

新しい構造用ウレタン系接着剤の開発及びエレベーター意匠パネルへの適用

原賀康介* 西川哲也* 山本和美** 服部勝利** 勢力峰生**

1. ま え が き

エレベーターの主要パーツであるかご室の壁・扉、乗場の扉などの意匠パネルは、近年の高級化指向の高まりにつれて意匠・寸法仕様が多様化が著しく、典型的な多種少量生産品となっている。そこで、多種少量生産を効率良く行い、顧客ニーズに柔軟に対応することが必要となってきた。また、省エネルギー化やエレベーターシステムの小型軽量化も要求されており、これらの要求に答えるためにかご室の重量を軽減することは、従来から大きな課題であった。

そこで、従来は表面材の材料特性に応じて種々の構造がとられていた意匠パネルの構造を簡素化して標準化し、製造方法を統一することにより、多種少量生産の効率化を図り、また軽量高剛性補強材の採用や高強度表面材の採用による薄肉化により軽量化を図ることとした。

これらを実現するためには、薄板でもひずみの出ない低硬化収縮性、焼付け塗装にも耐える耐熱性、塩ビ鋼板のような熱に弱い意匠材料にも影響のない低温硬化性、各種材料に対する優れた接着強度と耐久性、さらに優れた作業性を持つ構造用接着剤が不可欠である。そこで、接着剤の開発に取り組み、新しい構造用ウレタン系接着剤を完成させた。

以下に、構造用ウレタン系接着剤の開発のポイント及び開発した接着剤の諸特性、新しいエレベーター意匠パネルの構造・性能・製造工程について述べる。

2. 構造用ウレタン系接着剤の開発

2.1 開発の留意点

エレベーターの意匠パネルの製造においては、変性アクリル系の構造用接着剤が既に10年以上にわたって使用されており、これまで不良の発生が全くないという実績が得られている⁽¹⁾⁽²⁾。そこで、新しい構造用接着剤の開発に当たっては、この構造用変性アクリル系接着剤と同等以上の性能を確保できるように次の点に留意した。

- (1) 鋼板、ステンレス鋼板、塩ビ鋼板、亜鉛めっき鋼板に共通して適用できること。
- (2) 接着強度は特にはく離強度、衝撃強度が優れていること。
- (3) 破壊状態は接着剤の凝集破壊であること。
- (4) 耐湿性に優れ、20年以上にわたり実用強度を維持できること。
- (5) 耐クリープ性、耐疲労性に優れること。
- (6) 薄板においても接着剤の硬化収縮によるひずみが発生しないこと。
- (7) 焼付け塗装に耐える耐熱性を持つこと。
- (8) 塩ビ鋼板は熱に弱いため、塩ビの耐熱許容温度以下で短時間に硬化できること。
- (9) 自動化に適していること。

2.2 接着剤の開発

開発目標をクリアできる樹脂として、ウレタン樹脂に着目して開

発を進めた。なお、ウレタン系接着剤で金属を接着する場合はプライマーが必要であり、一般に加熱硬化タイプのプライマーが使用されるが作業性に難点があるため、今回の開発ではスプレーで塗布するだけですぐに使用できるプライマーの開発にも注力した。

その結果、プライマーとしては、リン酸エステル系の金属密着性改良剤を主成分とし、耐湿性向上のために微量の塩ビ系ポリマーを添加した1液溶剤タイプを開発した。このプライマーは粘度が非常に低く、溶剤は室温ですぐに乾燥するので、スプレーで薄く塗布するだけですぐに接着が可能である。

一方、ウレタン樹脂はポリエーテル型のポリオールとMDI（ジフェニルメタン ジイソシアネート）系のイソシアネートプレポリマーからなる2液型とした。イソシアネート基は、空気中に含まれる水分と非常に反応しやすく、水分と反応すると二酸化炭素を発生し

