高分子電気通信機器用材料の衝撃強さ

武 田 知 己*

1. ま え が き

電気通信機器用に使われる高分子材料はその応用範囲が非常に広く、多岐にわたっている。たとえば、山頂の無線中継所などに使用される無線機器、電話局や電報局などの庁舎内で使用される交換機器および部品、市内、市外の架空または地下埋設用ケーブルや中継機器、加入者が一般に使用している電話機など、その使用領域は非常に広く、かつ要求される電氣的、機械的、物理化学的諸特性もまた非常に多種多様で、このかざられた紙面ではとうてい書きつくすことはできない。したがってここでは皆様に最もなじみが深く、かつ直接利用されている電話機用プラスチック成形品について、その概要を述べることにする。諸兄の忌憚なきご高見を切望いたします。

2. 耐衝撃性を必要とする理由

電話機は日本全国の皆様に直接使用していただいている電気通信機器の一つであるが、この電話機がどのような原因によって通話不良障害を発生するかという一例を第1表に示す。

第1表はある地方のある一つの工作工場に、ある短期間に修理のため入った故障電話機の障害別統計表の一例である。もちろん、この表には一つの故障電話機の中に

数点の障害が同時に発生している場合もあるので、この件数が直ちに故障電話機数とはならない。しかしながら電話機の障害中、プラスチック成形品の破損が障害部品中最も多い障害であり、いかにプラスチック成形品の破損が多いかを示しているものである。このプラスチック

第1表 電話機障害の現象別統計表の1例*

分 類	度 数
1. きょう体・ハンドルなど成形品の破損	18,149
2. コード類の障害	16,687
3. 送話器の障害	14,735
4. ダイアルの障害	12,245
5. 受話器の障害	12,065
6. 回路網および部品の障害	8,717
7. そ の 他	2,261
計	84,858

* 4号形電話機の例を示した

第2表 電話機用成形品の破損の分類表

分 類	度 数
1. きょう 体	8,820
2. 握 り*	4,950
3. 外線端子板ベース	2,834
4. 受 話 口	800
5. 送 話 口	745
計	18,149

* ハンドルとは握り、送話口、受話口の3点を表示する

* Tomomi TAKEDA 日本電信電話公社電気通信研究所有機材料技術研究室長。
Impact Strength of Plastics Used Electrical Communication Apparatus

成形品の破損をさらに解析すると、第2表のようになる。第1表および第2表は電話機用成形品の中主な部品についてのみ調査した統計にすぎないが、電話機には全部で20~30点ほどのプラスチック材料や成形品が使用されていることを考えると、この統計はさらに増加し、電話機用の高分子材料の破損は非常に大きな問題となってくるのがわかるであろう。すなわち、加入者にとっては非常に不便をこうむることになり、公社にとってはサービスが悪くなり、かつ保守費用の増大となってくる。特に通信の確保という重大な使命を有する公社事業にとっては、障害部品をいつでも交換することができるようにあらかじめ各種部品を準備しておくか、または障害発生交換用電話機を準備しておくこと、および障害発生加入者宅を1軒1軒うかがって新品との交換もしくは新電話機と交換するということは、非常に保守費用を要し、かつそれにもまして公社事業の本質であるサービスの向上に反して加入者へ不便をかけることになり、まことに遺憾とするところである。

以上に述べた電話機用プラスチック成形品の破損に関する統計は障害原因別集計表ではなく、破損した部品別すなわち現象別の集計表であって、真の原因別集計表ではない。すなわち、真のアクションは障害発生現象（この場合には部品）別パレート図と障害発生原因別パレート図との両者が明確になって、はじめて適切に行なうことができるものである。しかしながら、このプラスチック成形品の破損は加入者宅1軒1軒回わって真の原因を追究するためお聞きすることは、はなはだ不親切なやり方であり、またたとえお聞きしたとしても真の原因はなかなかつかみ得えないのが現状である。しかし、この原因の大半は他物を電話にぶつけたとか、または電話機全部またはその一部を落すなどの偶発的な原因によるものが大半であることには相違ないようである。この真の原因は皆様方の方がより真の原因をおわかりになっておられるものと思われるが、その原因はいずれにせよ、加入者へのサービス向上からはほど遠いものがある。このような事象は日本のみでなく、世界各国でも問題になっており、その対策に関しては真剣に改善策に関して研究を行なっている実情である。

3. 電話機用高分子材料の変遷

電話機用成形品として初めて高分子材料が使用されたのはいまから約50年前で、アメリカにおいてハンドセットに石炭酸系樹脂を用いたことにより始まった。その後電話機の需要が増加するにつれて、量産の簡易化、精度の向上、コストの低減などを計る目的から、石炭酸系樹脂によるコンプレッション成形からトランスファー成形に移行し、さらに前述した破損防止対策ならびに色彩電話機の実用化とを目的として初めて熱可塑性プラスチ

ックが電話機用成形品に使用されるようになってきた。すなわち、セルロースアセテートブチレート樹脂による射出成形品が実用化され、現在はABS樹脂を使用した射出成形品が実用化されている。

