

バンド補強形白黒ブラウン管

Black and White Banded Picture Tube for Implosion Protection

沖

浩*

Hiroshi Oki

要 旨

テレビ用ブラウン管は近年ますます画面の方形化、大形化、偏向角の拡大による管の偏平化の方向に進み見やすい形状になってきたが、今回はダークティント・バルブを用いたバンド補強形白黒ブラウン管を開発してブラウン管の安全性を増すとともに反射光が少なく、コントラストの高い、良質の映像を提供できるようになった。

1. 緒 言

テレビ用ブラウン管の形状は、より大きい映像が得られるように管自身を大きくするとともに映像面は方形化され、偏向角を拡大することにより偏平化されてきた。しかしこれらの形状の改良は、ガラスで作られている管体(バルブ)にとっては大気圧により押しつぶされる破壊、いわゆる爆縮の危険を増大したことになる。ガラスバルブの製造技術が進み爆縮の原因になるガラスのキズや残留ひずみなどは、大幅に減少しているが、取り扱いの不注意や偶然のきっかけによる爆縮は皆無ではなく、数十万本に1本程度の割合で発生するようである。このためテレビセットは必ずブラウン管の映像面の前に、透明な安全ガラスを取り付けて数十万に一つの危険の防止を図っている。しかし、この前面安全ガラスは、ブラウン管の大形化に伴い大きく厚くしなければならないので、コスト高になるばかりでなく、セットも重くなる。また、もともとこれは外光を反射する面を通して映像をみているため、聴視者側の物体の反射像がテレビ画面と重なって見えるので、特に明るい場所では画質をそこなうことになる。これらの欠点を一挙に解決するため、ブラウン管自体にバンド補強処理を施して、安全でしかもコントラストの高い良質の映像を提供する白黒ブラウン管を開発したので、以下その構造と特長のあらましを述べる。

2. バンド補強管の原理と構造

ブラウン管を補強する方法は現在四種類に分類され、ブラウン管の映像面を直接補強するバンド補強方式、プラスチック補強方式と、ブラウン管の映像面はそのままにしてその周辺を補強したバンド補強方式とリム補強方式とがある⁽¹⁾。いずれもおのおのの特長があるが、われわれは補強効果が高く経費が少ないバンド補強方式を採用している。

2.1 バンド補強管の原理

現在19形ブラウン管は図1のような形状をしており、内部は高真空に保たれているため、管の外表面は大気により毎平方センチメートル当たり約1 kgの圧力を受けており、19形管の映像面には約1.1 tの力が加わってバルブを押しつぶそうとしている。これらの圧力によりバルブにどのようなひずみを生じているかを抵抗線ひずみ計(ワイヤーストレインゲージ)で測定した結果を図2に示す。特に注意しなければならない点は、バルブの最大径部に当たる映像面からファンネルに続く側壁(リム)領域で、バルブの外周に沿う方向に大きな引張ひずみを生じている点である。ガラスはその性質上引張ひずみの加わっている所で割れやすく、またこの部分に一度微小な割れが発生すればそれは次第に成長していく。また割れの成長は水分の作用のもとでさらに早められる。このようにして、なんらかの原因で側壁部がわずかでも傷つけられた場合、割れは少しずつ成長し、やがてある大きさに達すると急速にバルブ全面に広がり、さきに述べた大気圧で押しつぶされて自然爆縮に至る。自然爆縮した従来のブラウン管の例を図3に示す。ガラスの割れ目がバルブの最大径部に直角に伸びており、その一部に起点がある点に注意されたい。次にバルブに強い衝撃を加えた場合も、主として衝撃部からの割れが急速にバルブ最大径部を横切って全面に広がり、爆縮に至る。この状況を毎秒5,000コマの高速度カメラで撮影して調べると衝撃後1/1,000秒以内に割れが全面に広がり、バルブの映像面中央部は中へ陥没し、映像面周辺部とバルブの後壁の一部が前方に秒速約5 m程度で飛び出して来ることがわかった。したがって爆縮を防ぐためにはバルブ側壁に傷がつかぬよう保護し、防湿処理を行ない、引張ひずみを軽減し、たとえ衝撃により割れが生じたとしても、衝撃でできた穴などから空気がはいりこんで、管内外の圧力差がなくなるまで、割れたバルブの破片がばらばらにくずれないように、なんらかのささえを設ければよいと考えられる。これを実現するために次に述べ

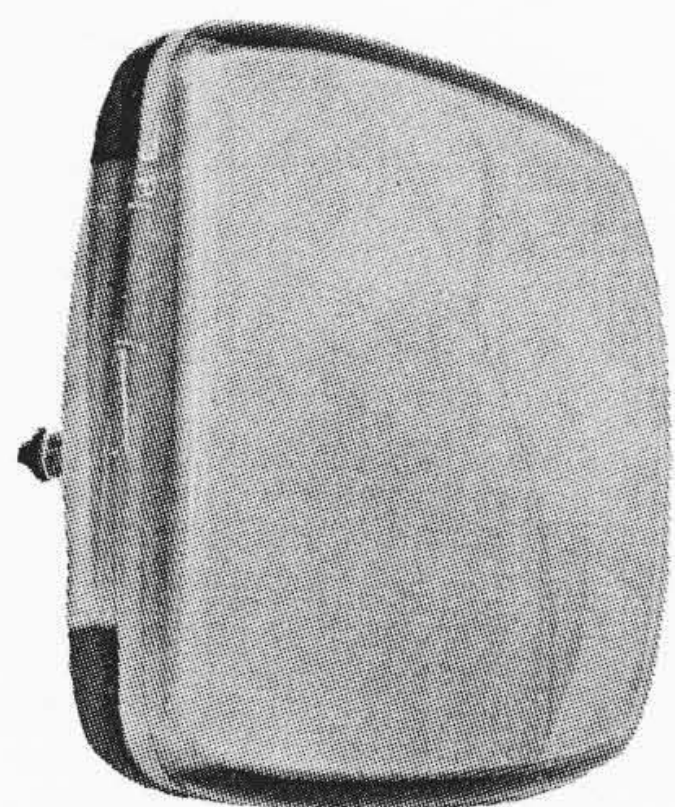
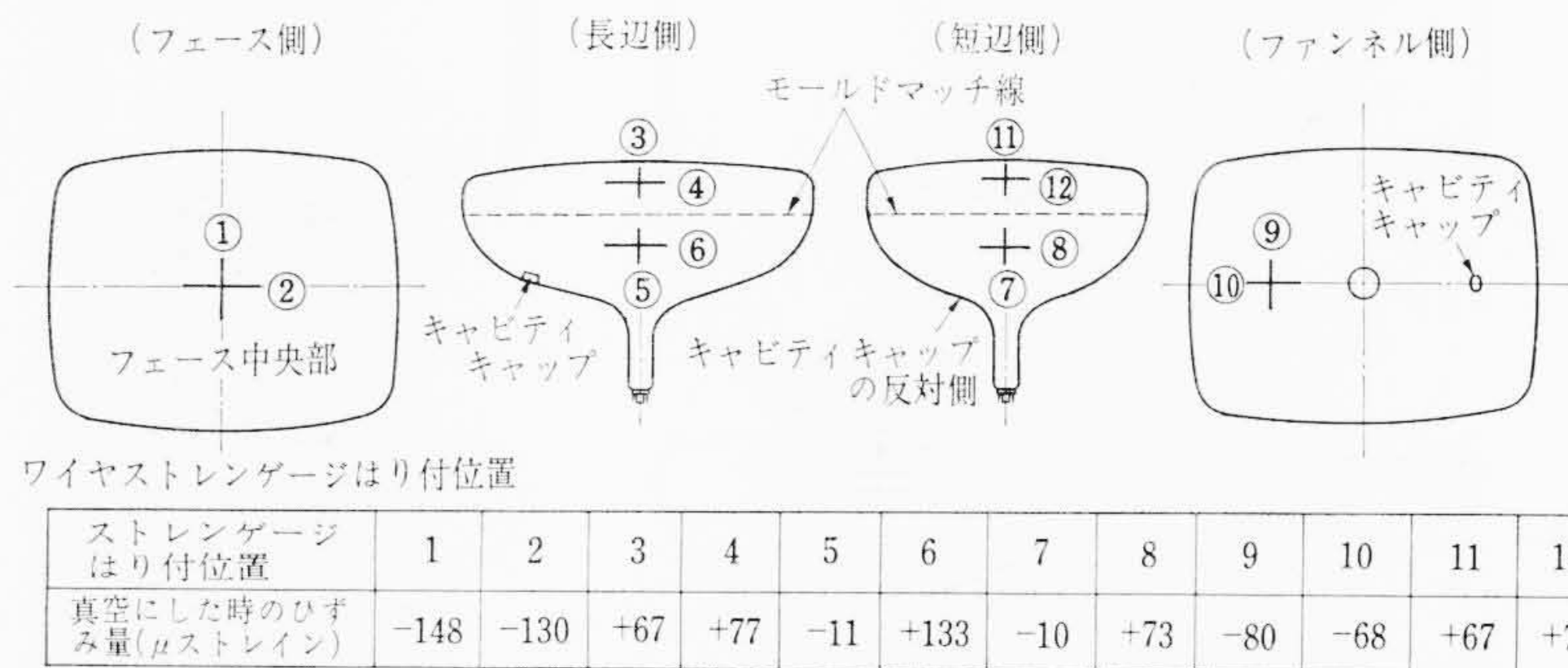


