

放射線透過検査法の現状

一 色 貞 文

緒 言

ここでいう放射線とはX線と γ 線、すなわち波長 10^{-8} ~ 10^{-11} cm 程度の電磁波で、これら放射線を金属その他の被検査物を透過させて影画を作り、その模様を肉眼で観察して非破壊検査を行うのが放射線透過検査の目的である。影画を作る方法から分類すると、写真フィルム上に透過X線を当てて影画を作る直接撮影法、蛍光板上に影画を作って観察する透視法、その蛍光像を小型カメラで撮影する間接撮影法などになる。なお最近ではセレンの光電導性を利用したゼログラフィや、GM 計数管を用いて透過X線の強さを比較する方法なども行われるようになって来た。しかし現在における放射線透過検査の主流は直接撮影によるものである。

X 線や γ 線はその光量子のエネルギーが高くなるほど、換言すればその波長が短くなるほど、物質による減衰が急激に少なくなる。すなわち、物質を透過する能力が増大する（ただし数 MeV の付近に極値があり、それを越すと徐々に減衰が増す）。X 線は 1985 年にレントゲンによって発見された当時からその透過性の応用について研究され、高電圧発生装置とX線管球が進歩して高エネルギーのX線が容易に得られるようになるにつれて、工業検査への利用も盛になって来た。

一方 γ 線は放射性物質が自然に崩壊する際に発生する電磁波で、その性質はX線と全く変りがないが、 $10 \sim 20$ 万ボルトの普通のX線と比較すると透過力が強大であるため、厚肉鋼材などの透過検査に有用なものである。しかし戦前の γ 線源としてはもっぱらラジウム、ラドン（ラジウム・エマナチンとも呼ばれる気体）、メソトリウムなどの天然放射性元素が使われ、高価格のためにその利用は重要兵器の検査など、ごく特殊な場合に限られていた。しかし戦後 RI（人工放射性同位元素）が安価に得られるようになり、 γ 線透過検査も一般化されるようになってきた。

検査の目的からすればなるべく小さな欠陥をも検出したいわけであるから、透過像のコントラストはなるべく大きくしたい。それには放射線のエネルギーを低くするのがよい。しかし上記の通り、厚物を透過させるためには高エネルギーのX線または γ 線を必要とする。この二つの要求は相反している。したがって被検査物の材質と肉厚に応じて放射線の種類（エネルギー）を使い分け、透過可能な限度でなるべく軟かい（エネルギーの低い）ものを

使用するのがよい。ただし鋳物などのように、被検査物の形状が複雑な場合には、余りコントラストが高すぎると、薄肉部分を透過した放射線は線量が多すぎてハレーションを起すほど黒くなり、反対に厚肉部分については線量が不足して素抜けになってしまうから、このような場合は高エネルギーの放射線を使ってコントラストを低下させた方が良好な写真が得られることになる。

 γ 線 源

以前には Ra など天然放射性元素が利用されたが、現在透過検査に利用されるのは、 ^{60}Co 、 ^{137}Cs 、 ^{192}Ir 、 ^{182}Ta 、 ^{170}Tm など比較的半減期の長い RI である。

第 1 表 透過検査用 γ 線源

元 素	主要 γ 線のエネルギー (MeV)	距離 1 m での 1mc の $\mu\text{r/s}$	半減期	半価層 (mm-Pb)	1/10 価層 (mm-Pb)
天 然	Ra } 2.20, 1.76, 1.12,	0.225	1580年	13	43
	Rn } 0.60, 0.37, ……		3.8日	13	43
	Ms-Th } 2.6, 1.8		26年	14	55
人 工	^{60}Co } 1.33, 1.17	0.361	5.2年	13	51
	^{182}Ta } 1.22, 1.13	0.175	117日	13	46
	^{137}Cs } 0.66	0.103	37年	8	24
	^{192}Ir } 0.60, 0.47, 0.31	0.075	70日	3	11

X線が連続スペクトルをもつのに反して、 γ 線は線スペクトルでその主要エネルギーを第1表の第2行に示す。たとえば ^{60}Co の γ 線は 1.33 MeV と 1.17 MeV の 2 本の線スペクトルからなり、その硬さは Ra の γ 線と大体等しい。