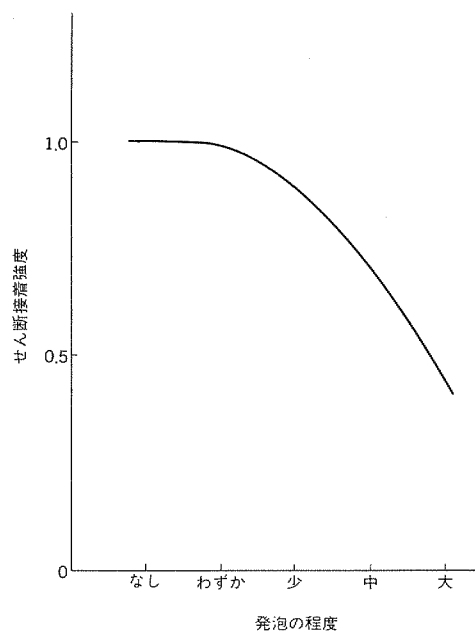


図1. 構造用ウレタン系接着剤の発泡の程度とせん断接着強度の関係

表1. 各種の材料における構造用ウレタン系接着剤の接着強度と破壊状態及びプライマーの効果

被着材料	プライマー	はく離接着強度 (kg/25mm)	せん断接着強度 (kg/cm ²)	破壊状態
鋼板	有り	23	274	凝集破壊 界面破壊
	無し	0	110	
ステンレス	有り	17	288	凝集破壊 界面破壊
	無し	0	153	
塩ビ鋼板	無し	22	236	凝集破壊
亜鉛めっき鋼板	無し	18	228	凝集破壊

注 オープンタイム5分、すべて焼付け塗装無し

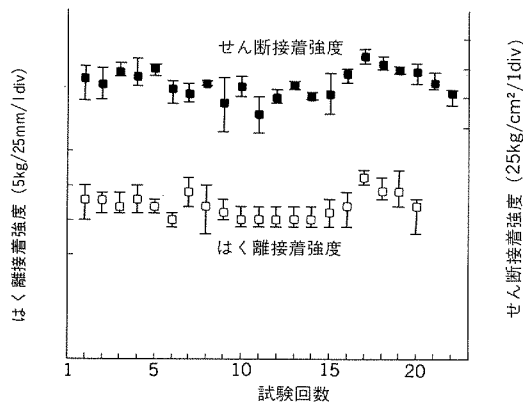


図2. 構造用ウレタン系接着剤の接着強度の再現性
(被着材料：塩ビ鋼板)

表2. 構造用ウレタン系接着剤の高温暴露及び
実塗装ライン通過による接着強度の変化

加熱温度	加熱時間	はく離接着強度 (%)	せん断接着強度 (%)
加熱なし	—	100	100
170°C	20分	110	100
	30分	110	104
	50分	110	104
185°C	20分	110	106
	30分	105	99
	50分	105	98
	80分	100	98
	120分	95	94
200°C	50分	95	68
実塗装ライン通過		110	104

注 被着材料：鋼板，オープンタイム5分

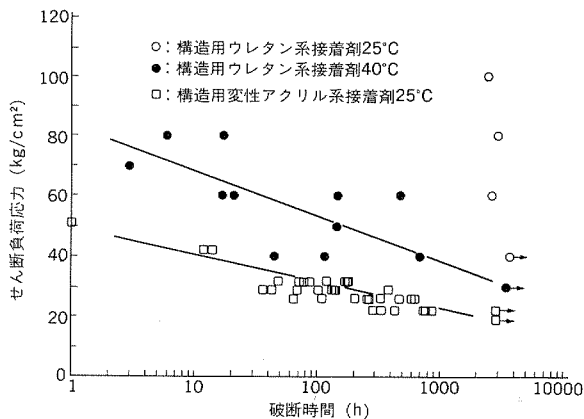


図3. 構造用ウレタン系接着剤と構造用変性アクリル系接着剤の
クリープ破断特性の比較

て接着剤が発泡し、図1に示すように、接着強度が低下するという問題を持っている。湿度が高い場合や接着剤を塗布してからは(貼り合わせまでの時間(オープンタイム)が長い場合に発泡が起りやすい。そこで、ウレタン系接着剤では、通常、空気中の水分がイソシアネートと反応する前に水分を吸着させてしまう吸湿剤が添加されているが、今回開発した接着剤では、発泡防止と接着特性を両立させるために、吸湿剤の種類及び配合量を検討し最適化した。

