

第七章 銲接部検査

53. 銲接と其検査

「如何にして銲接の良否を判断し得るや」の疑問は、今日尙銲接に親しむの機會の少ない人々が、銲接工法を採用するに當つてもつ懸念の一つであるが、著者をして云はしむれば、現今の状況に於ては最早や、鐵筋コンクリート或は鑄物類の良否を判定することよりも、遙かに容易に其缺點を見出し得るのである、即ち一般構造物に對しては、其表面検査、削取検査、打診検査等によつて、充分信頼しうる検査結果を得ることが出來、更に高壓罐等の重要構造物に對しては、最近長足の發達を見せた X-Ray 検査法の適用によつて隅々までの詳細なる検査を行ひうるに至つた。従つて上述の如き懸念は、一度銲接工法に携はるに至れば、忽ち解消すべきものと信ずる。

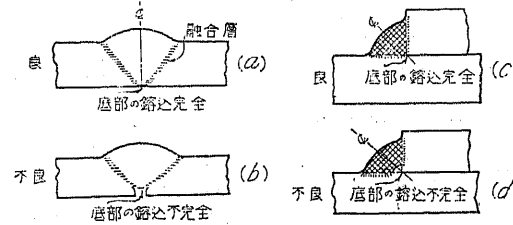
尙こゝに銲接検査が、銲接工の養成と、實際の工事に當つて銲接工を常時緊張せしめ得る事に著しい効果のある事の特記せねばならぬ、即ち銲接工が技術の習得に當つて、X-Ray 検査、或は削取検査等によつて、自己の行ひたる銲接の内部状況を了解しうる事が、技術の進歩を助くる上に絶大の効果のあることは何人も疑ひ得ざるところであり、又工事作業中の銲接工が自己の製作物の如何なる部分が何時検査さるゝやも知れざるの状態にあることは、工事に對する注意力と責任觀とを向上せしむる上に於て、絶大なる力を有すものと信ずる。この意味に於て、今後の各種銲接工場或は工事現場に、或程度の検査装置を設備することは缺くべからざる事柄である。

54. 銲接の外観検査

銲着鋼は其母材と均一なる材質を有することが理想であり、其内容は充實し、

酸化物、銲滓、氣泡等を含まず、表面に銲融鋼の飛沫著しからず其波形滑かにして一様なるものでなければならぬ。

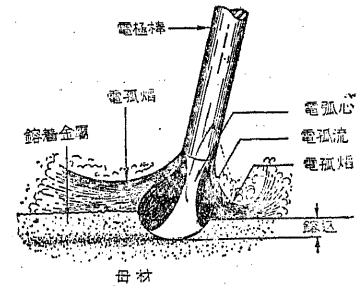
接手に於ける銲着鋼と、母材との融合は接觸面の隅々まで完全でなくてはならぬ。第 301 圖は衝合及隅肉



第 301 圖 銲接部底部の融合不完全

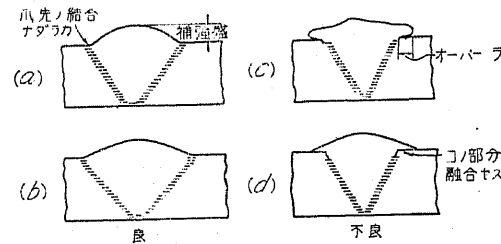
銲接に於ける底部の融合狀況を示したもので、(a)、(c) は融合完全なるもの、(b)、(d) は不完全なるものを示す。

銲着鋼の母材内への銲込は普通 1.5 mm 以上を必要とするものと考へられてをる。第 302 圖は銲込 (penetration) の生ずる狀況を示したもので、これが充分でなければ銲接は完全な強度を示し得ない、これ等の良否を外観検査によつて直接判定すること



第 302 圖 銲着鋼と母材の銲込

とは出來ぬが、接手の表面形状から間接にこれの良否を推察することは決して不



第 303 圖 銲接部のオーバーラップ



第 304 圖 銲接部のアンダーカット

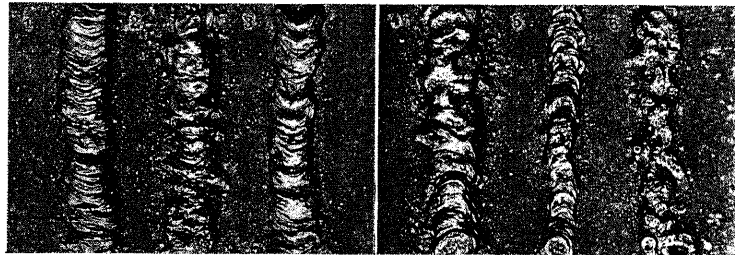
可能ではない。これが判断の資料として先づ問題にされるのは銲接表面接合線に沿つて屢々見受けられる 第 303 圖 (c) (d) の如きオーバーラップである。電流調節良しきを得ず電弧長大に失し銲接速度比較的遅き場合に起る、

銲接線部の銲込み不安全なることは明かであり、内部銲着鋼の質もまた害されて

をるものと考へねばならぬ。電弧長適當にして電流の調節よろしきを得れば、銲接線縁部は第 303 圖 (a), (b) の如く極めてなだらかにすり附けられる。

次に問題にされるのは第 304 圖に示せるアンダー・カットである。電流過大なるときに生ずるものであつて、電極棒の融解にて供給される銲着鋼に比して、母材の銲融が過多なるために銲接線の縁部に沿つて生ずる母材の凹みであつて、この部分に部材の弱點を生ぜしむる處れあると共に、斯くの如き過大の電流にて施工されたる銲着鋼は、氣泡の含有多く充分なる強度を示さない場合が多い。併し僅かのアンダー・カットは銲込みの完全を示す證據と考へられることもある。

