

金沢大学工学部 正員 喜内 敏

金沢大学工学部 正員 小堀島雄

金沢大学工学部 中村昭英

建設材料としては、古くは主として天然資源の石炭、木炭、粘土、砂などが大部分であったが、文明の発達と科学の進歩により、多種多様な人工材料が生まれ、最近では木炭、鋼、コンクリートなどがおもに用いられている。ところが、今日では自動制御機構の発展によりオニの産業革命ともたうし一つあるといわれている。オニの産業革命の際には機械が著しく発達し、材料面では鉄の時代がきずかれたが、装置の発展とともに、現代ではプラスチックや新しい化学製品の発展が注目されるようになった。黒岩俊郎の「材料革命」¹⁾によれば、昭和35年の生産量と昭和10年のそれと比較し、50倍以上伸びたもの、つまり飛躍的に増加したものに、尿素樹脂の4,263倍、石炭酸樹脂の126倍、その他プラスチックの類がある。金属では水銀の231倍、アルミニウムの50,5倍、カドミウムの189倍などがある。

「金属」に登載された島村昭治の論文²⁾は高分子材料に関心をもつ者には深い印象を与える。人類が約3,000年前に鉄の使用を覚えてから、文明は加速度的に発展したといわれるのも当然とうけられる。かって南米に孤立して栄え、黄金文明を誇ったインカは、16世紀のなかばに、一握りのスペイン人に侵略されるまで、ついに鉄を知らず、侵略者は止むなく銀で馬(これもインカにはなかった)の蹄鉄をつくったとのことである。鉄を知らなかったインカが一朝に消え去ったことは、なにが鉄のもつバイタリティというものを象徴しているような気がする。しかしその鉄にだけ、あるいは軽合金を含めて金属材料にだけ目を向けている材料技術者がいたとしたら、彼は昔日のインカを笑うことはできない。少し前に現代は軽合金の時代といわれたが、いまは軽合金はあたりまえの機械材料となった。そしてプラスチックは新しい旗手として登場してきた。

20世紀の二つの大戦によって、資源問題が重要になってきた。元素、分子の種類、結合状態、組合せを考えることによって、無限に近い合成樹脂が開発せられるものであり、かつ資源的な制約が金属の場合とちがって少ないこととあいまって、その将来はかぎりないものがある。そしてそれが一旦工業化されると、急激にコスト・ダウンや品質改善が可能になっていくのがプラスチック本来の特徴である。

高分子材料を使用する場合に長所として一般に考えられる点は、成形の自由、軽量で強靱、耐水、耐湿性、耐絶縁性、電気的特性、耐食性、加工性、彩色の自由と透明性、他材料との共容性、工場での大量生産可能性などがあげられる。しかし、高分子材料には構造用材料として次の欠点が認められる。すなわち、ヤング係数が小さく撓み量が多いこと、面圧強度が小さく局部的な破壊を起し易いこと、強度や剛性が環境条件の影響や紫外線による劣化、あるいは酸やアルカリ類による侵食に対する感受性を考慮する必要がある、荷重速度やクリープ、疲労や切欠きなどによる性能の低下に対しても充分検討の必要がある。さらに大きな欠点は熱による変形である。すなわち、環境温度の変化に伴

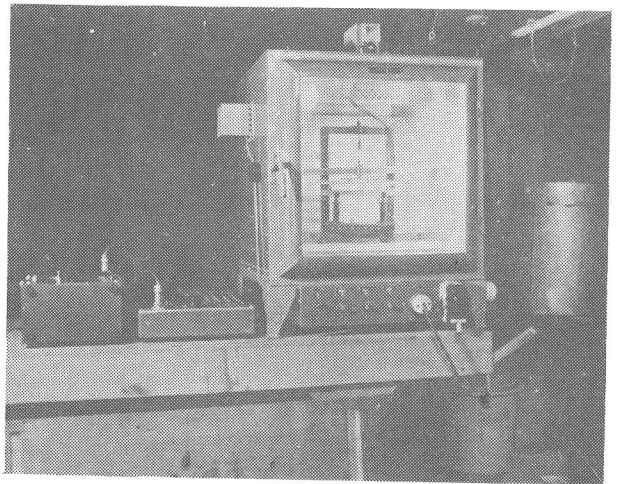
なう膨張や収縮,あるいは強度や弾性係数の減退によって起こるものである。高分子材料を構造用材料として使用するためには,これらの長所を取り入れ,欠点は補って使用するが,または欠点とされているものをむしろ生かして使用することも考えられる。

高分子材料は,建設関係に最近かなり使用されるようになってきているが,構造用材料としては,まだまだ用いられていない。それは高分子材料の価格がまだ高いこともあるが,機械的強度が弱いこと,耐熱性の低いこと,継ぎの構造の問題が解決されていないことや構造材として使用するために必要なデータがまだ相当に不足しているためと思われる。

