超音波探傷厚み計による板厚の測定および溶接部の検査について

博物館課　佐　藤　智　彦

Measurement of the Ultrasonic Inspection (Measurements of Metal Sheets and Inspection of Weld Deposits.)

by T. Sato.

Following several experiments, measurements were made of metal sheet thickness of boilers, pressure vessels, and chemical appliance, and inspection was made of welding defects, by recently developed 'Ultrasonic Flow Detector and Thickness Metre'.

1. With the metal sheet thickness, the writer measured the rate of corrosion for boiler plates, latently laminated steel plates and depth of crack of steee plates,
2. With the welding defects, the writer inspected the butt joint and tee-joint.
   Especially with this apparatus the defects of welding of tee-joint were detected readily by applying 'Ultrasonic Flow Detector and Thickness Metre' to the opposite side of the weld deposit, contrary to the conventional side of applying the X-rays.

1. まえがき

ボイラや圧力容器，または化学プラント等のタンク内の腐食の進行程度を知るための手段として板厚の測定が考えられるが，これを非破壊的にしかも科学的に測定することができれば極めて便利であり，かつ，経済的にも災害防止の見地からも，最も望ましいことである。

また，これらの容器類には，溶接によつて製作されているものが少なくないことを考えるとき，製作過程における溶接部の検査等にも利用できれば甚だ好都合である。

従来の板厚測定には，共振法による超音波厚み計，溶接部の検査には斜角探傷法による超音波探傷器，放射線写真撮影装置等が一般に広く利用されているが，それぞれの特徴によつて広範囲の場合に亘つて（例えば両者を兼用するなど）共通して適用させることは困難であつた。

最近，薄肉容器等の板厚の測定と内部欠陥(傷)検出を兼用できるインパルス反射法による超音波探傷厚み計が開発されたので，以下に述べる実験はこの装置によつて種々の事例についての検討を試みたものである。

2. 実験方法

実験方法としては試験片とすでに事故を起こしたものから採取した下記の試料について板厚を測定し，ついで人工キズを入れた溶接試験片を試作し，この欠陥の検出を行なつた。

実験に使用した測定器は海上電機(株)製，超音波探傷厚み計で，周波数は10MC，探触子は水晶振動子を用い5ϕと10ϕのものを，接触媒質は水ガラスを使用した。

(1) 板厚の測定
- （i） 試験片の板厚測定
- （ii） 腐食したボイラ胴板の板厚測定
- （iii） ラミネーションの潜在する鋼板の板厚測定
- （iv） ワレの発生した鋼板の板厚測定
  - （a） 溶接部のワレ
  - （b） グルービング

(2) 溶接部の検査
- （i） 突合継手
- （ii） T型継手

3. 実験結果

(1) 板厚の測定

（i） 試験片の板厚測定

Fig1およびFig2のような試験片(鋼板)を製作し，これの板厚を測定した。ただし，Fig2の試験片については，ドリルであけた孔の側面からと反対側から探触子をあて孔までの距離を測定したものである。