又銲接線附近に銲融鋼の飛沫を多量に散在せしめてをる場合がある、電弧長過大なる場合又は電流の多過ぎたる場合に起るもので、表面に光澤なく銲接の表面の仕上りは甚だ不規則に亂れてをることが多い、この場合の銲着鋼は質不良、銲込みも不充分と認めねばならぬ。第 305 圖は銲接部の外觀の實例を示したもの

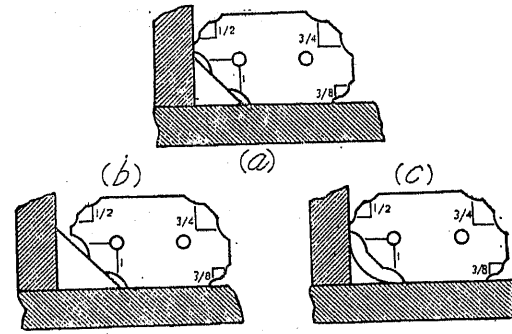


(a) (b) (c) (d) (e) (f)

第 305 圖 銲 接 部 の 外 觀

で、(a) は電弧長、電流共に適當なる大きにて施工せられたもの、幾分銲接方向が拙い、(b) は同じ電流を用ひてをるが電弧長が大きすぎ、表面きたなく、酸化物の包有が見られる。(c) は電弧長正しきも、電流過大なる場合に、銲着鋼がわき過ぎてをり、圖には見えぬが澆屑を含んでをる、(d) は電弧長正しく、電流過小、且つ電極棒大にすぎ、銲着鋼は不規則、且つ幅廣に出來てをる、(e) は同じ状況で細過ぎる電極棒を用ひた場合で、銲接鋼は不規則、且つ幅狭となつてをる、(f) は全くの初心者の行つた銲接で、銲着鋼は互に連絡なく、勝手に散在し、銲込みも全然認められない。

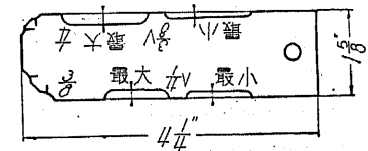
次は銲接の大きさであるが、これは設計に従つて標された罫線に正しく一致せしめ、みだりに其長さを増し、又其脚を大ならしむることがあつてはならない、斯くの如きは經濟上の不利益のみならず、出來上り構造物の強度の均等さを破り、熱歪みを増大せしめ、收縮應力を大ならしめ、有害なる結果を齎らすこととなる。これ等の寸法を指定以下に縮小せしむることの不



第 306 圖 隅肉銲接用ゲージ

可は論をまたないが、多くはなるべく出來上り構造物を丈夫ならしめたいとの心持ちから、過大なる銲接を施工し勝ちである。

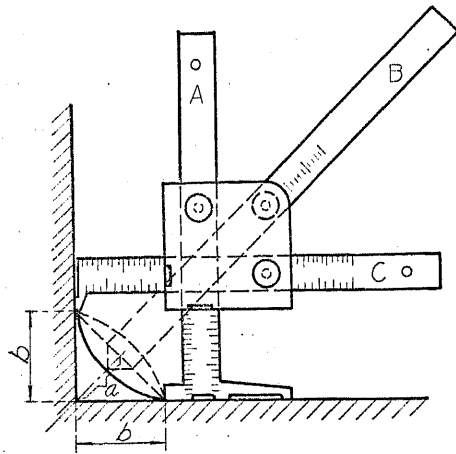
既成の銲接の寸法を檢査するためには専用のゲージが工夫されてをる、第 306 圖は米國流の隅肉銲接用のゲージである、補強盛を含んだ喉厚を測定する構造となつてをる、ゲージの飯厚は $\frac{1}{16}$ 位、圖の (a), (b), (c) は 1" 喉厚の隅肉銲接が適



第 307 圖 隅肉、衝合銲接兩用ゲージ

當に施工された場合、過大の場合、銲接過小の場合のゲージ使用の狀況を示すものである。第 307 圖は同じく米國流の同一ゲージで隅肉銲接と衝合銲接と兩用のもので、衝合銲接用の部分に最大、最小と示せるは、許されたる補強盛の限度を示せるものである。第 308 圖は獨逸流の隅肉銲接用ゲージで、この種類のは米國流と異なり目盛に表はれる寸法は脚長である。このゲージは同時に衝合銲接用にも使用される。

以上は銲着鋼について、外觀により其良否を判斷せんとするものであつて、これによる結果は極めて正確であるとは云ひ難いが、其大勢を判定するに苦しむものではない、殊に施工に當つて監督者が完全なる銲込と融合とを得ることに専心の