最近の高分子化学の発達はずばうしく,工業用材料として用いられるプラスチックの種類もかなり多くなっている。このうち,強度の強いものには,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。その他強化プラスチック(Fiberglass Reinforced Plastics, 略してFRP)として,ガラス繊維などを入れた不飽和ポリエステル樹脂,フェニール樹脂,エポキシ樹脂などがあり,最近では38~63 kg/mm²という引張強さを持つものまでできた。³⁾ 超硬質樹脂として有名なのはアメリカのデュポン社(E. I. du Pont de Nemours & Co. Inc.)が"デルリン"(ポリアセタール樹脂)の商品名で1959年から市販を開始したものである。日本でもポリアセタール樹脂はポリプラスチック株式会社から"ジュラコン"の商品名で生産されている。"アルミより軽く鉄より強い"というキャッチフレーズで登場したポリカーボネート樹脂は1957年に西ドイツのバイエル社から"マクロロン"の商品名で成型材料が市販されたが,このころアメリカでも,GE社とイーストマン・コダック社から"レクサン"と名付けられた釘が発表された。ABS(アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン)は熱には弱いが機械的性質がすぐれ,真空成型が可能なが大きな特徴となっている。⁴⁾ 耐熱性のプラスチックについては,連続使用したとき200°C以上に耐えられるものはごくわずかであるが,目標は温度1,000°F(約540°C)200時間連続使用に耐える材料を合成することであって,種々努力がなされている。⁵⁾

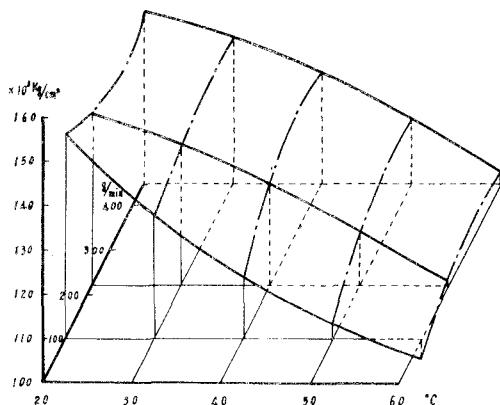
我々が高分子材料を構造用材料として使用するとき,その材料の物理的性質特に強度,弾性係数の値,クリープ特性や疲れ強さなどを知る必要がある。ところが,プラスチックのカタログ,あるいは諸文献にこれらの数値の書いてあるものもあるが,いずれも広い範囲の値を与えているものが多く,なおクリープ特性とか疲れ強さについての値を書いたものが少ない。なお,プラスチックの組成,分子構造,成形条件,試験条件によって,その試験結果が非常に変わる。

右の写真は実験装置を示すもので,理研計器の三次元弾性用の炉の荷重装置を使用し,試験片は高さ,幅共に $10 \pm 0.5 \text{ mm}$

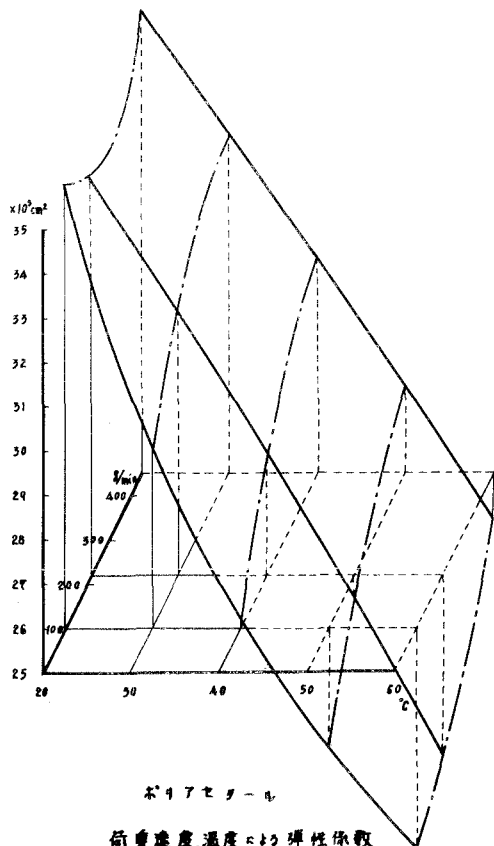


長さ 200 mm とした。温度変化は $20 \sim 60^{\circ}\text{C}$ とし、荷重速度は 50 gr/min , 100 gr/min , 220 gr/min , 450 gr/min が可動となるように装置して測定した。荷重は三等分二点載荷とし、許容最大たわみを $l/50$, (l は span) とし、実験結果の応力-歪曲線より 0.5% の弾性係数とそのときの応力を求め、さらにこれらの弾性係数が温度や載荷速度によって、いかなる変化をするかを調べた。

