、水溶性接着剤は有機溶剤系接着剤に比べて作業環境は改善されるが、接着強度や耐久性などに関しての信頼性に乏しいという問題がある。

車輌製造段階においては、屋根のロンテックスや天井部の断熱材、床部の敷物、窓廻りなどの内装材、断熱・防音材や構体骨組と室内化粧板との間のパッキン材、内装の化粧板など多くの接合箇所に接着剤が使われている。

鉄道車輌では構造物が大きいのでスプレー塗付ができて、次工程までの作業時間が短い有機溶剤系のクロロブレンゴム系が多く使用されている。窓の水密用シーリング材なども含めると、１両当たり約２５０kg もの接着剤が使用されている。

有機溶剤接着剤は、作業環境・安全面から見て問題があり、住宅関連製品や車の内装品などでは水溶性接着剤が多く使用されるようになってきている。

図１　接着作業の現状

図１に車輌製造行程における接着作業の状況を示す。車輌の接着作業は、車輌内部での吹き付け作業が多く、作業者は保護マスクを付けて作業しなければならない。そのため、廻りの作業者にも悪影響を及ぼしている。また、床敷物のように床面全体を接着するために大きな換気装置が必要となり、作業スペースも制限されるなど、作業工程上も大きな問題となっている。

有機溶剤系接着剤は、金属から木工など多くの種類の材料に適用できる上に、耐熱性や弾性に優れ、乾燥が早いことから接着行程が短くなるなど、作業

＊　下越技術支援センター
＊＊ 東日本旅客鉄道株式会社新津車輌製作所

効率面で優れており、鉄道車輌の製造には適しているといえる。

しかし、接着剤の中にトルエン、ノルマルヘキサン、アセトンなどの有機溶剤が含まれており、この溶剤の蒸発によるガスなどが作業環境を害し、作業者が中毒症状を起こすこともあるなど、大きな問題となっている。

一方、環境問題の中から水溶性接着剤が開発され、住宅関連部材や車の内装材の接着に使われてきたが、①有機溶剤系接着剤に比べて接着力が弱く乾燥時間が長い、②作業環境は良いが、接着強度や耐久性などに関して信頼性に乏しいという問題があり、鉄道車輌の製造分野にはあまり普及していないのが現状である。

そこで、本研究では有機溶剤系接着剤と水溶性接着剤の接着性について、実作業に即した形での評価試験を行い、被接着材料や養生温度などが接着強度に及ぼす影響を明らかにした。

2. 実験方法

2．1 接着剤の選択

実験に使用した接着剤は現状の有機溶剤系１種類と水溶性の２種類とした。表１にその諸元を示す。

表１　使用した接着剤の成分と特性

	有機溶剤系接着剤	水溶性接着剤A	水溶性接着剤B
基　材	クロロプレンゴム	クロロプレンゴム	アクリル系
不揮発分	25%	49%	65%
溶　剤	トルエン ノルマルヘキサン アセトン	水	水
粘度/cps	150～500	約400	約13000

2．2試験片と接着方法

図２に試験片と接着方法を示す。本実験では、車輌の内装部材である金属板と側化粧板を想定して、ＳＳ材とパッキン材（ハードボード）、およびＡｌ材とパッキン材（同上）の二通りの組合せにより試験片を作製した。それぞれの試験片について有機溶剤系接着剤と水溶性接着剤を用いて接着し、その接着強度の比較を行った。これは実験結果を実際の車輌製造現場に適用するため、できるだけ実作業に近い条件となるように考慮したことによる。

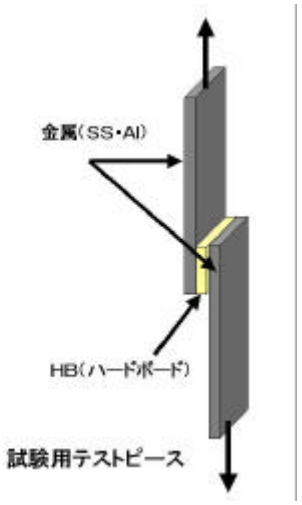


図２　試験片と接着方法

2．3接着条件

接着条件を表２に示す。車輌製造現場で現実に使用されている材料と実作業時間とを考慮して、オープンタイム（塗付後の放置時間）は５分とし、養生時間（接着後の経過時間）をそれぞれ１日、７日、３０日と設定した。実験温度は常温の２０℃と、冬季作業を想定した１０℃の２条件とした。また、サンプル数は各５本とした。接着前の表面処理法としては、ＳＳ材では腐食防止用に水溶性の塗料を塗布し、Ａｌ材では脱脂を行った。