第308圖 獨逸流隅肉銲接用ゲージ

はねばならぬ、この目的にて考案せられた検査方法に、次に掲ぐるが如き各種のものがある。

55. 音響による検査

材質均等にして缺點なき鋼板の一部に打撃を與ふれば、振動はこの点より四方に一樣に傳達せらるゝも、もし鋼材の一部に龜裂、氣泡、不純物等の缺點あらんか、この方向の振動傳達には歪を生ずる。従つてこの振動による音響に異同を生ずることとなる。本法はこの現象を銲接部缺點の有無判定に利用せんとするもので、銲接部の一侧を小ハンマーにて打ち、他側に傳はる音響を聞き分けて、これが變化にて銲接内の缺點の處在を知らんとするものである。聽音には普通の醫師用聽診器を用ふる方法、又はこの音響を更に擴聲器にて擴大して聞く方法が用ひられてゐるが、これを電氣的に記録せしむる方法が更に有効であらうと考へられる。

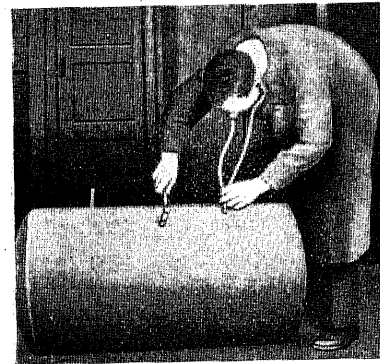
普通の聽診器を使用する場合先端にゴム冠を被せるか、又はゴム板を敷く。これは試験片の表面の凹凸に對し、其接觸を完全ならしむると同時に外部よりの

注意を拂ひ、銲接工をして電極棒の運行、電弧の長、使用電壓、電流調節、電極の正負等に誤なからしむれば、非常高壓をうくる構造物等特殊のものにあらざる限り、外觀検査によつて一般鋼構造物銲接作業の監督に支障を來すことは無い。

重要構造物にて既成の銲接につき徹底的の検査を必要とする場合には、これに應じた内部検査を行

音響を遮斷し、更に試験片との直接の接觸が打撃による振動を減衰せしむる恐れなからしむるためである。試験方法は銲接部の片側約 20 mm の距離の點に聽診器をあて、これに對する反對側同じく約 20 mm の點を小ハンマーにて打つ。ハンマーの大きさ、打撃の強さ等は試片の大きさ、鋼の厚さに應じて聽音に最も工合のよい大きさに適宜變更せらるべきである。打撃と共に聽こえるものは、打撃を受けた局部の強制振動に應ずる音で、やがて試験片全體の固有振動に應ずる音が混じて來る。缺點の判断はこの最初の瞬時に聽こえる「ピン」と云ふ音の聞きわけによるもので、龜裂、氣泡、銲滓等の存在によつてこれが音色に變化が起る。又これ等の缺點が著しき場合は後に聽こゆる固有振動による「ガーン」と云ふ濁音が、急激に減衰するからこれによつても内部の缺點を判断することが出来る。

本試験法は Union Carbide and Carbon Research Lab. の推奨して居るもの



第309圖 聽診器による銲接部の検査

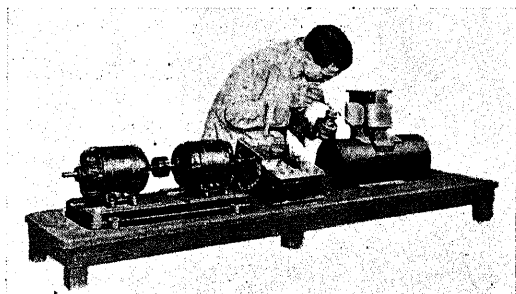
のであるが、其性質上試験は定性的たるをまぬかれぬこと、試験者が相當の熟練を要すること、試験材の接手が比較的簡單にして、同一状況の連続せるものにては効果的なるも、接手複雑にして變化の甚しきものは應用困難なること等が缺點である。パイプ、鋼、罐等の銲接検査に至便なるべく、重要製作物にて X-Ray 試験を行ふ場合の豫備試験には最も適するものと信ずる。尙この聽音に擴聲器を利用するものあり、外部の雜音に妨げらるゝことなき點、音が強大なることによりてこれが判定の容易となる點等が便利である。更に打撃による音響の波形を電氣的に記録することによつて、銲接内部の變化を一層確實に確め得ることと信ずるも、未だこの種の實驗に關する報告をきかない。第309圖は聽音試験による銲接部検査の狀況を示す。

56. 磁力線による検査

強き磁場内に銲接試片を置き其表面にて磁力線を測定するとき、もし試片内に龜裂等の缺點あらば、この部分の磁氣抵抗が増加するために磁力線に變化を生ずる、本法はこの原理を利用して銲接部の検査を行はんとするもので、軌條等の疵裂を發見するに用ひらるゝ装置と同一原理によるものである。

磁場の發生には普通馬蹄形電磁コイルが使用せられ、磁力線の變化を測定するためには鐵粉圖法 (Magnetograph) に依るものと、漏洩磁束計を用ふるものがある。

鐵粉圖法によるものは最初 Societé La Soudure Autogène Française の研究所長 M. A. Roux 氏によつて提唱されたもので、第310圖に示す如く、試験

