

電気冷蔵庫の荷造包装強度試験について

Strength Inspections of Packed and Packaged Household Electric Refrigerators

阿 部 英 夫* 山野井 利 夫* 本 田 寿 一*
Hideo Abe Toshio Yamanoi Juichi Honda
本 間 正 和*
Masakazu Honma

内 容 梗 概

製品の荷造包装試験には、包装品の保管と輸送の両者の立場から検討する必要がある。前者は主として材料の防かび性、耐湿性、汚損性などの材質的問題を取り扱い、後者は主として材料の耐振動性、耐衝撃性、耐圧縮性などの強度的問題がその対象となる。

本稿は、電気冷蔵庫の実際の輸送ならびに荷役時に受ける衝撃力を測定する一方、包装強度に関する各種試験の衝撃力を同一の測定器を用いて解析し、従来ともすれば衝撃力が測定器および測定方法の差異により相対的比較が困難であったことを是正し、両者の比較照合により、合理的な工場内包装強度試験方法を設定した経過とその成果を紹介したものである。

1. 緒 言

荷造包装は製品を工場から顧客の手に安全に引き渡すことが第一義的使命である。しかし量産品包装の場合はこの第一義的使命にのみとられ、包装コストを犠牲にして包装に必要な以上の安全度を与えることは大きな経済的損失である。量産品の荷造包装には、もっとも経済性を加味すべきである。

製品の荷造包装の強度を確認するためには、実際に九州、四国、あるいは北海道などの遠隔地に輸送試験を行なえばよい。しかしこのような輸送試験ではその試験条件に関する情報が得がたいので、結果の再現性に乏しいばかりでなく、試験に長時間を要するためにフィードバックが十分にできないうらみがある。

そこで実際の輸送条件と等価な試験条件を設定することができるならば、量産品の荷造包装の使命を達し、しかも経済性のあるものを数多くの試行の繰り返しによって選択できるわけである。

実際の輸送条件については、多くの内外文献があるにもかかわらず、衝撃力を対象にして論じてあるので、測定器の差異ないしは試験条件の相異によって必ずしも絶対値を比較して検討することができなかった。

筆者らは同一測定器を用い、測定条件もほぼ近似になるようにして、実際の輸送条件の測定値と各種の包装強度試験機による測定値とを比較するとともに、包装品に加わる力の状態を観察して、実輸送試験と等価に近い包装強度試験法を確立することができた。この試験方法の採用により、電気冷蔵庫の荷造包装の検討が合理的に行なわれ、事故率の減少と経済的包装構造の選択に寄与することができた。

2. 電気冷蔵庫の輸送および荷役の実態について

荷造包装された製品の輸送過程において受ける衝撃としては、トラック、貨車などによる振動衝撃と、積み下し、移送、仕分けなどの荷役作業中に受ける激突衝撃とがある。

2.1 輸送中の衝撃

2.1.1 貨車およびトラック自体の振動衝撃

貨車およびトラックの台車が、その走行条件によりいかなる振動をするかに関しては、現在までも種々の文献が発表されているが、振動解析機器、測定方法や、あるいはトラックの場合は特に道路条件の相異で、それらの結果は必ずしも一致していない。

第1表は日立運輸株式会社が、吉田式振動衝撃加速度計(K-3形)

第1表 貨車およびトラック自体の衝撃(日立運輸資料)

区分 車別	走行速度 (km/h)	条 件	衝 撃 (g)			振動(代表値)	
			上下方向	左右方向	前後方向	周波数 (c/s)	振 幅 (mm)
貨 車	30~60	レール上	0.1~0.5	0.1~0.3	0.1~0.3	6	5
	30~60	レール継目	0.2~0.8	0.1~0.3	0.1~0.3		
	3~7	追 突 非常制動	0.5~1.0 2.2	0.1~0.3 1.1	0.9~2.7 3.0~4.3	—	—
トラック	20~40	舗 装 路	0.2~1.0	0.1~0.2	0.1~0.3	10	3~5
	20~40	砂 利 路	1.2~3.4	0.2~1.3	0.6~1.8		
	15	玉石状悪路	0.7~4.0	0.2~0.9	1.0~2.1	—	—
	15	踏 切	0.6~1.5		0.4~1.2		
	35	急 制 動	0.2~0.8		0.6~0.9		

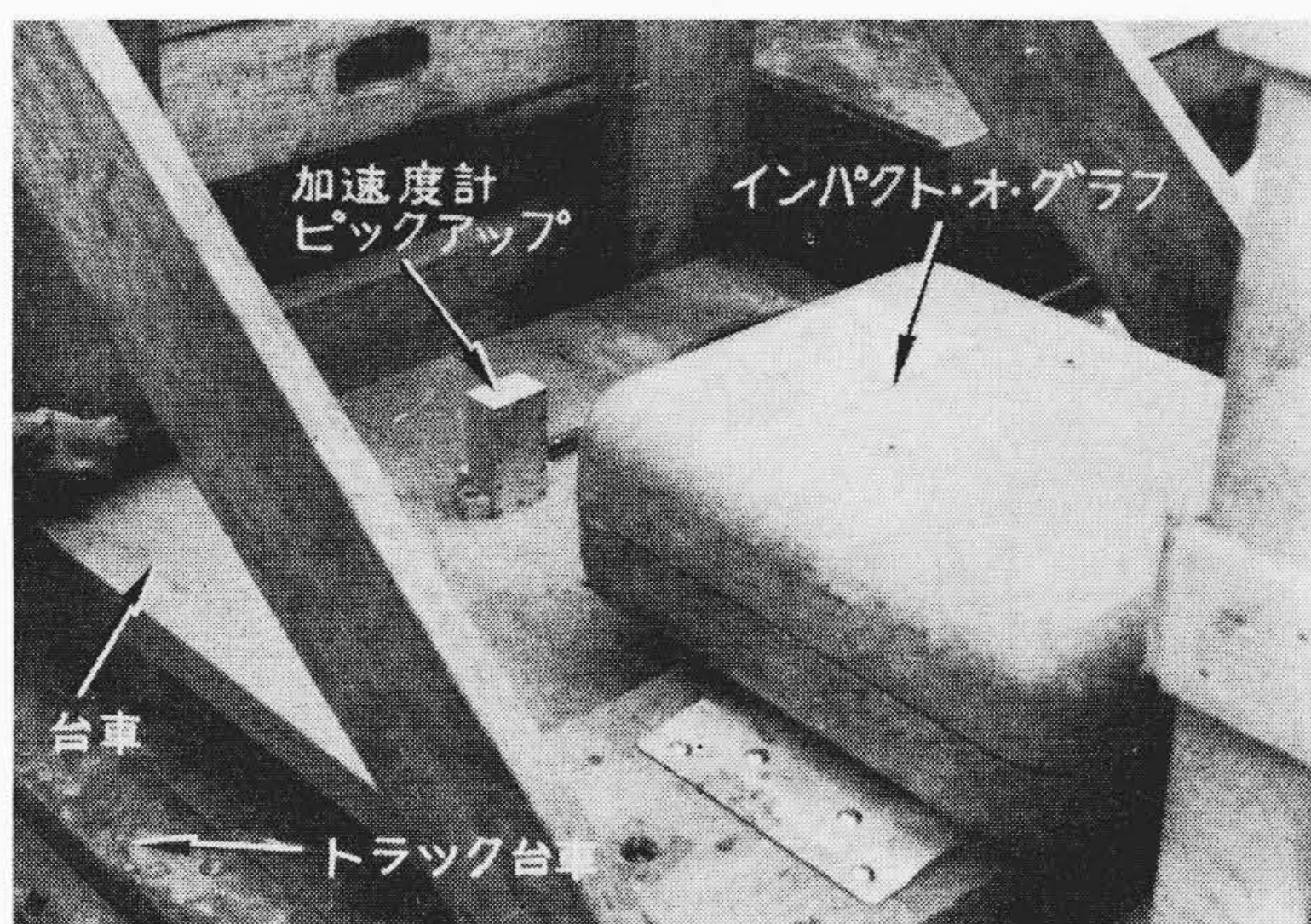
を用いて測定した結果であるが、貨車の振動衝撃はトラックに比べ非常制動時以外はすべて小さいことが示されている。この事実はほかの文献⁽¹⁾⁽²⁾でも一致しているしまた、包装技術の研究者にとっては公知である。したがって荷造包装品の輸送中に受ける振動衝撃は、トラックの場合を考えれば十分であるといえる。