表２　被接着材と接着条件

試験片	SS400/HB	A5005P /HB
板厚　mm	1.6 / 3.5	1.5 / 3.5
接着面積mm	25× 25	25× 25
塗布方法	両面スプレー	両面スプレー
オープンタイム	5分	5分
養生時間	1日・7日・30日	1日・7日・30日
接着温度	10℃・20℃	10℃・20℃

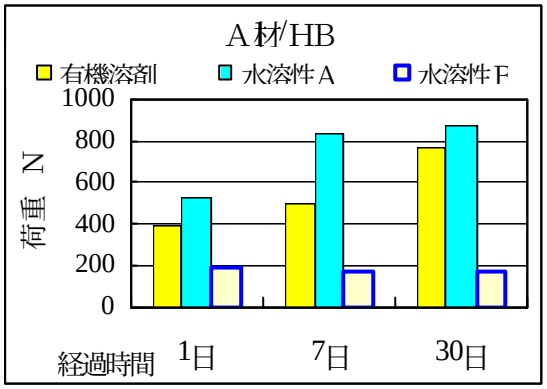
2．4　引張せん断試験条件

接着強度の評価には万能材料試験機（インストロン）を使用し、図２の試験片の上下に引張荷重を与え、接着部の引張せん断試験を行った。試験片の引張速度は５㎜ /min とした。

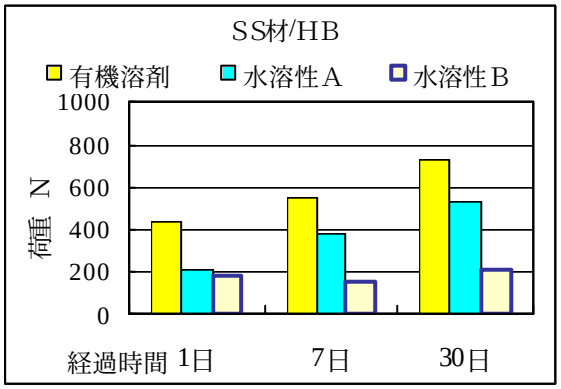
3.　実験結果と考察

3．1　接着強度

図3(a)(b)に引張せん断試験の結果を示す。図より、現在使われている有機溶剤系接着剤を使用した場合は、ＳＳ材、Ａｌ材ともに安定した接着強度が得られ、試験片の材質による明確な差は認められなかった。



(a)　Ａｌ材の場合



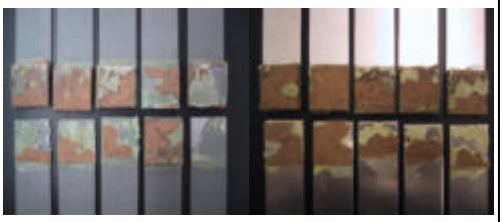
（b）　ＳＳ材の場合

図3　接着条件と接着強度の関係

一方、水溶性接着剤Aを用いた場合、ＳＳ材の試験片では有機溶剤系接着剤より高い接着強度は得られなかった。しかし、Ａｌ材では有機溶剤系接着剤の場合よりも高い接着強度が得られている。さらに、経過時間が短い条件でも、現状用いられている有機溶剤系接着剤による接着強度を上回っている。

3．2　剥離面の観察

図4(a)～(c)には、それぞれ異なる接着剤を用いて接着した試験片について、引張りせん断試験を行ったあとの剥離面の状況を示す。



(a)　有機溶剤系接着剤の剥離面

(b)　水溶性接着剤Aの剥離面

(c)　水溶性接着剤Bの剥離面

図4　接着条件と剥離面の状況

同図（a）に示す有機溶剤系接着剤の場合、試験片がＳＳ材およびＡｌ材の場合、ともにパッキン材（ハードボード）部で破壊している。このことは、高い接着強度が得られていることを示しており、いずれの金属材料の場合でも実用上問題がないと考えられる。

