< 綜 説 >

(受理: 平成 16 年 4 月 8 日)

建材用ポリウレタン樹脂系接着剤 Polyurethane Adhesive for Construction

古賀 重之*
Shigeyuki KOGA

1. はじめに

今日まで建築内装分野では様々な建材が使用されてきたが、1990 年代初めのハウスダスト（ダニ問題）の問題からマンション等集合住宅を中心に木質床材が一気に普及し始めた。当初はコンクリート下地に床材を直接接着する『直貼り工法』としてゴム系接着剤やエポキシ樹脂系接着剤が使用されたが、防音床材の普及とシックハウス症候群の社会問題化に伴いウレタン樹脂系接着剤が多用されるようになってきた。

本稿では、木質床材用途を中心とした建材用ウレタン樹脂系接着剤の進歩について述べる。

2. ウレタン樹脂系接着剤の特徴

○優れた作業性

1 液化が可能であるため、2 液混合型のような使用前の計量・混合の手間が省略でき、計量ミス、混合不良等による不具合の発生の心配がない。

○優れた安全性

無溶剤化または、低溶剤化が比較的簡単に図ることが出来る。労働安全衛生法非該当品、消防法の非危険物にすることが可能である。

また、エポキシ樹脂系接着剤と比較してカブレの心配が少ないため作業者に対する安全性は高い。

○優れた接着性

木材や無機材料等から各種プラスチック、金属等まで優れた接着性を示す。また、耐熱性、耐水性に優れ建築内装分野で要求される様々な性能に対応できる。

4) 優れた低温硬化性

エポキシ樹脂系接着剤と比較して低温硬化性に優れる。

3. ウレタン樹脂系接着剤の基本組成¹⁾

ウレタン樹脂系接着剤の一般的な組成を表 1 に示す。

表 1 ウレタン系接着剤の基本組成

種類	使用目的	例
ウレタンプレポリマー	接着剤物性 接着性	末端 NCO 型ポリエーテルプレポリマー 末端 NCO 型ポリエステルプレポリマー
無機充填材	増量, 補強効果 粘性改良	炭酸カルシウム タルク クレー 無水ケイ酸
希釈剤, 可塑剤	粘度調整 作業性	炭化水素系 フタル酸エステル系 塩化パラフィン オイル
硬化触媒	硬化速度調整	有機金属 (スズ, 鉛) 第 3 級アミン化合物
その他	接着性 貯蔵安定性	シランカップリング剤

古賀 重之

略歴: 1994 年 青山学院大学 理工学部 化学科卒業
同年 コニシ株式会社に入社
住宅内装用接着剤を主に担当
趣味: 音楽鑑賞

* コニシ (株) 大阪研究所
大阪市鶴見区鶴見 4-7-9 〒538-0053
Konishi Co., Ltd. Osaka R&D DIV
4-7-9 Tsurumi, Tsurumiku, Osaka 538-0053, Japan

3.1 ウレタンプレポリマー

ポリイソシアネート化合物とポリオール化合物をイソシアネート基過剰量で反応させて、末端イソシアネート基とすることにより得られる。主原料となるポリイソシアネート化合物、ポリオール化合物を表2に示す。ウレタンプレポリマーは要求性能（接着性、皮膜物性、粘度等）に基づいて設計を行う。建材用では通常MDI系のウレタンプレポリマーが使用される場合が多い。

以上の物質の組み合わせ、分子量の選択、官能基数の選択、配合量（NCO/OH比）の選択により要求性能（接着性、皮膜物性、粘度等）を満たすウレタンプレポリマーの合成を行う。表3にプレポリマーの構造と粘度の関係を、表4にプレポリマーの構造とモジュラスの関係を示す。

通常、1液湿気硬化型ウレタン樹脂系接着剤において無溶剤化（環境対応型）を図るためには、低粘度のプレポリマーを作ることが重要である。したがって、ポリオール化合物としてポリエーテル系を使用し、ポリイソシア