2.1.2 トラック輸送の衝撃

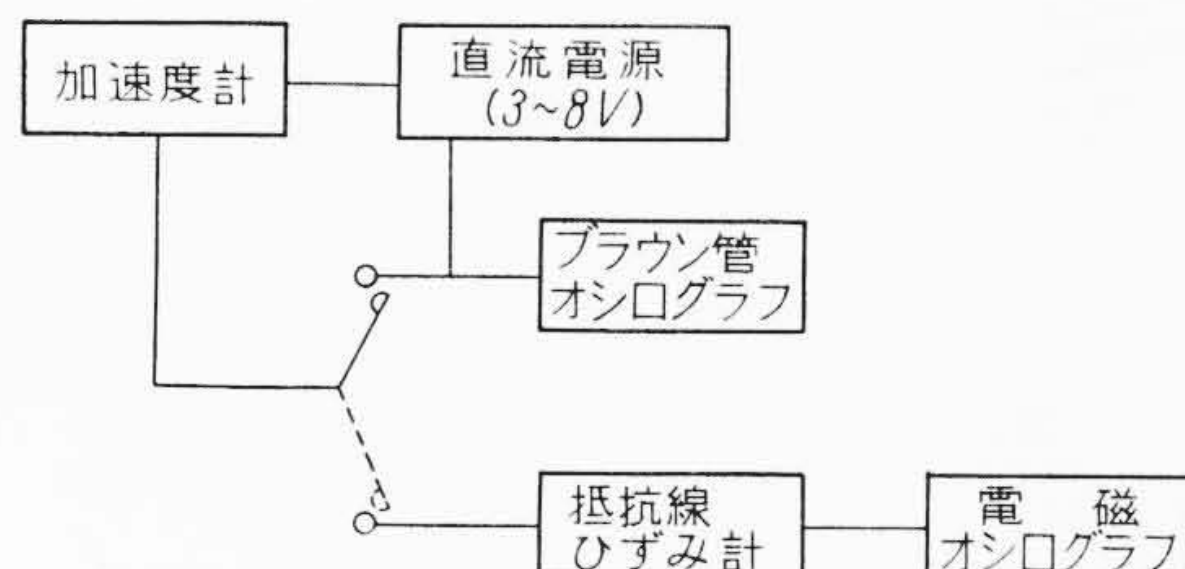
トラックの台車振動は道路状態により著しく異なる。工場から営業倉庫までの輸送には主として貨車か、あるいは大形トラックが利用されるが、この場合の道路条件はほとんど問題にならないほど良好であるのが普通である。しかし営業倉庫より顧客までの輸送経路になると、90%以上は小形トラックまたはオート三輪が利用され、道路状況は、荷造包装にとってきわめて不利なものとなる。日本の道路はそのほとんどが未舗装であることからいっても、ここが輸送事故発生の温床になっていることが理解される。

前節にも述べたとおり、トラック台車の振動解析に関しては、そのレポートが必ずしも一致していない点から筆者らは、独自の測定方法をもって実測することにした。冷蔵庫荷造包装の外郭が小形トラック輸送中、最悪道路条件で台車より何gの振動衝撃を受けるかを調査するために第1図のように加速度計ピックアップ(共和電業製120A-50C形)を取り付け、タイヤの半分ほど埋まる凹凸の最も激しいなか道を最悪道路条件として選び実験を行なった。この場合インパクト・オ・グラフも併用し測定の精度を高めるよう配慮した。実験に供した小形トラックは積載重量825kg(総積載量の82.5%重量)、タイヤ圧力前輪2.1kg/cm²、後輪3.5kg/cm²、トヨペット形式4SV₁54年式であり、実験結果は第2表に示すとおりである。この結果トラック輸送中、荷造包装外郭に加わる最大振動衝撃値は50gにも達する大きな値を

* 日立製作所栃木工場



第1図 小形トラック走行時の振動衝撃測定装置
検出部取付外観



第2図 実験装置ブロックダイアグラム

第2表 トラック輸送中の衝撃

道路状態	車速 (km/h)	振動数 (c/s)	変位 (mm)	加速度 (g)
砂利道, 凹凸多し	20	5~16	30~80	5~9
砂利道, 凹凸多し	40	4~18	40~90	16~32
砂利道, 普通路	15	3~13	25~50	3~7
砂利道, 普通路	20~30	6~17	30~45	5~9
砂利道, 悪路	20	3~14	20~50	6~13
砂利道, 悪路	40	5~15	20~50	8~15
田舎道, 凹凸大	20	3~20	60~130	14~50
田舎道, 最悪個所	20	3~13	70~115	35~50
アスファルト道路	40	1~8	5~15	1~4
踏切	10	4~15	15~50	3~7

第3表 測定器仕様

機器名	メーカー	形式
加速度計	共和電業株式会社	120A-50C
加速度計	共和電業株式会社	120A-300C
電磁オシログラフ	共和電業株式会社	MA-33A
抵抗線ひずみ計	共和電業株式会社	DPM-6E
ブラウン管オシログラフ	日本光電工業株式会社	VC-6
インパクト・オ・グラフ	The Impact-O-graph Corporation	R形 XS形

示し、前節第1表の値と大幅な相異を示した。この相異は道路状況の相異に起因していることも考えられるが、その測定機器および測定方法の相異が主因をなしていると推定される。

実輸送の衝撃解析と工場内包装強度試験の衝撃解析との関連性を論ずるには、まず測定機器と測定方法を統一しないと、まちがった結論を引き出すおそれのあることを、この予備実験であらためて認識させられたわけである。そこで以下の一連の実験にあたり、前述のトラック輸送の衝撃解析に用いた実験装置と方法をそのまま採用することにした。第2図は実験装置のブロックダイアグラムであり、第3表は測定機器の仕様を示したものである。衝撃力測定においては、加速度計の取り付け方が最も重要であることは前述のとおりであるが、荷造包装品の外郭に加わる衝撃力を知ることを第一条件に考慮し、23 mm の杉板を介して加速度計に直接、衝撃がかかるようにした。また測定に際しては気温 (5~

トラック輸送フローチャート

区分	チャート	説明	衝撃振動条件
工場内 発送係	フォークリフト	倉庫内で	落下回数(回) 5cm 10 20 30 40
		トラック台車まで	振動
		台車に配列 1~2名	角衝撃(歩行)2~10m 側面衝撃 引きずり1~2m
日立運輸	トラック	目的地へ (東京SS)	振動衝撃
		倉庫内荷降ろし	引きずり1~3m 角衝撃2~10m 側面衝撃
		倉庫にて	
営業倉庫	フォーク	倉庫にて	
		トラックおよびオート三輪に積む	角衝撃(歩行)2~10m 側面衝撃 引きずり1~3m
		特約店向	振動衝撃

第3図 冷蔵庫荷造包装品の輸送フローチャートの一例

第4表 荷役回数と落下高さ

輸送手段	高さ	落下回数(回)					合計回数 (10~40cm)
		5 cm	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	
車扱	い	約 200	13	5	2	2	22 回
トラック		約 200	12	5	2	1	20 回
混載		約 200	16	7	3	2	28 回

備考 (1) 10 cm 以上の落下高さの衝撃を受けるものは角、稜および下面であり側面、上面は落下高さ 10 cm 以下の衝撃をその約 5% 受ける程度である。

(2) 落下高さ 5 cm 以下とは角つき走行運搬、引きずりなどを含む。

8℃)、湿度(30~40% RH)のもとで、杉板の水分含有率に著しい変化のないことに留意した。

2.2 冷蔵庫荷造包装品のフローチャート

冷蔵庫荷造包装品が工場から顧客の手に渡るまでにいかなる衝撃を受けるかを知るためには、そのフローチャートを作成することが必要である。工場からの出荷方法としては

- (1) 工場から貨車積みされる場合……………(車扱 い)
- (2) 工場から国鉄駅までトラックで運搬し、国鉄駅からは一般貨物と同じ取り扱いを受け
る場合……………(混 載)
- (3) 工場からトラック積みされる場合……………(トラック)

の三つの場合がある。第3図はトラック輸送の場合の、フローチャートの一例を示すものである。このフローチャートにより、第4表のような結果を得た。この表によると、冷蔵庫荷造包装品が顧客の手に渡るまでに、5 cm 以下の落下回数は実に約 200 回、10~40 cm 程度の落下回数が 20~28 回であることが明らかになった。さらに、実地の荷役状況を写真記録し、荷役の再現により、実荷役中の包装品に加わる衝撃力も測定することができた。

2.3 荷役中の衝撃

前節のフローチャートより得られた資料により、種々の荷役を再現し、荷役中の衝撃力を実測した結果、たとえばフォークリフトの場合、フォーク自体の振動の貨物に与える衝撃力は高々 2 g 程度でありまたフォークで地上に荷を降ろす場合でも最大 4 g 程度であることがわかった。この程度の衝撃では、冷蔵庫荷造包装の内外を損傷に至らしめることはない。ところが人間の力による荷役作業では一般に乱暴に取り扱われ、コンクリート上に直接落下したり転落するひん度が大きい。(第4表参照) 筆者らの測定では、わずか 5 cm 程度のコンクリート上落下でも約 45 g、悪い例では 30~40 cm 落下で、140~160 g にも達した。また荷役中はフローチャートにもある

