

高分子材料の建設 工事への応用

- 他材料の被覆
- 既存材料の接着
- あとがき

松尾 新一郎*

6. 他材料の被覆

ペイントは他材料に広く塗装される。また近年、整備された道路では必ずトラフィック・ペイントが徹底して用いられている。このペイントの量はきわめて多く、そのうち合成樹脂系のものの占める比率は大きい。塗料に対する合成樹脂の使い方のおもなものには、つぎの三通りがある。

① 乾性油とともに煮て、ワニスまたはペイントをつくる。

② 硝酸セルローズ、溶剤などと混合溶解して、ラッカーをつくる。

③ 乾性油も硝酸セルローズも併用せず、単独で体質として用いる。

合成樹脂塗料としては三番目のものが最も注目され、これに属するものとしてはフェノール樹脂、尿素メラミン樹脂、アルキッド樹脂、ビニール樹脂、けい素樹脂などがある¹⁷⁾。つぎに市販製品について一、二列挙する。

(1) エポキシ系塗料

エポキシが塗装やライニング材として使われたのはかなり前からであるが、道路や床に応用されはじめたのは比較的新しい。建設工事では常温乾燥塗料が重要であるが、エポキシ塗料ではつぎのようなものがある。

- ① エポキシ・エステル塗料 (溶剤型)
- ② アミン硬化塗料 (")
- ③ エポキシ・コールドール塗料 (")
- ④ 無溶剤塗料
- ⑤ その他

エポキシ・エステル塗料は、現在広く使用されている

* 正会員 工博 京都大学教授 工学部土木工学科

アルキッド塗料に近い性質のものであるが、接着性と耐薬品性が良いので長期間の保護を目的とする場合、たとえば工場地帯の石油貯蔵タンクの外部塗装に好適である。チョーキング現象で光沢は失なわれても、雨で洗われるためにつねにきれいな外観を保ち、きれつを生じないので、数年間防食の役目を果たし、塗りかえのときもその上に容易に塗れる利点をもっている。

アミン硬化塗料は、常温乾燥塗料のうち最も耐薬品性と接着性の大きい塗料であるため、用途が広い。二液性塗料であるが、現在では性能の要求上この点はほとんど問題にされないまでに至っており、事実このタイプの塗料の需要は急増している。鋼、コンクリートその他に対して好適である。

エポキシ・コールドール塗料は、上記②にコールドールを成分として加えたもので、色相が暗色にかざられるが、耐水性は②に優り、コスト的にも有利である。鋼などの素地調整が完全にでない場合には②より好成績を示す。

無溶剤塗料は、塗装後空气中に逸散する溶剤を全く含まないので、火災の危険のある場合や、通風が悪く溶剤蒸気による作業困難をきたすような場所での塗装に適する。塗料単価は高くても蒸発損失は皆無であり、一回塗りで厚く塗れるので、塗装費は安くなる。また、溶剤を含まないため緻密な塗膜が得られ、耐薬品性が良い利点もある。この他厳密には無溶剤といえないが、硬化剤として水分の作用で活性となるものを使ったタイプのものが、ハイソリッド塗料として開発されつつある。

その他の塗料として鋼材の防食塗料、特にショップ・プライマーとしては、はなはだ興味を持たれているエポキシ・ジンク・プライマーがある。造船界ではすでに認められているが、一般防食用として需要が増すと考えられる。これはほとんど金属亜鉛末で、わずか数%のバインダーが入っているもので、バインダーとしてエポキシが最適であることが各種の試験で明らかにされている¹⁸⁾。

(2) ポリウレタン塗料

ポリウレタン塗料は、ポリウレタン製品の主要品目のひとつとして重要性が増してきた。この塗料は乾燥が早く、深い光沢があり、硬度が高く、研磨耗性、耐衝撃性、耐候性が優れているので、高級塗料として建築、工業用保護塗料、船舶用塗料に応用されている。

ウレタン塗料は高価であるが、その耐久性を考慮に入れると、経済的にも従来品と競合できる分野がかなりある。道路材としての応用に滑り止めがあるが、道路の表面にポリウレタンの薄い塗膜を使用すると、ポリウレタンの弾性が激しい運動のエネルギーを吸収するため、非常に効果があるといわれている¹⁹⁾。

7. 既存材料の接着

プラスチック時代ともいうべき合成樹脂工業の発展により、在来の「のり」では接着できなかったようなものにまでその可能性を生み出し、かつまた強力で便利なものをつくることができるようになった。