Fig. 1

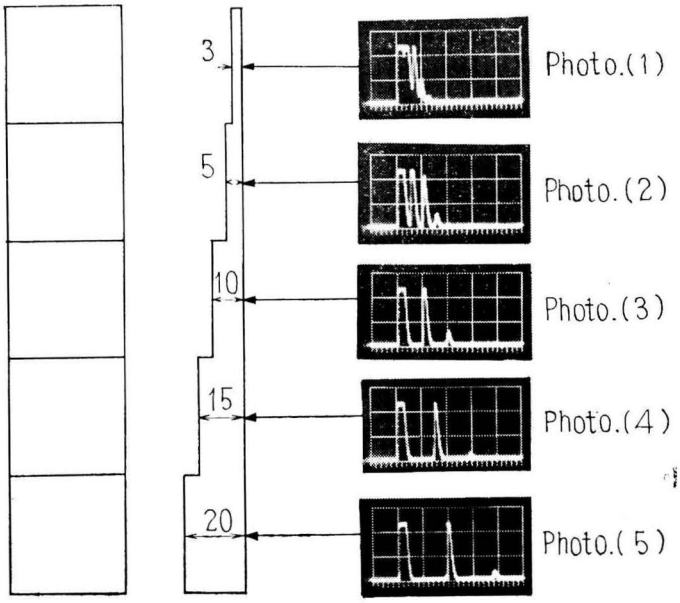
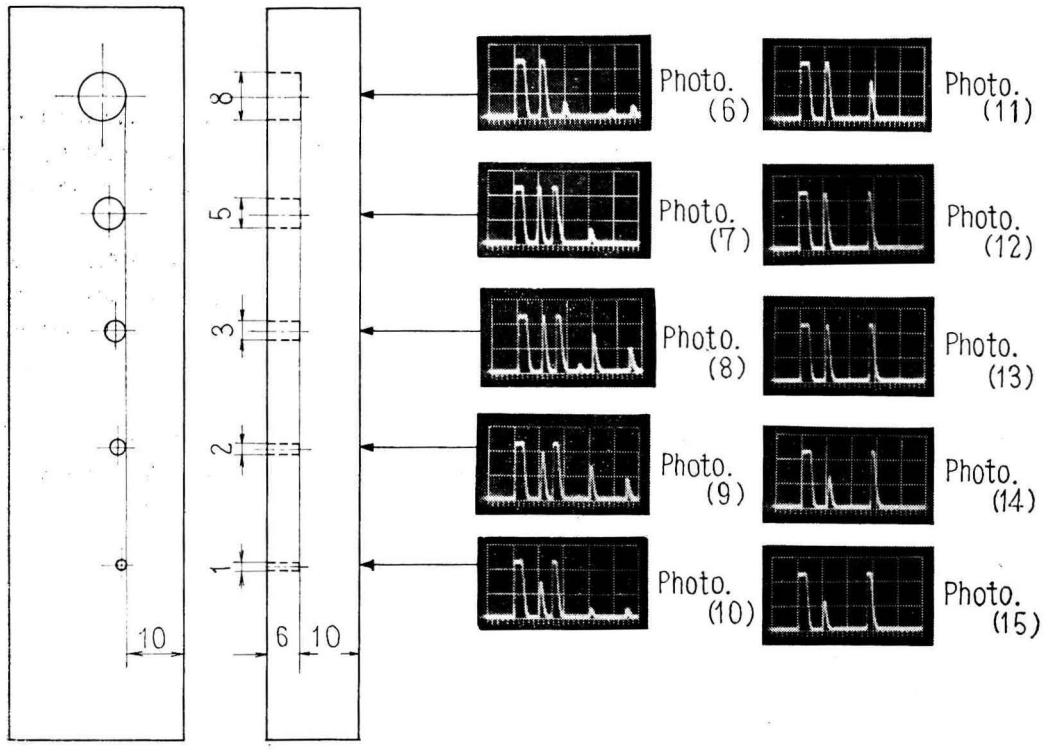


Fig. 2

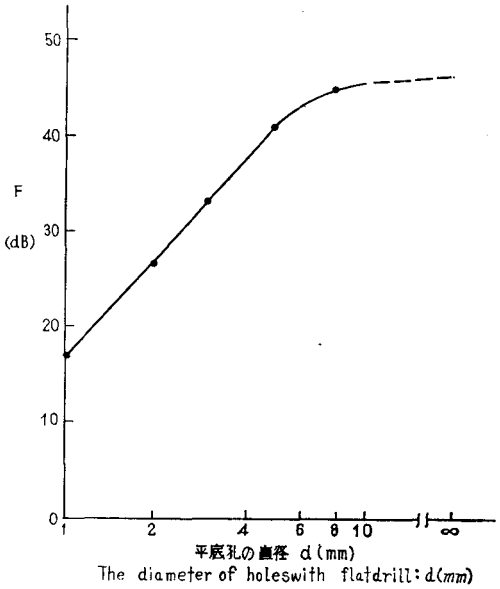


Photo(1)〜(15)は探傷図形である。

なお，Fig. 2 の場合は1ϕ〜8ϕの傷が探傷面から同じ距離にある場合とみなし，それぞれの径の場合における反射波の強さを測定し，平底孔の大きさとの関係を調べてみた。