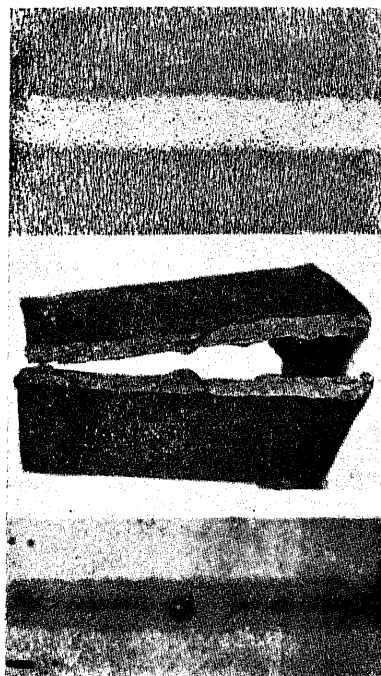


第310圖 鐵粉圖形による銲接部の検査

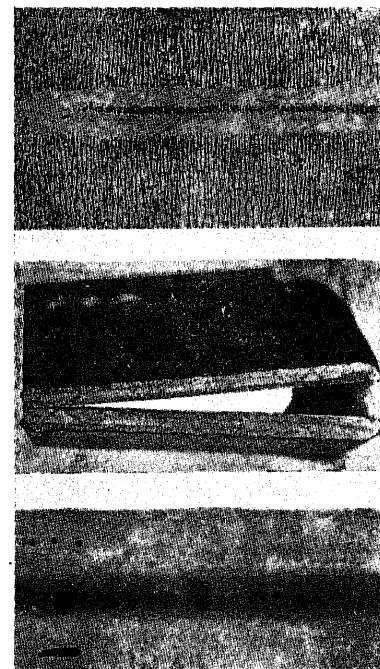
體銲接部へ白紙を置き、電磁コイルを用ひて磁力線を通じ、白紙上へ鐵粉を一様に撒布する、鐵粉は其部分の磁力線の強さ方向等を示す圖形を表す。この鐵粉圖を記録するためには透明紙に鐵粉をまきてこれを糊料にて固定し、これを原紙として感光紙に同形を焼きつける法、青寫眞用紙類上に鐵粉をまきて、アーク燈を用ひて感光せしむる方法等が用ひられてをる。電磁コイルの強さは試片の厚さによつて異なる、25 mm 鋼に對し 43,000 「アムペヤーターン」、30 mm に對し 80,000 「アムペヤーターン」程度のものが用ひられる。

第311圖上圖は比較的良好なる衝合銲接部の鐵粉圖形である。銲接部の鐵粉の分布少く、この部分を明瞭に區別出来るが、この結果は銲接部分と母材の部分との厚さの相違に應じた、磁氣抵抗の差が齎したものである、鐵粉の配置に局部的

體銲接部へ白紙を置き、電磁コイルを用ひて磁力線を通じ、白紙上へ鐵粉を一様に撒布する、鐵粉は其部分の磁力線の強さ方向等を示す圖形を表す。この鐵粉圖を記録するためには透明紙



第311圖 銲接部の鐵粉圖、破折断面、及 X-Ray 寫眞 (施工良好なるもの)

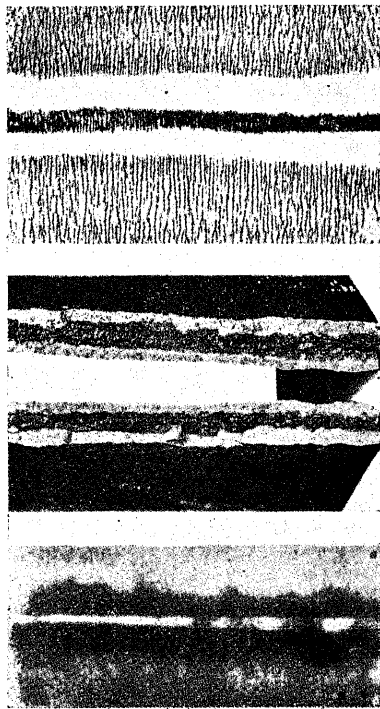


第312圖 銲接部の鐵粉圖、破折断面、及 X-Ray 寫眞 (銲込不良なるもの)

の不規則のないことは銲接内部に、顯著な缺點の存在しないことを示すもので、このことは中圖の破折断面並に下圖の X-Ray 寫眞によつても窺ひ知ることが出来る。

第312圖は銲込みの不完全なりし銲接部の例を示したもので、表面の外観からは其缺點を窺ひ難きものも、本法によれば上圖の如く、銲込不良の部分に沿つて鐵粉の配列を見ることが出来る、左端を除き、他の部分の施工不良なりしことは中圖の破折断面にて知り得べく、下圖の X-Ray 寫眞又この部分の透過の大きなることを示してをる。

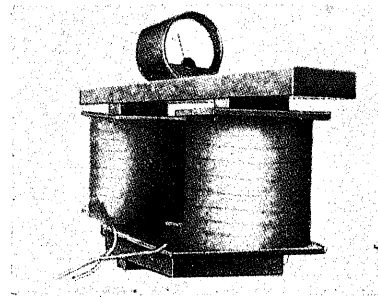
第313圖は表裏兩側より銲接した X-接手で、其中間が銲融してをらぬものゝ例で、上圖鐵粉圖にて銲接部の中央に顯著な鐵粉の附着があり、X-Ray 寫眞も又中央部の透過のよろしきを示してをることは、破折断面の狀況から見て當然と



第313圖 銲接部の鐵粉圖、破折斷面、及 X-Ray 寫眞(斷面中央の銲着不良のもの)