透過検査用の γ 線源としては通常 0.1~2c（キュリー）程度の放射性物質を含有することが必要であるが、鮮明な透過像を得るためには線源の容積が小さいことが望まれるので、比放射能（1g 当りの放射能の強さ）の大きいものが使用される。線源の形状は通常円柱状で、 ^{60}Co の場合は比放射能の最も大きいものは直径、高さとも約 2 mm の大きで 500 mc を含有する。1c とは 1g の純粋なラジウムと同じ崩壊速度を示す物質の量で、毎秒 3.7×10^{10} 崩壊数に相当する。

γ 線の作用量もX線の場合と同様に、レントゲン (r) という単位で測定される。これは放射線の電離作用で測られ、1r は 0.001293 g (0°C , 1 気圧, 1 cc) の空気中に 1 静電単位の電荷をもつイオン対を生ぜしめる量である。また放射線の強さは単位時間の作用量で表わされ

る。第1表の第3行は放射線の強さを示すもので、 1mc (10^{-3}c)の線源から1m離れた場所における1秒間の作用量を μr (10^{-6}r)単位で表わしてあり、同一のc数でもエネルギーの低いものは γ 線の強さが小さいことを示している。

放射性物質は自然に崩壊して放射能が弱くなって行くが、その崩壊は指数函数的で、その程度を通常半減期で表わす。半減期の余り短かいものは透過用線源として適当でない。この点からいうと ^{60}Co や ^{137}Cs は比較的使いやすい。

放射線が物質を透過するときは、厚さが増すとともに指数函数的に減衰する。同一エネルギーの放射線では物質の原子番号が大きいほど減衰が著しい。また同一物質の場合には、放射線の量子エネルギーが小さいほど減衰が甚だしい。減衰の目安を定めるには半価層を使う。すなわち、ある物質のある厚さを透過したとき、初めの強さの $1/2$ になったとすれば、その厚さをその物質の半価層という。時としては $1/10$ 価層を使うこともある。第1表の最後の2行にPbについてのこれらの値を示す。Pbを使ったのは放射線遮蔽の目的に使うためである。

^{137}Cs は核分裂生成物を化学処理して得られる副産物で、通常硫酸セシウムの結晶粉末の形で使われるが、 ^{60}Co および ^{192}Ir は安定な ^{59}Co および ^{191}Ir の金属に遅い中性子を当てて、いわゆる (n, γ) 反応を起させて製造する。比較射能の高いものを作るためには、中性子の線束密度の高い原子炉に入れる必要がある。いずれの線源もアルミニウムのカプセル中に入れられてあるので、汚染の心配はない。

厚さ50mm以上の厚肉の鋼材検査には ^{60}Co を使うと好結果が得られる。それより薄いものには ^{137}Cs や ^{192}Ir などを使うとよい。軽合金のように放射線の吸収の少ない物質の検査には ^{170}Tm が有効である。これから出る γ 線のエネルギーは 0.084MeV で、その硬さ

は大体120kVpのX線に相当する。ツリウムはランタン属の稀土類元素で、酸化物の形で使われる。これも ^{169}Tm から (n, γ) 反応で作られ、その半減期は127日である。

γ 線の場合は蛍光作用が極めて弱いので、透視検査を行うことは不可能で、 γ 線透過検査という、もつぱら直接撮影が行われる。RI線源の大きさは前記の通り数mmにすぎないが、カプセルは一般に多角柱をなし高さ20~30mm、辺の長さ約10mmである。しかしX線管球に較べると遙かに小さいので、管状試験体の内部に位置させ、管の周囲にフィルムを巻いて露出するようなことも容易である。またパノラマ照射といって、線源の周囲に多数の鋳物などを放射状に並べ、同時に写真撮影を行って露出時間の節約をはかることも多い。X線透過写真を撮影する場合の露出時間は通常数分程度であるが、 γ 線写真の場合は一般に露出時間が長い。これは γ 線の強さがX線のそれに比して弱く、また写真感度も劣るためである。しかし露出中は何等調整を行う必要がないので、勤務時間外(夜間)を利用して露出することも多い。