ように、引きずりとか角あて歩行が行なわれる機会もかなりあるが、この場合の衝撃力は最大5g位と考えれば十分である。しかし、荷造包装の外郭にねじり力がかかるので、板材の損傷、釘抜けなど直接、間接の原因ともなるので注目する必要がある。従来包装貨物の落下試験というと、貨物の底面のみに衝撃を加えてきたが、実際には貨物の底面のみに衝撃を受けることはむしろ少ないくらいで、角とか稜の方が受けやすい。また荷積みする場合は、必ずといってよいほど側面にも衝撃が加わる。側面衝撃の場合は転落を除けば多くは木対木の衝撃面であるが、20~40g程度の衝撃が記録されている。衝撃力測定に当たり、単に加速度gのみに止まらず、衝撃波形もあわせて測定し、衝撃の性質もは握し、これらの実験結果を基礎にして、工場内包装試験機の衝撃特性の解析を行なった。

3. 工場内包装強度試験機について

包装貨物の包装強度試験機には一般に次のようなものがあげられる。以下各試験機の特長を説明するとともに、第二章で紹介した衝撃解析方法によって実測して得られた各試験機の衝撃特性もあわせて紹介する。

- (1) 傾斜衝撃試験機
- (2) 振動試験機
- (3) 落下試験機
- (4) 激動試験機
- (5) 回転六角ドラム試験機

3.1 傾斜衝撃試験機

3.1.1 傾斜衝撃試験機

傾斜衝撃試験機は第4図に示したように傾斜滑走台、滑走車および衝撃板から成り供試品包装貨物を滑走車にのせて滑走させ、供試品を衝撃板に直接衝突させる試験方式である。衝撃力の大きさは滑走車の走行距離によって調節することができる。

3.1.2 走行距離と衝撃速度の関係

第5図において、滑走車上の供試品が衝撃板に衝突する瞬間の衝撃速度 V m/s は、供試品走行距離 L m、傾斜角 θ 、重力の加速度 g m/s²、滑走を始めてから衝撃板に達するまでの時間 T s、滑走車のころがり摩擦係数を μ とすれば、

$$V = g(\sin \theta - \mu \cos \theta) T \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$V = \sqrt{2 \alpha L} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{ただし } \alpha = (\sin \theta - \mu \cos \theta) g$$

で表わされる。(2)式で与えられる V と同じ速度になる自然落下高さを H m とすると

$$H = \frac{\alpha}{g} L \quad \dots\dots\dots (3)$$

となる。(3)式は衝撃面が傾斜衝撃試験とまったく同一条件の場合に成り立つ。走行距離と衝撃速度との関係を実験的に求めた結果を第6図に示す。この図から求める V と L との関係式および α の値は

$$\left. \begin{aligned} V &= 1.7 \sqrt{L} \text{ m/s} \\ \alpha &= 1.5 \text{ m/s}^2 \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (4)$$

が得られこれを(3)式に代入すると

$$H \doteq 0.15 L \quad \dots\dots\dots (5)$$

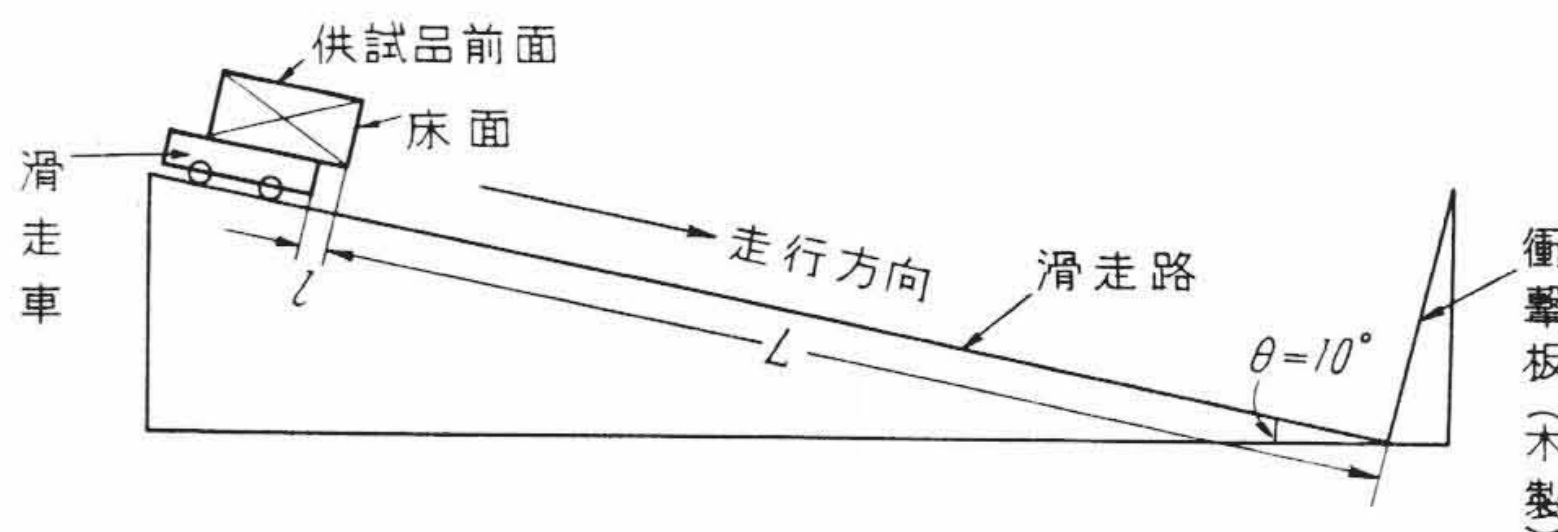
となる。

3.1.3 走行距離と衝撃加速度の関係

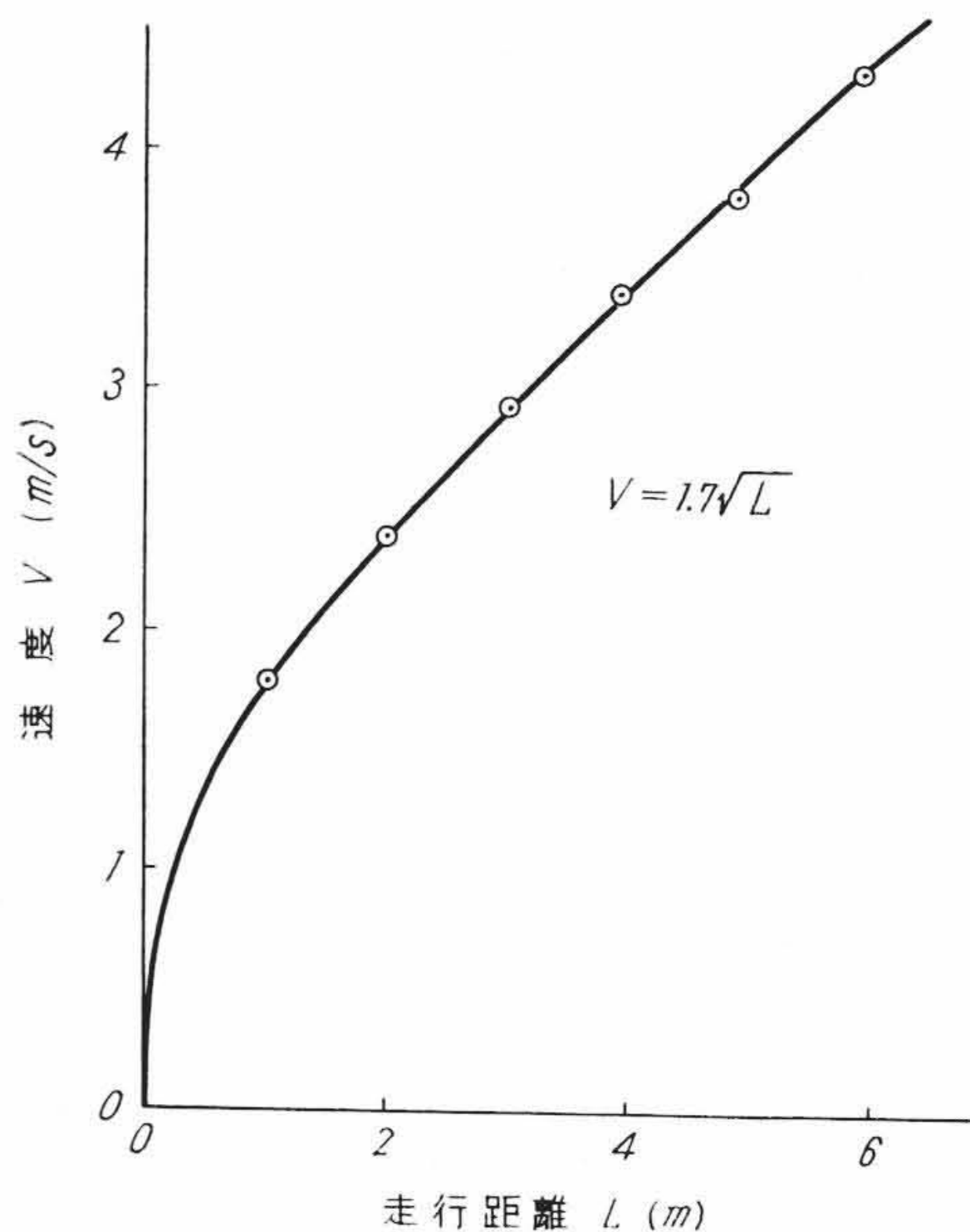
傾斜衝撃試験における衝撃加速度は衝撃速度と衝撃時間とによって決定される。衝撃速度は斜面の傾斜角、滑走車のころがり摩擦が一定であれば走行距離によって一義的に定まるが、衝撃時間に関しては衝撃面の形状、材質、含水量、その他の要因の組み合わせで決定されるので結局実験的に求