Fig. 3は平底孔の大きさとエコーの関係を示し，Fig. 4は厚み計の感度特性曲線である。

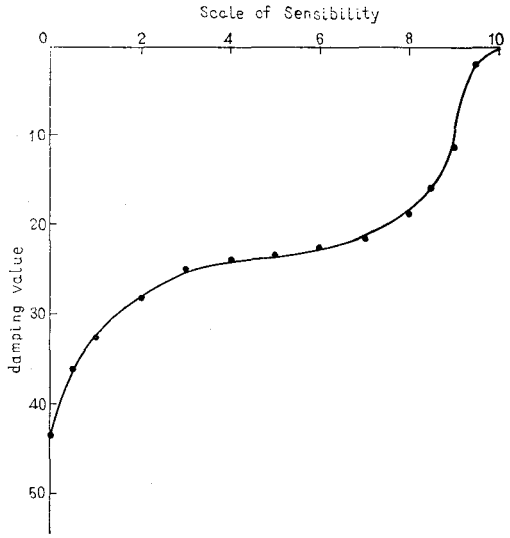
Fig. 3 The holes with flatdrill have related to echo (a detected face is 10mm distant from holes of bottom, a width of puls is short)



※ 一般にブラウン管上で同時に識別できる２つのエコーの振巾比は30位であるから、それより大きい比を持つエコーを直接比較することは困難である。
そこで，一般に受信感度をフル(10)にした場合にブラウン管上に1cm振れるエコーの強さを基準(0db)とし，それに対して着目するエコーは受信感度をフルの場合より幾db低くしたら1cmの振れになるかを求め，その低めた程度すなわち減衰量（db）をエコーの強さ(db)として表わす。

※ 実験結果は平孔のエコーの強さは孔径の約 3. 4 乗に比例することを示す。
参考：超音波探傷法（日本学振，日刊工業発行）P. 59 図2. 77の5MC，探触子 20ϕ，探傷面から傷までの距離50mmのデータでは孔径の約 3. 6 乗であり，同様の結果を得ている。

Fig. 4



（ii） 腐食したボイラ胴板の板厚測定

Photo(A) は四三酸化鉄によって食耗された横煙管ボイラの胴板を示す。この試料のA—A′，B—B′，およびC—C′ の線に沿って板厚を測定しその測定値をプロットしたものがFig. 5である。

これによると，はじめの板厚13mmに対し最も腐食した部分で9mmとなっており，4mmの腐食が認められる。

この測定にあたっては，腐食面の凹凸が著しいための底面エコーは走査の途上でかなりめまぐるしく変化したが，ブラウン管上の読みに支障はなかった。

なお，この試料は展示品であるため測定線より切断して実測と比較することはできなかったが，この測定値は実際の腐食線に沿って変化し，かつ，部分的に孔をあけて測定した板厚と一致している。

