

高分子材料を構造用材料として 使用する場合の問題点について

金沢大学工学部	喜内敏
〃	〃 小堀為雄
〃	〃 吉田博
〃	〃 中村昭英

1. 現 況

建設材料として、従来、主に木材、鋼、コンクリートなどが用いられているが、少し前に軽合金について喧伝されたこともあつた。しかし、今日においては工業生産の面においてプラスチックの進出は目覚ましく、全く驚異的な発展をなしつつある。このプラスチックを建設関係の構造用材料として、その特性を十分に生かして多量に用いることができれば、まことに好都合であると思われる。それには、多種類にわたるプラスチックについて、それぞれの長所、及び、短所をよく理解し、経済性をも考えて、適切な場所にこの材料を用いるようにせねばならない。

金森誠之氏は昭和33年1月の土木学会誌上に、高分子材料を土木工事に応用する論文を発表された。この論文は、主として、高分子材料の管やシート類を実際の工事現場に使用する方法についてのべたものであつた。しかし、最近では生産技術も著しく進歩し、強度、耐熱性などについてもかなり信頼できるものができて、高分子材料の使用範囲も拡大されている。家庭用に各種プラスチック製品が一般に普及したが、力を受ける機械部品について調べてみると、従来、金属を使つたものにもプラスチックが利用され効果をあげている例が多い。例えば、軸受、歯車、ローラ、カム、ピストンリング、弁、ねじ類などで、アセタール樹脂は特に機械的強度が大きく、金属より耐食性であるから、軽合金におきかわる用途も多い。建築方面では、波板、床材、断熱材、化粧板やパイプ類などに盛んに用いられている。特に、強度の要求される場合には強化プラスチック（FRP）やサンドイッチ構造材がある。例えば、航空機の各部分にFRPが利用されており、グライダー（国際級ソアラー）の胴体、ロケット頭部、ジェットエンジンの軸流圧縮機動翼やヘリコプタ用冷却ファンなどである。なお、自

動車のボデー、フロアとか舟艇でB級ランナバウトで艇体がFRPで作られ、大型船ではタンカーの応急操舵室、巡視船の操舵室など、また、潜水艦の司令塔の一部などにもFRPが使われ、なお、FRP製の船用推進器が作られた。

昭和39年3月に土木学会関西支部で行われた「建設工事と高分子材料」の講習会では、高分子材料の性質及びその建設工事への利用について詳細に説明されているが、構造材としての利用についてはあまりふれていない。

2. 長所及び短所

一般のプラスチックについて、普通あげられている長所、及び、短所は、次のようである。

長所……(1)加工がしやすく、大量生産に適する。(2)重量を節約することができる。(3)腐食に対する抵抗が大きい。(4)電気絶縁性が高い。(5)熱絶縁性が高い。(6)透明なもの、または、任意の着色ができる。(7)防振性が高い。

短所……(1)機械的性質が弱い。(2)寸法的に不安定であるとともに傷がつきやすい。(3)熱的に不安定であり高温での使用ができない。(4)劣化しやすく、ねずみの害を受けるものもある。(5)不愉快なおいを持つものがある。(6)修理がむずかしい。(7)価格が高い。

なお、建築材料として要求される諸性質について、今泉勝吉氏は次の項目をあげているが、土木関係でも大体同様のことが言えると思われるので、参考のためあげておく。

(1) 耐久性、防火性、断熱性、遮音性

(2) 軽量化、(3) 施工性、(4) 美観、(5) 適正な価格

3. 問題点

高分子材料を構造材料として使用する場合の問題点を考察する。

高分子化合物は反応機構によつて区分する方法もあるが、成形、加工のときの熱的性質に関する挙動によつて、熱硬化性と熱可塑性とに分けている。熱硬化性プラスチックは一般に網状3次元の化学構造を持つたものが含まれ、温度による性質の変化は非可逆的であるとともに、耐熱温度がわりあい高く、各種性質におよぼす温度の影響はわりあい小さいが、ある温度を越すと面が焦げたり、変質したりする。熱可塑性プラスチックは一般

に鎖状 2 次元の化学構造を持つたものが含まれ、温度による性質の変化は可逆的であるとともに、耐熱温度がわりあい低く、各種性質におよぼす温度の影響が大きく、また、ある温度に達すると面が触解したり変色したりする。工業的には再生のきくプラスチックである。

- (1) 強度 工業用プラスチックの種類もかなり多くなっており、強度の強いものは、このうち、ナイロン 6、ナイロン 66、ナイロン 610、ABS、ポリカーボネート、ポリアセタールなどがある。引張強さは、強いアセタール樹脂（デルリン）では 700 Kg/cm^2 ぐらい、普通のものは $300 \sim 500 \text{ Kg/cm}^2$ ぐらいである。曲げ強さは、デルリンで 980 Kg/cm^2 ぐらいであつて、普通は $500 \sim 800 \text{ Kg/cm}^2$ ぐらいであるが、ガラス繊維を充てんしたいわゆる強化プラスチックは非常に強いものがある。例えば、ガラス布を入れたポリエステル樹脂では、引張強さ $2,109 \sim 3,515 \text{ Kg/cm}^2$ 、曲げ強さ $2,812 \sim 5,624 \text{ Kg/cm}^2$ となつている。衝撃強さは一般に小さく、欠点の一つとされている。