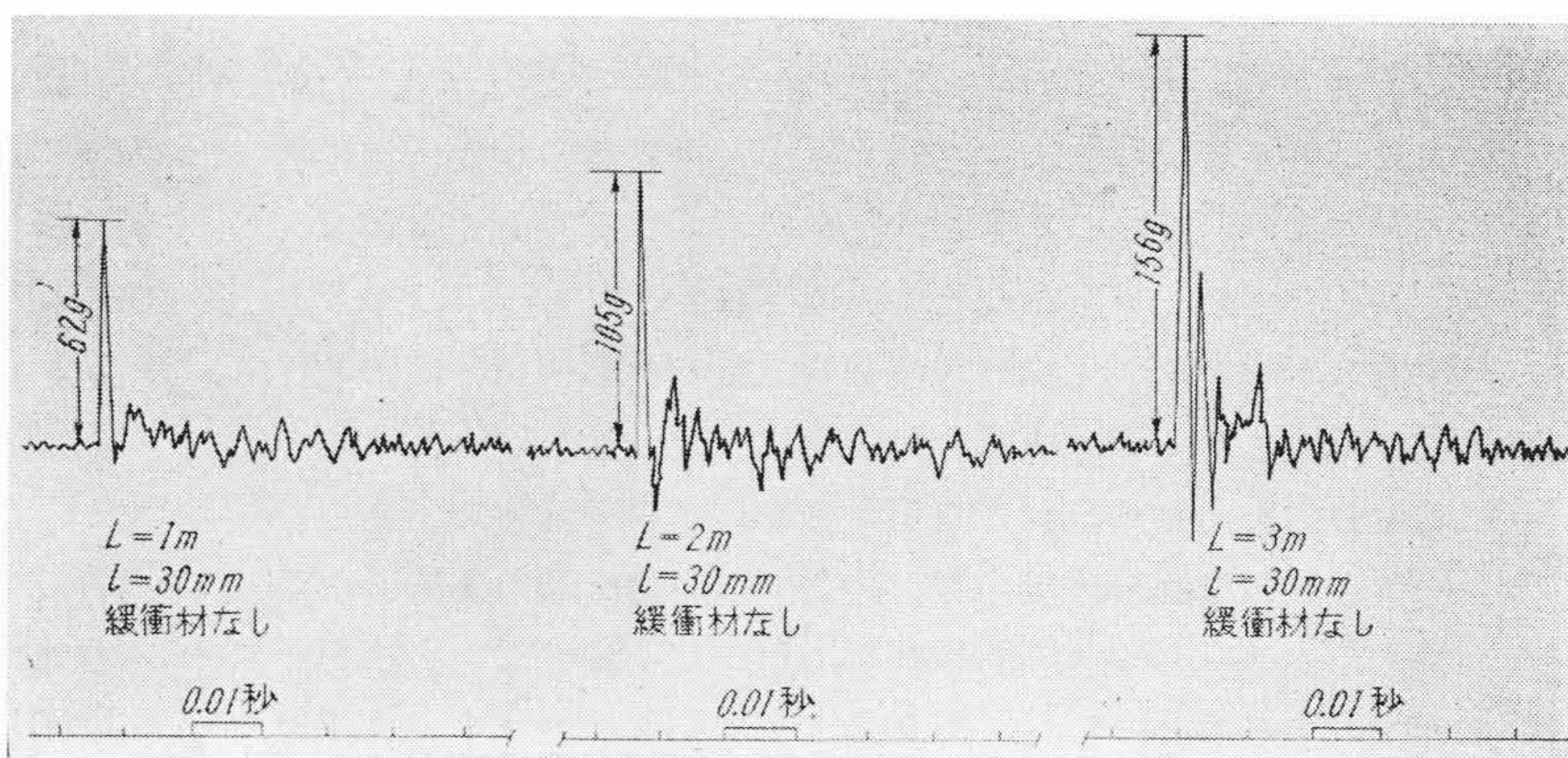
第4図 傾斜衝撃試験機外観



第5図 冷蔵庫包装品の傾斜衝撃試験

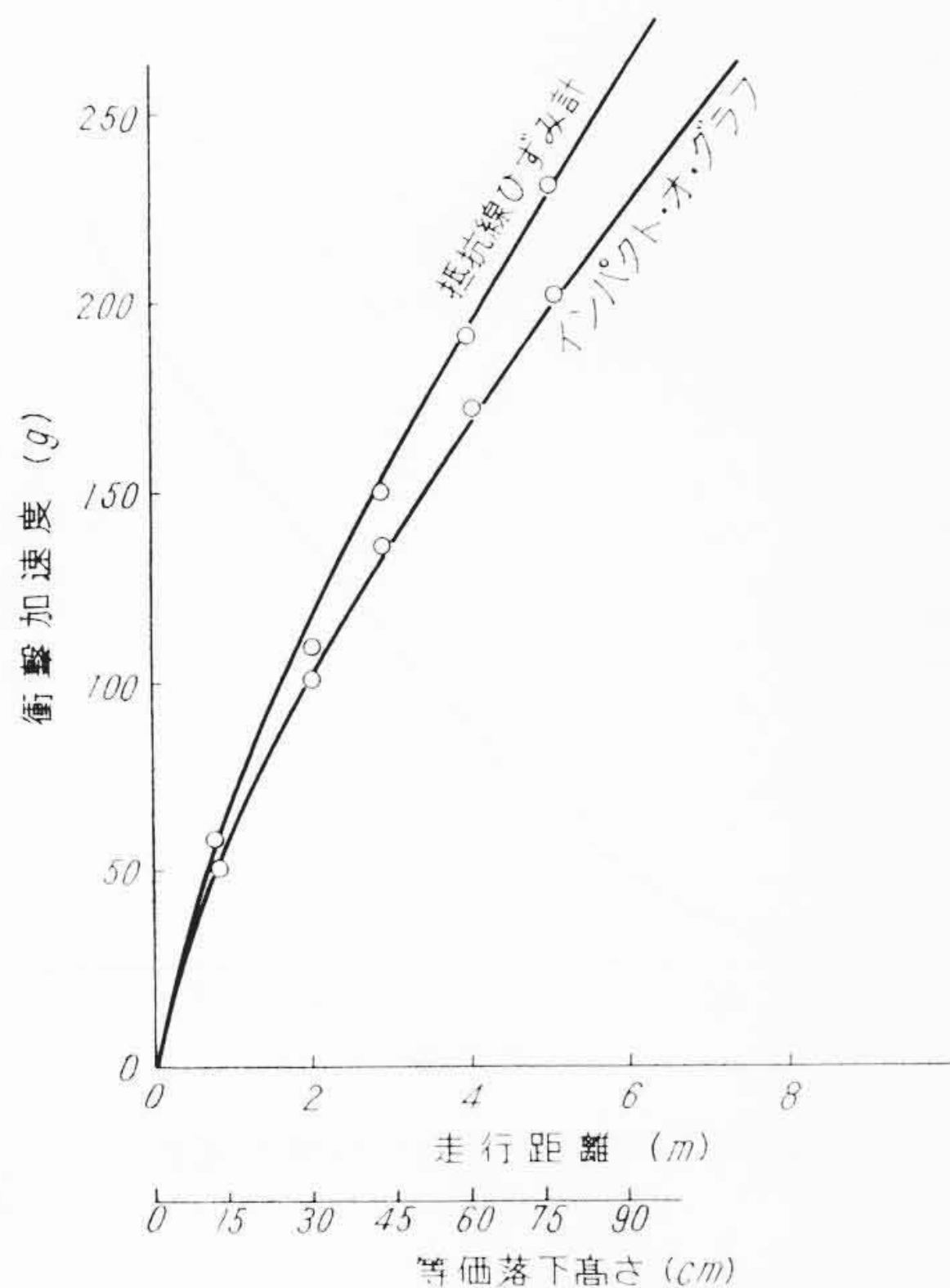


第6図 傾斜衝撃試験機 の速度特性

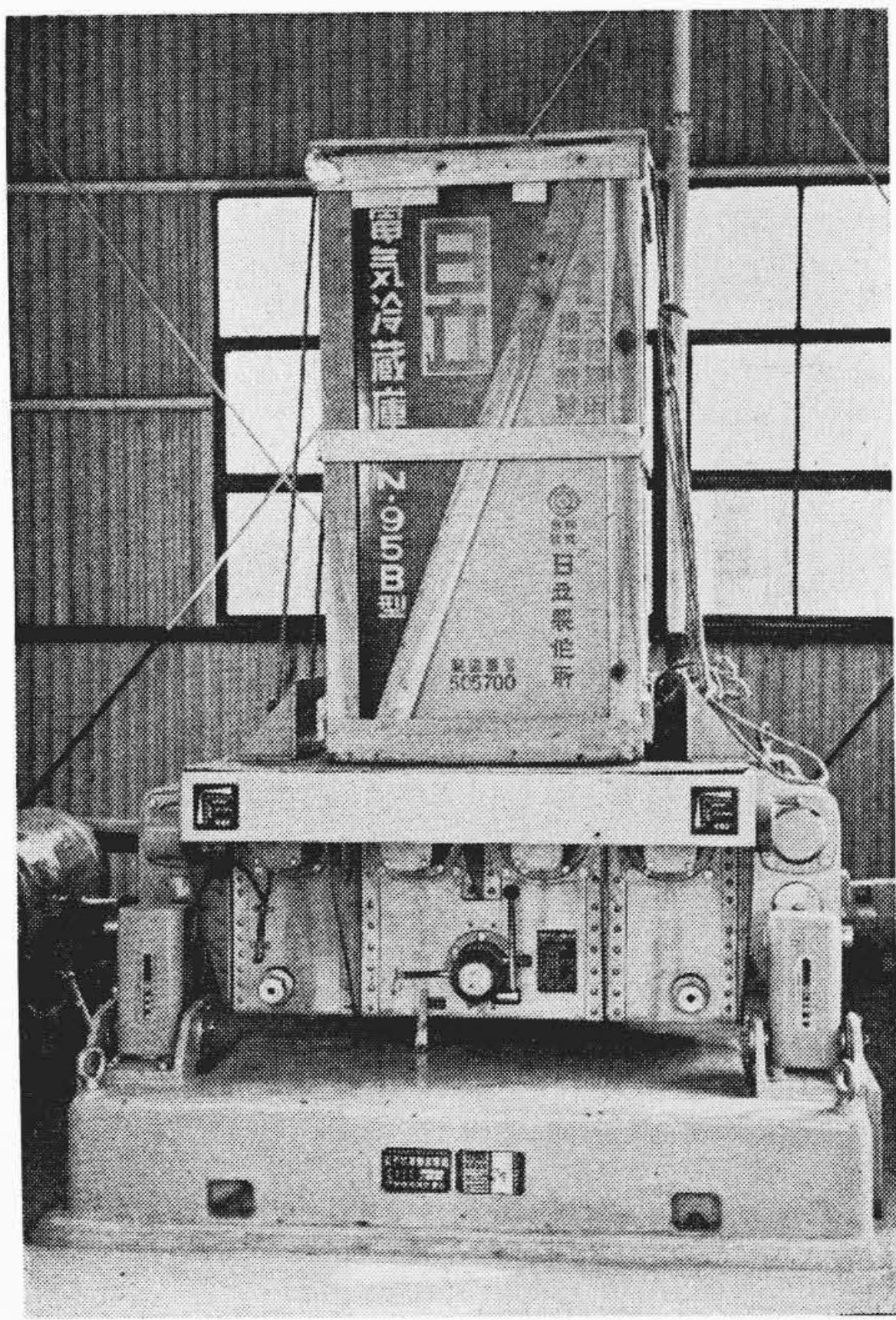


第7図 衝撃加速度測定
(抵抗線ひずみ計によるオシロ撮影)

めるほかはない。第7図は抵抗線ひずみ計により衝撃加速度をピックアップし、それをオシロ撮影した一例である。この方法により走行距離と衝撃加速度との関係を求めると第8図のようにな



第8図 傾斜衝撃試験における衝撃加速度



第9図 振動試験機外観

る。同図にはインパクト・オ・グラフにより求めた走行距離と衝撃加速度との関係も併記した。走行距離が大きくなるにつれ、抵抗線ひずみ計よりもインパクト・オ・グラフによる測定値のほう小さくなっているが、後者は衝撃力を機械的にペン書きさせる構造なので、ペン振れが大きいとその誤差も大きくなるものと思われる。

3.2 振動試験

3.2.1 振動試験機概要

包装強度試験を目的とした振動試験は荷造包装品の輸送中に受ける振動を再現させるために行なうもので、振動耐久性とか共振耐久性などを試験するものである。したがって振動試験機としては振幅も振動数も自由にかえられるものがよい。一般に振動波形は正弦波のものが多く、第9図は日立製作所栃木工場に設置されている松平式振動試験機の外観でありその機器仕様は第5表に示すとおりである。

第5表 振動試験機の仕様

項目	諸元
名称	松平式振動試験機
製造者	伊藤精機株式会社
形式	UBC-10A形
試験機の大きさ	本体 約 1,750×1,770×790mm 駆動装置 約 600×1,400×600mm
振動盤板面積	1,000×1,000mm
最大搭載重量	250 kg
振動方向	垂直および水平
振動波形	正弦波
振動数可変範囲	カム加振方式 30~600 rpm 運転中連続可変(手動, 自動) アンバランス加振方式 300~3,000 rpm 運転中連続可変(手動, 自動)
全振幅可変範囲	カム加振方式 0~40mm 運転中連続可変(手動, 自動) アンバランス方式 0~3mm 運転中連続可変(手動, 自動)