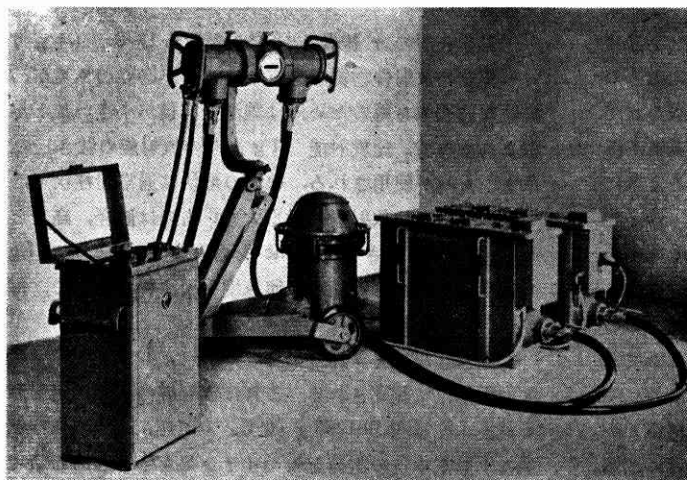
X線装置と異なり、 γ 線源は使用時外にも絶えず γ 線を出し続ける。したがって十分の遮蔽を行った容器中に保存する必要がある。現場検査のためには運搬に便利な手押車式の鉛製容器が用いられ、遠隔操作によって線源を出し入れする。

γ 線装置の設備費はX線装置に比して低廉であるが、透過像の質は一般にX線の場合より劣る。しかし厚肉の鋼材や形状の複雑な鋳物などの場合には γ 線透過検査が有効である。

X線装置

X線検査室に被検査物を持ち込んで透過を行うような場合には通常150~400kVの装置を用いる。この種の装置では変圧器で高圧の交流を発生させ、ケノトロンで整流してX線管球に接続する。整流方式には半波整流と全波整流があり、また蓄電器を用いて平滑電圧にする方式のものもある。この種の装置はX線管球と高圧発生器と調整器からなり、X線管球と高圧発生器の間は絶縁された高圧ケーブルで結ばれている。検査室には十分のX線遮蔽を行ってある。第1図に300kVpの装置を示す。

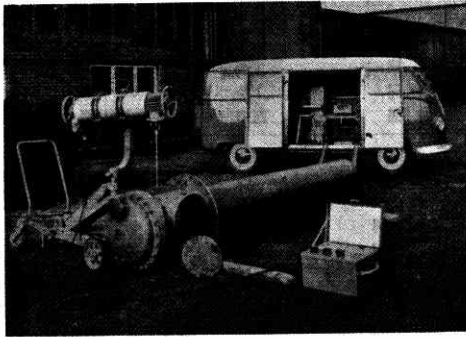
透過検査に利用するX線は白色X線と呼ばれる連続スペクトルで、その最高エネルギー(最短波長)は管球電圧の波高値と等しい。したがってX線の質は通常、管球電圧の波高値kVpで表わされる。しかし電圧波形によって連続スペクトルの分布が変わり、したがってX線の質(硬さ)も若干変化するので、kVp



第1図 300 kVp のX線装置

の値が等しくても物質による減衰の状態が変わって来る。したがって kVp を示すよりもむしろ半価層の値を使って X 線の質を表わすべきであるということが最近提唱されている。

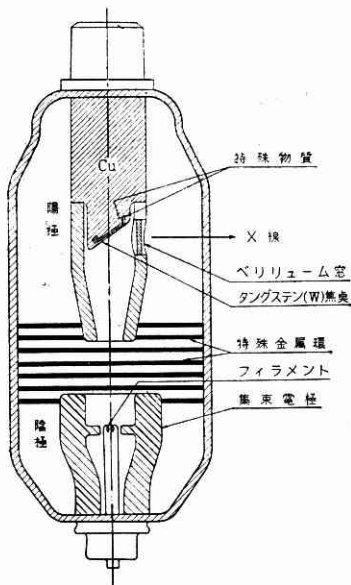
船体、ガスタンク、ダムその他各種構造物の溶接箇所などのように、現場に行って検査しなければならないような場合には可搬式の X 線装置を使う。この種の装置は、X 線管球と高圧変圧器を同一容器に収めた X 線発生器と調整器の 2 部分からなり、重量はいずれも 50 kg 内外で持運びが容易にできている。第 2 図に可搬式装置の使用