ネート化合物としてはMDIまたは、TDIを使用するのが一般的であるが環境的な問題から建材、建築内装工事用の接着剤にはMDIが主に使用される。また、ウレタンプレポリマーのイソシアネート基含有率は無溶剤あるいは低溶剤の接着剤とするためには3%～15%程度の間で調整されることが多い。

3.2 充填材

補強剤、増量剤、作業性付与（チクソ性を付与）、コストダウンを目的に無機充填材が使用される。主な充填材として、炭酸カルシウム、タルク、クレー、酸化チタン等が挙げられる。しかし、これらは水分を含んでいるため、安定性を阻害しない程度に水分を除去する必要がある。

3.3 粘性付与剤

垂れ防止などを目的としてチクソ性を付与するために無機系、有機系の粘性付与剤を添加する。無機系ではシリカ等が挙げられる。有機系としては水添ひまし油、アマイドワックス等が挙げられる。

図1 ウレタンポリマー

表2 ウレタンプレポリマーの原料

ポリイソシアネート化合物	ポリオール化合物
4,4'-ジフェニルメタンジイソシアネート (MDI)	ポリエーテルポリオール
2,4-又は2,6-トリレンジイソシアネート (TDI)	PPG, PEG, PTMG 等
キシリレンジイソシアネート (XDI)	ポリエステルポリオール
イソホロンジイソシアネート (IPDI)	アジベート系, ラクトン系, ひまし油系
ヘキサメチレンジイソシアネート (HDI)	ポリカーボネートポリオール
その他	ポリブタジエンポリオール
	アクリルポリオール
	その他

表3 プレポリマーの構造と粘度の関係

構 造	低い	高い
未反応イソシアネート	多い	少ない
NCO/OH	高い	低い
官能基数	少ない	多い
ポリオール	ポリエーテル系	ポリエステル系

表4 プレポリマーの構造とモジュラスの関係

構 造	低モジュラス	高モジュラス
イソシアネート	脂肪族系	芳香族系
ポリオール	ポリエーテル系	ポリエステル系
官能基数	少ない	多い
ウレタン基濃度	低い	高い
分子量	大きい	小さい

3.4 希釈剤、可塑剤

粘度調整、濡れ性の改善のために少量添加することがあるが、安全・衛生面において注意が必要である。この場合、可能な限り高沸点で毒性の少ない希釈剤を選択する必要がある。

3.5 硬化触媒

硬化速度の調整を目的として添加する。有機金属系（錫、鉛系）、アミン系のものがよく使用される。

3.6 その他

金属、無機材料に対する接着性を向上させる目的でシランカップリング剤、チタンカップリング剤が用いられる。シランカップリング剤としてはアミノシラン、メルカプトシラン、イソシアネートシラン、エポキシシランなどが挙げられる。

4. ウレタン樹脂系接着剤の使用例

近年、建築現場、特に床材の施工用途で一液湿気硬化型ウレタン樹脂系接着剤の伸びが著しい。この分野ではこれまで二液混合型のエポキシ樹脂系接着剤が使用されてきたが、一液であり、溶剤の使用量が少なく、種々の材料に対する接着性が良好なウレタン樹脂系接着剤が主流となってきた²⁾。ウレタン樹脂系接着剤の使用例を床施工用途を中心に述べる

4.1 木質床材施工用

○集合住宅直貼り用

木質床材は、コンクリートスラブに直接接着する『直貼り工法』と呼ばれる簡易な施工方法の発達とともにその普及に拍車がかかってきた。普及の過程では、木質床材特有の階下への生活音問題が多発したが、現在では、フローアーマーカー各社が床衝撃音の低減を図った防音床材を開発したため安定した成長が続いている。

