「建築材料」特集

高分子系建築材料のきのう・きょう・あす

松 本 洋 一

1. 緒 言

高分子系建築材料(以下、高分子建材)と言ってもその範囲は広い。本稿では、合成した高分子材料を使用した建築材料を対象とする。従って、天然の木材や萱葺き材などは対象外とするが、各種接着剤を用いた合板や集成材などは含むものとする。

今や、建築材料の中で高分子建材はなくてはならぬものの一つとして位置づけることができる。しかし高分子建材は重要な材料と確認されつつも、まだ、鉄やコンクリートと並ぶ主役の座を占めるまでに至っていない。本稿では、建築材料として求められる性能を示した上で、高分子建材の変遷(きのう)をレビューし、そして現状(きょう)を洗い出し、材料革命と言われる今後(あす)の方向を探るべく、「建築屋の立場」から、高分子建材について考察を与えたい。

2. 建築材料の特異性

2.1 建築材料として求められる性能

建築とは、居住・生産・貯蔵などの目的に合った空間を提供することであり、多種類の材料の中から、部位に応じて適材適所に選択し、それらを組合せて構築する。従って、建築材料は必要な性能を保持していれば、その素材を限定するものではない(厳密には、建築基準法において、素材が指定されているものもあるが)。

JAS A 0030 (建築の部位別性能分類)では、建築の部位(壁・床・天井及び屋根)に求める性能を次の3つに分類している。

- A 作用因子を制御するための性能(制御性能)
- B 建築の存続と安全に関する性能(存続・安全性性能)
- C 人間などに対する感覚または作用に関する性能(感

覚・作用性能)

すなわち、Aは“雨露をしのぐ”の言葉に代表されるように空間を確保するための性能であり、Bは建築物の自重だけでなく地震、火事などからその空間を守るための性能であり、さらに、Cは空間の中で人間が快適な行為ができるようにするための性能である。住居という空間を考えれば、必要性能の意味が理解しやすい。とくに、Cは他の工業材料には見当たらない性能であろう。

これら3種類の性能をさらに作用因子毎に示せば、表1の如くである。これらの性能項目のどのレベルを建築材料に求めるかについては、建築空間の種類及び使い方などによって異なってくるものであり、原則的には建築設計者が指示するものである。

2.2 建築材料の特徴

建築材料は、前節で示した性能を保持するものであれば、その材質を問うものではない。しかし、他の工業材料と大きく異なることは、生産プロセスの環境条件の違いである。すなわち、建築の生産現場は全て異なり、かつ、多くの材料は自然環境の中で〇〇工事と呼ばれる工程でbuild-upされる。最近では建築生産の合理化、工場生産(プレファブ)化が進み、工場の中で建築材料を扱う比率が大きくなっているが、現場打ちコンクリートを中心に、建築生産の基幹となる工事は、相変わらず寒暑の差の激しい自然条件の中で行われている。

従って、建築材料の使用上の特徴は、半製品の形で現場に搬入され、厳しい自然環境の下で職人(作業員)の手を経て、建築物として組み上げられることである。作業の標準化については、各工事ともに大いに進み、そのバラツキは少なくなってきた。しかし、温度・湿度・風・雨など自然環境の変化については大屋根を架けての特殊工事以外はどうしてもなく、でき上ったものの品

Tomorrow's Plastics and Rubbers for Building Materials

筆者紹介 YOICHI MATSUMOTO, INSTITUTE OF TECHNOLOGY, SHIMIZU CORPORATION, 清水建設株式会社 技術研究所 特別研究部長, 工学博士

筆者は、建築材料及び施工の専門家であり、ゼネコンの研究者として、高分子材料に深い関心と経験を有する数少ない人材であり、スガ財団賞も受けている。

本稿では、建築材料がもつ特異性から説き起こし、高分子系建材の変遷、現状、当面の課題について展望し、高分子建材の未来論で結んでおり、物性だけでなく、感覚性能が強く求められていることをうたっている。趣味としては、ゴルフをたしなんている。

表1 建築に求められる性能分類
(JIS A 0030)