考へられる。

磁力線の變化測定に漏洩磁束計を用ふる方法は、Westinghouse 電氣會社の Watt 氏によつて深い研究がされてをる。同氏の方法は銲接部を跨ぎて鋼の裏面より馬蹄形電磁コイルを當て、表面銲接部に沿ひて漏洩磁束計を置く、銲接部龜裂等の缺陷による漏洩磁束の増加



第314圖 漏洩磁束計による銲接部の検査

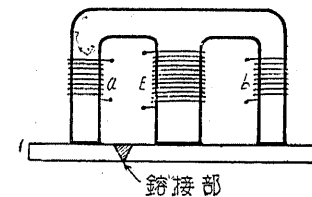
は、磁束計の指度を増す事となる。第314圖は磁束計による銲接部検査狀況である。

磁力線變化の測定による銲接部檢定方法中、前掲鐵粉圖によるものは其性質上定性的の範圍を出で難いのであるが、漏洩磁束計によるものは或程度まで定量的の検査を行ふことが出来る、Watt 氏の採つた方法は磁束計の母材に於ける指度と、銲接部に於ける指度との比率と、母材強度と、銲接強度との比率の關係を示す曲線を作り、磁束計による測定によつて間接に銲接部の強度を求めんと試みてをる。第315圖は Watt 氏の作つた磁束計の指度の比と接手效率の關係圖である(星氏に依る)。

前掲鐵粉圖法とこの漏洩磁束計による方法とを比較するに、前者は銲接部がほ

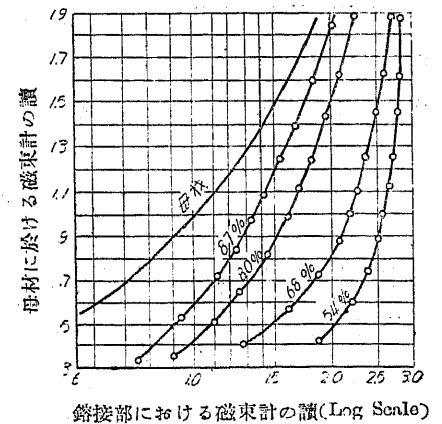
ぼ水平に置かれたる場合にのみ適用でき、斜面の銲接部の檢定は不能なること、缺點が深部にあつた場合これが判定困難なるに對し、後者は銲接部の位置の如何をとはず比較的簡單に検査を行ふことが出来る、其缺點を或程度まで數量的に表示できる利點をもつてをる、併し兩法とも銲合接手について實用的に利用が出来るのであつて隅肉銲接に對しては應用困難である。

同じく銲接部を通る磁束の變化を利用するものであるが、幾分其原理を異にしてをるものに、柴田晴彦氏の考案による檢定器がある、第316圖は其原理を示すもので、銲接部に通ずる磁束は3本足の電磁石で作られる、即ち此3本足の内、中



第316圖 柴田氏銲接部檢定器

中央の足に勵磁コイル E を設け之に 100 V の交流を通し、この磁束を鋼板を通じ兩側の足に分流させる、この兩側の足 a 及 b には別にコイルを設けて、これを差動的に接続する。もし銲接部に何等の缺點なくば a 及 b に誘起する電壓が同一で平衡することとなるが、茲に何等かの缺點あらば、この回路の磁氣抵抗が異り、a 及 b の平衡が破れる、その程度によつて缺陷の存否、深さ大さ等を判断せんとするものである。その方法は其磁束が鋼板の比較的表面のみを通ずる關係から、銲接部の缺點が深部にあつた場合に檢出困難なる不利があるのと、其性質上檢出が定性的であつて特殊な場合のほか定量的に利用することが難しい點が遺憾である、尙この方法については考案者が引續き實驗を進められつゝあるから早晚完全なものとして現はるものと信ずる。



第315圖 漏洩磁束計指度の比と銲接接手效率との關係

これ等の検査法と類似のもので、銲接部へ電流を通じ、これによる磁場が銲接部の缺點によつて變化する状況をガルバノメーターにて測定する方法がある、米國スペーリー博士の考案によるものである。

57. X-Ray による検査

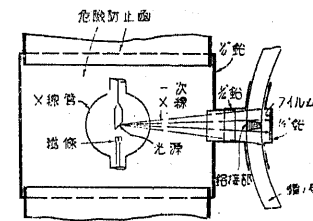
本法は現今行はれてをる銲接部検査方法中最も完全なるものとして、其設備費が比較的高價なるにも拘らず、重要構造物の銲接接手の検査には必要缺くべからざるものと認めらるゝに至つた、今米國に於ける現況を聞くに、殆んど全部の重要銲接工場には X-Ray 装置が備付けられ、設備の資力なき小工場のためには別に X-Ray 装置を備へた私設試験所があつて、これが求めに應じて製品の検査を代行するの状況で、今や X-Ray 検査法は實驗室時代より實用時代に入つたと稱して過言なき状態である。米國に於て斯くの如く X-Ray 検査法の一般化したことは、其検査法の合目的性によることは勿論であるが、一面 A. S. M. E. の銲接ボイラー規格が 1932 年の 1 月から實施されたことにも基因してをる、同規格にては厚さ 7.5 cm 以上のボイラー・プレートに對しては縦及圓周の全銲接接手の X-Ray 寫眞を撮影提出しなければならぬこととなつてをり、X-Ray 装置は鋸厚の 2% 以上の缺陷を定量的に測定し得べきものでなくてはならぬと定めてをる、