最大振動加速度(連続)	カム加振方式 ±2g アンバランス加振方式 ±6g ±10g max 瞬間
自動振動数変化率	標準変化率 60 rpm/s
駆動用主電動機	3φ 超分巻整流子電動機 4P, 5HP at 2,500 rpm 200/220V 50/60 c/s 125~2,500 rpm 連続定格

3.2.2 振動試験の衝撃加速度

振動物体の振幅と振動数が決定されるとその物体に加わる振動加速度は一義的に定まる。今振幅 a 、振動数 f なる振動の加速度 α' は

$$\alpha' = -a(2\pi f)^2 \sin(2\pi ft) \quad \dots\dots\dots (6)$$

で表わされる。最大加速度は $\sin(2\pi ft) = \pm 1$ のとき

$$\alpha' = \pm a(2\pi f)^2 \quad \dots\dots\dots (7)$$

で与えられる。一般に衝撃力の大きさを表わすための加速度は重力加速度の何倍かをもって表示するから

$$\alpha = \frac{\pm a(2\pi f)^2}{g} \quad (g) \quad \dots\dots\dots (8)$$

となる。(8)式により a と f と α の関係線図をつくっておけば任意の振動の最大加速度が容易に求められ便利である。振動試験機の振動加速度に関しては上述の理論値と実測値はほぼ一致するので特に実測値の記載を省略した。

3.3 落下試験

3.3.1 落下試験機概要

落下試験機は、自然落下を利用して衝撃を与えんとするものであるが供試品の形状、寸法、重量によって、その構造を異にする。また小形軽量の供試品では特に試験機を必要としない。前述の傾斜衝撃試験機も本質的には落下試験機であるが、包装強度試験機としての落下試験はコンクリート上で行なうのが普通である。

3.3.2 落下高さとの関係

冷蔵庫包装には木わくが用いられてあるので落下衝撃面が木対コンクリートの場合について述べる。第10図は自然落下高さとの関係を示したものである。第8図の傾斜衝撃等価落下高さとの関係よりも一般に加速度が大きくなっているのは衝撃面の相異であると判断される。