性 能	作用因子	性 能 項 目
制 御	光	反射性, 光沢性
	日 射	日射反射性
	熱	断熱性, 蓄熱性
	音	遮音性, 吸音性, 発音性, 衝撃音遮断性
	水	防水性, (透水性), (吸水性), はっ水性, 排水性, 防湿性, 調湿性
存続・安全	空 気	気密性(透気性), 小屋裏換気性
	振 動	防振性
	人・物	帯電防止性
	放射線	放射線遮断性
	力	耐分布圧性, 変形能, 耐せん断力性, 耐局圧性, 耐ひっかき性, 耐衝撃性, 耐摩耗量, 耐振動性
	熱	耐熱性, 耐寒性
	水	耐水性, 耐湿性
	薬 品	耐薬品性
	火	耐火性, 難燃性, 耐耐火性, 着火性
	紫外線	耐紫外線性
感覚・作用	ほこりなど	耐汚性
	虫	耐虫性
	ねずみ	耐そ性
	菌	耐食性
	耐 久	耐久性
	(ふれる)	感触性, 防傷害性
	人・物	防衝撃性
	(歩 行)	防滑性
	(見 る)	意匠性
	人	防振動性

備考：かつて内の作用因子は人間の行為, 感覚についてのものである。

質を大きく左右している。建築材料の故障原因のほとんどが, 工事環境の因子と何らかの形で絡んでいる。

3. 高分子建材の変遷

建築材料として合成高分子材料が使われた歴史は, 戦前に遡る。系統立てて高分子建材の変遷を調査したものは少ないが, 1933年のシカゴ博覧会にJohnsmanville社が“ビニライト・ハウス”と称して, 組立式の住宅を展示している。この中には塩化ビニル床タイルが張られていた。また, 1938年のフランクフルト建築展には“合成された住宅”と称して, 尿素樹脂コンクリートを中心に, 床仕上材, 断熱材, 配管材料に至るまで高分子建材が使用されていたとのことであるが, その詳細は定かではない。

以後, 欧米においては, 高分子に関する技術が軍備へ

走ったものと思われ, 建築材料として目立ったものはない。

我国における戦前的高分子建材としては, 塗料や接着剤の類に合成樹脂の一部が用いられただけで, ほとんど目立ったものではなかった。

戦後になり, 進駐してきた米軍の要望に応じて, 塩化ビニル床タイルを製造したことに端を発し, 一斉に各種建築材料に合成高分子材料が導入されてきた。初めは, 塩化ビニル床材料及びメラミン樹脂製化粧板類が中心であった。

昭和29年には, 高分子学会の中に「建築用高分子材料委員会」が設置され, 塩化ビニル床材料の取扱い方法の標準化を検討している。また, 昭和33年には日本建築学会関東支部が「床仕上材料の選び方と使い方」を発行し, 接着剤の選択方法など, 当時頻発していた床材の剥離事故を防止するための方策を提示している。

さらに昭和30年代に入ると, 欧米から高分子建材の生産方法に関する技術導入が盛んに行われ, ポリエステル樹脂を用いたFRPなど各種製品が続々と現れた。

この時期までの高分子建材は, 主に“代替品”として開発されたものが多く, 建築材料としての使用条件を十分に把握することなく市場に出され, その結果多くの故障を発生させ, 不幸にも「高分子建材=安物」というイメージが建築関係者に持たれたことも事実であった。

昭和40年代に入ると, 建築物の高さ制限が緩められ, いわゆる超高層ビルを構築することが可能になり, また, 構造形式そのものが剛から柔へと変わり, それに伴ない建築技術の上でも大きな変革が進められた。この時期には, 従来の建築材料には持っていない機能が求められ, 高分子建材は大いに見直された。これに対して, 高分子材料の特性を活かす形での建築材料の開発が積極的に行われた。とくに, 屋根防水材料及びシーリング材については, 各種の高分子材料が採用され, 代替品イメージからの脱却が図られた。

昭和50年代では, 高分子建材の原料の多くを海外に依存していただけにオイルショックの影響は大きく, 新しい高分子建材の開発よりも, 各高分子建材において, 工事を含めた品質向上に努力が払われた。建設業がTQCの導入を図り, デミング賞に次々挑戦したのもこの時期である。

これらの高分子建材の動向を全てまとめた資料がないため, 我田引水になるが, 筆者の研究対象である建築用シーリング材について, その変遷を示せば表2の如くであり, プレファブ化など建築生産方式の変革に伴い, シーリング材が次々と開発された経緯が理解できよう。