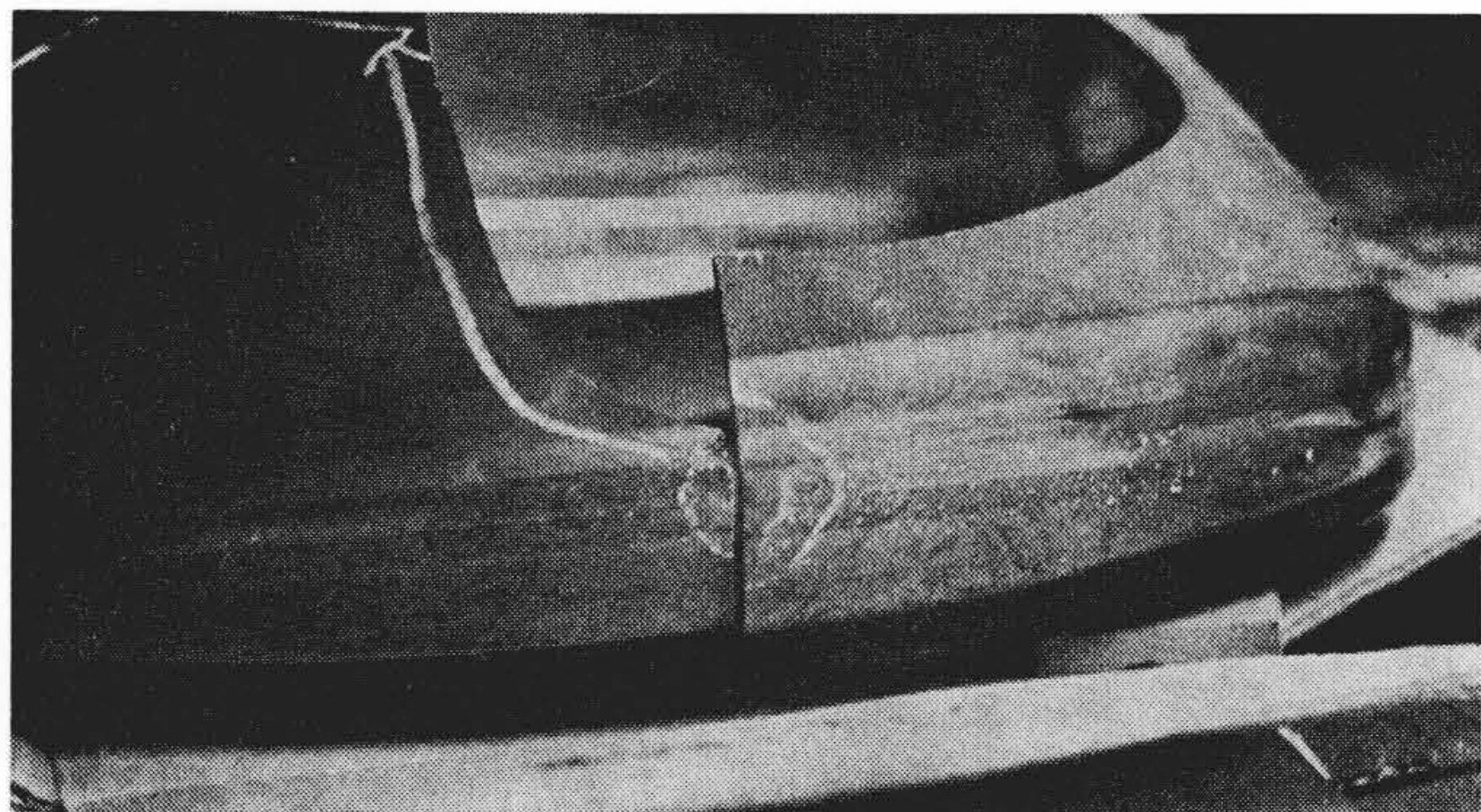
図1 非補強形19形白黒ブラウン管470 ATB 4



排気前のひずみを基準にして排気後のひずみを測定したもの。
(+)は引張ひずみ、(-)は圧縮ひずみを示す。

図2 19形白黒ブラウン管に発生するガラスのひずみ

* 日立製作所茂原工場



長辺中央の縦の割れ目の一部に起点があった

図3 自然爆縮した非補強19形白黒ブラウン管の復元調査

る構造を採用した。しかし現在まだこの破壊現象の各因子を定量的に解明するには至っていないため、これら因子の大きさは、以下に述べる衝撃試験をくり返して実験的に求めて、十分安全な範囲内に管理するほかない。

2.2 バンド補強管の構造

バルブの側壁にバンドを巻き付けて補強する方式はすでに1930年代に考案されており⁽²⁾、順次改良されている^{(3)~(7)}。われわれは図4(c)に示すように、エポキシ樹脂を内面に塗布した金属リムバンドで、ブラウン管の映像面の周辺から側壁部をおおい、さらにその周囲に重ねてテンションバンドを一層巻き付け所定の締付力で締め付け、テンションバンドの両端をスポットウェルドで互いに固定する構造を採用している。バンド締め付けを終わった管は加熱工程でエポキシ樹脂を加熱硬化させリムバンドとバルブを互いに接着固定させる。

バンド補強管には管体をテレビセットに取り付けるとき便利のようにあらかじめ取付ラグを一つずつその四隅に設けたいいわゆる取付ラグ付バンド補強管もある。この例を図4(b)に示す。各バルブの