Photo. (**A**)　四三酸化鉄によって食耗された横煙管ボイラの胴板の一部

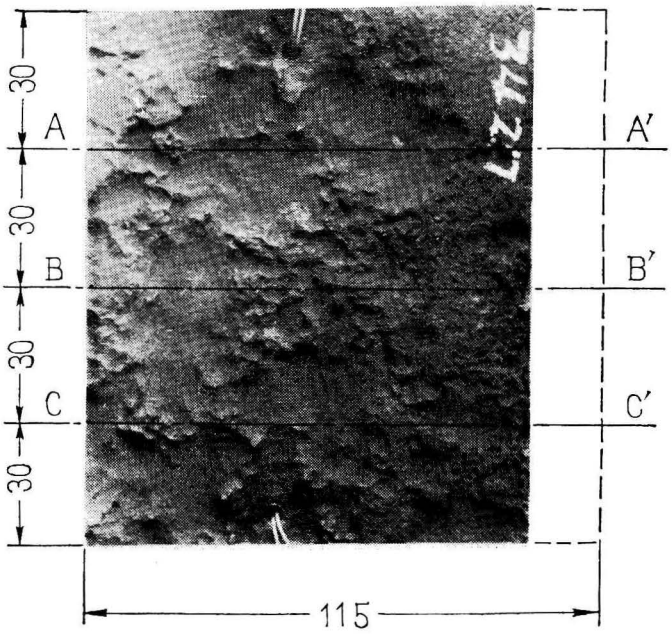
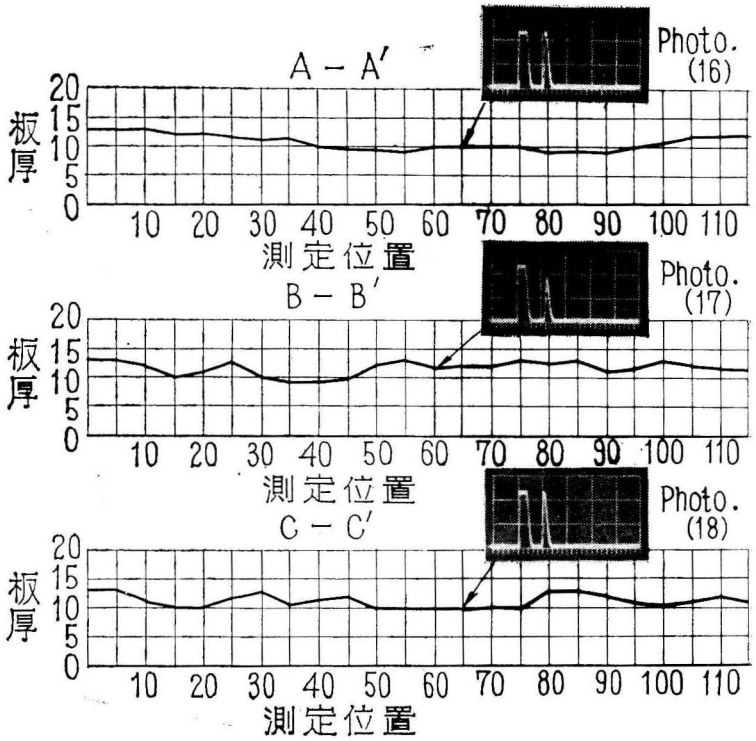


Fig. 5　断面の厚み測定値



(iii) ラミネーションの潜在する鋼板の板厚測定

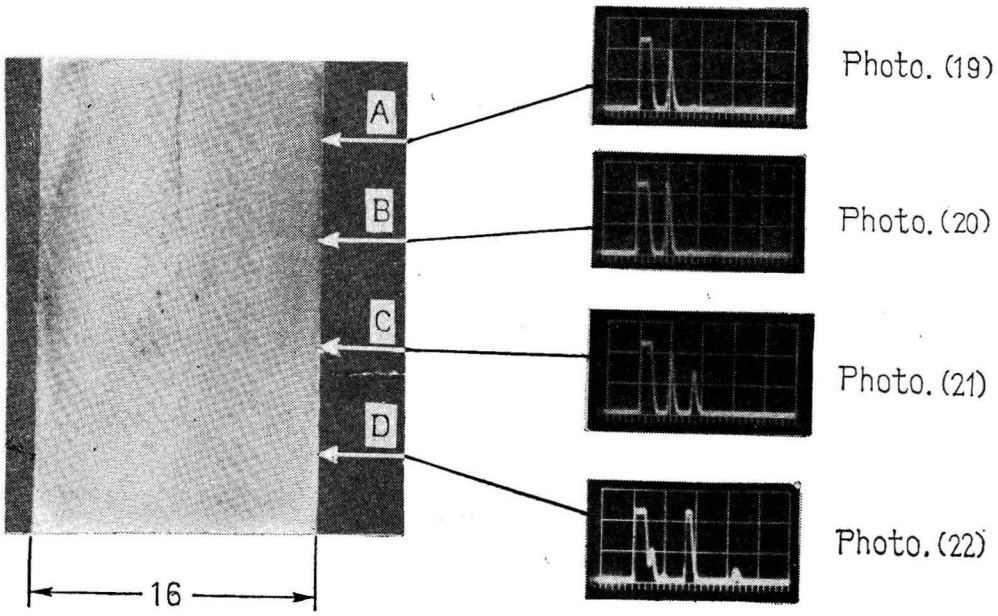
Photo(B)は試料を示す。これにa，b，c，dの方向より探触子をあてた場合の探傷図形を(19)〜(22)に示す。