表 2 建築用シーリング材の変遷

年 (昭和)	シーリング材	規格・仕様書	建 築 界		社 会
24					
25					・朝鮮動乱で特需景気
26			・日本相互銀行		
27			・新丸ビル		
28					
29	油性コーキング材を輸入		・東急会館		
30	油性コーキング材を国産			・デッキプレート生産開始 ・日本住宅公団発足	
31					・団地誕生 ・水俣病発生
32					・東洋初のエアーカーテン採用
33			・東京タワー	・壁式PC工法	
34				・H形鋼生産開始	
35				・プレファブ住宅試作発表	
36	ポリサルファイドを輸入	JIS A 5751	・日本板硝子ビル		
37					・スモッグ発生 ・住宅難深刻化
38	ポリサルファイドを国産、 ブチル、シリコン（1成分）		・ホテルニューオータニ	・ALC板国内生産開始	
39				・容積制限	・オリンピック東京大会 ・高速道路時代幕開け ・新幹線営業開始
40					
41				・HPC工法	
42	ウレタン(2成分)、シリコン 数種類登場			・PS工法	
43			・霞ヶ関ビル		・昭和元禄3C時代
44	ウレタン(1成分)、アクリル	JIS A 5754 5755			
45	シリコン(2成分)		・世界貿易センタービル		・大阪万国博 ・公害深刻化 ・光化学スモッグ発生
46					・環境庁スタート ・円切上げ ・PCB人体汚染
47	SBR(スチレン・ブタジエン共重合体)	JASS 8*			・冬季オリンピック札幌大会 ・日本初のシートピア計画
48					・オイルショック ・消費者物価急騰 ・省資源叫ばれる
49			・住友ビル ・国際電電ビル ・新宿三井ビル		・狂乱物価
50		JIS A 5757			・沖縄海洋博
51					
52					
53	変成シリコン(2成分)				
54		JIS A 5758			・第2次オイルショック
55			・富国本社		
56		JASS 8 改定	・第一勧業銀行本店		・ポートピア

* JASS 8 : 日本建築学会建築工事標準仕様書 第8章 防水工事

表 3 高分子系建築材料

工 事 名	品 目	使用されている主な高分子材料
仮設工事	保護帽(ヘルメット) 足場板、枠組階段 防錆塗料 養生シート・フィルム 養生ロープ・網・安全帯・水系	ポリエステル, ABS ポリエステル 各種 ポリエチレン, 塩化ビニル ナイロン
土工事	ジオテキスタイル(補強・分離・透過) 土のう	ポリエチレン他 レーヨン, 塩化ビニル
コンクリート工事	混和材(AE剤, 分散剤等) 表面養生剤(蒸発防止) 流動化剤 フレキシブルホース	ポリオキシエチレン, アクリル他 サラン ナフタリン, メラミン 合成ゴム
型枠工事	型枠 水系, 下げふり, 墨出し糸 目地材 型枠コーティング Pコン(セパレーター穴の処理) 特殊型枠	ポリエステル, 塩化ビニル, ABS ナイロン ABS, 塩化ビニル, エポキシ ポリエステル, フルフラール ABS 発泡スチレン, アクリル, ABS, ポリエチレン, クロロプレン
鉄筋工事	スベーサー 安全キャップ	塩化ビニル 塩化ビニル
防水工事	アスファルト アスファルトの改質材 ルーフィング基材 シート 接着材 塗膜防水材 保護塗料 断熱材 ガスケット シーリング材 バックアップ材 ボンドブレイカーフィルム シーリング材のカートリッジ	ブローンアスファルト APP(アタックチックポリプロピレン), SBS, 再生ゴム, エチレン酢ビ他 ビニロン, ポリエステル, ポリプロピレン, ポリエチレン ブチル+EPT, クロロプレン, 非加硫ブチル, 塩化ビニル 各種 ウレタン, アクリル, アクリルゴム, クロロプレン, ゴムアスファルト 各種 ポリイソシアヌレート, ウレタン, ポリスチレン, ポリエチレン クロロプレン, EPT, 塩化ビニル シリコン, 変成シリコン, ポリサルファイド, アクリルウレタン, ウレタン, アクリル, ブチル ポリエチレン シリコン ポリエチレン
石工事	接着剤 人造大理石 テラゾーブロック 裏面防水剤	エポキシ ポリエステル ポリエステル, エポキシ アクリル, 酢酸ビニル
タイル工事	モルタル混和剤 接着剤 裏張りネット タイル先付用シート	アクリル, 酢酸ビニル, 合成ゴム, PVA, MC, エチレン酢ビ他 合成ゴム, エポキシ, 酢酸ビニル レーヨン 塩化ビニル, ウレタン, ポリエチレン, 合成ゴム
木工事	接着剤	各種
屋根工事	波板・平板(採光) 樋・あんこう カラー鉄板(被覆材) 断熱材	ポリエステル, 塩化ビニル, メタクリル, ポリカーボネート 塩化ビニル 塩化ビニル, フッ素, シリコンポリエステル, アクリル ポリエチレン, ポリスチレン
左官工事	モルタル混和剤 目地棒 こて	(前出) 塩化ビニル 塩化ビニル
塗装・吹付工事	塗料	アクリル, 塩化ビニル, ユリア, フタル酸, ポリエステル, ウレタン, エポキシ, アクリルゴム, フッ素, シリコン, 塩化ゴム, フェノール, アミノアルキド
建具工事	金物(戸車など) 扉 サッシ 防虫網	ポリエチレン, ナイロン メタクリル, 塩化ビニル 塩化ビニル サラン
ガラス工事	複層ガラスの気密材 合せガラスの接着フィルム スベーサー セッティングブロック 飛散防止・熱線遮蔽フィルム 耐衝撃ガラス	シリコン, ポリサルファイド, ブチル, ウレタン ポリビニルブチラール クロロプレン, 塩化ビニル クロロプレン, ハイパロン, ポリエチレン ポリエチレン, ポリエステル ポリカーボネート
内装工事	塗床 シート・タイル カーペット 畳床 接着剤	酢酸ビニル, アクリル, SBR, エポキシ, ウレタン, ポリエステル, メタクリル フラン 塩化ビニル, 合成ゴム アクリル, ナイロン, ポリプロピレン, ポリエステル, レーヨン ポリスチレン 各種