本邦でもすでに二三の銲接工場並に海軍關係では X-Ray 装置を應用してをられる様に見受けられるし、又この目的の爲に考案された X-Ray 新装置が東京電氣會社及島津製作所あたりから發賣された模様であるから、早晚この方面の急足な發達が見らるゝに至ると信ずる。

X-Ray による検査は上述の如き製品検査の目的以外に銲接技術の改善に役立つ場合が頗る多い、即ち銲接工は自己の製品の X-Ray 寫眞を示されることによつて其技術に關し反省させらるゝ點多かるべく、銲接技術習得者が X-Ray 寫眞を参照しつゝ技術を練ることによつて習得期間を著しく短縮することが出来る、又同種構造物類似の接手箇所にも屢々發見せらるゝ缺陷ありとすれば接手設計法の

改善をも促すこととなる。

抑も X-Ray による金屬内部の検査は、これが有する短波長 10^{-8} 乃至 10^{-9} cm による金屬透過力の強大さを利用するもので、其應用を 2 種に分類することが出来る。一つは小孔から放射された X-Ray によつて局部的に金屬の結晶、組織、歪等を研究せんとするもので、銲接接手一般性狀の實際的検査には適用し難い性質のものである。他の一つは金屬面の一定範圍へ全面的に X-Ray を投射し、金屬各部の透過度の差異を螢光板又はレントゲン用フィルムの感光によつて求め、これによつて組織の相違を研究せんとするもので、今日銲接接手の検査に應用されてをるものは殆んどこの種類に屬してをる。第 317 圖は銲接部 X-Ray 寫眞撮



第 317 圖 銲接部 X-Ray 寫眞の撮影

装置を示したもので、取扱者へ及ぼす X-Ray の危害を防ぐために、必要以外の部分は出來うる限り鉛板等にて覆ふてをる。螢光板使用の場合は感光フィルムの位置に螢光板を置く、この場合取扱者の危険なき様、45° 傾斜せる鏡を利用して側方より行ひうる様装置したものもある。一般に螢光板を用ひての直接觀測は、寫眞撮影による間接觀測に比して精度低く、且つ特別の熟練を必要とする、後者が 12 mm 鋼板にて厚さの 1% 程度の缺點を検出する場合、螢光板によれば 4% 程度が其限度である。

今日 X-Ray にて検査する鋼板厚の限度は、装置の大きさ、露出時間、消費電力等の經濟關係より見て 100mm 程度とされ、検出する缺點は鋼板厚 90mm までならば厚さの 1%、鋼板厚 25 mm 以下なれば一層細い缺點をも検出し得べしと稱されてをる。

銲接物検査用に今日使用される X-Ray 放射用の電力は、電壓 120 乃至 300 k.V. 電流 5 乃至 25 m.A. の直流で、これによる露出時間は鋼板厚感光フィルムの種類、光源からフィルム迄の距離等にて差異あるも大體第二十七表の時間が標

準とされてをる。

第二十七表 X-Ray 寫眞露出時間

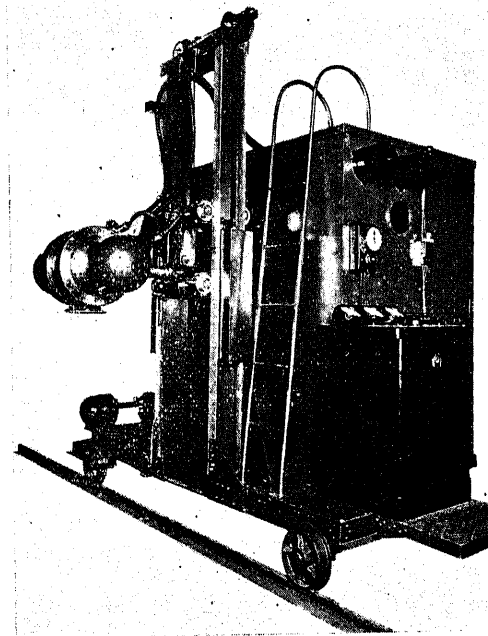
| 板 厚(mm) | 6 | 9 | 12 | 20 | | 25 | 30 | 35 | | 40 | 50 | | 60 | 70 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 電 壓(k.V) | 120 | 120 | 120 | 120 | 150 | 150 | 150 | 150 | 200 | 200 | 200 | 215 | 215 | 215 |
| 電 流(m.A) | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 露出時間(m) | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 4 | 0.3 | 0.5 | 1.5 | 5 | 0.5 | 0.7 | 3.0 | 0.7 | 3.3 | 12.5 |

銲接部の X-Ray 検査を行ふに當つて被検査物が小型のときは左程の困難なきも、大型のものゝ場合は銲接接手の任意の箇所へ X-Ray を放射するために特別設備を必要とする、即ち接手を順次移動撮影するために、X-Ray 装置を可動ならしめたものと、被検査物を可動ならしめたものとある。第318圖は X-Ray 検査装置を示したもので(a)は島津製作所製の最高電壓 200 k.V. のもので、製作工場内での移動撮影を目的としたものである、全装置は軌道上を移動する臺車上にありて、其移動は電動機によつて、極めて静かに行はれ、鐵管類の長手の接手の検査には管を移動せしむる必要はない。高電壓發生装置は接地された鐵板張の函中に收められて、これより高壓可撓電纜によつて管球に連結されてをるから、装置の外部に觸るゝも電撃をうくる恐れはない。