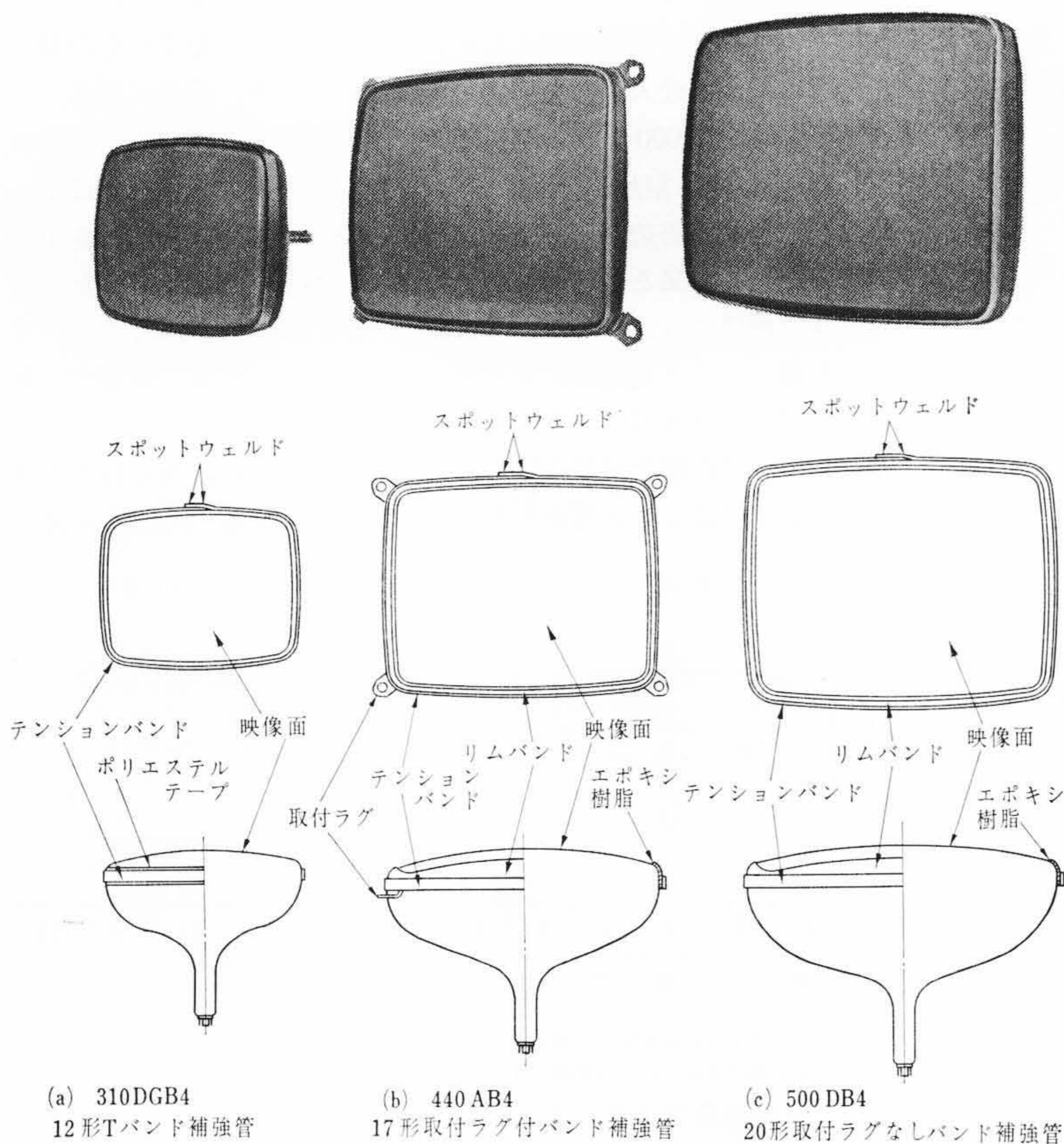


図4 バンド補強管の外観と構造略図

表1 バンド補強形白黒ブラウン管の
テンションバンド最適締付力

ブラウン管 最大部径	(mm)	400	470	590
最適締付力	(kg)	90~136	270~370	370~450

大きさに対するテンションバンドの最適締付力は、破壊試験をくり返して求めているが、その例を表1に示す。

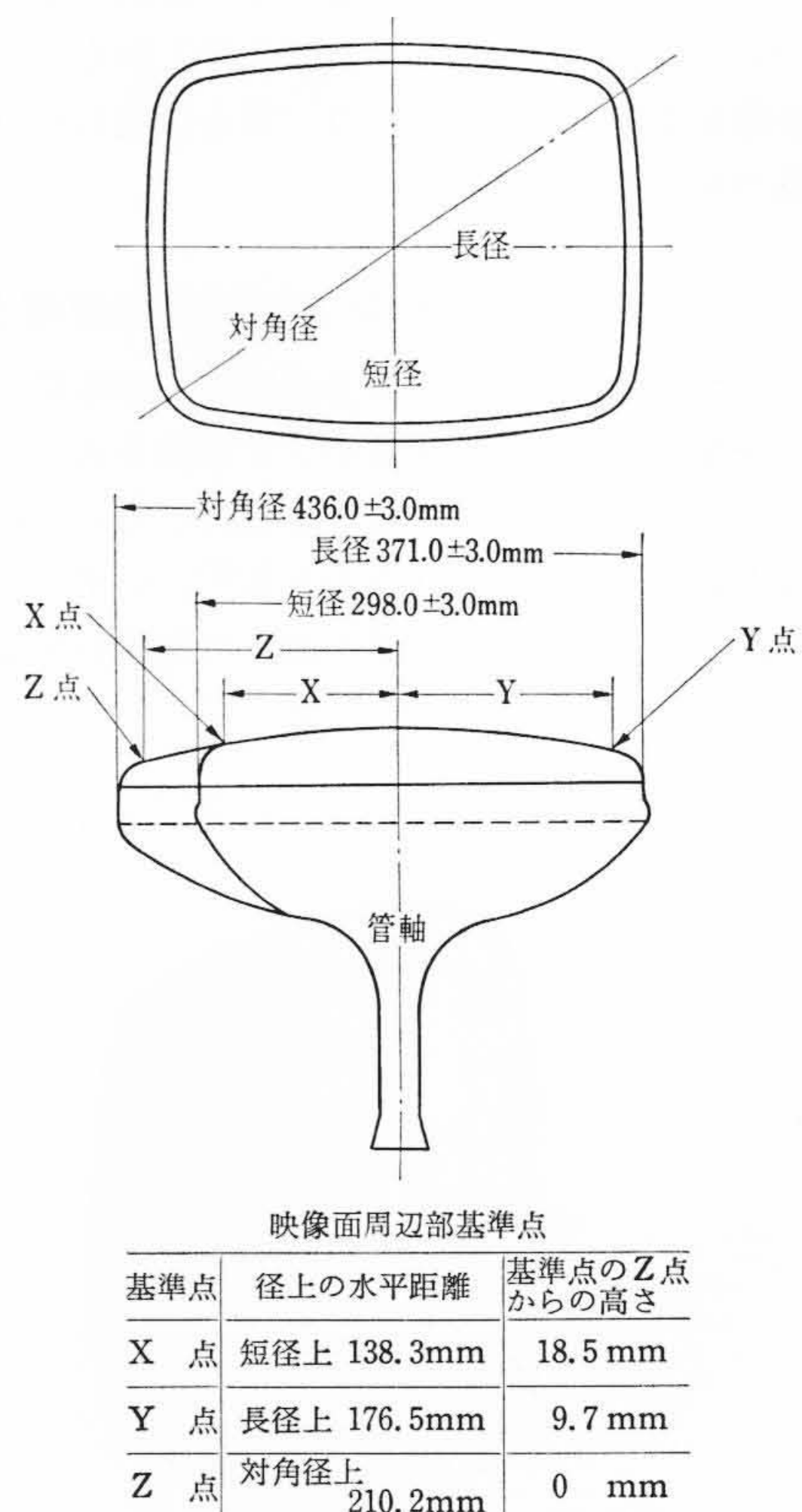
次に、前述した構造を大きさの違うブラウン管に適用して詳細に検討を続けたところ、12形以下の小形管の場合にはリムバンドもエポキシ樹脂も用いないで、その代わりにポリエステルテープをバルブに一層巻き付け、その上にテンションバンドを締め付けて、その両端を固定した簡易構造、すなわちTバンド方式でも、十分高い補強効果を持たせることができたので、この構造も採用した。この例を図4(a)に示す。いずれの場合でもバルブの側壁部を保護し、この部分のまわりに強い締付力を加え続ける構造に作られ、なんらかの原因で偶然バルブが割れた場合でも、ガラス破片が互いにずれないように、この部分でしっかり押えつけ、バルブ全体が容易にくずれないようにしてある。このために各部品と材料には次に述べる特性を持たせてある。