二つの面を貼り合わせるものが接着で、その界面において両者を実用的強度で結合させているものが接着剤である。それではこの接着が行なわれるにはどのような条件が必要であろうか。一見簡単に思えるこの現象も、接着剤、被接着体の物理的、化学的性質、構造、両者の界面の化学、接着剤のレオロジー的性質などがからみあってはなはだ複雑である。

接着剤にしても、加熱による状態の変化によって、大きく熱可塑性プラスチックと熱硬化性プラスチックの二つに分類される。

(1) 流動変形

プラスチックの破壊に至る現象は、試料を引張ったときに試料全体が均一に伸びず、延伸相と無延伸相とよりなり、両相の境がくびれる。さらに外力を加えると、一たんくびれた部分は無延伸相に次第に進行し、ますます延伸部が増大してゆく。この流動変形の現象はプラスチックの種類、温度、引張り速度、結晶化度、湿度などの条件によって程度を異にする。

(2) 放射線効果

最初、原子炉素材の一部として利用する場合、高エネルギーの放射線がプラスチックにどのような影響を与えるであろうかという研究が行なわれた。

プラスチックに放射線を適量照射することによって放射線架橋を生じ、線状分子構造が一部網状分子構造に変わる。かくして、3次元化をはかることによって熱可塑性を阻止して、耐熱性を増すことができるこのような架橋型（ポリエチレン、ポリメチル・メタアクリレートなど）と、また主鎖の切断により分解する分解型（ポリイソブチレン、ポリメチル・メタアクリレートなど）とがある。

(3) 接着剤の利点と欠点、および接着の限界

接着の利点とは、

- ① ボルトやリベット、点溶接、くぎなどより接着面積は大きく、応力の分布が均等で疲労に強い
- ② 異種材料や複雑な形状のものの接合ができる
- ③ 工程が簡略化されコスト・ダウンできることが多い

④ 量産に適している

⑤ 接着により耐薬品、耐食、気密、水密、電気絶縁などの性能が同時に得られるなどの利点あげられるが、その反面欠点としては、

① 耐熱性が溶接やボルトにくらべると低い

② 接着が完全かどうかの検査が行ないにくい

③ 一度接着すると、破壊せず解体することが困難である
などがあげられる。

現在の接着剤の限界としては、その基剤が主として有機高分子であるため、耐熱性のよいものでも200~250°Cが限度であり、一般に熱硬化性樹脂で120°Cまで、熱可塑性樹脂では60°Cまでが、強度的に安全な範囲である²⁰⁾。

(4) 建設工事への利用面

a) コンクリートの接着

エポキシ樹脂を用いたコンクリートの接着の結果によると、接着力は十分であると証明されている。破壊面を接着して、再びモーメントを加えて曲げ破壊を行なうと接着以外の面で破壊が起こっている。注入によって接着するには基材：硬化剤が9：1ぐらいの粘度の低いものが微細の空げきにも入るのでよく接着する。塗布して接着するには基材：硬化剤が5：1ぐらいの粘度の高いものが良好である。

b) コンクリートの打ち継ぎ目

エポキシ樹脂の基材：硬化剤が7：3のものを用いる。打ち継ぎ面の曲げ強度を大きく支配するものは、旧コンクリートの打ち継ぎ面の処理、すなわち適度に面を荒らすか、ワイヤブラシなどでよく清掃することで、その処理が十分であれば樹脂使用の有無は結果に差異を与えないが、上記のような表面処理を行なえないとき、樹脂使用の有無が強度に大きな差異を示す。いいかえると樹脂を使用すれば、表面処理を省略しても、かなりの強度が出る。もちろん、処理したうえで樹脂を用いれば最良である。よく行なわれている打ち継ぎ面をぬらすことは、樹脂を用いるときは有害である。

エポキシ樹脂を用いた打ち継ぎ目は、強度を増大するのみでなく界面の肌分け防止、防水層形成、鉄筋の腐食防止、ろう水防止もできる。塗布する接着剤の厚さは0.5~1.0mmぐらいである。また、新コンクリートの収縮が大きい場合には可撓性の大きい接着剤を用いなければならない。新旧コンクリートの接合のみでなく、岩盤、木材、鉄板などに対するフレッシュ・コンクリートの接合にも利用することができる²¹⁾。

c) コンクリート舗装の再舗装

ゴム・ラテックス・セメント・モルタルを用いること

ができる。ゴム・ラテックス・セメント・モルタルの原料は、天然ゴム・ラテックス・ポルトランドセメント、あるいは高アルミナ・セメント、充填剤、加硫剤、老化防止剤などである。これによって良結果を得ている。わずか 1.3 cm ぐらいの舗装厚にもかかわらず、接着力をはじめ、舗装材として、すぐれた諸性質を示している。無配合のセメント・モルタルと比較して、水セメント比が減少して、接着力、曲げ強さ、圧縮強さ、耐薬品性、耐凍結融解性、耐摩耗性などがいちじるしく改善させられる。

d) 舗装面の改良

最近、コンクリートを薬品による浸食防止、流砂などによる摩耗の防止、スリップ防止のノンスキッド舗装などにエポキシ樹脂配合物を用いるようになった。また、橋梁の舗装には、重量軽減や冬期の凍結防止に塩や塩化カルシウムを用いる場合のコンクリートおよび内部の鉄筋の保護に有効である。ノンスキッド舗装はコンクリートのみでなく、鉄板面や工事現場の木材面のスリップ防止にも応用される。