4. 高分子建材の現状

4.1 現在使用されている高分子建材

高分子建材は今やどんな建築工事においても必ず使用されている。表3は各工事別に高分子建材の品目及び使用している高分子材料について示したものであり、広い範囲にかつ多種類の製品が出まわっていることが分かる。なお、この表では、FRPのバスタブ・衛生器具・照明器具など設備工事に属するものは省いており、これらを包含すれば、膨大なものとなる。

通常、建築材料は構造材料と仕上・機能材料に大別される。前者は建築物の骨組となる鉄・コンクリート・木材に代表されるものであり、残念ながら、高分子建材は後者としての利用の域にとどまっている。1950年代にアメリカを中心にオールプラスチックハウスについての幾つかの大胆な提案が試みられていたが、いまだに実用化の段階に至っていない。その原因としては、アルミニウム合金以上の比強度を持っていないが、クリープなど力学的性質に幾つかの弱点があること、不燃性でないこと、コストが高いことなどを挙げることができ、基本的な解決の目処がつかっていない。

従って、高分子建材は、化粧を目的とする表装材として、及び下地コンクリートに発生するクラックのムーブメントに追従しなければならないメンブレン防水材料の如く、高分子材料の特性が活かされたものが主流となっている。

4.2 高分子建材に関する当面の課題

前章では高分子建材の変遷についてレビューを行ったが、決して、順調な道を辿ってきたものではない。つくる側とつかう側の高分子建材に対する認識の差が、故障あるいはクレームという形で顕在化し、建築材料としての信頼を得るまでには関係者の努力は並々ならぬものがあつた。しかし、この「認識の差」については完全に解消されたものでなく、いつまでもつきまとう問題であり、以下の各事項について、当面对処しなければならない。

1) 高分子建材に関する設計・施工規準の確立

建築物の品質保証への要求はますます厳しくなっている。日本建築学会など公的機関において、各種の仕様書や指針が整備されつつはあるが、後手にまわっているのが実情であり、全ての高分子建材についても、設計・施工及び維持管理の規準を確立してゆかなければならない。そのためには、つくる側とつかう側がさらに努力を払い、前述の「認識の差」を埋めなければならない。