また、耐熱性と接着特性を両立させるために、架橋剤の配合につ

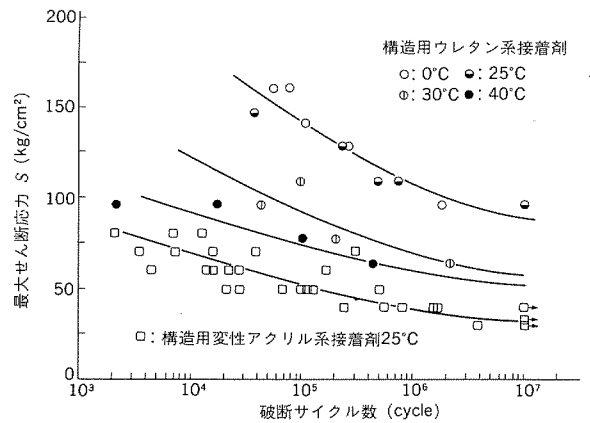


図4. 構造用ウレタン系接着剤と構造用変性アクリル系接着剤の
疲労破断特性の比較

いて検討し最適化を図った。

2.3 開発接着剤の諸特性

2.3.1 接着強度

表1に、開発した構造用ウレタン系接着剤の各種の材料におけるせん断接着強度、はく離接着強度、破壊状態を示した。鋼板、ステンレス鋼板については実際にはプライマーを塗布して使用するが、比較のためにプライマーを塗布しない場合の結果も示した。この結果から、鋼板、ステンレス鋼板におけるプライマーの塗布効果は非常に大きく、いずれの材料においても優れた接着強度と破壊状態が得られていることがわかる。

図2には、開発接着剤の塩ビ鋼板におけるはく離接着強度、せん断接着強度の再現性試験の結果を示した。試験片の作製日は、すべて異なりオープンタイムはいずれも5分である。各回のサンプル数は5個で、図中に示した範囲は5個中の最大値と最小値である。この結果から、接着強度の再現性は非常に高いことがわかる。

また、衝撃接着強度も構造用変性アクリル系接着剤を上回る優れた性能を持っている。

2.3.2 焼付け塗装耐熱性

鋼板は接着後焼付け塗装がなされるため、接着部も高温にさらされる。表2に、接着剤硬化後の鋼板試験片を、高温暴露及び実際の塗装ラインに流した場合の接着強度の変化を示した。この結果から、十分な焼付け塗装耐熱性を持っていることがわかる。

2.3.3 耐久性

図3には、構造用ウレタン系接着剤の25°C及び40°Cにおけるクリープ破断試験の結果を、構造用変性アクリル系接着剤の25°Cの場合と比較して示した。25°Cにおける構造用ウレタン系接着剤の耐クリープ性は、構造用変性アクリル系接着剤よりも非常に優れており、40°Cにおいても構造用変性アクリル系接着剤の25°Cの場合より優れていることがわかる。

図4には、構造用ウレタン系接着剤の0°C、25°C、30°C、40°Cにおける繰り返し疲労試験の結果を、構造用変性アクリル系接着剤の25°Cの場合と比較して示した。試験は、1,000サイクル/分で0kg/cm²←→5kg/cm²の繰り返し引張りせん断応力を負荷して行った。クリープ試験と同様に、25°Cにおける構造用ウレタン系接着剤の疲労特性は、構造用変性アクリル系接着剤よりも非常に優れており、40°Cにおいても構造用変性アクリル系接着剤の25°Cの場合より優れていることがわかる。