3. 構成部品の特性

3.1 管体（バルブ）

バンド補強管ではバルブそのものが重要な部分であり、光学的な問題と寸法的な問題があった。

バルブの光学的な問題としては、その映像面の光透過率をどの程度にすればよいかということである。バンド補強管はもはや映像面の前面に安全ガラスを用いないので明るい環境でコントラストの良い映像を得るためには、映像面部のガラスに着色して光透過率を下



縦、横、対角寸法および映像面周辺部基準点

図5 17形440AB4用バルブ寸法略図

げ、蛍光面からの反射光を減らして、映像画面中の黒の部分をしめなければならない。現在バンド補強管に用いているバルブは黒色に着色されその光透過率はブラウン管の大きさにより40~54%にしてあり、従来のブラウン管（光透過率75%程度）に比べてコントラスト比は2倍程度改善されている。また、ガラスを着色したため映像面部のガラス肉厚分布を従来のブラウン管のようになおくと、周辺が暗くなり映像が見苦しくなるので、バンド補強処理後の強度にさしつかえない範囲でガラス肉厚の均一化を図っている。

バルブの寸法的な問題としては、まずバルブ自身のバンド補強処理後の強度の問題がある。開発の初期において、ある大きさの補強管はほかの大きさの補強管に比べて非常に弱いことがあった。いろいろ検討した結果、バルブ各部のガラスの厚さの分布を変更したところ画然と強度を増すことができた。現在われわれがバンド補強管に用いているバルブは、すべてこのような検討を加えたものである。

次に問題になる点はバルブの外形寸法である。バルブの一部は溶けたガラス塊を型押で作るため寸法のバラツキが多く、図5に示すように縦、横、対角径の寸法は $\pm 3.0\text{ mm}$ の公差になっているが、このように大幅に寸法が変わっては、一定の寸法に成形したリムバンドを締め付けた場合バルブ側壁によくなじまず、補強効果が低下してしまうのでつごうが悪い。しかし、幸いバルブの製作技術が進み、十分管理してもらうことにより公差いっばいに変動することはなくなり、これまで事故は起こしていない。いま一つ寸法上で問題になる点は、補強管の映像面外形のふくらみのバラツキである。補強管の映像面外形は直接テレビセットのエスカッションに接するため、図5に示す縦、横、対角軸上に設けた基準点；X点、Y点、Z点で管理することにしており、Z点を基準にしたX点およびY点の管軸方向の高さの差を $\pm 1\text{ mm}$ 以内に押える必要があり、目下検討中である。

またバンド補強管に使用するバルブにはテンションバンドを締め付ける際、テンションバンドがバルブの前後にすべり落ちないように、バルブの四隅の外壁を管軸と平行になるように成形している。

3.2 リムバンド

リムバンドは図6(a)に示すような構造をしており、バルブの映像面の外から側壁全体にわたり、ぴったり適合した形状にするためバルブ外周と同じ断面形状を持つようにプレス整形されたU字形の薄い鉄板で、さび止めのため亜鉛メッキしてクロメート処理してある。取付ラグ付リムバンドは図6(b)に示すように、リムバンド(図6(a))の二隅に取付ラグを点溶接してある。リムバンドはいずれも図6(c)に示すように、バルブの短辺上で互いに重なり合うように設置される。