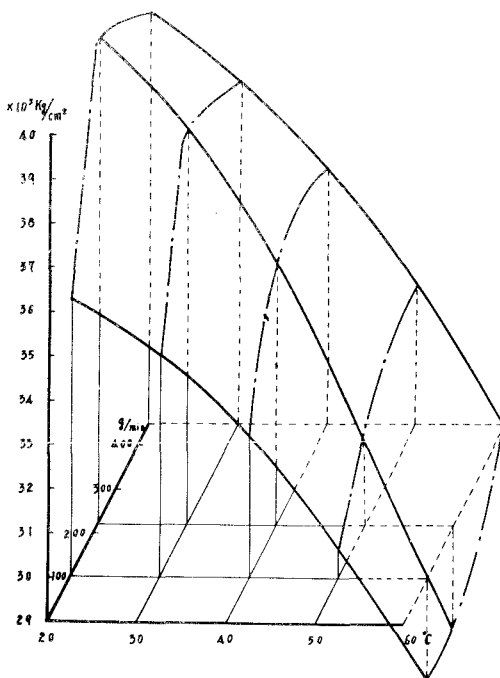
実験した材料はフェニール積層板、ポリアセタール、アクリライト、ポリカーボネートなどであって、その実験結果はオ 1, オ 2, オ 3 図に示してある。



フェニール樹脂積層板
荷重速度、温度による弾性係数
オ 1 図



ポリアセタール
荷重速度、温度による弾性係数
オ 2 図



アクリライト
荷重速度、温度による弾性係数
オ 3 図

なお、前記のフェノール積層板、ポリカーボネート、アクリライト、ポリアセタールについて、耐薬品性の試験として、塩酸、硫酸、苛性ソーダ、機械油などについて影響をしらべ、さらに耐候性の試験として紫外線の照射を行いそれらの変化を調べた。その試験結果の一覧表は右の表である。

耐薬品性、耐候性。

樹脂名 処理方法		フェノール積層板		ポリカーボネート		アクリライト		ポリアセタール	
		重量	強度	重量	強度	重量	強度	重量	強度
塩 酸	10 %	-2.97	-44.2	-0.03	0	-0.14	-11.2	-1.49	-6.5
	50 %	-5.40	—	-0.03	-8.4	-0.50	-14.4	—	—
硫 酸	10 %	-0.84	-15.6	+0.01	-12.9	-0.03	-3.9	-0.24	—
	50 %	-3.54	-74.1	0	0	-0.08	-11.4	-0.34	+7.9
苛性ソーダ	10 %	+4.72	—	0	0	-0.02	-11.6	-0.74	+3.2
	50 %	+53.39	—	-6.61	—	-0.31	-15.0	0	-4.5
水 (20°C)		+4.24	-77.6	+0.17	0	+0.20	0	+0.49	+6.4
機 械 油		-0.31	0	-0.10	-8.7	0	0	+0.07	+21.7
紫 外 線		-0.16	+11.0	-0.08	-5.55	-0.42	-14.9	0	+4.6

[注] 1. 1ヶ月又3週間のテストあり。
2. 紫外線2000時間照射。
* 化学反応のための実験データ4.1に示す。

この研究は文部省の科学試験研究費の援助を受けて、目下行っている研

究結果の一部であつて、プラスチックの各種資料や実験材料については各会社より寄贈を賜つたものもある。こゝに謝意を表したい。なお、この実験については大橋功一朗、小谷克己、今井重和の諸君が卒業研究の一部として行つた。

参考文献

- 1) 黒岩俊郎：材料革命—金属とプラスチックの闘い，昭和39年12月，ダイヤモンド社，頁2
- 2) 島村昭治：構造材としての強化プラスチック，金属，1963年1月15日，頁36
黒岩俊郎：材料革命，頁5～6
- 3) 小林昭：工業材料としてのプラスチック，金属，1963年1月15日，頁34
- 4) “技術導入に火花を散らす超硬質樹脂”，金属，1963年1月15日，頁39
- 5) 小林昭：工業材料としてのプラスチック，金属，1963年1月15日，頁34～35

その他

- 小林昭：構造材用プラスチック工学—性質と加工法—，昭和39年10月，オーム社
- 鈴木秀明：土木用合成樹脂（土木ライブラリー4），昭和37年9月，山海堂
- 原田玲重：プラスチック（日本の産業シリーズ15），1962年10月第3刷，有斐閣
- 金森誠之：土木工事における高分子工の応用—工事の施工可能性を増大する新工法，土木学会誌
昭和33年1月，第43巻第1号，頁17～21
- 松尾新一郎：高分子材料の建設工事への応用，土木学会誌，昭和40年2月，第50巻第2号
頁76～80
- “建設工事と高分子材料”土木学会関西支部，昭和39年3月
- 工業調査会編：プラスチック年鑑，1963，株式会社工業調査会，1963年4月