プラスチックの特徴は比重の小さいことで、大体 $0.9 \sim 2.2$ 位、軽いものはポリエチレン、ポリプロピレン、重いものはテフロン、ポリクロロ三ふつ化エチレンなどである。ガラス繊維とポリエステル樹脂とからなる強化プラスチック（FRP）の比重は $1.5 \sim 2.1$ 位である。機械的強度を比重で割つた比強度で各種の材料を比較してみると、かなり様子がちがつてくる。例えば、ガラス布などを入れた熱硬化性プラスチックは、マグネシウム合金や工業用チタンとほぼ同じ比引張強さを持つている。

圧縮強さは比圧縮強さになおさなくてもかなり大きな値をもっており、熱硬化性のものは $1,400 \sim 2,100 \text{ Kg/cm}^2$ ぐらい、三弗化エチレン樹脂では $3,500 \text{ Kg/cm}^2$ である。

プラスチック分子構造の基本となる C—C 結合の理論的強さは $80,000 \sim 90,000 \text{ Kg/cm}^2$ といわれている。

- (2) 弾性係数 プラスチック材料は一般に弾性係数が小さく、たわみ量が大きくなる欠点がある。弾性係数の値は熱硬化性のものが大きく、熱可塑性のものは比較的小さい。ガラス繊維を入れた FRP は大きくなる。例えば、ガラス布を入れたポリエステル樹脂は $105,000 \sim 316,000 \text{ Kg/cm}^2$

となつてゐる。弾性係数を大きくする工夫としては、場所によつてはFRPを採用するか、断面形状について特に考慮したり、ステイフナ構造やサンドイッチ構造の採用が考えられる。

(3) 膨張係数 プラスチックの線膨張係数は $(3 \sim 25) \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ であつて、フェノール樹脂は小さく、塩化ビニル樹脂は比較的大きいものがある。熱硬化性樹脂は一般に小さい値を示している。膨張係数は製品を成形するときの収縮の問題やプラスチックと金属とを組み合わせる使用するときの膨張収縮の差などが問題となる。従つて、設計及び施工方法に、かなりの工夫が必要と思われる。

(4) 耐熱性 プラスチック材料は一般に耐熱性が低く、家屋内に用いる場合の構造材として欠点にあげられている。FRPでせいぜい 250°C 長時間で 150°C 、比較的高いふつ素樹脂、けい素樹脂で 180°C である。熱硬化性樹脂は熱可塑性のものにくらべて、比較的耐熱性がある。一般に鉱物質のものを入れると、耐熱性を向上させることができる。最近の目標温度は 1000°F (540°C)、200時間連続使用に耐える材料をめざし、種々努力がなされている。

(5) 耐候性 プラスチックを屋外で使用する場合、耐候性が重要な事項となる。ふつ素樹脂、けい素樹脂、メタクリル樹脂は耐候性がよい。樹脂に無機物を入れて紫外線及び熱線を遮断したり、他の材料で表面を被覆することなどが考えられている。

(6) 価格 プラスチックの価格が一般に高いことが使用上の制限になつてゐる。塩化ビニル樹脂やユリア樹脂は比較的安い、ふつ素樹脂やけい素樹脂は相当に高価である。今後大量に生産され、消費されれば安くなる可能性がある。

(7) その他 構造材として問題になる点は以上の外にクリープの関係継手の方法、構造様式などがある。

4. 結 語

プラスチックは構造材として力の作用をうける所には現在はまだあまり用いられてゐないが、比強度が大きく、経済性の問題がいづらかよくなれば、構造型式や継手様式の改良、開発によつて将来性があるように思われる。

参 考 文 献

- 喜内敏，小堀為雄，中村昭英：構造用材料としての高分子材料について，昭和40年土木学会年次講演会前刷，Ⅳ－56.
- 今泉勝吉：プラスチック建築材料の現状，高分子，VOL. 14, No. 159
1965. 6 P 464～467
- 仁平久信，武井吉一：建築の工業化とプラスチックの応用，高分子，
VOL. 14 No. 159 1965. 6. P. 468～473
- 田村恭：屋根に用いられるプラスチックの性能と問題点，VOL. No. 159
1965. 6. P. 474～479
- 松田種光：プラスチックの性質と利用，日本機械学会誌，VOL. 65
No. 524 昭和37.9 P. 1253～1259
- 島村昭治：構造材料としてのFRP，日本機械学会誌，VOL. 65
No. 524 昭和37.9 P. 1260～1277
- 小林昭：構造材用プラスチック工学，昭和39年10月
- 金森誠之：土木工事における高分子工の応用，土木学会誌 VOL. 43
No. 1 昭和33年1月，P. 17～21
- 土木学会関西支部：建設工事と高分子材料，昭和39年3月
- R. E. PLatts：これからの住宅に使われるプラスチック，(1)(2).
建築技術 1965. 7. No. 168, 1965. 8. No. 169.
(カナダ建築研究所 Technical Paper No. 176 の訳)