第 2 図 可搬式 X 線装置の使用例

例を示す。X 線発生器と調整器の間は低圧線で結ばよく、重量のある高圧ケーブルを必要としない。X 線発生器には通常整流管を入れず、自己整流の X 線管球が使われる。可搬式の X 線装置の電圧波高値は 125~200 kVp で、厚さ 30 mm 以下の鋼板の透過検査に用いられる。

最近の小型工業用 X 線管球の一例を第 3 図に示す。透過検査には白色 X 線が使われるので、陽極の表面にはタングステンをターゲットとして貼りつけてある。陰極フィラメントから放出された熱電子がターゲット上に集る



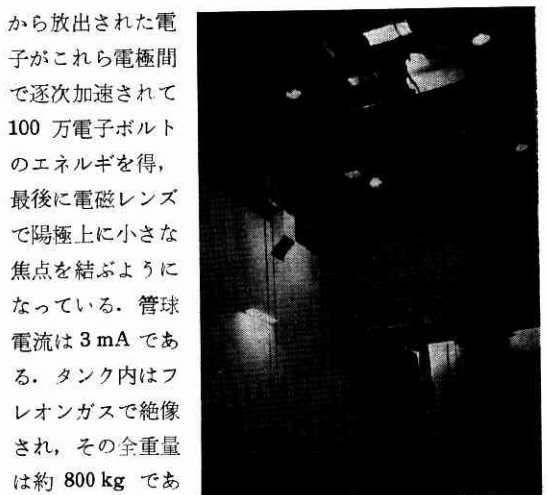
第 3 図 小型 X 線管球の構造

場所、すなわち焦点（ここから X 線が発生する）の大きさが問題になる。焦点は小さいほど鮮明度の高い透過像が得られる。しかし焦点を小さくすると局所的な発熱量が増してターゲットを傷つけるので、管球電流を小さくしなければならず、ために X 線の強さが減る。したがっ

て焦点の大きさを例えば 1.5 mm と 4.0 mm というように 2 段に切換えられる管球も作られている。通常焦点の大きさは 0.5~5 mm 程度で、管球電流は 3~6 mA 程度である。図の管球では右側の狭い角度に X 線が放射されるが、陰陽両極を結ぶ軸に対して垂直な平面内で 360° のすべての方向に X 線が放射されるような管球も作られている。このような管球を使えば、パノラマ照射を行って多数の品物を同時に透過させることができる。

最近 10 年間における X 線装置の著しい進歩は γ 線級またはそれ以上の高エネルギー発生装置の実用化である。その型式の主なものとは次の 3 種である。

(1) 共振変圧器を使う X 線装置 これは電動発電機で周波数変動の極めて小さい交流を発生させ、変圧器の共振現象を利用して 100 万ボルトまたは 200 万ボルトの高圧を発生させ、これで X 線管球を作動させるもので、G.E. 社の製品となっている。形状は円筒形タンクで、100 万ボルトの装置についていうと、直径は約 1 m、長さは約 1.3 m で、その軸の部分に細長い X 線管球があり、管球はタンク内から下方に凸出し、下端に陽極があって、ここから X 線が下方およびそれと垂直な 360° の全方向に放射される。管球上部（全長の約半分）は変圧器の線輪内に含まれ、この部分には 12 枚の環状電極が上下に等間隔に並べられてあり、上端のフィラメントから放出された電子がこれら電極間で逐次加速されて 100 万電子ボルトのエネルギーを得、最後に電磁レンズで陽極上に小さな焦点を結ぶようになっている。管球電流は 3 mA である。タンク内はフ



第 4 図 1,000 kV 共振変圧器型 X 線装置

レオンガスで絶像され、その全重量は約 800 kg である。タンクは管球軸に垂直な軸の周りに回転でき、また全体はクレーンで移動されるので、X 線は任意の方向に放射させることが可能である。第 4 図にこの装置の外観を示す。100 万ボルトの装置を利用すれば厚さ 150 mm の鋼板の透過が容易である。

(2) Van de Graaff の X 線装置 これは静電的に高圧を得る方法で、装置上方の半球殻状の高圧端子に、絶縁ベルトを用いて下方から電荷を供給し、この極子に接続された X 線管球の陰極から下方に向かって電子を加速させ、下端の陽極から X 線を放射させる。この装置も小