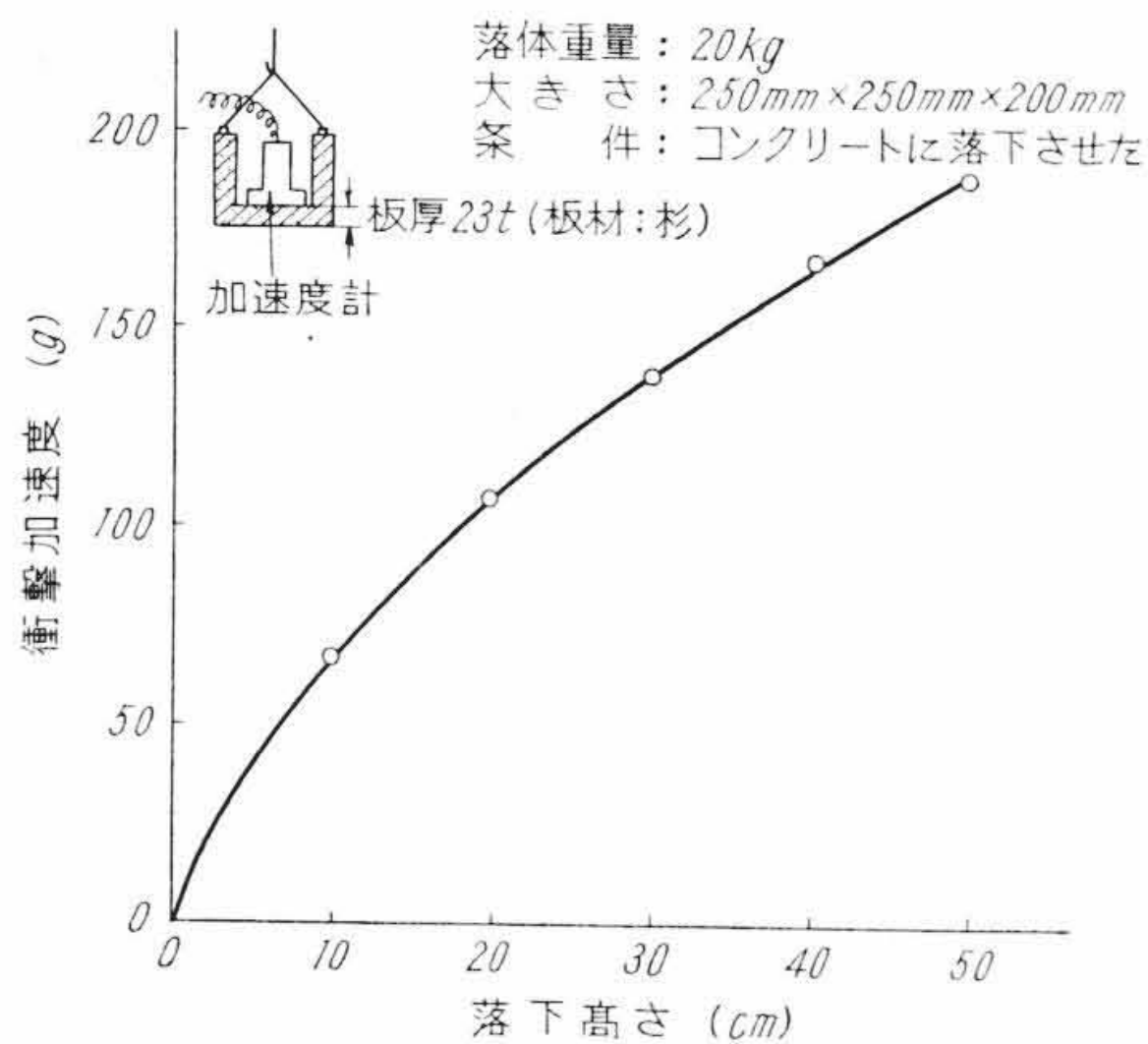
3.4 激動試験

3.4.1 激動試験機概要

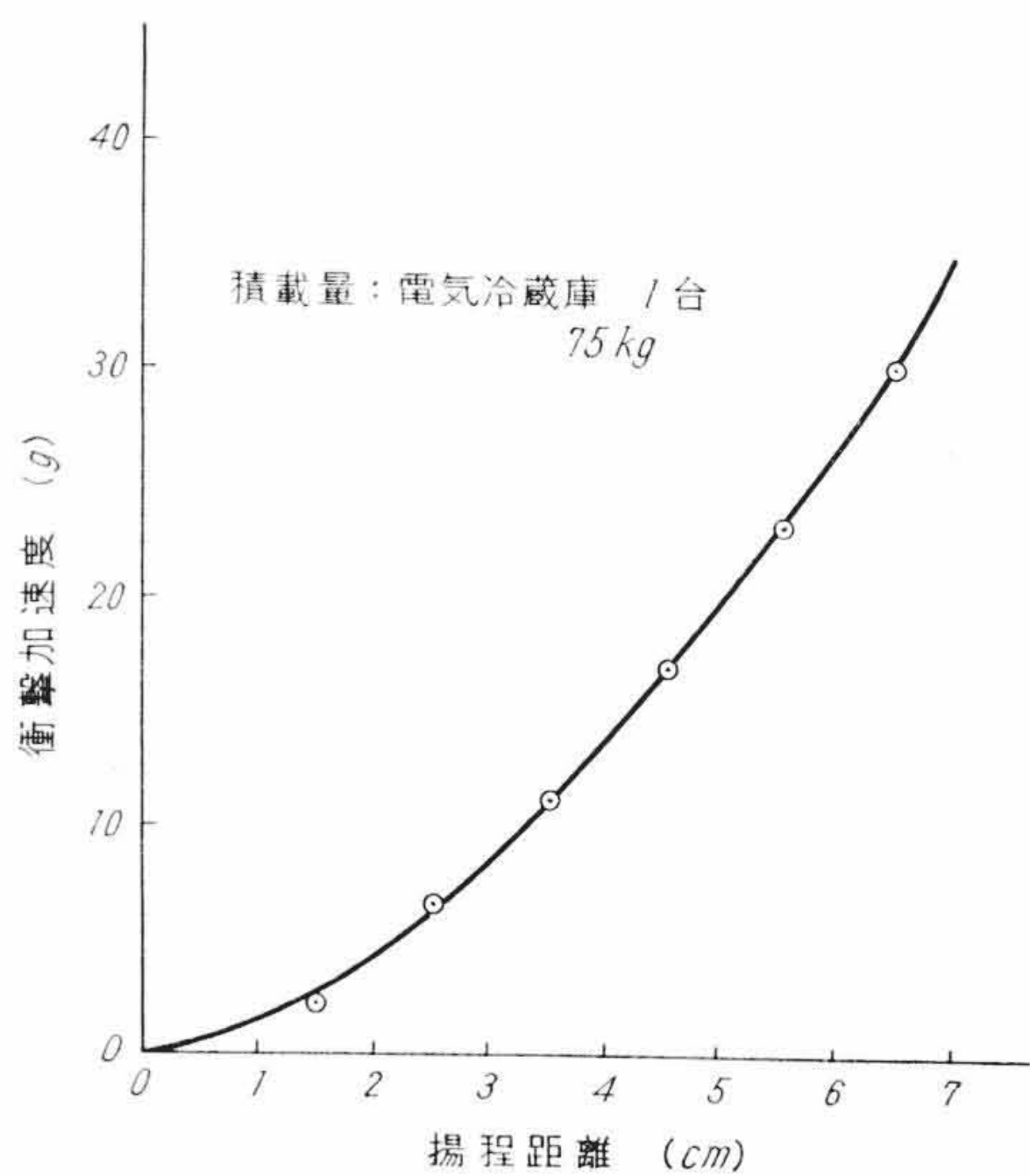
激動試験機とは所定の落下高さより断続的に落下衝撃を行なえるもので、輸送中のくり返し衝撃あるいは荷役中の断続的な衝撃を再現させるためのものである。第11図は東京衡機製の激動試験機であり、その機器仕様は第6表に示すとおりである。