一方、イギリスにおいては同様な目的から、耐劣化性に現在は問題があるとの理由からABS樹脂の使用を避け、国情から安価であることを生かしてPMMA樹脂による射出成形品がBritish Post Officeにより700形電話機として1959年以後使用されている。

特に留意しなければならない事項として、通信機器用成形品は世界各国とも長期間の使用に耐えることが要求されるため、耐劣化性、長期寸法安定性などが重要な特性となっていることである。このため、Bell Telephone Lab. では熱帯地域から寒冷地域にわたり全米4カ所を選定して屋外暴露2カ年間の劣化特性を調査している。この結果、衝撃強さも十分保証しうる実績の下に高分子材料を選定している。わが国においても全く同様で、電話機用成形品に使用する高分子材料の選定にあたっては、衝撃強さに関する初期品質特性が大ききことはもちろん必要であるが、長期間の寿命を保証しうるような耐劣化性・長期寸法安定性・耐衝撃性などを有し、前述した破損障害を防止することに重点をおいている。特にわが国のように海岸地帯が多く、かつ高温多湿の国情ではこの点留意する必要がある。

4. 破損の難易を判定する尺度の決定

電話機用成形品の破損は電話機に他物をぶつけたり、または電話機本体もしくはハンドセットを床の上に落下させるために最も多く破損することは前に述べたとおりであるが、このような破損を防止するために、いかなる高分子材料を選定したならばよいかということを決断するための材料試験的な尺度をまず決めなければならない。このためにはつぎの二つのことが大切であろう。

(1) 他物をぶつけたり、または電話機を床の上に落下させたときなどに生ずる破損と良い関係がある材料試験をまず見出すことが必要である。

(2) 衝撃強さに関する試験法はバラツキが大きく、非常に精度が悪いと報告されているが、この中でも規格として試験する場所間でカタヨリが少なく、かつくり返し精度および再限精度が小さくて良い試験法であり、かつコストも比較的安いことが必要である。

いま高分子材料に関する材料試験としての衝撃強さ試験法は、アメリカをはじめとするアイゾット法、フランスをはじめとするシャルビー法があり、かつこれらの各試験法にはノッチ付とノッチなしの両法があり、さらにノッチの形状や作成法などに複雑な影響を与える因子が数多く含まれている。また、この他にプラスチック板などに使用される落錘法があって、どの試験法が電話機用成

形品の破損に対して最も良い関係を有しているか全く不明であった。このような事情から、電話機用ハンドルを実際に落下させたとき破損する最低高さと、上記3種類の材料試験法との関連を求めた。この結果をつぎに示す。

4-1. 各種試験法の概要

4-1-1. アイゾット法

試験機の容量 : 3ft-lb

試験片の大きさ: 65mm×12.5mm×5mm

ノッチ : V ノッチ, 後加工

成形法 : 射出成形

4-1-2. シャルビー法

試験機の容量 : 30kg-cm

試験片の大きさ: 90mm×10mm×5mm

ノッチ : U ノッチ, 後加工

成形法 : 射出成形

4-1-3. 落錘法

試験機 : JIS K 6745-1956 の改良品

落錘重量 : 500g, 量高さ可変

試験片の大きさ: 150mm×50mm×0.50±0.02mm

成形法 : プレスシートから切出

4-1-4. 電話機用ハンドセットの落下試験法

受話口を下側にしてハンドセットを糸で吊し、糸を炎

で焼き切って鉄制定盤の中央に落下させ、ハンドセットの破損の有無を調べる。

4-2. 試験結果

以上の実験結果を第3表に一括して示す。

この結果から、ハンドセットの破壊最低高さと各種材料試験法による衝撃強さとの関係を図示すると、第1~3図のようになる。

第2図 電話機ハンドルの落下による耐破壊強さとシャルビー法衝撃強さの関係

第1図 電話機ハンドルの落下による耐破壊強さとアイゾット法衝撃強さの関係

第3図 電話機ハンドルの落下による耐破壊強さと落錘法衝撃強さの関係

第3表 電話機ハンドルの落下による耐破壊強さと各種衝撃強さ試験の関係

材料の種類 ¹⁾	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8	M_9	M_{10}
試験法の種類										
アイゾット法衝撃強さ ²⁾ (kg-cm/cm ²)	9.3	10.0	11.9	11.2	13.6	13.5	17.4	19.1	24.7	24.2
シャルビー法衝撃強さ ²⁾ (kg-cm/cm ²)	8.4	11.3	14.7	18.2	14.3	12.3	12.3	15.4	20.1	21.2
落錘法衝撃強さ ³⁾ (kg-cm)	6	20	22	25	26	28	27	30	31	32
ハンドルの落下試験による最低破壊高さ ⁴⁾ (cm)	122	125	133	135	154	154	158	181	189	210

1) 材料は重合度・配合処方が異なる硬質 PVC 樹脂とその共重合樹脂を用いた 10 種類の試料を用いた, 2) 表中の値は $n=5$ の平均値 3) 表中の値は $n=2$ の平均値 4) 表中の値は $n=10$ の平均値