型に作られ、200～500万ボルトの装置があるが、200万ボルトのものは重量約1.5tで前者と同様に回転ができる。X線管球の構造も共振変圧器型のものに類似している。

(3) ベータトロン (Betatron) 前記二者では数百万ボルトの高圧を直接X線管球に与えたのであるが、この装置では円周軌道上で電子を回転運動させ、一回転ごとに数十ボルトずつ加速し、最終的に数百万ないし1億電子ボルト程度の高エネルギーを与え、これを金属板に衝突させて高エネルギーのX線を発生させるのである。その構造は1.5m(幅)×1m(高さ)×1m(奥行)程度の大きな電磁石の磁極の間にドーナツ型の真空管を置いたもので、500サイクル程度の周波数の交流の1/4週期ずつを利用して、時間とともに増加する磁束によって電子を加速させる。安定な円周軌道上で電子を運動させるために、磁極には特別な形状を与えてある。強力な電磁石を作るために多量の珪素鋼板を必要とし、重量も通常数t程度となるが、最近重量約0.5tの15MeVの装置が国内で製造されるようになった。ベータトロンは前二者に比較して価格も安いので、今後厚肉物体の透過検査に活用されるであろう。

感 光 材 料

写真乳剤に対するX線の感光度は、光の場合に比して遙かに弱いので、X線用のフィルムでは醋酸セルローズのベースの両面に乳剤が厚く塗布されている。それでも乳剤に吸収されずに透過してしまうX線量が多い。したがって蛍光増感スクリーンをフィルムの両面に密着させ、スクリーンから発する蛍光によってフィルムの感光度を高めることが多い。このスクリーンはタンゲステン酸カルシウム、硫酸バリウム、硫化亜鉛などの蛍光性物質に鉛や銀の微量を活性体として添加し焼成したものを紙などに塗布したものである。スクリーンの増感度はX線の硬さによって異なるが、20～100倍程度の大きな増感効果を示す。従来のX線フィルムにはこの蛍光に特に良く感ずるような性質を与えてあった。しかし蛍光増感スクリーンを使うと、どうしても像が不鮮明になる。そこでこのようなスクリーンを使わないで露出したい場合も多い。この場合にはX線そのものによる感度の高いことが要求される。この目的に製造されたのをノースクリーン型フィルムといい、これに対して前者をスクリーン型フィルムという。ノースクリーン型フィルムには鉛箔増感スクリーンを併用して露出することもある。これは厚さ0.02～0.05mmの鉛の箔を厚紙に貼りつけたもので、蛍光増感スクリーンと同様に使う。この場合にはX線が鉛から光電効果による電子を放出させ、これによってフィルムが増感される。ただしその増感率は2～3倍に過ぎない。このスクリーンは被検査物体から発生する

散乱X線や特性X線のフィルタとしても役立つので、鮮明な画像が得られる。数年前までは国産のX線フィルムはもっぱら医療用を対象として、スクリーン型のものだけが製造されていたが、現在では工業用X線フィルムが、富士フィルムおよび小西六の両社から数種ずつ販売されている。第2表はそれらの種類を示したもので、型の欄のSはスクリーン型、NSはノースクリーン型を意味する。

第2表 X線フィルムの種類

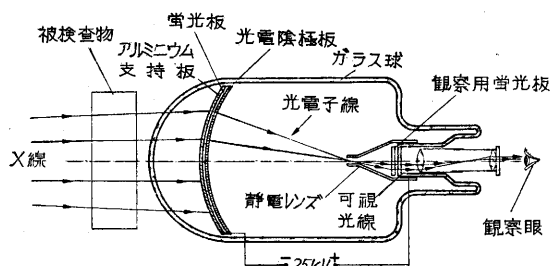
製造会社	名 称	型	粒状性	感度	コントラスト	用途
富士フィルム	富士X-レイフィルム工業用400	S	粗	最高	高	工業用
	同 工業用300	NS	粗	最高	高	工業用
	同 工業用200	NS	粗	最高	最高	工業用
	同 工業用 80	NS	微	低	最高	工業用
	同 医療用	S	中庸	高	高	医療用
小西六	さくらX-レイフィルム	S	中庸	高	高	医療用
	同 タイプY	S	中庸	高	高	医療用
	同 タイプS	S	粗	最高	高	工業用
	同 タイプN	NS	粗	最高	最高	工業用
	同 タイプR	NS	微	低	最高	工業用
Eastman Kodak	Medical No Screen	NS	粗	最高	最高	医療工
	Type F	S	粗	最高	高	工業用
	Type K	NS	粗	最高	最高	工業用
	Type A	NS	微	低	最高	工業用
	Type M	NS	最微	最低	最高	工業用
	Blue Brand	S	粗	最高	高	医療用