3.4.2 激動試験の衝撃加速度

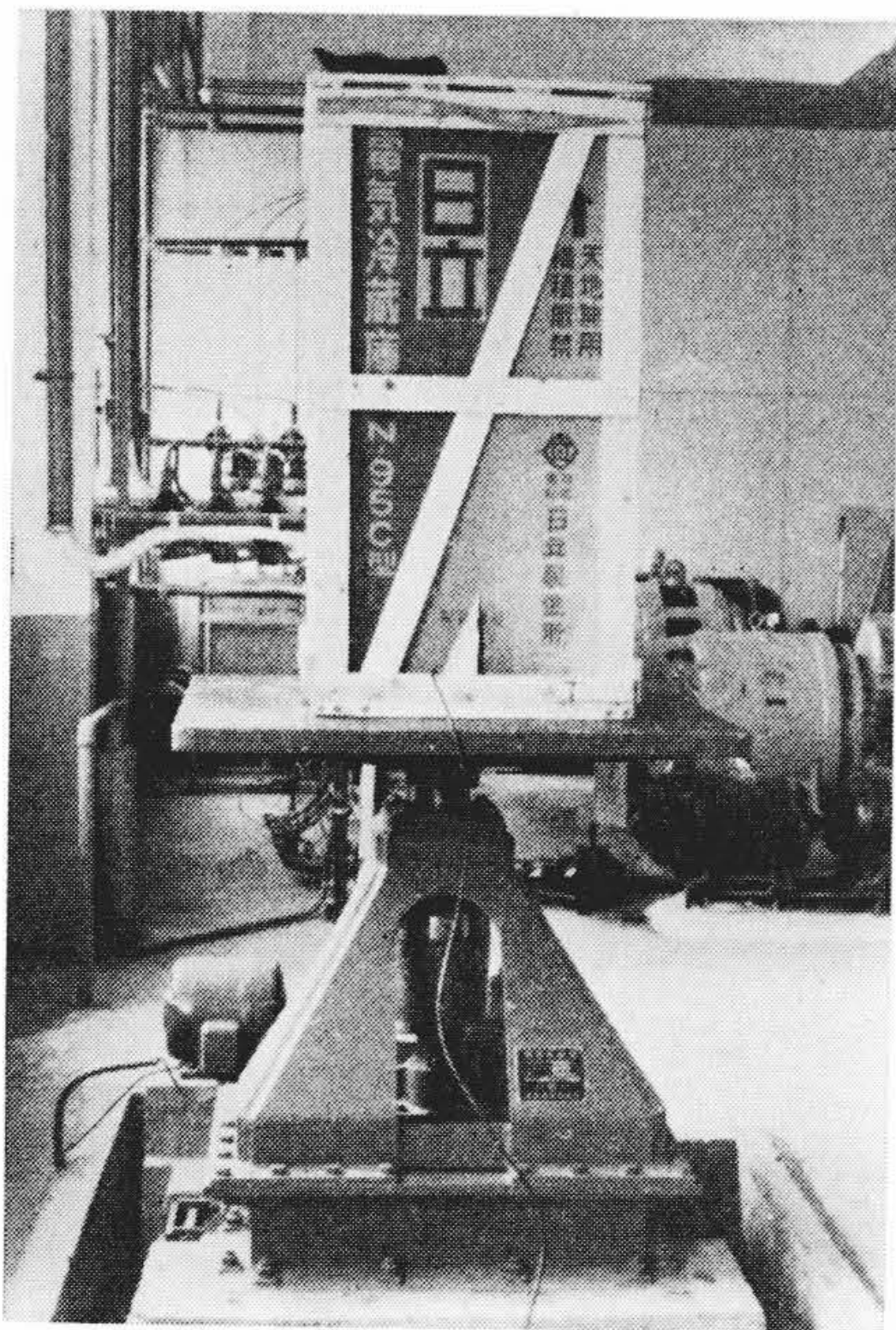
激動試験では供試品と衝撃面とがほぼ一体となっており繰り返



第 10 図 落下高さと衝撃力との関係



第 12 図 激動試験機の衝撃加速度



第 11 図 激 動 試 験 機 外 観



第 13 図 14 フィート回転 6 角ドラム試験機外観

下するものであるから、供試品に加わる衝撃力は落下試験の場合よりかなり小さくなる。第 12 図は試験機の揚程距離と衝撃加速度の関係を示したものである。

3.5 回転六角ドラム試験

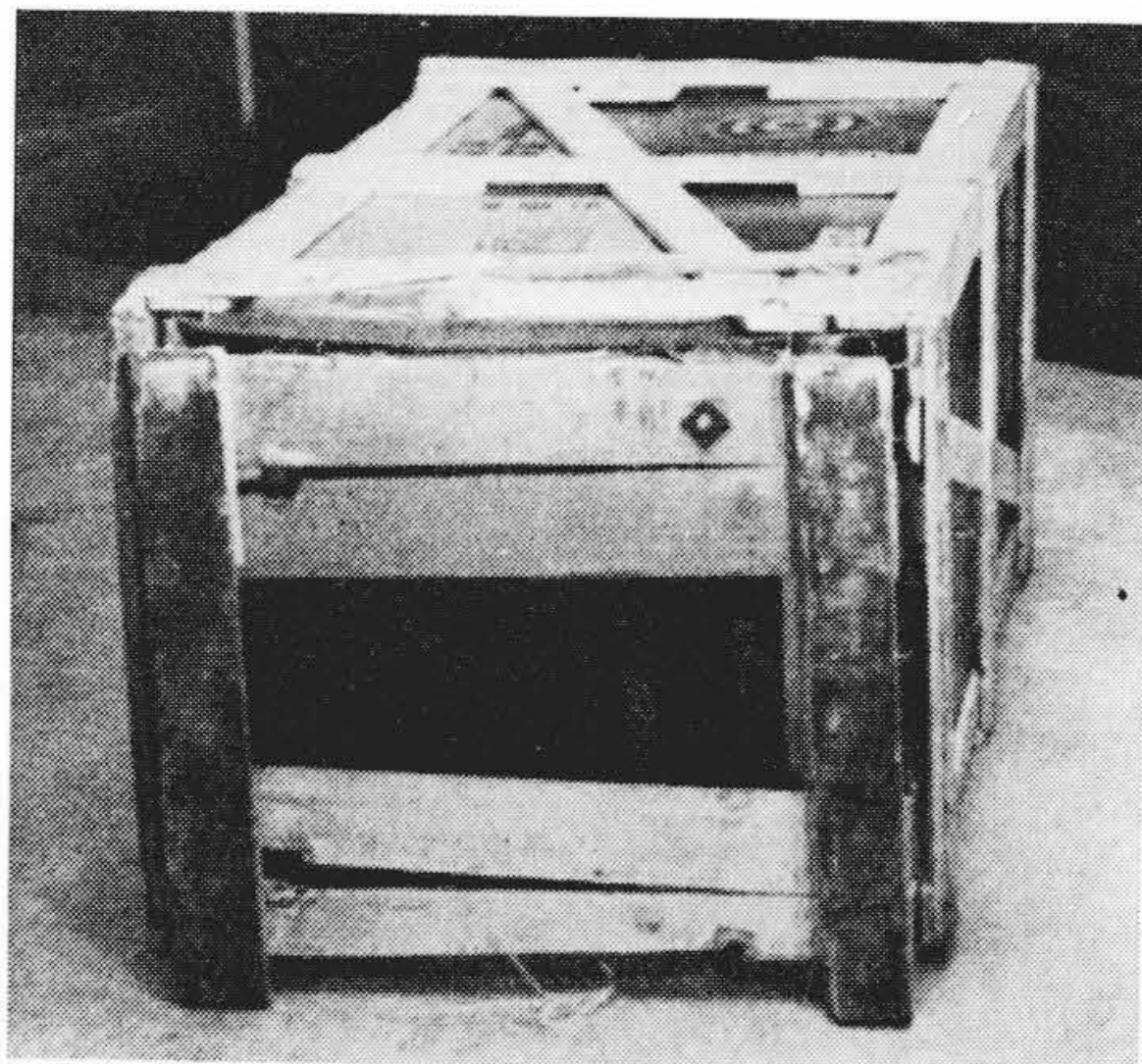
3.5.1 回転六角ドラム試験機概要

回転六角ドラム試験は六角ドラムの中に供試品を入れ、ドラムを回転させて供試品にすべり、落下、倒れなどの衝撃を与えて包装強度を試験するものである。試験機および試験方法については JIS-Z-0209, 0210, 0211(1954)に規定されており、ドラム直径が 7 フィートと 14 フィートの 2 種類がある。冷蔵庫の場合は 14 フィートドラムのものが使用される。