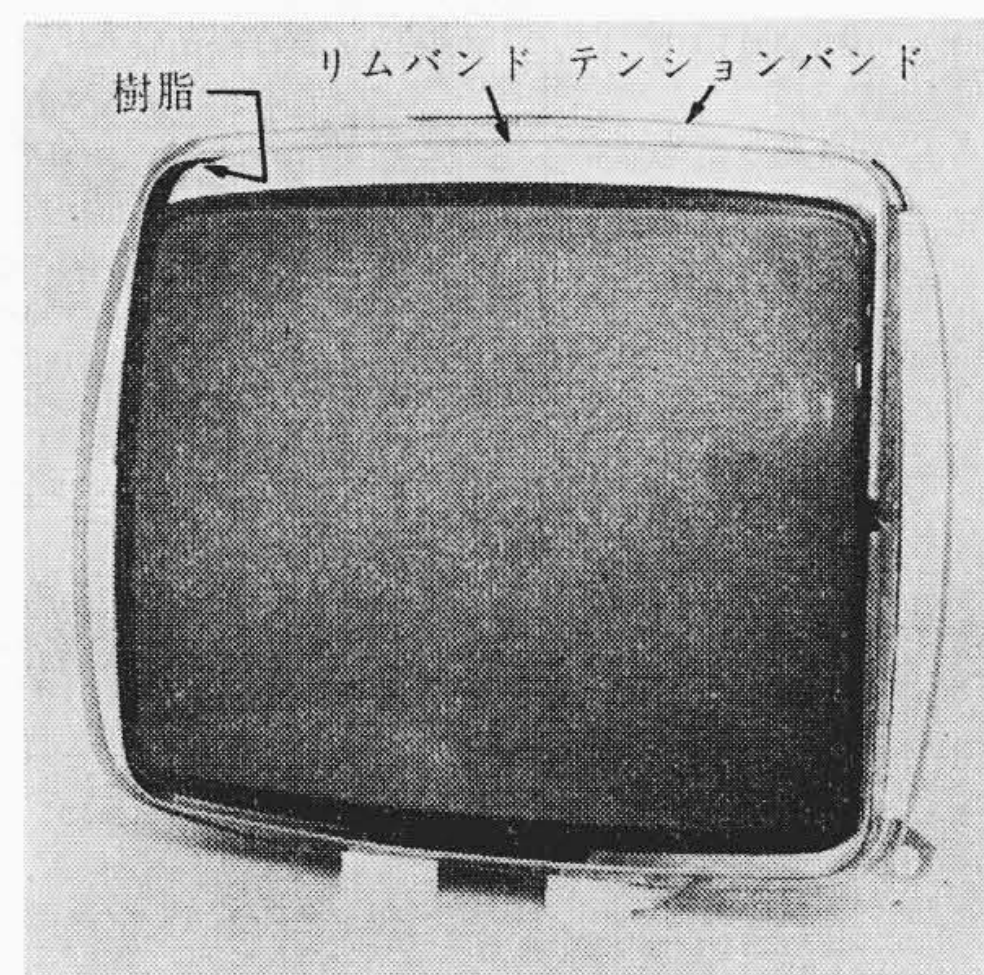
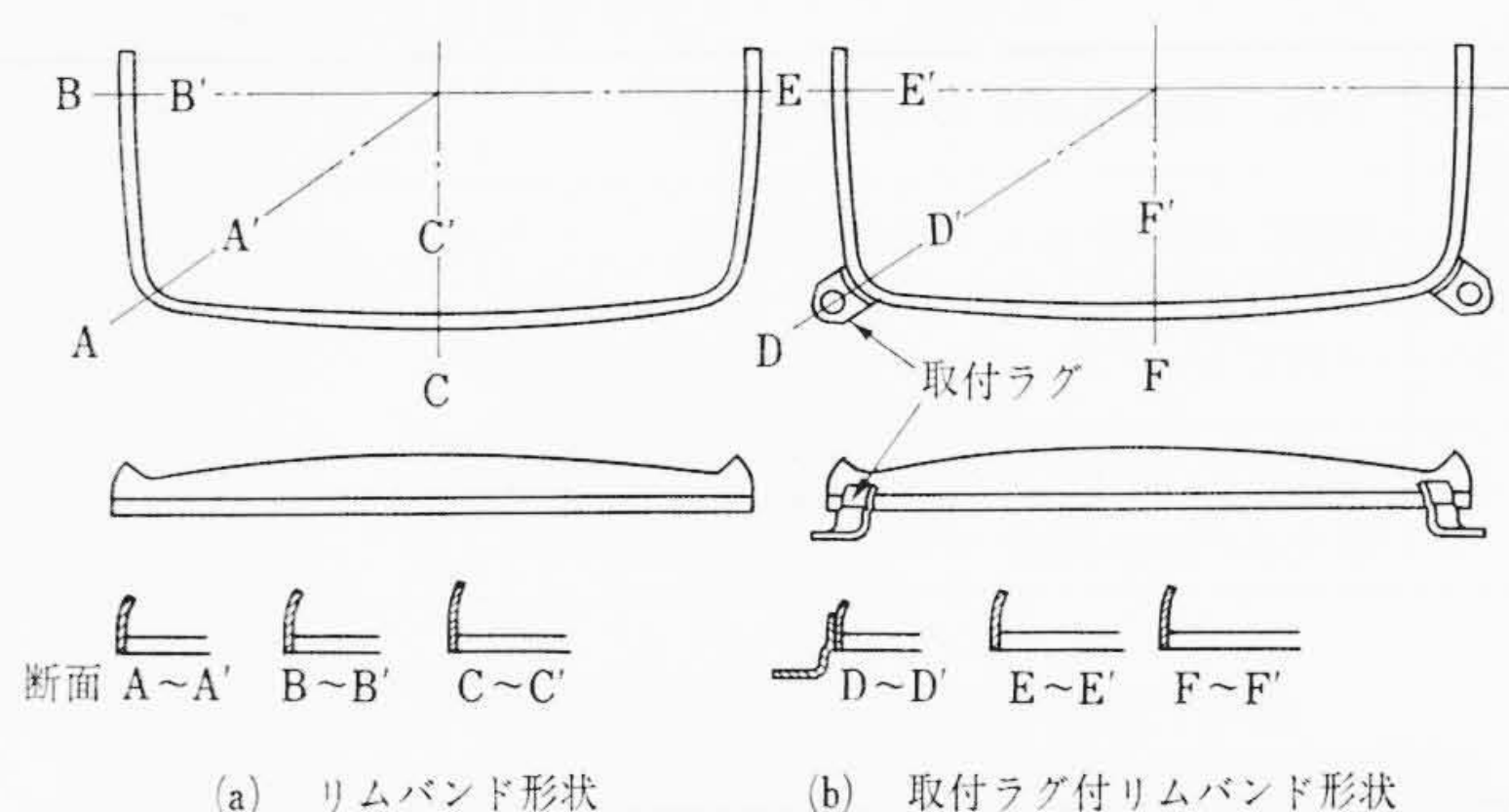
取付ラグのバルブに対する位置決めを精度よく行なうことは実際上かなりむずかしい。特にバルブのZ点と取付ラグまでの間隔のバラツキは $\pm 2\text{ mm}$ あり、これを半分以下に押えるよう検討を続けている。取付ラグはしっかりしたキャビネットに取り付けた場合、加速度 50 g の落下テストに耐えるように設計してある。

3.3 テンションバンド

テンションバンドは幅 16 mm 厚さ 0.6 mm のもの、および幅 19 mm 厚さ 0.7 mm のものをバルブサイズ別に用いている。このバンドの材料は非常に抗張力の高い特殊鋼帯を亜鉛メッキして用いている。このテンションバンドは補強の際に加わる数百 kg の引張力でクリープしない仕様にしてあるので補強特性の経時的な劣化は起こらない。

3.4 接着用樹脂

リムバンドをバルブに強固に固着させる接着剤として、エポキシ樹脂を用いている。ここに用いる樹脂の特性として、まず硬化させたあとの接着力が大きいこと、伸びが少ないことが要求されるが、さらにたいせつなことは、性能に経時変化の少ないことである。わ



(c) リムバンドをバルブに締め付ける状況を示す
図6 リムバンド形状とリムバンドをバルブに締め付ける状況を示す。

れわれは5.1で述べる各種の強制温度試験において、これらの経時変化を検討し最適条件を求め、特殊なエポキシ樹脂を採用したので通常の家庭における使用条件で補強特性が劣化することはない。そのほか、この樹脂は補強工程中でも取り扱いが容易になるよう、室温における粘度とか硬化までの所要時間を調整してある。

3.5 ポリエステルテープ

Tバンド方式ではリムバンドとエポキシ樹脂の代わりに、幅 25 mm の合成樹脂製テープを用いてガラス壁を傷付けないように保護している。これに用いるテープの基材には、強じんなポリエステル製の薄いフィルムを用い、粘着性の接着剤をその片面に塗布しておき、バルブ側壁に粘着面を当ててぴったり一重に巻き付けて使っている。

4. バンド補強管の製法

これまで述べたバンド補強管は、自動バンド締付機を用いて簡単に正確に作られる。バンド補強管は図6(c)に模型的に示したようにあらかじめエポキシ樹脂を塗布したリムバンドを2本用い、バルブの短辺上で互いの端を重ね合わせながら、全体をバルブ側壁にぴったり沿わせる。次に自動バンド締付機を動作させれば、バルブをとりまくリムバンドの周囲にテンションバンドが一重に巻き付けられ、所定の力で締め付けられ、次にテンションバンドが所定の長さに切断され、その両端が互いにスポットウエルド付けで固定される。これら各工程は自動的に行なわれる。この際バンドの締付力は、表1に示す値の範囲内に保たれる。Tバンド補強の場合にはポリエステルテープを一層巻き付けたバルブを自動締付機に入ればあとは同様にできる。取付ラグ付補強管も取付ラグ付リムバンドを用いれば、取付ラグの高さおよび縦、横の位置決めも同時にでき上がる。Tバンド管以外はバンド締付を終わったのち加熱工程に入れられエポキシ樹脂を硬化させ、リムバンドとバルブの間をすき間なく埋めて固着させる。このようにして補強処理されたブラウン管は、再び電気的特性のテストを受けたのち、厳密な管理のもとに補強効