舗装、塗装、ライニングには、エポキシ樹脂にタールやピッチなどの瀝青質を混合したエポキシ・タール製品がかなり用いられている。その他舗装関係に用いられるエポキシ・モルタルや、エポキシ・コンクリート、エクспанション・ジョイントなどに用いられる²²⁾。

e) 鉄筋付着力の増強

エポキシ樹脂の基材：硬化剤が 9 : 1 ぐらいのものを鉄筋にそって注入したときの鉄筋の付着強度は、コンクリートと鉄筋の付着強度よりはるかに大きい。樹脂と鉄筋の付着力は、樹脂とコンクリートの付着力より大きいぐらいである。コンクリートと鉄筋のすべり量は引張り応力がある値を越えると急にすべり出すが、樹脂を注入したときは小さい応力ですべりが大きく表われ、その増加がしだいに小さくなり、ある限度で再び大きくなる。始めのすべりは樹脂の塑性変形で二度目のものは、コンクリートと樹脂とのすべりが増大するためであろう²¹⁾。

f) ガラス・ライニングの接着剤

ガラスはライニング材として優れた性質、すなわち耐食性、耐摩耗性などを有しているが、同時に鋼や鋳鉄への enamelling (ホロウ仕上げ) に困難があった。これに対して、最近ガラス板をゴム・ラテックス水硬性セメント混合物モルタルで、構造物の基材へ接着するガラス・ライニングが考えられた。可撓性と鋼、コンクリートからガラスに至る広範囲な物体に対して、良好な接着性を

育している²³⁾。

g) フレキシブル床材

コンクリート・ゴム系の床材は大きい荷重に対してクラックを生ぜず、また衝撃性、防音性、防湿性にすぐれたものである。この床材は液状ゴムと特殊なセメント粉の結合物で、硬くて長い、薄板は手で曲げられるぐらいにフレキシブルで、耐摩耗性もきわめてすぐれている。表面コーティング、修理および機械設置のときに用いられる。また、コンクリート、金属、ガラスに対して非常にすぐれた接着性を示す。施工時には接着を妨害する塵埃のないように塗装下地を清潔にしなければならない。コンクリート床の修理、新しい床材の接着、重機械設置の際の下地、床の保護、その他耐化学薬品材、防水剤、防滑材、コンクリート壁の損傷の補修剤、防音材などに使用される。木材と同じぐらいに弾性を有し、硬さはコンクリートの 2/3 ぐらいである。価格はコンクリートより高いが耐酸レンガ、タイルより安い²⁴⁾。

8. あとがき

昨年 3 月、土木学会関西支部において、「建設工事と高分子材料」の講習会が開催せられ、講師 12 名によって最新の知見が解説せられた。そのときのテキストは、この分野での実用ないしは研究の上に変役立つものである。

この講座は上記のテキストを経とし、それに筆者の若干の研究その他を緯としてまとめたものであって、大方の関心を得て、今後、高分子材料が有効適切に応用される上にいささかでも役立てば望外の幸である。

参 考 文 献

- 17) 松尾新一郎：道路用ペイント，材料試験，8 卷 64 号，昭 34，p. 58~61
- 18) 文献 6) の p. 68~69
- 19) 小牧康邦・伊藤 忠：建設工事とポリウレタン，建設工事と高分子材料，土木学会関西支部，昭 39. 3，p. 33~37
- 20) 大西 徹・大村 博：金属などの接着剤について，土木学会誌 47 卷 5 号，昭 37，p. 41~43
- 21) 木村恵夫：エポキシ樹脂によるコンクリートの接着，セメントコンクリート，186 号，昭 37. 8，p. 21
- 22) 文献 4) の p. 11
- 23) 大浜：ガラスライニングのラテックス混合物による接着，小野田研究報告，第 12 卷，昭 35，p. 91
- 24) 田中：フレキシブルなコンクリートゴム系材料，小野田研究報告，第 12 卷，昭 35，p. 92

[完]