実際の肉眼検査ではc，dの部分ではラミネーションの判別は，つけ難いが，探傷図形にすいては明瞭にその存在を示している。

探傷面からラミネーションまでの深さはつぎのとおりである。

測定位置 / 測定方法	測定点からの深さ(mm)			
	a	b	c	d
超音波探傷厚の計	9.0	9.0	9.0	5 8 (2ヶ所)
実　　測	8.5	8.5	8.5	—

Photo(B) ラミネーションの潜在する鋼板



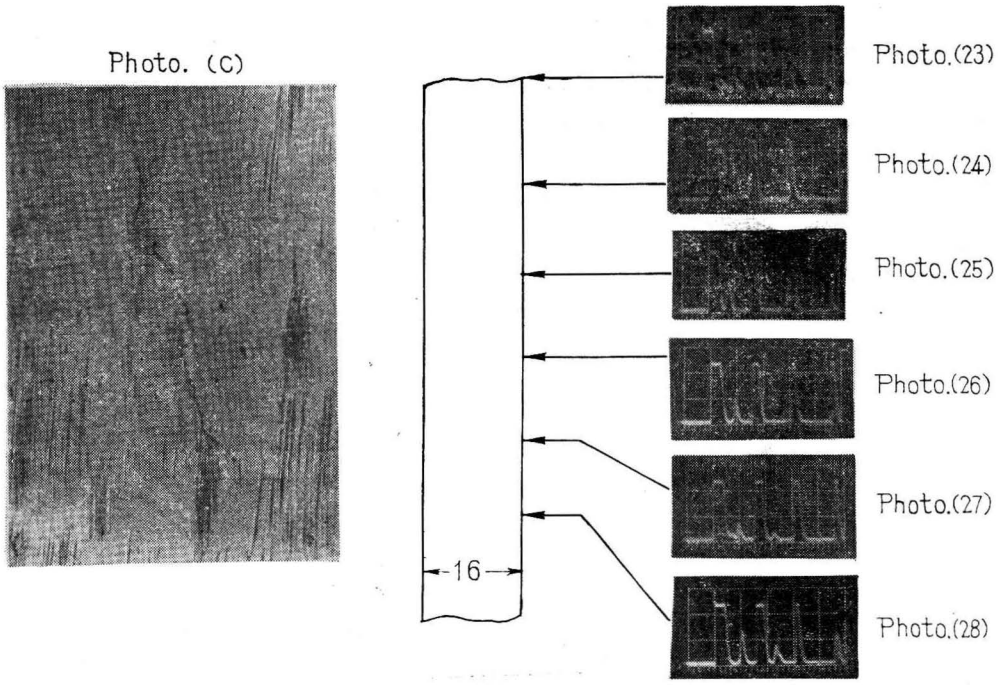
(iv) ワレの発生した鋼板の板厚測定

(a) 溶接部のワレ

Photo(C)はスチーム　アキュムレータの胴板(高張力鋼)の溶接部に発生したワレである。

このワレは胴の内側に発生したもので，ワレの進行は大体外側に向って垂直である。したがって，ワレの深さを調べるために胴の外側から探触子をあてた場合，傷の反射に必要な面積が少ないためのブラウン管上に傷エコーがでがたい。しかし，ワレが垂直方向にまっすぐに進む場合より，むしろ曲りくねって進行するのが普通であるから，本例の場合も比較的容易にワレの深さを測定することができた。Photo(23)〜(28)はその探傷図形である。この結果，ワレの深さは割合深く，最低から最高までの値が得られた。

Photo. (C)　スチームアキュムレータの胴板の溶接部に発生したクレ



（b）　グルービング

ボイラ等のフランジ部に発生しがちなグルービングの進行については，その部分の板厚(残厚)を測定することによって深さを知ることができる。

Photo(D)はグルービングの発生した炉筒のフランジ部であり，この部分の板厚を厚み計によって測定し，Photo(D)に示す断面部の実測値と比較してみた。

測定位置 / 測定方法	ワレを除いた板厚(mm)			
	a	b	c	d
超音波探傷厚み計	11.5	8	8	8
実　　測	11.5	10	10	11.5

これによると，Photo (D) の断面部より探傷側の方がワレの深さがやや大きい。これは肉眼で識別できないものも検出し得ることを示している。

(2)　溶接部の検査

（i）　突合せ継手

溶接試験片について行なった検査結果はつぎのとおりである。試験片の厚さは9mmである。

Photo (E)(F)(G)は試験片の溶接部を示し，(E′)(F′)(G′)にX線写真を示した。(33)～(47)はそれぞれの探傷図形を示す。なお，厚み計の探触子は10ϕのもので差し支えなかったが，溶接面が粗いときは5ϕのものを使用した。