表 2 バンド補強形ブラウン管の強制温度試験条件

1	149℃ (300°F) にて 50 時間連続放置
2	204℃ (400°F) にて 5 時間連続放置
3	-40℃ (-40°F) にて 48 時間連続放置
4	-40℃ (-40°F)~71℃ (160°F) の温度サイクルを 5 サイクル (ただし 2 サイクル/日の割)

表 3 衝撃試験における爆縮状況合否判定表 各飛散範囲内に落ちた破片の重量と大きさが下記の量を越えなければ合格である			
飛散範囲 衝撃試験名	第 1 障壁まで (0~900 mm)	第 1 障壁から第 2 障壁まで (900~1,500 mm)	第 2 障壁以遠 (1,500 mm 以上)
15 ft-lb 試験	いくらあってもよい	総重量 42.5 g 以下 最大破片重量 14.2 g 以下	微細片以外はあ ってはならない
ギロチン試験	いくらあってもよい	総重量 42.5 g 以下 最大破片重量 14.2 g 以下	微細片以外はあ ってはならない
ホットロッド試験	いくらあってもよい	総重量 42.5 g 以下 最大破片重量 14.2 g 以下	微細片以外はあ ってはならない

果の試験を受けて各顧客に送られる。図 4 に示した各バンド補強管は、このようにして作られたものである。

5. 補強効果の試験法

前節に述べた方法で作られた補強管は厳重な管理のもとに、抜取りで次に述べるような各種の補強強度試験が行なわれ、その安全性が確認される。これらの方法は、安全性を論ずるとき第 1 に取り上げられるアメリカ・Underwriter's Laboratory (略して U L) の安全規格⁽⁸⁾、および西ドイツ・Verband Deutscher Elektrotechniker (略して VDE) 安全規格⁽⁹⁾を参考に決られたものであり、われわれの試験に合格した製品を数種類、直接アメリカ U L へ送り試験してもらったところいずれも合格している。これはわれわれの採用したバンド補強方法の安全性が高く評価された証左であるとともに、われわれの補強処理と補強効果の試験法の適合性が確認されたものである。

試験は強制温度試験と衝撃試験の二種類からなっている。

5.1 強制温度試験

強制温度試験は、通常家庭で使用され状況を過酷にしたものでそれぞれ 5 本ずつ表 2 に示す条件で試験され破壊されなければ一応合格である。このような条件のもとで試験されると不適当な部品や材料 (たとえば不適当な接着樹脂) を用いた場合や、不適当な作業で作られたものは破壊されるか、または補強効果が著しく低下して次の衝撃試験で不合格になる。強制温度試験をパスしたものは次の衝撃試験へ送られる。

5.2 衝撃試験

衝撃試験は文字どおりガラスバルブに各種の衝撃を加えてその破壊状況を詳しく調査し、バンド補強管に使う各部品、材料の特性と製作方法の適否の判定と量産工程で作られたバンド補強管の補強効果の管理を行なう重要な試験である。

衝撃試験は機械的衝撃試験と熱的衝撃試験に分れており、前者はさらに 5 ft-lb 衝撃試験と 15 ft-lb 衝撃試験とギロチン試験に分かれている。後者にはホットロッド試験がある。これらの試験はいずれも図 7 に示す装置にブラウン管を固定して行なわれ、ブラウン管の爆縮の有無やガラス破片の飛散状況を調べて合否を判定している。以下その試験の目的と合否判定基準を述べる。

5.2.1 5 ft-lb 衝撃試験

この試験は通常家庭内で起こるであろう最大の衝撃力が、もしブラウン管に加えられた場合安全かどうかを試験する目的で行なわれる。この最大衝撃値として U L では実験のうえ、5 ft-lb と