フィルムの性質としては感度が高く、コントラストも高く、しかも粒子の細かいものが望ましいが、この三者を兼備させることはできないので、目的に応じてフィルムの種類を使い分けなければならない。厚物の検査を行うときは粒状性が悪くても感度の高いS型フィルムに蛍光増感スクリーンを併用して写真をうつし、薄物の場合には感度が低くてもよいから微粒子のNS型フィルムにスクリーンなし、または鉛箔スクリーンを併用してうつすようにする。

影像増幅器 (Image Intensifier)

診療用の場合には透過X線を蛍光板に当て、その光像を肉眼で診察する透視法がよく利用される。この方法によると写真法のようにフィルムを消費することがなく、また現象処理の手数も要せず直ちに結果が判る利点をもつ。しかし工業検査の場合は人体に比して遙かに吸収の多い物体を取り扱うので、蛍光板を十分の明るさにするためには極めて強いX線を用いなければならない。写真撮影を行う場合ならば弱い透過X線でも時間さえかければ十分の黒さにすることができるが、蛍光板の明るさは透過X線の強さそのものできまってしまう。したがってこの種の直接透視法の利用は薄肉の軽合金の検査などに限定されている。

しかし最近影像増幅器が完成され、これによって透視検査の利用範囲が急速に拡大される形勢にある。その構



第 5 図 影像増幅器の構造

造を第 5 図に示す。左方から被検査物を透過した X 線はこの真空管の壁を通して蛍光板に当たり、ここに光像を作る。この可視光は蛍光板に密着したセシウムの光電陰極板から電子を放出させる。この陰極と右側の陽極との間に 25V の電圧を与えて、光電子を加速させ、静電レンズを通して観察用の蛍光板上に収斂させると、ここに明るい蛍光像が作られる。明るさを増すのは次の二つの理由による。第一は電子が加速されることによるもので、これによって像の明るさは 10～15 倍に増加される。第二は像の大きさが約 1/9 に縮小されることによるもので、面積にすると約 1/80 に縮小され、これに逆比例して明るさが増す。この二つの効果が重なって、全体の明るさの増大は 1000 倍以上になる。観察用蛍光板によって可視光線として映出された像は、9 倍の拡大率をもった光学機構で実物大の像として観察される。この拡大によって明るさに影響をおよぼすことはない。

映像増幅器を使えば 175 kVp, 5 mA の X 線で厚さ 20 mm の鉄鋼の透視検査が可能で、水道鋼管の軸方向の溶接部を毎分 3 m の速さで移動させながら、検査をしている例が報告されている。直接透視法を行うときは暗室内で十分目を慣らせてからでないと観察できないが、映像増幅器を使うと白昼の下でも容易に観察することができる。またこの装置を使えば、透過像の映画撮影も可能であり、工業用テレビを併用して遠方からの観察を容易にし、放射線防護を完全にすることもできる。

直接撮影を行ったフィルムについて透過検査を行う場合には、被検査物の厚さの 2% の欠陥の検出が容易であるが、直接透視法の場合の欠陥検出度は 7% 程度にしかない。しかし影像増幅器を使って透視検査を行えば、欠陥検出度を 3% 位まで引上げることができる。

ゼラジオグラフィ (Xeroradiography)

ゼロ (Xero) という言葉は「乾燥した」という意味で、ゼラジオグラフィを訳せば乾式 X 線透過写真法とでもいうところであろう。すなわちフィルムを使わないで写真像と同様のものを作る方法である。これにはセレンの光電導性を利用する。