特に直貼り施工においてはエポキシ樹脂系接着剤が主に使用されてきたが、防音床材の普及に伴って、接着剤が原因で発生する床鳴りという問題がクローズアップされた。床鳴りの原因は種々考えられるが、防音床材の裏面に遮音性向上のため発泡体などの柔らかい材質を使用しており、歩行とともに床材が沈み込みその動きに伴って接着剤から音が発生する。エポキシ樹脂系接着剤は一般に皮膜が硬く、バリバリと硬化皮膜が割れる音が発生することがあり、防音床材に使用することが制限される。

一液ウレタン樹脂系接着剤は、接着剤の物性の設計度に自由度が高く、適度な皮膜硬度に設計することによって床鳴りを防止することが可能となった。現在、防音床材の普及とともに広く使用されている。

○集合住宅乾式遮音二重床用

乾式遮音二重床工法は『置き床工法』とも呼ばれる都市基盤整備公団の標準仕様になった床施工方法である。二重床の構造は床パネル、支持脚、その他の補助部材から構成され、支持脚を組み込んだ床ユニットをコンクリートスラブ上にならべ、レベル調整を行った後に、必要に応じパーティクルボード等の捨て張り材を貼って床下地を形成する。支持脚の下部には、防振材が取り付けられ防音性能を確保している。仕上げ材に木質床材が使用される場合、釘打ちのみでの仕上げが一般的であったが、床鳴りの問題から一液ウレタン樹脂系接着剤が併用されることが多くなってきた。

○戸建て住宅床材施工用

戸建て住宅の床材施工においても最近は一液ウレタン

樹脂系接着剤の使用が増えてきている。従来、戸建て住宅の床材施工は、釘打ちによる仕上げあるいは釘と木工用ボンド（酢ビエマルジョン系）の併用による施工が一般的であったが、やはり床鳴りの問題からハウスメーカーを中心に一液ウレタン樹脂系接着剤を使用する工法が普及してきている。

○床暖房用

床材の普及、住まいの快適性の要求から床暖房システムはクリーンな暖房システムとして、今後期待できる住宅設備であるが、床暖房の施工においても、一液湿気硬化型ウレタン樹脂系接着剤が優秀な接着性能（接着性、耐熱性、耐久性）を評価され使用されている。

4.2 束施工用

戸建て住宅の床は、コンクリート基礎の上に大引きと呼ばれる太い角材を渡した上に作られる。基礎の上には束が立てられ大引きを支える役目をする。従来、束は木材で作られ、釘や金具で留められていたが、最近は金属製（鋼製）あるいはプラスチック製の束が普及してきている。鋼製束、プラスチック束とコンクリート基礎の接着に一液湿気硬化型ウレタン樹脂系接着剤が使用される。

4.3 フリーアクセスフロアー

オフィスフロアーの床下に電気配線を収納するためにフリーアクセスフロアーを採用するビルが多い。その支持脚を立てるための足座の固定に一液湿気硬化型ウレタン樹脂系接着剤が使用される。接着剤には耐衝撃性の他に各種防塵塗料への密着性が要求される。

4.4 人工芝、塩ビシート施工用

人工芝あるいは塩ビシートの施工には以前からウレタン樹脂系接着剤が採用されているが、最近では一液タイプのものがほとんどである。接着剤には屋外で使用するための耐水性、耐熱性の他に、巻き癖のある材料を固定するための初期タックが必要である。この分野では初期タックを付与するため、及び接着性を付与するために溶剤型ポリエステル系ウレタンプレポリマーを使用することが多い。

4.5 木質構造用

木質構造用として開発された一液湿気硬化型ウレタン樹脂系接着剤は、木質構造用パネルのジョイント部分の接着や接着重ね梁など、各種木質構造部材に使用される。これは、湿気硬化型ウレタン樹脂の優れた接着性能と充填接着性を最大限に生かしたものである。