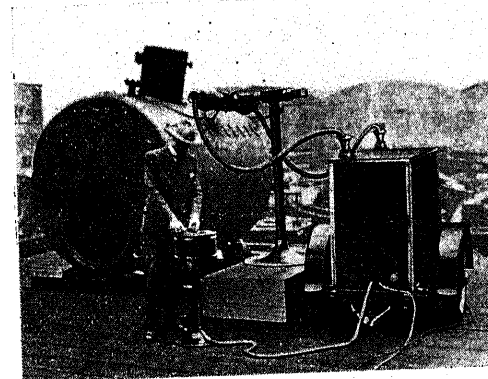
(b)は獨逸 Müller 會社製の可搬式の X-Ray 検査装置で、乗用自動車で牽引して運ぶ様になつてをる、空氣タイヤを有する臺車上に高電壓發生装置があり、管球及調節装置のために別々のスタンドを持つてをる。圖は汽罐検査中の状況である。

X-Ray 寫眞による銲接部缺點の判断には相當の熟練を必要とすると共に、X-Ray 放射方向に誤りなきことを期せねばならぬ。今銲接部の各種缺點が X-Ray 寫眞に如何様に現はるゝかを説明するに當つて、銲接部の缺點を次の3種に分類するを便とする。

a) 母材と銲着鋼との融合の不完全 この缺點が銲接部の強度低減に大なる影響を有することは衆知の事柄であるが、其原因は銲込みを不完全にして融着面に



(a)



(b)

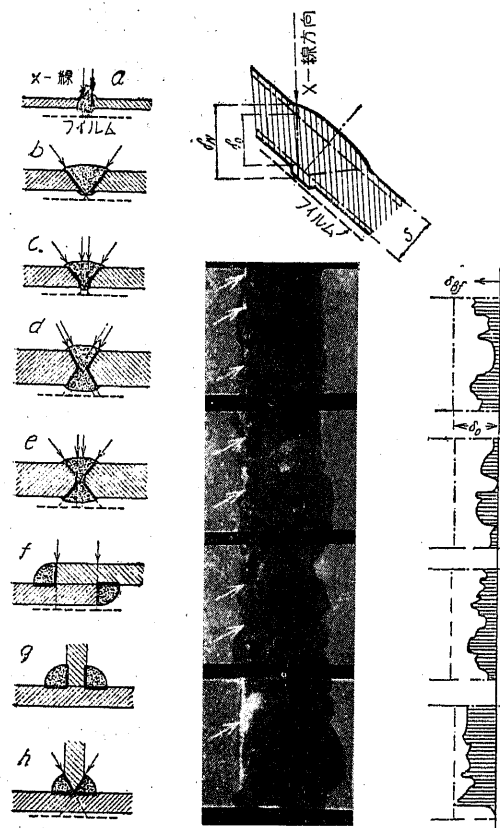
第318圖 X-Ray 検査装置

(a) 島津製作所製移動式 MV-200

(b) Müller 會社製 „Metalix” Makro 180.

沿つて酸化物、銲滓類の残留することにある。従つて融着面が平面に仕上げられた接手に於ては X-Ray をこの面に平行に放射することが最も効果的である即ち第319圖に示す如く a の直接ぎにて垂直方向、b 及 d の V 接ぎ、X 接ぎにて2斜方向、c 及 d の如きものにはほかに垂直方向の撮影を必要とする。又隅肉銲接にては f 及 h の如き、特別の場合のほかに一般にはこの種缺點の撮影は困難である。

この缺點は寫眞上に特長ある線狀の斑點となつて現はれる、缺點の著しいものほど斑點は力強くなる。第320圖は其數例を示したもので、V 接ぎの一融着面に見出された缺點である、右側に示した圖表は試片を上圖鎖線の如く仕上げたる後、引張試験を行ひ切断面たる寫眞撮影面に現はれた融合不完全なる部分の大きさ(細線を施せる部)を示したものである。経験が積めば寫眞に現はれたる斑點の強さか



第319圖

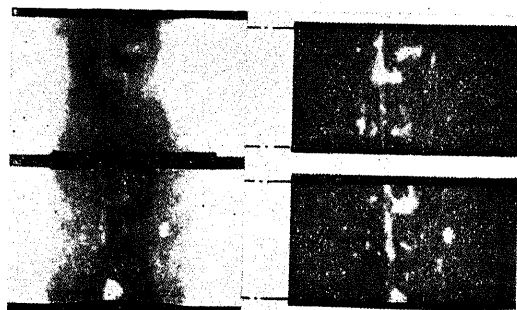
X-Rayの放射方向

第320圖

融着面の缺點を示す X-Ray 寫眞

表はすのみにて、元來黑色の雲狀不規則なる像として寫し出さるゝ鋅接部から、

これを識別することは困難である。但し補強盛を削成して撮影する場合には或程度までこれを検出することが出来る。第321圖はV接ぎの垂直方向の放射によるX-Ray 寫眞を示したもの