2) 建築生産の工業化の進展に伴う高分子建材の対応

昨今の建築生産における厳しい条件の一つに労務事情がある。また、手作業に頼っている部分が多いゆえに他

産業に比べて労働生産性が低いとも言われている。これを解決する方法は工業化、すなわち、工場生産化と機械化である。とくに高分子建材は、成形性がすぐれているので部品化・ユニット化しやすく、また、複合化によって弱点をカバーすることも可能であり、この面での技術開発を進めなければならない。

3) 高分子建材の寿命明示とリフォーム技術の確立

前述の品質保証に関連して、建築材料の耐久性を曖昧にできる時代ではなくなっており、工学的に寿命の把握を行わなければならない。建築材料は立地条件、部位、方位など使用条件の範囲が非常に広く、大きな壁ではあるが、地道な研究を続けてゆく必要がある。

また、スクラップ・アンド・ビルドの建替えから、改修により建築物を再生する時代になっており、リフォーム技術の確立あるいは標準化が強く求められている。

4) 不燃化などの品質改良

高分子建材は大火災の度に悪物扱いされた時期があつた。そして、その度に法律が厳しくなってきた歴史がある。建築材料として高分子建材の不燃化は目指すべき方向であることに変わりはなく、複合化などにより、さらに努力を続けなければならない。

5. 高分子建材の将来

建築物そのものの将来はどのようになるのであろうか。21世紀の足音を意識してか、各所でビジョンづくりが行われている。ウォーターフロント都市、インテリジェントビル、ホームオートメーション、超々高層ビル、地下都市…と建築に絡んだものも次々と花火として打ち上げられている。いずれも、快適・利便などをキーワードとして、人間性の回復と技術の革新を唱っている。

一方、建築物のデザインについても“Simple is best.”と言われた近代合理主義から“ポストモダン”へと移行し、丸や三角の形状が外観に大きく現れ、また装飾性も非常に増している。

このような状況の中で建築材料の将来を論ずることは難しいが、筆者の直感によれば以下の通りである。

建築物がハイテク化し、今までに全くない機能が建築材料に求められるようになるであろう。地震に対して、耐震から免震（建築物と地盤を絶縁し、地震による水平変位を建築物にできるだけ伝えないシステム）へ考え方が変わりつつある。このアイデアは昔から言われていたが、ゴムと鉄板の接着技術が向上し、また均一加硫ができるようになり、アイソレータとしての積層ゴムの信頼性が認められたゆえに可能になった技術である（図1参照）。また、この他にも建築物の中で部分的に（例えばコンピューター室）免震することも既に行われており、

図1 積層ゴムを用いた免震装置

この場合にはよりコンパクトな免震装置が求められ、高分子建材（例えばシリコンオリゴマーなど）に期待するしかない。

また、コンピューターが建築物の随所に使われるようになると、建築材料の静電気・電磁波などに関する性質が重要となってくる。現在ではその要求レベル及び評価方法も標準化されておらず、ここ数年で急速に解決しなければならない技術であろう。この場合においても、新しいニーズに応える高分子建材が期待される。

さらに、静的なものから動的なものへと建築材料へのニーズは変化するのではないか。既に調光ガラス（色が変わるガラス）を建築材料へ展開する試みがなされており、人間に働きかける材料、生体反応を起こす材料が興味を持たれている。従って、味覚を除いた4感（視覚・触覚・聴覚・嗅覚）を刺激するような高分子建材は当然求められ、マン・マシン系のインターフェースとしての建築材料に求められる性能も考えてゆかねばならない。すなわち、1章で述べた感覚・作用性能が、より拡大する方向にあり、この方面の研究及び技術開発を進めなければならない。

6. 結 言

筆者は、建設会社に籍を置き高分子材料のファンとして長年に亘って建築材料に係わってきた。本稿において高分子建材のきのう・きょう・あすを多少独断をもって概説してきたが、今こそ、つくる側とつかう側が垣根を取り払い、未来に向かって技術革新を進めるべきであると考えている。本稿がその一助となるならば幸に思うところである。

参 考 文 献

- 1) JIS A 0030 (建築の部位別性能分類)
- 2) 田村 恭：プラスチックス アンド ビルディング，プラスチックエージ，1960年
- 3) Albert G. H. Dietz: Plastics for Architects and Builders, MIT, 1969年
- 4) 日本建築学会：近代日本建築学発達史，丸善，1972年
- 5) 松本・小野：シーリング防水，井上書院，1982年
(昭和63年1月12日受理)