アルミニウムの基板上に半導体のセレン薄膜を蒸着させたものが原板となる。数千ボルトの電圧を与えた針金

の下にこの原板を置き、基板を接地して一定の間隔を保ちながら原板を一樣な速度で移動させると、セレン薄膜の表面が正に、裏面が負に帯電して、一つのコンデンサを作る。これをフィルムと同様にカセットに入れる。可視光線も X 線と同様の作用をするので、以上の操作は暗室内で行う。カセットに入れた原板に X 線を当てると、その強さに応じてセレンの比抵抗が減少し、電荷が移動して放電する。X 線の照射を止めれば再び絶縁体となるので、X 線の強弱が静電的な模様となに残る。再び暗室内において、負に帯電した樹脂の粉末を原板上に撒布すると、電荷の残留の多い場所ほど樹脂が濃く付着するので、フィルムの白黒とは逆の模様、つまりフィルムを印画紙に焼付けたと同様の像が得られる。これを転写するにはセロテープのようなものを貼りつけて樹脂を付着させればよい。また静電的に転写させる方法もあり、現像された原板上に紙を重ね、帯電させたと同様の方法で針金の下を通し、後に加熱をすれば樹脂が溶けて紙に固定される。原板は幾回も繰返して使用することができる。

この方法はまだ一般には余り利用されていないが、経費もフィルムを使用する場合の半分以下で済み、現像操作も 1 分間程度でフィルムの現像に比して遙かに速い。また欠陥検出度も直接撮影法とほぼ同程度であるので、今後その利用は増加の一途を辿るものと思われる。

検査規格と判定

金属材料の放射線透過試験方法については、日本工業規格 JIS Z-2341-1955 がある。この規格では直接撮影法と透視法 (影像増幅器を用いない) だけを扱っているが、その主体は直接撮影法によっており、欠陥検出度が悪い透視法は軽金属材料およびその製品について工程簡易化のために使ってもよいという程度に扱われている。

写真撮影によって透過検査を行う場合には、その写真が十分良好な条件でうつされているかどうかを見極めるために透過度計 (Penetrameter) を使用する。JIS によれば、等差級数的に順次太さを異にする数本の針金 (被検査体と同質の) を一組としたものを透過度計として用い、これを試験箇所の上に置いて透過写真をうつし、試験部分の厚さの 2% に相当する太さの針金の影を明瞭に認め得るような写真を作らねばならぬことを規定している。ただし試験部の厚さが 5 mm 以下の薄物の場合には 0.1 mm の針金が認められればよく、また厚さ 100 mm を越える厚物の場合には 3% の直径の針金が認められればよいことにしている。要するに透過度計は写真撮影技術の良否を採点するもので、写真上には針金の影が同時にうつっているが、これがために検査に支障を来すような心配はない。

このような条件を満足した透過写真からは、割れ、気

泡、スラッグの混入など、種々の欠陥が、その形状や存在箇所から推測されるのであるが、これらの欠陥の総合的な程度を判定することが大切である。熔接部については IIW (国際熔接学会) から標準写真集が刊行されている。これは欠陥の種類ごとに、それぞれ欠陥の少ないものから多いものまで五つの等級に分類したものである。検査すべき写真をこれと照合して類似のものを選び出し、それに付された等級を以て結果を表わすことになる。また銅鋳物については同様の写真集が ASTM から刊行されている。

JIS の制定に際しては、このような比較法をとらず、数量的に表わすことに努めた結果、熔接部については、欠陥が最も密に存在する部分の 10mm×50mm の区域内に存在する欠陥の数によって、第 3 表のように六つの等級に分けることを定めた。

第 3 表 JIS による熔接部の級別表

等 級	試験部最大厚さ (mm)				
	5.0 以下	5.1~10.0	10.1~20.0	20.1~50.0	50.1 以上
1 級	0	0	1 以下	1 以下	1 以下
2 級	2 以下	3 以下	4 以下	5 以下	6 以下
3 級	4 以下	6 以下	8 以下	10 以下	12 以下
4 級	8 以下	12 以下	15 以下	18 以下	20 以下
5 級	12 以下	18 以下	25 以下	30 以下	40 以下
6 級	次陥の数が 5 級より多いもの				

なお、欠陥の大きさは長さ 2 mm 以下とし、2 mm をこえる大きさの欠陥に対しては次に示す係数を乗ずる。ただし欠陥の大きさが 12 mm をこえる場合およびキレツの存在する場合は 6 級とする。