V形開先のものは下側の開先より溶差金属が突出した部分までの厚さが測定された。(片側溶接で Phto(E)の場合)

Photo (F′)のX線写真は1ϕ～1.5ϕのブローホールを人工的に入れた場合のもので，その右側に超音波厚み計による探傷図形を示した。

Photo (G′) は溶け込み不良のものである。これの探傷結果では溶接線上で連続的に傷エコーが見られるので欠陥の種類は大体判別出来る。

（ii）　T型継手

Fig. 6 は人工キズ（2ϕのブロホールと溶け込み不良）を入れて試作した溶接T型継手試験片であり，試験片の厚さは12mmである。写真はこの欠陥を検出した探傷図形を示すもので，溶接部より直接探触子をてた場合が(48)，(49)であり，これを反対側の真下より探傷した場合が(50)，(54)である。探傷図形によって欠陥の位置が明瞭に示されているが，(50)の場合は板厚と同じ深さにあり，溶け込み不良を示すものである。

Photo.(D) グルービングの発生した炉筒のフランジ部

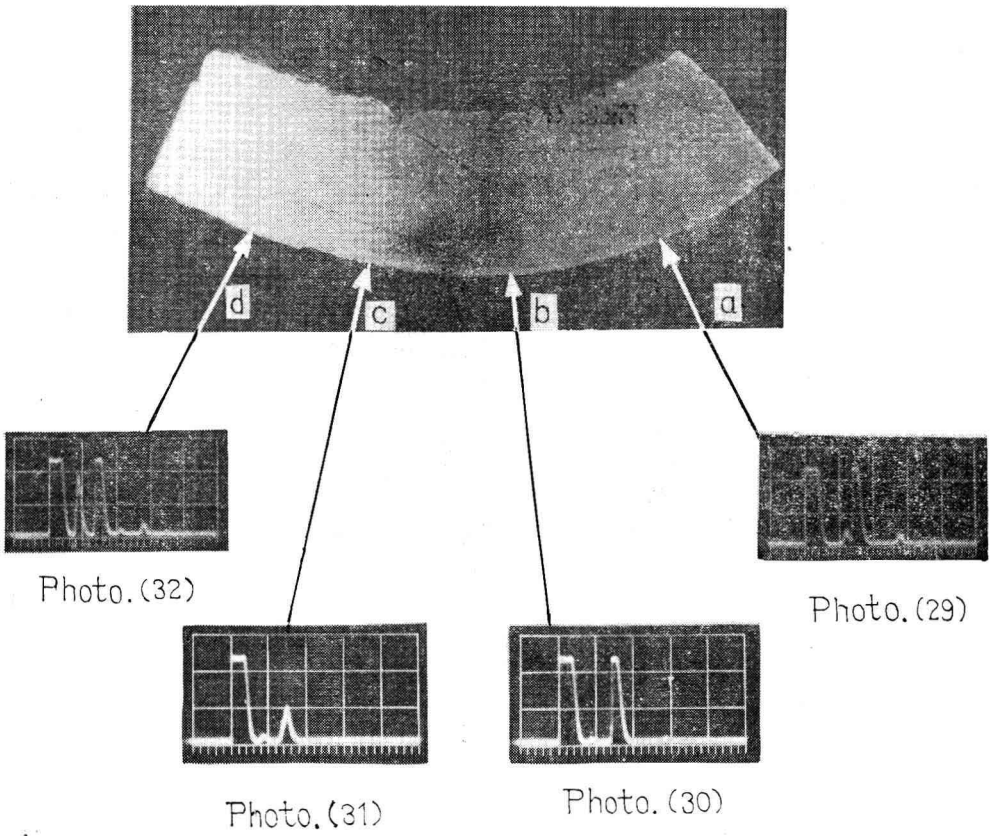


Photo.(E') 試験片

Photo.(E) 試験片

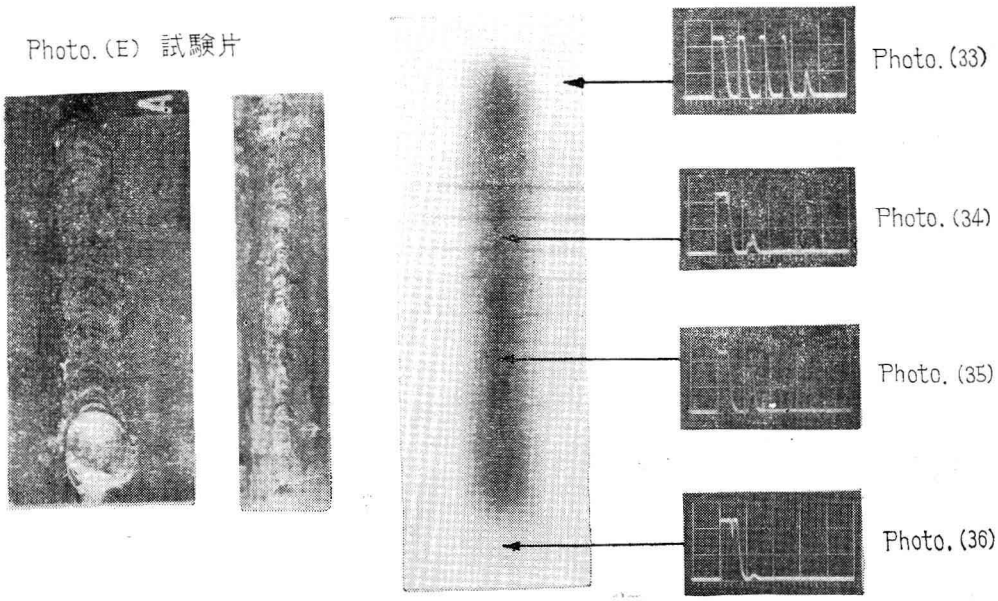
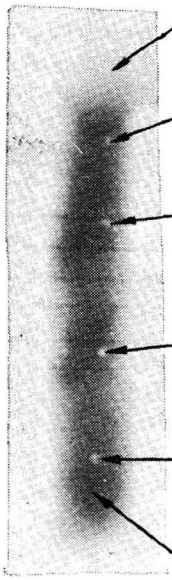