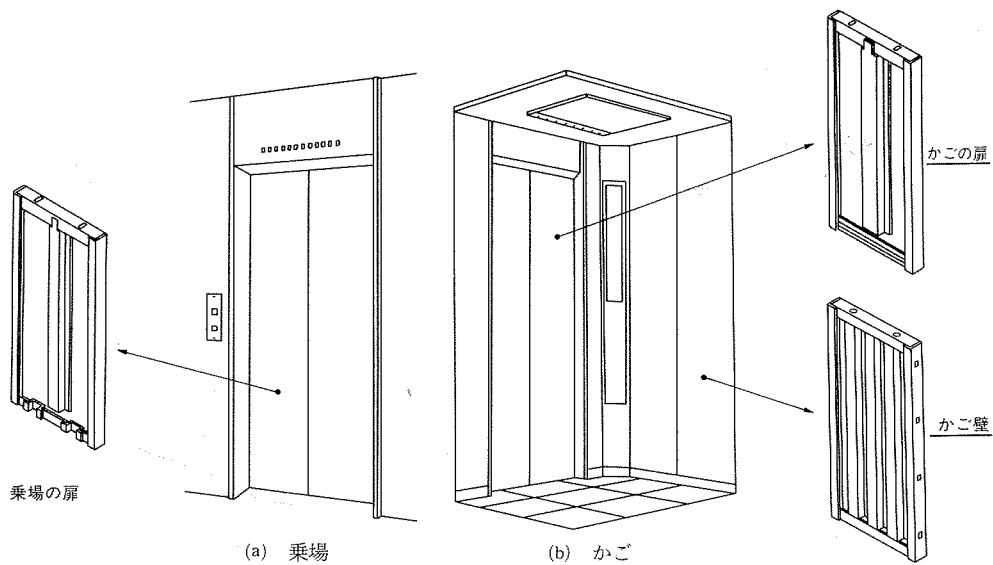


図5. 構造用ウレタン系接着剤の適用対象意匠パネル

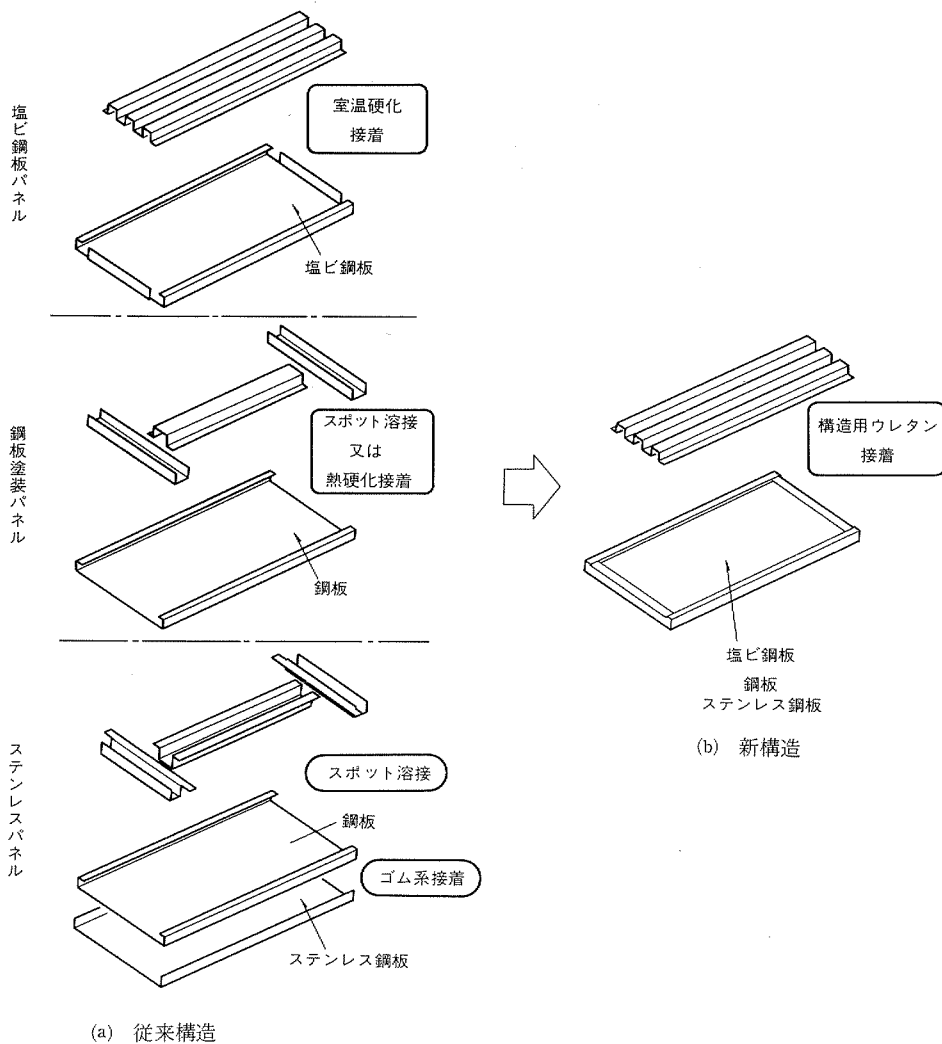


図6. 意匠パネルの基本構造

また、耐湿性も構造用変性アクリル系接着剤と同等以上の性能を持っていることが確認されている。

3. エレベーター意匠パネルへの適用

3.1 新意匠パネルの構造・材料設計

今回開発した構造用ウレタン系接着剤を適用した意匠パネルは、図5に示すかご室の壁、扉パネル及び乗場の扉パネルである。

従来の意匠パネルは、かご室の壁を例にとると図6に示すように、表面材の材料特性に応じて種々の構造がとられていた。塩ビ鋼板パネルでは高温加熱ができないため、室温硬化型の構造用変性アクリ