欠陥の大きさ (mm)	2.0 以下	2.1~4.0	4.1~6.0	6.1~8.0	8.1~10.0	10.1~12.0
係 数	1	4	6	10	15	20

しかしこのようにして定めた等級も単に X 線透過写真に現われた欠陥の程度を示すに過ぎず、機械的強度といかなる関係にあるかということについては、若干の研究が行われてはいるが、実際のところは全く何も判っていないといって差支えない。したがって使用目的に応じて慣習的に、それぞれ何級以上でなければならぬということを場合場合に定め、これに基づいて合格、不合格を判定している。このような現状から、注文主は必要以上の上級に合格することを要求する傾向があり、明年度の規格改訂期に際しては、相当の考慮が払われるのではないかと想像される。

結 言

以上 X 線装置とフィルムの目覚しい進歩、改良の現状、RI による r 線検査の状況、映像増幅器およびゼログラフィなどの新方法の応用などについて解説を行ったが、これらは日を追って進歩して行くと思われるし、また全く新しい方法が透過検査に登場してくることも想像に難くない。

しかし放射線透過検査とは限らず、超音波検査や磁粉検査などの他の非破壊検査とも共通していえることであるが、見出された欠陥と機械的強度とを関係づけなければならぬという大問題が残されている。これについては世界各国とも大きな関心を払っており、わが国では非破壊検査協会を中心として研究を進めようとしている。しかしそれには慎重な研究計画を樹立して極めて多くの実験データを出して行かねばならず、短期間には成果が望めそうにもない。一部にはこのため非破壊検査無用論をなす者もあるが、これは大きな誤りで、現状においても工業界に多大の寄与をしていることはいうまでもない。

(1957. 9. 28)

次 号 予 告 (11月号)

(観測ロケット特集号)

特 集

カップ II 型ロケットおよび 220 B ブースタについて	糸川 英夫
カップ III 型ロケットについて	糸川 英夫
カップ III 型および II 型の性能計算	井上俊夫, 広沢勝夫
カップ II 型および II 型の重量・重心, 慣性モーメントの測定について	吉山 敏, 中村 敏, 井上俊夫, 中村 敏
カップ II 型, III 型ロケットの風洞試験	玉木昌夫, 三石 智
カップ III 型用ランチャーについて	池田 健, 古田敏康
カップ 128 J の頭部および胴部接合強度について	池田 健, 富田文治
カップ III 型ロケット翼の強度試験結果	池田 健, 古田敏康
カップ III 型ロケットの振動試験結果	森大吉郎, 富田文治
模型実験によるロケットの振動数の推定法	池田 健, 富田文治
観測ロケットの空力的加熱	池田 健, 三浦隆二
ロケットの落下衝撃試験	池田 健, 古田敏康, 藤代清治
カップ II 型および II 型ロケット飛しょう実験におけるテレメータ・レーダの実験	高木 昇, 野村民也, 黒川兼行
テレメータ実験記録および結果の考察	テレメータ研究班
レーダ実験記録および結果の考察	レーダ研究班
IIS-TM-3 A 型テレメータ送信機	大井克彦, 佐伯孝雄

IIS-TM-3 型テレメータ受信記録装置	大井克彦, 高橋健一
レーダ・トランスポンダ	倉茂周芳, 福島茂, 瓜本信二
自動追跡レーダ測距装置	倉茂周芳, 福島茂, 瓜本信二, 小池光磨, 矢島邦夫
改良 M-V 型加速度計について	吉山 敏, 中村 敏, 広沢勝夫, 矢野尚志
改良 M-V 型加速度計の計測結果について	糸川 研 究 班
白金温度計による頭部温度上昇の測定	丹羽 登, 高中弘澄, 市川初男
カップ II 型ロケット飛しょう実験における通信連絡	野村民也, 山本尚志
カップ III 型および II 型ロケットの光学的追跡結果報告	丸安隆和, 水野俊一, 大島太市, 植村恒義
高速飛しょう体の光学的追跡に関する研究	第 14 報, 第 15 報, 第 16 報, 第 17 報, 第 18 報
カップ II 型および II 型飛しょう実験記録	糸川英夫, 井上俊夫
ロケット搭載電子機器の B 電源用トランジスタ D. C. コンバータ	高木 昇, 石橋泰雄, 松山 宏
カップ III 型ロケット用アンテナ	黒川兼行, 須田徳蔵, 永友英世
生研ニュース 実験場記録等	