4-3. 各種材料試験法の精度

4-2 の結果を考察する前に、衝撃強さに関する各種材料試験法の精度を調査した。この結果を第4表に示す。

第4表 各種衝撃試験法のバラツキ

試験法の種類	推定値 (σ_e)	偏動係数 ($C=\sigma_e/\bar{x}$)
アイゾット法衝撃試験	0.54 (kg-cm/cm ²)	0.19
シャルピー法衝撃試験	2.31 (kg-cm/cm ²)	0.23
落錘法衝撃試験	0.94 (kg-cm)	0.11

4-4. 結果の考察

(1) 電話機用ハンドセットの落下試験による最低破壊高さと各種材料試験法の衝撃強さとの関係についてまず考えてみると、つぎのようになる。

i) シャルピー法は全く関連がないように思われる。しいて求めるならば衝撃強さが小さい方でのみ相関があると思われるが、良い尺度とは思われない。

ii) アイゾット法はほぼ直線関係があり、良い関連を示しているが、これも衝撃強さが大きくなるほどばらついてくることがわかる。しかし、一つの尺度として使用することができるものと思われる。

iii) 落錘法は二次曲線の関係で強度に関連を有していることがわかる。したがって、三つの試験法の中では最も良い尺度と思われる。

(2) 各種材料試験法の精度について検討するとつぎのようになる。

i) バラツキについてはアイゾット法が最も小さく、シャルピー法が最も大きいことがわかった。

ii) 各種試験法の絶対値が異なるので、バラツキを直

接比較することは間違いであると思われるので、変動係数について比較すると、落錘法が最も小さく、シャルピー法が最も大きいことがわかった。

iii) 以上の結果から、精度については落錘法が最も良い試験法となる。

(3) 適切な尺度として、また最も良い精度を有する試験法としては、上記の結果から、落錘法が最も良いことがわかる。また、この落錘法試験片は射出成形を必要としないため、試験片の必要枚数は若干他の試験法よりも多くなるが、プレスシートから切り出すため、最も簡便で、かつコストも安価である特徴を有している。

5. むすび

電気通信機器用高分子材料の衝撃強さに関する一例として、電話機用成形品について述べた。この結果、電話機用ハンドセットは 90 cm の高さから鉄製定盤に落下させても破損しない成形品を実用化することができた。(一般に机から床までの距離は普通約 75 cm である。したがって、90 cm からではほぼ破損しないことがわかるであろう。) また、この電話機用成形品の高分子材料としての衝撃強さは落錘法で 22 kg-cm という規格を有すれば十分であることがわかった。このように、電話機用成形品も、使用者の立場に立ってサービスの向上を考えると非常にむずかしい問題があり、材料の選定のみならず構造・形状とも関連するので、肉厚の決定・リブの設定とその構造など、あらゆる面から検討を加える必要がある。

以上にその考え方とその設定条件の概要を記載したが、諸兄のご高目を賜わらば幸甚の至りです。(ここに記した新しい電話機は 600 形電話機と呼びます。カット写真参照)

6. あとがき

うえのような議論に対して、実際の値をは今後の測定の努力によって集積されていくべきものである。緩衝の問題についても今後解析をすすめるべき点が多い。

文 献

- 1) J. M. Lessells: "Strength and Resistance of Metals", *Inst. Sci.*, (1954)
- 2) W. Späth: "Impact Testing of Materials." (Thames and Hudson) (1961)
- 3) T. P. Murphy, W. H. Chadbourne, R. C. Petersburg: *J. SEA*, **72**, (6), 84 (1964)
- 4) W. E. Wolstenholmes: *J. Appl. Polymer Sci.*, **4**, (21), 332 (1962)
- 5) P. P. Kelly, T. J. Dunn: *Mat. Res. and Standards*, **3**, 545 (1963)
- 6) Hermann Oberst: *Kunststoffe*, **53**, 4 (1963)
- 7) A. Gemant: "Frictional Phenomena", 327. (Chem. Publ. Co.) (1950)

(荒井貞夫:「高分子機械材料の衝撃強さ」の 886 ページよりの続き)

方根に比例するが、これによって金属よりも軟質な高分子材料が有効である度合を推定できる。さらに、内部に生じた振動を吸収することでは力学的 $\tan \delta$ の周波数による変化などが問題になるであろう⁶⁾が、Gemant⁷⁾の示した弾性係数 E と対数減衰率 δ との関係、 $[E\delta \approx \text{一定}]$ からさらに弾性係数の小さいものが有利なことが考えられる。高分子機械材料のなかでは、大気中での平衡吸湿状態で弾性係数が 10,000 kg/cm² 程度を示すナイロンは耐摩耗性にすぐれているうえに、このような点でもとくに優秀な材料であるといえよう。

なお、他方使用条件の方も、これまでのように簡単な加速度などからの推算だけでなく、実測によってその資料を充実していかなければならないのはいうまでもない。