表3. 塩ビ鋼板のコーティング材料による構造用ウレタン系接着剤の接着特性の比較 (プライマーなし)

コーティング材料	測定温度 (°C)	はく離接着強度 (%)	破壊状態
A	-20	18	界面破壊, クラック発生 界面破壊, クラック発生 凝集+界面, クラック発生 凝集破壊
	-10	32	
	0	55	
	+25	77	
B	-20	86	凝集破壊 凝集破壊 凝集破壊 凝集破壊
	-10	73	
	0	86	
	+25	100	

表4. 亜鉛めっき鋼板の種類と構造用ウレタン系接着剤のはく離接着強度の比較 (プライマーなし)

めっきの種類	めっき後処理	メーカー	はく離接着強度の比較 (%) と破壊状態	
			+25°C測定	-20°C測定
溶融亜鉛	普通クロメート	A	100 界面	40 界面
	普通クロメート	B	85 界面	0 界面
	普通クロメート	C	55 界面	0 界面+P
	特殊クロメート	C	100 界面+凝集	30 界面+P
電気亜鉛	無処理	C	0 界面	0 界面
	無処理	D	0 界面	0 界面
	普通クロメート	D	25 界面	0 界面
	普通クロメート	C	55 界面+凝集	60 凝集+界面
	リン酸塩処理	C	100 凝集	105 凝集
	樹脂コーティング 複合コーティング	C D	80 凝集+界面 0 界面	75 界面+凝集 0 界面
Fe-Zn アロイ化	無処理	E	110 界面+凝集	0 全面P
	特殊クロメート	C	0 全面P	0 全面P
合金	特殊処理	E	150 凝集	140 凝集

注 P: めっきと素材鋼板間の破壊

ル系接着剤によりコルゲート状補強材が接合され、鋼板塗装パネルではスポット溶接や熱硬化型接着剤によりハット形などの補強材が接合され、ステンレスパネルでは意匠面のひずみの点から、スポット溶接により組み立てられた鋼板パネル上にゴム系接着剤で、更にステンレス意匠板が接着される構造が採られていた。新しい意匠パネルでは、新しく開発した構造用ウレタン系接着剤を用いることにより、表面材の種類にかかわらず、コルゲート状補強材を表面材に直接接着する構造に統一することができた。

パネルの軽量化を図るためには、薄板で軽量のコルゲート状補強材を採用するとともに、表面材の薄肉化を行った。新しいパネルの板厚は、塩ビ鋼板パネルでは従来の1.2mmから0.8mmとなり、ステンレスパネル、鋼板塗装パネルでも従来に比べて2~3割低減された。なお、表面材や補強材を薄肉化すると、パネルの剛性や強度の低下や振動騒音の増加などの問題が生じる。これら問題に対しては、高張力鋼板の採用や、パネルの厚さをレイアウト上差し支えない範囲で厚くするとともに、コルゲート状補強材をパネルのほぼ全面に接着して複合構造化してダンピング特性を改善することで解決した。

接着剤の持つ性能を最大に発揮させ信頼性の高い接着製品を得るためには、接着される材料の表面状態が使用する接着剤に適していることが非常に重要である。鋼板、ステンレス鋼板ではプライマーの塗布により接着表面の最適化を図ったが、塩ビ鋼板及び補強材(亜鉛めっき鋼板)については、材料表面の最適化を検討することによりプライマーなしでの信頼性の高い接着を実現した。塩ビ鋼板では、塩ビ鋼板の製造段階でコーティングする有機コーティング材料について検討した。表3に、2種類のコーティング材料について、接着

表5. パネル表面の局部強度試験結果

	表面材	表面のへこみ量
新パネル	高張力鋼板0.8mm	1.02mm
従来パネル	普通鋼板1.2mm	1.21mm

強度と破壊状態の温度特性を比較したが、低温における特性に大きな差があることがわかる。亜鉛めっき鋼板では、表4に示すように、各種の亜鉛めっき鋼板を比較検討して最適品を選定した。

接着部の寸法は、耐久性とくに耐湿性に対して大きく影響する。そこで、接着部の寸法と耐湿劣化の関係について検討し、長期間にわたり高い接着信頼性を確保できる寸法として、最低接着しろを25mmとした。