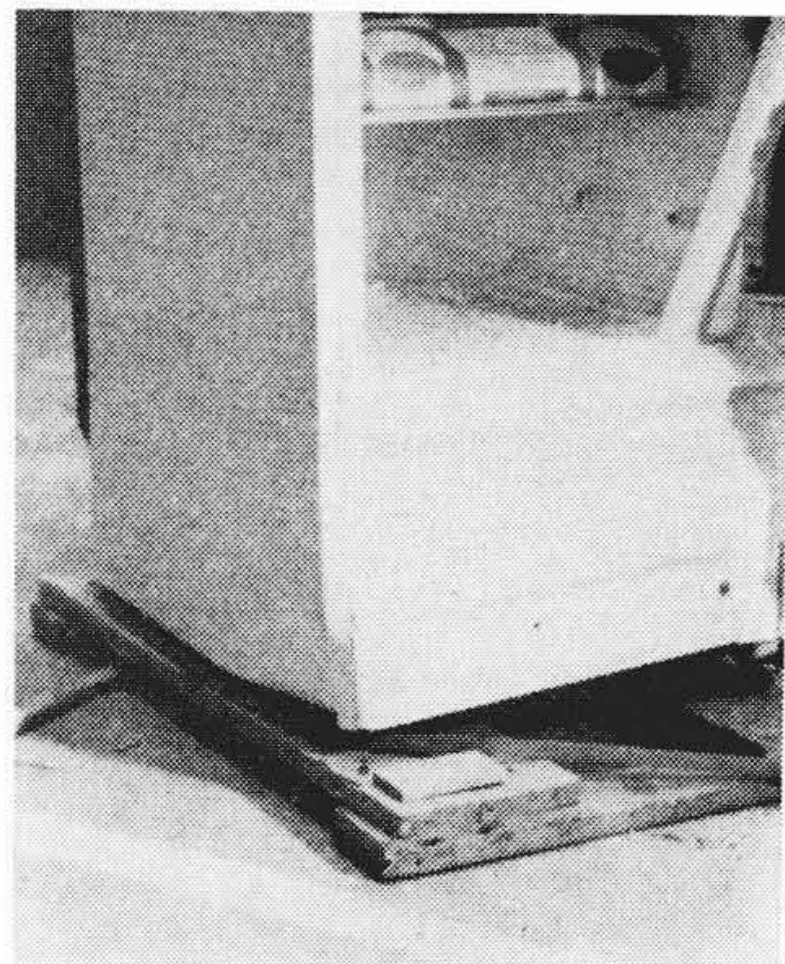
第 13 図は試験機の外観を示したものである。

3.5.2 回転六角ドラム試験の衝撃力

回転六角ドラム試験により供試品に加わる衝撃力の方向は一定していない。したがって衝撃力の三方向の成分を求める必要がある。供試品の前後、左右、上下の三方向のうち左右方向に最も大きい加速度が加えられ最高約 200 g であった。次に上下方向では約 70 g, 前後方向では約 50 g となった。このような大きな加速度が包装品の各方向から連続的に与えられることは冷



(a) 包 装 品 外 観



(b) 冷蔵庫下部の変形

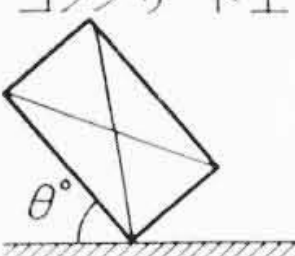
第 14 図 冷蔵庫包装品の回転 6 角ドラム試験結果(4 回転)

蔵庫のように重量の大きいものにとってはかなりの過酷な試験となる。第 14 図は冷蔵庫包装品の回転六角ドラム試験、4 回転(24 転落)の結果である。包装外部および冷蔵庫の損傷状況は輸送事故例にみられないほどじん大であった。

第6表 激動試験機仕様

項目	諸元	項目	諸元
メーカー	東京衡機製造所	揚程	最大 70mm
微動回数	25 回/min	最大負荷容量	200 kg

第7表 工場内包装強度試験仕様

順序	種類	衝撃部所	回数(回) 時間(分)	方法		備考
				下 限	上 限	
1	落下	稜(下部)前後左右	各1回 各1回	20 cm 落下 30 cm 落下	40 cm 落下 50 cm 落下	コンクリート上
		角(下部)前後左右	各1回	20 cm 落下	40 cm 落下	
2	横倒し	前後側面	1回	30度傾斜	50度傾斜	
		前後側面	1回	30度傾斜	50度傾斜	
		左右側面	1回	30度傾斜	50度傾斜	
		左右側面	1回	30度傾斜	50度傾斜	
3	傾斜衝撃	前後側面	1回	1 m 走行	2 m 走行	供試品突き出し寸法は約50mmとする
		前後側面	1回	1 m 走行	2 m 走行	
		左右側面	1回	1 m 走行	2 m 走行	
		左右側面	1回	1 m 走行	2 m 走行	
4	振動	上下垂直加振	5分	200~1,200 rpm 振幅2 mm	200~1,200 rpm 5 mm	振動数変化率は1 c/s/s 加振時間は2分加振後5分休止、再び3分加振とする
		上下垂直加振	5分	1,200~2,000 rpm 振幅1 mm	1,200~2,000 rpm 2 mm	
		前後水平加振	5分	50~300 rpm 振幅10mm	50~300 rpm 30mm	
		左右水車加振	5分	50~300 rpm 振幅10mm	50~300 rpm 30mm	
5	激動	上下激動	100 回 (200)	揚程 65mm 100 回	揚程 65mm 200 回	20 回/分
6	傾斜衝撃	底面	1回	4 m 走行	6 m 走行	突き出し寸法50mm

4. 工場内包装強度試験の設定とその効果

4.1 包装強度試験仕様

緒言にも触れたように、量産製品の荷造包装の強度は不足であってもまた過剰であってもいけない。したがって包装強度の良否を試験するにはまず合理的な試験方法を確立することが先決である。第2章の冷蔵庫荷造包装の輸送フローチャートおよび小形トラック輸送の衝撃力解析と第3章の実験結果とを総合的に検討し、輸送試験と等価な工場内包装強度試験方法を第7表のように設定した。1台の供試品について第7表の順序にしたがって試験する。開梱(かいこん)点検は全試験項目終了後に行なう。試験仕様の上限および下限とは、包装強度の過不足を指摘しうるように便宜上分けたものであり、下限の試験仕様で強度不足を、上限の試験仕様で強度過剰を判定するものである。荷造包装品には一般に下限の仕様で試験を実施している。

4.2 包装強度試験仕様の妥当性

第7表の下限の試験仕様を第3表の様式で整理すると第8表のようになる。第3表と第8表を比較すると第7表は実輸送の場合より衝撃加速度を大きめにとってある。これは工場内試験条件を実輸送条件よりきつくして安全をとったものである。5 cm 以下の衝撃力は工場内では激動試験および振動試験により与えた。これはトラック

第8表 包装強度試験下限仕様の衝撃

相当高さ 衝撃	衝撃回数					合計回数 (10~60 cm)
	5 cm	15 cm	20 cm	30 cm	60 cm	
角または稜	—	—	8	4	—	12
下面	100	—	—	—	1	1
側面	—	4	—	4	—	8
振動	20分	—	—	—	—	—
合計回数	100+20分	4	8	8	1	21

第9表 輸送事故指数

製作年度	32	33	34	35	36
輸送事故指数	100	75	73	86	30

(注) 昭和32年度の輸送事故率を100とした。

輸送や角つき運搬の代替をねらったものである。振動試験は加振時間が短いきらいはあるが、振動数範囲を広くとってカバーした。工場内包装試験は短時間で行なえるということが一つのたいせつなねらいであるからである。10 cm 以上の落下衝撃は第3表では20~28回となっているが第8表では21回とした。上限仕様に関してはまだ試験実績も少なく、今後さらに検討が必要である。

4.3 包装強度試験実施の効果

包装強度試験実施の効果を、工場出荷後輸送事故として返却される比率からながめることにする。第9表は昭和32年の全出荷台数に対する輸送事故率を100としたときの各年度の輸送事故指数を示す。昭和36年度は7月現在を表わしているが、昭和32年の3分の1以下、昭和35年の2分の1以下に事故率が減少している。これは昭和36年度の製品から第6表の仕様に基づく包装強度試験を全面的に実施した効果と考えられる。現在の輸送事故内訳は冷蔵庫外箱の塗装傷や突き傷などが圧倒的に多いが、包装コストを上げることなくこれらの事故率をさらに低減する必要がある。また輸送事故品の中には第6表の試験仕様では再現できない事故例もあり、コンクリート上2 m からさかさ落下を3回も行なって再現できる場合がある。これらの事故は事故率の大小によって対策の要否を決定する方針をとっている。

5. 結 言

電気冷蔵庫荷造包装の強度試験は包装強度の過不足を指摘しうるものでなければならない。筆者らは輸送試験の代替としての、合理的な工場内試験方法を設定、実施することにより、包装コストを引き上げることなく輸送事故の低下に成功した。しかし輸送事故というものは、輸送手段や地域によって変動する性質を有するので、輸送事故内容を調査検討し、工場内試験のあり方を常に吟味するたゆまない努力が必要である。終わりに本稿に関し、ご指導とご援助を賜った日立製作所多賀工場、白石検査部長をはじめ関係各位に深じんの謝意を表する。

参 考 文 献

- (1) 長谷川良雄：包装と材料，通巻13号（昭33-6月号）
- (2) 電気学会技術報告，第22号（昭32-12）