Photo.(F) 試験片

（突合両側溶接）

Photo.(F') 試験片



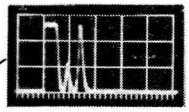


Photo.(37)

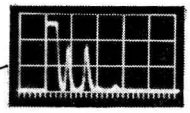


Photo.(38)

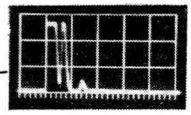


Photo.(39)

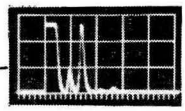


Photo.(40)

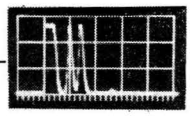


Photo.(41)

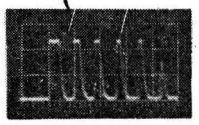


Photo.(43)

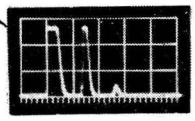
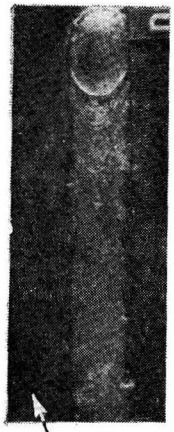


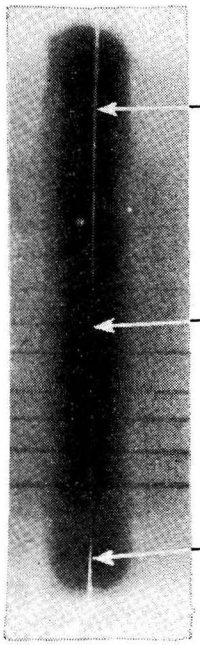
Photo.(42)

Photo.(G') 試験片

Photo.(G) 試験片



(突合両側溶接)



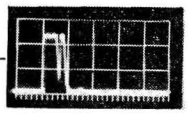


Photo.(44)

Photo.(45)