3.2 新意匠パネルの特性

エレベーターのパネルは、荷物の運搬時における台車の衝突やいたずらによる打撃などにより、パネルの表面が大きく変形しない強度(局部強度)が必要である。表5に、従来のパネルと新しいパネルの局部強度の比較を示した。先端に直系10mmの鋼球が取り付けられた0.5kgの重りを0.5m上から落下させた時のパネル表面のへこみ量を測定したものである。この結果から、新しいパネルでは表面材を薄肉化したにもかかわらず高張力鋼板を採用したため、従来パネルより優れた局部強度を持っていることがわかる。

振動騒音については、図7に示すようなかご加振試験装置により、かごをロープでつ(吊)り下げてかご枠の上はり(梁)中央に電磁加振器をセットしてランダム波加振を行い、周波数と騒音レベルの関係を求めた。図8に、従来のパネルを用いたかごと新しいパネルを用いたかごの騒音レベルの比較を示した。この結果から、新しいパネルを用いたかごでは軽量化、薄肉化したにもかかわらず、従来品と有意差のない性能を持っていることがわかる。

パネルの剛性については、パネルの組立て厚さを従来のものより約10%増加することにより、従来と同等以上の性能が得られている。

また、いずれの表面材においてもパネル表面のひずみは全く問題のないレベルが得られている。これは、今回適用した接着剤は、比較的硬い硬化物を形成するが硬化収縮率が小さいために、硬化収縮応力が小さいためである。

3.3 新意匠パネルの製造工程

図9に、新しい意匠パネルの製造工程を示した。各種の材質、形状・寸法のパネルが同一工程で製造される。プライマーは、鋼板、ステンレス鋼板のみにスプレー塗布され、塩ビ鋼板、亜鉛めっき鋼板には塗布されない。接着剤は、図10に示すように、専用の塗布ロボットにより、接着部の形状・寸法に応じて塗布パターン、吐出量を自動的にコントロールして塗布される。補強材を貼り合わせた後、加圧状態で加熱硬化がなされる。補強材の形状・寸法にかかわらず接着部に均一な加圧が自動的に行われる。

接着の品質確保のために、接着剤の塗布から補強材貼り合わせまでの工程は、温度・湿度が管理された接着室内で行われる。塗布装置は、主剤と硬化剤が常に適正な配合比になるように、それぞれ流量の計測・管理がなされ、また、ミキサー内でのゲル化を防止するために、塗布終了時点からの時間計測により自動洗浄がなされている。