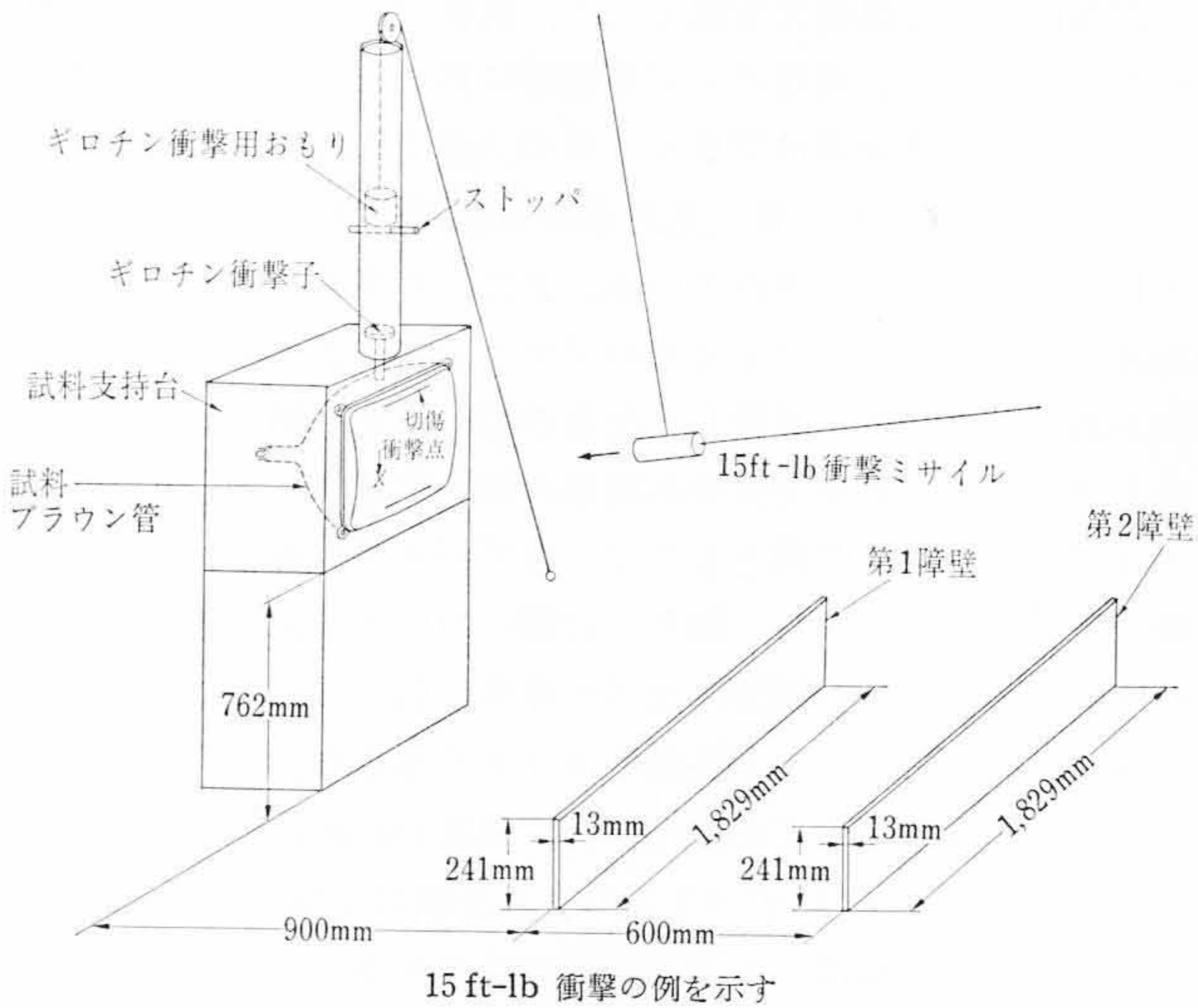
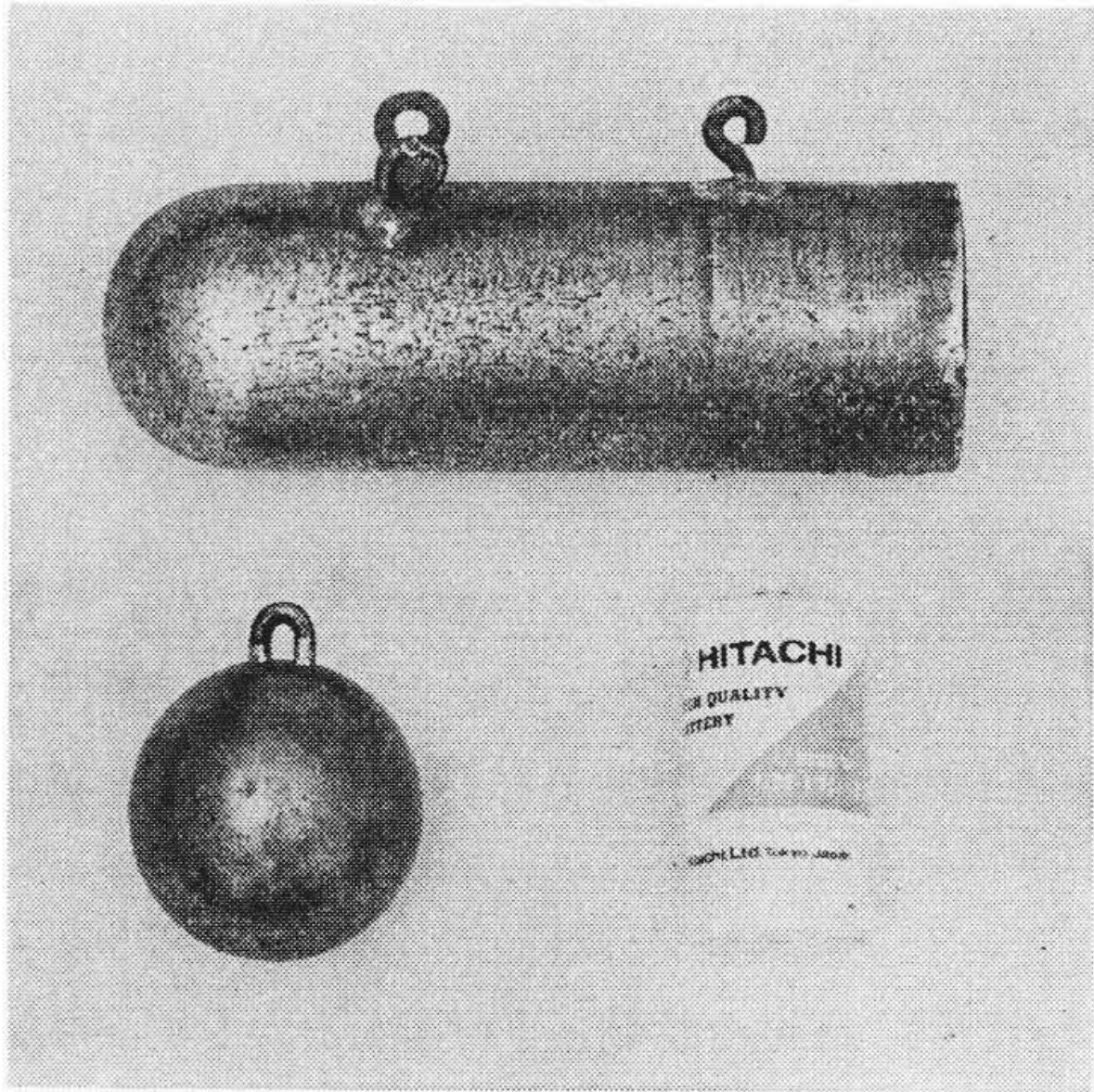


図 7 衝撃試験装置



(上) 15 ft-lb 衝撃試験用衝撃ミサイル
(下左) 5 ft-lb 衝撃試験用衝撃子
図 8 衝撃試験用衝撃子

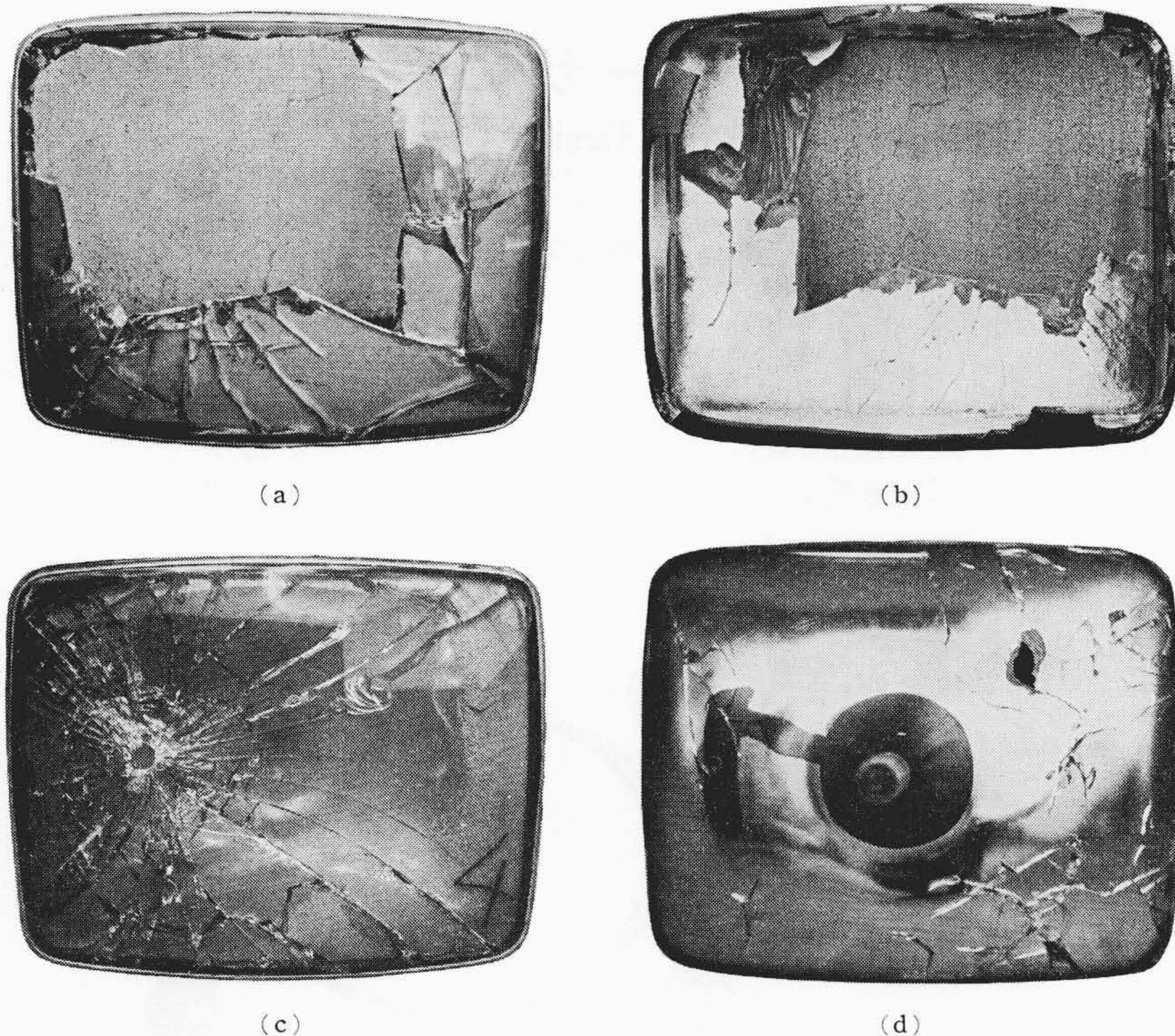
決めており、衝撃子として図 8 左下に示す直径 50.8 mm、重さ 535.2 g の鋼製ボールを用い、1,292 mm の高さから振り状に落下させてブラウン管に当てることにしている。この試験ではブラウン管の前面のどこを衝撃しても、爆縮したら不合格となる。