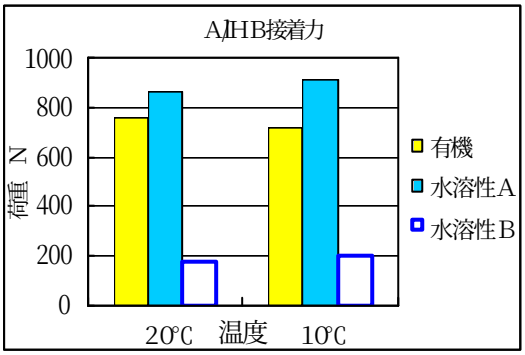
水溶性接着剤Aを用いた場合で試験片がＳＳ材の場合には、同図(b)に示すように接着層における界面破壊が観察されることから、塗装面から剥離が生じたものと考えられる。これは、腐食防止のために

接着面に塗られた水溶性塗料の影響により接着強度が下がったものと考えられる。試験片がＡｌ材の場合は、界面破壊が多く見られるが一部には接着破壊が見られる。このことは接着面の表面処理方法や接着条件に改善の余地があることを示している。しかし、接着強度が有機溶剤系接着剤の場合よりも高いので大きな問題はないと考える。

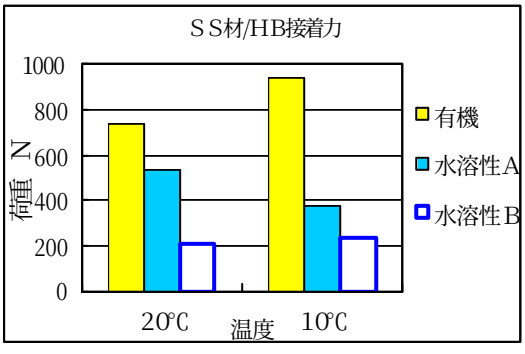
同図(c)に示す水溶性接着剤Ｂを用いた試験片では、材料破壊が見られる上、破壊荷重は２００Ｎ程度にすぎない。さらに、養生に要する時間が他に比べて長いことなどから、鉄道車輌への適用は難しいと考えられる。

３．３ 養生温度が接着強度に及ぼす影響

接着後、それぞれの養生温度で３０日を経過した試験片について、引張りせん断試験を行った結果を図５(a)(b)に示す。



（ａ） Ａｌ材の場合



（ｂ） ＳＳ材の場合

図５ 養生温度と接着強度の関係

同図(a)に示すＡｌ材を用いた試験片では、水溶性接着剤Ａを用いた場合、いずれの養生温度においても有機溶剤系接着剤を用いた場合に比べて接着強度が高くなった。一方、同図(b)に示すＳＳ材を用いた試験片では、水溶性接着剤Ａを用いた場合の方が有機溶剤系接着剤を用いた場合よりも接着強度は低く、これは養生温度によって変わらない。

ＳＳ材の試験片で水溶性接着剤による接着強度が低くなる原因は、すでに３．２項で述べたように、ＳＳ材の接着面に腐食防止用の塗料が塗布されており、それが接着強度に悪影響を及ぼしているものと考えられる。しかし、前述したとおり表面の皮膜を除去すれば接着強度は改善できるものと思われる。

４． 結言

(1) 現状使われている有機溶剤系接着剤は、被着材の種類によらず、安定した接着強度が得られることが確認できた。

(2) 水溶性接着剤Ａを用いてＡｌ材を接着した場合は、養生温度が低くても十分な接着強度が得られることが明らかにされた。また現状の設備でそのまま対応できることは大きな利点である。

(3) ＳＳ材の接着に水溶性接着剤を適用するには、接着面の前処理方法を十分に検討する必要がある。さらに、接着面の耐久性や作業性などについても十分に検証しなければならない。