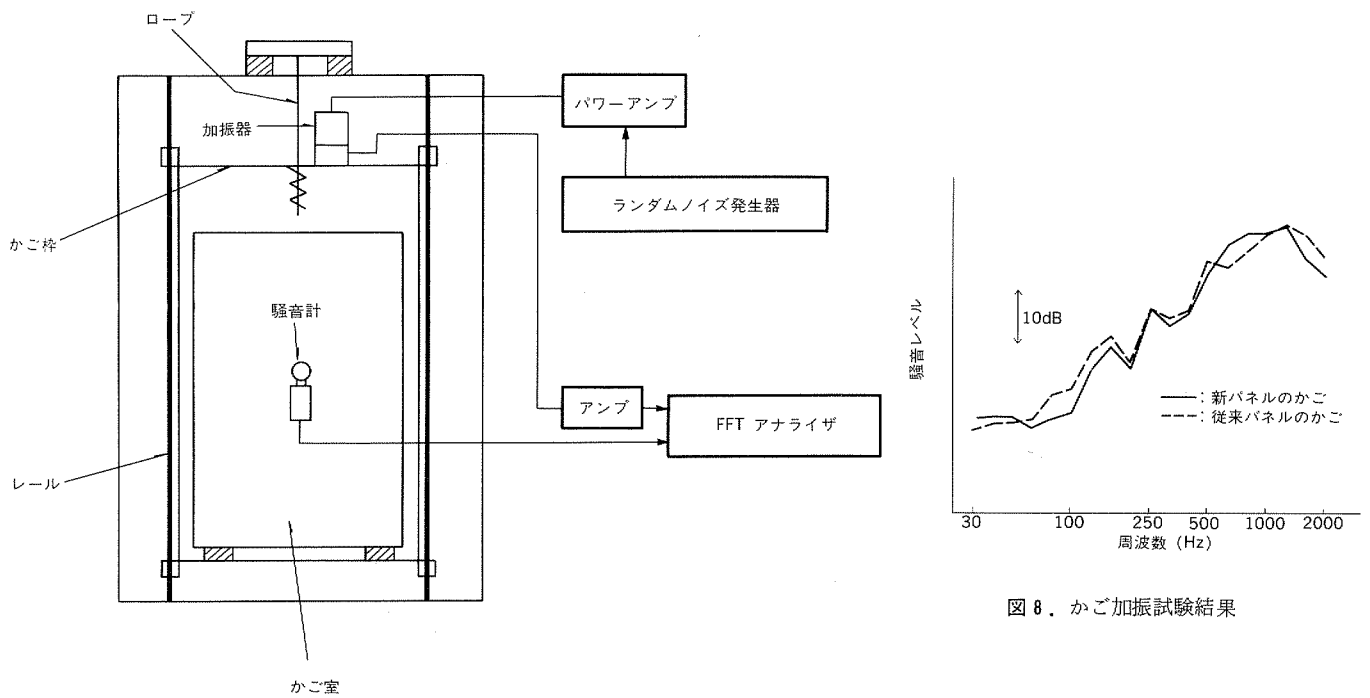


図 8. かご加振試験結果

図 7. かご加振試験方法

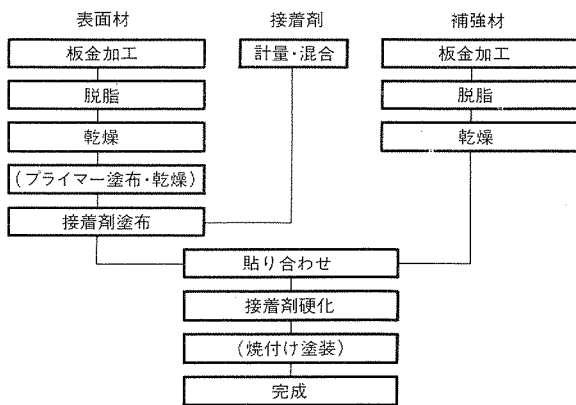


図 9. 新しい意匠パネルの製造工程

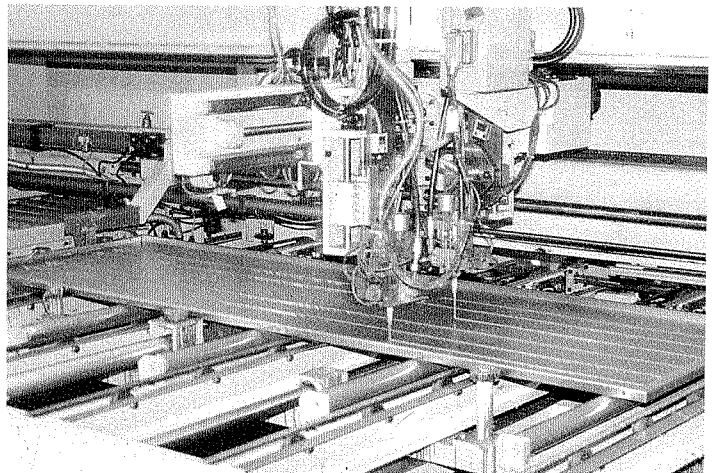


図 10. 接着剤塗布状況

4. むすび

典型的な多種少量生産品であるエレベーターの意匠パネルを効率的に生産するために、種々のパネル材質に対して優れた接着特性が得られる構造用ウレタン系接着剤及びプライマーを新たに開発した。また、表面材の種類にかかわらず基本構造を標準化して製造方法を統一した。さらに、軽量化を図るために、軽量高剛性補強材の採用や、高張力鋼板の採用による表面材の薄肉化を行った。

新しいパネルの開発により、部品点数や図面枚数が半減し、工期も短縮され、多種少量生産品の効率的な生産が実現し、今後の意匠

の多様化にも柔軟に対応できる体制が確立された。また、従来品と同等以上の性能を確保しながら約25%の重量低減も達成された。

終わりに、この開発に当たり、多大な御協力をいただいた関係各位に、深く感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 原賀ほか：三菱電機技報，55，No.3，p.58(1981)
- (2) 原賀ほか：第27回接着研究発表会講演要旨集（日本接着協会），p.21(1989)