4.6 プレハブ住宅外壁パネル用

プレハブ住宅の外壁パネルにサイディングボードが採用されている。そのサイディングボードと木フレーム、金属フレームの接着に使用されている。

4.7 コーナー役物用

プレハブ住宅の外壁パネルのコーナー材のVカット部分の接着に多く用いられている。最近では養生時間の短縮のため高周波を利用した接着が行われている。

5. シックハウスについて

近年、住宅の気密性の向上によって接着剤や建材から発生する揮発性有機化学物質により居住人が健康を害する、いわゆるシックハウスが社会問題になり、室内空気対策研究会による実態調査（2001年）が行われた。その結果を表5に記す³⁾。

表5 室内空気対策研究会実態調査結果

物質名	調査結果 平均濃度 ppm	厚生労働省 指針値 ppm	厚生労働省の 指針値を超え た住宅の割合
ホルムアルデヒド	0.050	0.08	13.3%
トルエン	0.023	0.07	6.4%
キシレン	0.009	0.20	0.3%
エチルベンゼン	0.005	0.88	0.0%
スチレン	0.002	0.05	1.1%

上記結果等から、2003年の7月から建築基準法が改正された。これに伴って、建築用JISもホルムアルデヒドの放散速度を規格化し、ホルムアルデヒドを含有する接着剤の使用を制限することになった。表7にホルムアルデヒドの放散速度等級（JIS A5536 床仕上げ用接着剤）に関して記す（ホルムアルデヒド以外にクロルピリホスも規制対象物質に加えられるが接着剤に配合することは殆ど無いため割愛する）。

表6 ホルムアルデヒド放散速度等級
(JIS A5536 床仕上げ用接着剤)

ホルム等級 記号	判定基準 放散速度単位： $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$	使用量制限
F☆☆☆☆等級 (四つ星)	成分上ホルムアルデヒドの発生がないと認められる物又は、放散速度5以下	制限無し
F☆☆☆等級 (三つ星)	放散速度20以下	制限有り
F☆☆等級 (二つ星)	放散速度120以下	制限有り

表7 省ゴミ容器

従来品	省ゴミ容器
カートリッジ	フィルムパック、ソフトカートリッジ
缶	エコボックス、アルミパック

表6よりホルムアルデヒドの放散量の少ない接着剤（四つ星）は使用量に制限を受けないが、放散量の多い接着剤（三つ星や二つ星）は使用量に大きな制約を受ける。

今回のJIS改訂ではホルムアルデヒドが規制の対象になったが、今後トルエン等も規制対象になる可能性が高く、学校等の建築物に関してはホルムアルデヒド以外にもトルエン等の放散量の測定を義務づけている。したがって、今後、建築内装用使用する接着剤や建材には揮発性有機化学物質の削減等の対策が不可欠である。

6. 容器

これまで接着剤の中身の安全性について述べてきたが、使用後の容器（ゴミ）は接着剤が付着しているため産業廃棄物となり、その廃棄量の低減は地球環境からみても時代の要請である。現在、建材用ウレタン樹脂系接着剤の容器としてはカートリッジや缶が主体であるがゴミの量を低減すべく対策品がいくつか提案されている。

省ゴミ容器を使用すればゴミの量が10分の1程度まで低減するため、ゴミの削減を要求される建築現場等では上記容器の製品の使用が好ましい。

7. おわりに

ウレタン樹脂系に限らず接着剤は、今までは単に接着することだけが重要視されてきた。しかし、今後はこれらの性能以上にシックハウス問題の高まりから、接着剤の安全性がより重要な性能になると思われる。我々接着剤メーカーは、利便性だけでなく環境にも十分配慮した接着剤の開発を行っているかを常に戒めながら、市場の要望に応えていかなければならないと考えている。

参 考 文 献

- 1) ポリウレタン樹脂ハンドブック（日刊工業新聞社）
- 2) ゆか, 37, (12), 49, 1994
- 3) 建築基準法改正に伴う施策の現状と業界の取り組み（財団法人 日本建築総合研究所）