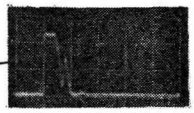
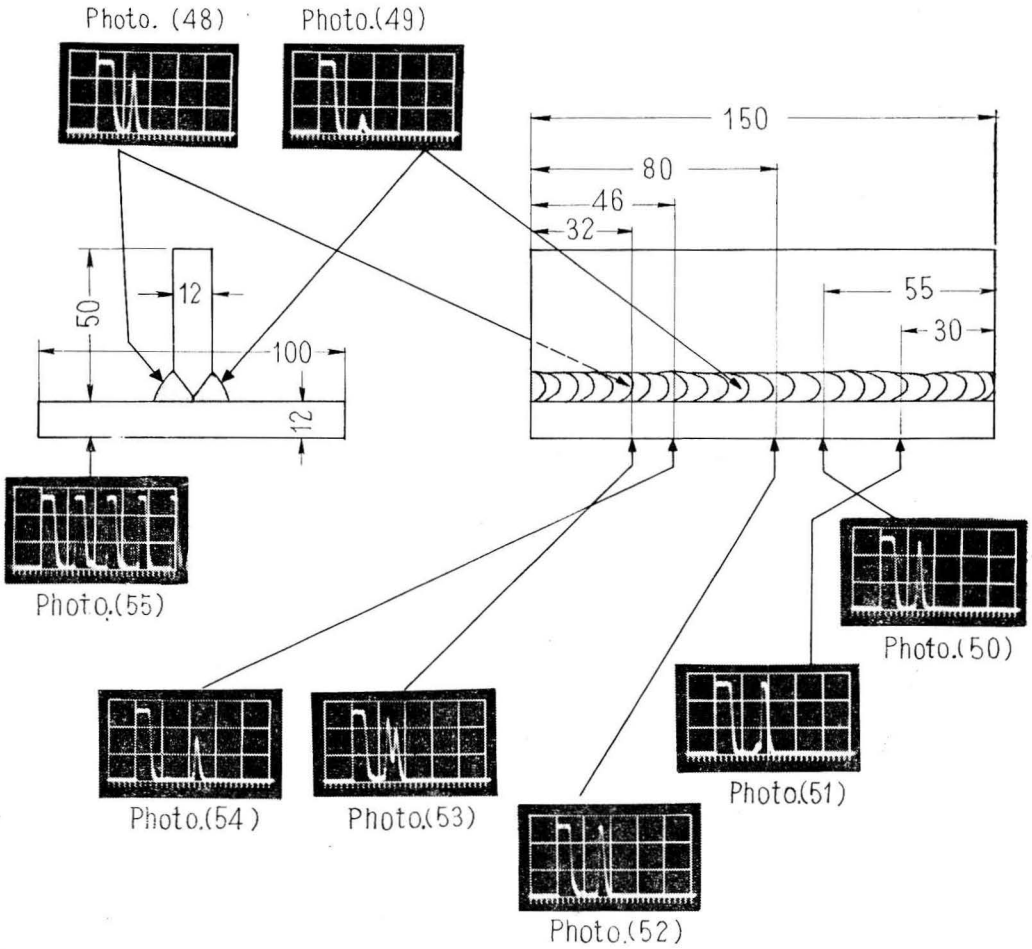


Photo.(46)

Photo. (47)

Fig. 6



4. 考　察

この実験によって著しく腐食された板であっても極めて明瞭にその底面エコーが得られ，かつ，ラミネーションなどの潜在する板についても有効であることがわかった。

さらに，溶接部における欠陥の検出についても，溶接面をグラインダー仕上げをすることなく，そのまま溶接面から垂直探傷することができる。また，溶接T型継手に対しても有効であり，とくにこの場合は反対側（X線写真ではX線照射面またはフイルムをあてる面）から探傷すれば，簡単に欠陥検出ができることがわかつた。

したがって，溶接継手の探傷の場合は溶接面を少しラインダー仕上げをしてやるとか，反対側からも探傷してやれば，なお一層効果的である。

なお，これによって検出された欠陥の種類などは，その欠陥が連続しているか，散在しているか，またその位置，傷エコーの形，大きさなどからほぼ判別することができるが，その良否の判定については今後更に実験と研究を進める必要がある。