5.2.2 15 ft-lb 衝撃試験

この試験は実際に起こる衝撃を予想したものではなく、ブラウン管にもっと強い一定の衝撃を与えて爆縮させたときのガラスの割れ方や破片の飛散量から補強効果全般の良否を判定する目的で行なわれる。この衝撃値として U L では実験のうえ 15 ft-lb と決めており、衝撃子として図 8 上に示す直径 50.8 mm、長さ 139.7 mm、重さ 2.268 kg の鋼製ミサイルを用い、914 mm の高さから振り状に落下させて、あらかじめダイヤモンドカッターで切傷をつけておいたブラウン管の、前面の所定の部分に打ち当てることにしている。この試験では図 7 に示す二つの障壁で区切られた三つの領域に飛散するガラスの量が表 3 に示す値を越えなければ合格としている。

5.2.3 ギロチン試験

この試験もブラウン管に一定の衝撃を与えて爆縮させた場合の検討を行なうものであるが、衝撃点がブラウン管の裏側にあるという点が、15 ft-lb 衝撃試験とは異なる。この衝撃値として U L では実験のうえ 45 ft-lb と決めており、図 7 に示すように衝撃子として先端の平らな直径 25.4 mm の鋼棒を用い、ブラウン管の補



(a)(b)は、補強仕様検討中で爆縮した例 (a)はフェース側から、(b)はファンネル側から撮影
(c)(d)は、検討を完了して安全になった例 (c)はフェース側から、(d)はファンネル側から撮影

図9 1 バンド補強形ブラウン管の 15 ft-lb 衝撃試験結果

強バンドより 6 mm 後ろのガラスの所に当てておき、その上へ 4.540 kg の重さの鋼棒を 1,372 mm の高さから垂直に落下させて衝撃する。爆縮させたあとの判定は表 3 によって行なわれる。

5.2.4 ホットロッド試験

この試験もガラス表面に生じた傷からブラウン管が爆縮する現象を、強制的に行なって爆縮させた場合の検討を行なうものである。衝撃子として直径 9.5mm のガラス棒の一端を加熱溶解させたものを用い、ブラウン管の前面の端につけた十文字の切傷に押し当てる。割れなければ冷水を注ぎかけ、爆縮を起こすまでこの操作をくり返す。爆縮させたあとの判定は表 3 によって行なわれる。

以上の試験は、5.1 に述べた強制温度試験を行なった 20 本のほか、強制温度試験をしていない 10 本を含む 30 本について行なわれ、すべて合格すれば、補強処理は完全であると判定される。

なお、以上の衝撃試験のうち、最も爆縮を起こさせやすいのは、15 ft-lb 衝撃試験であることがわかったので、通常の衝撃試験にはこれを用いている。

6. バンド補強の効果

これまで述べてきたバンド補強部品を用いて製作したバンド補強形ブラウン管は、自然爆縮に対しては全く安全であり、衝撃に対しても高い補強効果を持つことが確かめられている。すなわち、5 ft-lb 衝撃試験で爆縮するものはなく、また 15 ft-lb 衝撃試験など破壊を目的とした衝撃試験においても爆縮を起こすことはほとんどなくなり、まれに爆縮してもガラスの破片は前方へは飛び出さないので表 3 に示す水準よりかなり高い安全性を持っていることがわかる。

15 ft-lb 衝撃試験を補強仕様検討中のバンド補強形ブラウン管に対して行なった結果を図 9 (a), (b) に、検討完了の仕様のものに対して行なった結果を図 9 (c), (d) に示す。図 9 (a), (b) においては前面も後面も大きく破損しているが、図 9 (c), (d) においては衝

撃を受けた部分にだけ、ガラスに穴があき、割れが前面から後面に伸びているが、バルブ破片の飛散はなく破壊音も小さく安全であった。もちろん検討完了した仕様のものは、すべての衝撃試験においていずれも合格しており補強効果の安全性が確かめられた。

このような安全性は、単に工場内で確認されているだけでなく、さきに述べたように、1966 年初めにアメリカ・UL へバンド補強管を提出して衝撃試験を受け、そのきびしい安全規格に合格したことにより公にされている。日立製作所ではこれまでに製作したバンド補強形白黒ブラウン管は、大形管小形管をとりまぜてすでに百万本以上に達しているが、一本の爆縮不良事故も起こしていない。これもこの補強方法の高い安全性を裏付けるものである。

7. 結 言

以上に述べた過程を経てバンド補強方式を採用することにより、これまで一大欠点であった自然爆縮を完全に防ぐとともに、通常の衝撃にも安全なバンド補強形白黒ブラウン管を製作できるようになった。このブラウン管を用いたテレビセットは前面ガラスを必要と

しなくなり、ダークティント・バルブの採用とあいまってコントラストの高い見やすい映像を安心して楽しむことができるようになった。

終わりに臨み、ブラウン管バルブの検討にご尽力いただいた旭ガラス株式会社管球ガラス部 市村照夫氏、松田文男氏に深謝する。

参 考 文 献

- (1) 住吉博治、西川章三：最近のテレビ用ブラウン管防爆処理の動向、テレビジョン 18, 746~750 (1964)
- (2) S. Loewe: US Patent 2083198. Braun Tube.
- (3) H. B. Vincent et al: US Patent 2785820. Controlling Implosions in Cathode Ray and Other Tubes.
- (4) B. W. Spear et al: Kimcode, A Method for Controlling Devacuation of Television Tubes. IEEE Trans., BTR-9, 25~31 (1963)
- (5) D. E. Powell et al: US Patent 3220592. Cathode-Ray and Other Vacuumized Tubes Resistant to Violent Devacuation.
- (6) D. E. Powell et al: US Patent 3220593. Cathode-Ray and Other Vacuumized Tubes Resistant to Fracture and Capable of Controlled Devacuation.
- (7) アラン・マーチン・トラックスほか：特公昭 40-27978 陰極線管の外被の周囲に帯金環を締着する方法。
- (8) Underwriters Lab. Inc.: Standards for Safety. Radio and Television Receiving Appliances. UL 492 11th Edition Nov. 1964 (Reprinted July. 1966)
- (9) Verband Deutscher Elektrotechniker: Bestimmungen für Implosionssichere Bildröhren. VDE 0868/7. 63

そのほか

リム補強管については

F. de Boer, et al: An Implosion-Proof Picture Tube for Television. Philips Tech. Rev., 25, 81~88 (1963~64)

ガラスの割れについては

金井英三ほか：ガラスの割れに関する考察 Motor Material, 3, 1~6 (1960)

森谷太郎ほか：ガラス工学ハンドブック (昭-38 朝倉書店)