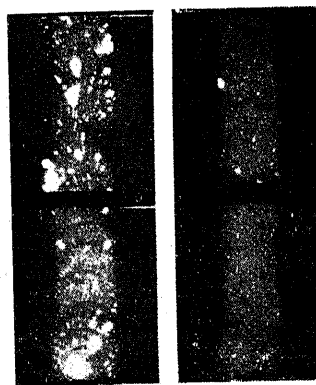
第321圖 V接手の垂直 X-Ray 寫眞

ら接手の強度を或程度まで判定することが出来る。

b) 鋅着鋼各層間の缺點 接手の鋅着鋼が數層盛にて行はれたる場合、各層間の鋅融不完全にてこの部分に酸化皮膜、鋅滓等を殘すことがある。この缺點のX-Ray による検出は其形が雜多なる曲面狀を呈すること多きと、其存在が全く偶然にして豫想困難なる事等より頗る難事とされてをり、比較的厚き鋅滓を含有する場合は別として、一般に起り勝ちな各層間の薄き不純物の膜は寫眞上には單なる雲狀又は紗狀の像を

で、左は補強盛のまゝ、右は表面削成せる場合の寫眞である。寫眞に表はれたる白斑は融着面の缺點と、鋅着鋼各層間の缺點とが混合したものである。

c) 氣泡 電弧鋅接にて最も起り勝ちな缺點で、其鋅接強度に及ぼす影響はa)ほどではないが、これの多少は鋅接施工の可否を判断する資料として見逃すべからざるものである。X-Ray による氣泡の検出は前掲 a), b)孰れの缺點



第322圖 鋅接部に包含されたる氣泡の寫眞

よりも容易であつて、寫眞面には明瞭な白斑となつて現はれる。殊に表面削成せる試片にあつては氣泡の大小、量、配置等を鑑別するに困難でない、第322圖はV接ぎ、表面仕上げせる試片の垂直方向の放射によるX-Ray 寫眞で、兩者とも交流160Aの電流を用ひて施工したものであるが、右圖のものに用ひた電極棒はるかに優秀なことがこの寫眞からわかる。

以上述べたところにより X-Ray による鋅

接部の検査法の得失を要約するに、これが利用によつて鋅接工の技術の促進に資するところ極めて大なる事、鋅接部の性状を示す不變の記録を残しうる事、各種缺點が各々異りたる形にて記録上に現はるゝ事等が他の検査法に比較して著しく優れてをる點である。これに對して其缺點を擧げるならば先づ其設備が高價であるため、常時 X-Ray 検査を行ふの必要ある場合は別として、時々此検査を行ふものなるときは1回の検査に對する経費は著しく大となる事、又其操作複雑なるが故にこの目的に専門的技術者を必要とする事等が經濟上不利な點であり、其本質から見ての缺點は、隅肉鋅接への應用が特殊の場合のほか可能でないこと等である。

58. γ -Ray による検査

X-Ray の代りにラジュームの放射線を用ひんとするもので、放射線の發生に

X-Ray の如き煩雑さを要せざる點、放射が八方に行はるゝ點から見て X-Ray にては検出困難なる複雑なる銲接部分にても検定しうる事、同時に數多の試片の検査を行ひうる事等の利點が擧げ得るも、高價なるラジュームの入手は困難なるが故に、借入れ等の便宜を有する場合のほか應用不能なことが缺點であり、且其透過性大にして 50 mm 以下の鋼板に用ひては寫眞上にて缺點の見わけは困難なりと云ははれてをる。米國海軍研究所の Mehl 氏等實驗あれども一般的に使用せらるゝに至る見込みは當分ないと云はねばならぬ。

59. 漏洩又は壓力試験

銲接鋼水槽、銲接鋼管等の既成構造物の水密性又は氣密性を検査する場合には、一般銲結構造のときと同様、水張、油張、水壓、水漬、氣壓、真空試験等其目的に應じたものが採用される。これ等の漏洩又は壓力試験に際しては龜裂の發見を容易ならしむるため、適當の重量のハンマーによる打撃を行ふことが常法である。又壓力試験に於ける壓力は、銲結管に於けるが如く銲の弛緩を懸念する必要なきが故に充分高壓ならしめることが出来る。米國銲接ボイラー規格にては常用壓力の 2 倍まで加へることが定められてをる。

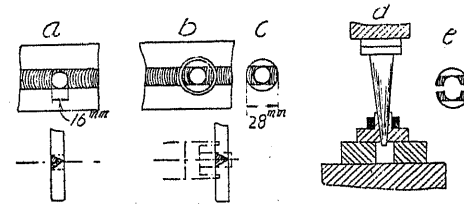
これ等の漏洩又は壓力試験の施行困難なる場合に、滲透油の浸潤試験をもつてこれに代へることがある。即ち銲接部の一面にチョークを塗り、他面に石油類を塗布する、もし龜裂あらば數時間にして不良箇所より油の浸潤ありて、チョークの色を變色せしむるが故に、容易に漏洩箇所を發見することが出来る。又氣壓真空試験に當りては漏洩箇所の發見を容易ならしむるため屢々石鹼水の塗布が利用せられる。

60. 銲接部削取試験

上述の諸法は皆銲接部に損傷を與へざることを主義としたものであるが、こゝに説かんとするものは既成銲接の一部を切り取るか、又は銲接部へ鑽孔して内部

検査を行はんとするもので、この部分は後に銲接にて埋金するの手續あるも、銲接内部を現實に検査しうる點に力強さがある。殊に他の検査法と混用しほゞ不良箇所を位置を定めたる後この工法を用ふれば、不良の點を検定しうると同時にこの部分の削取りを行ふこととなり、不良箇所修理の一階梯を施工することとなる。

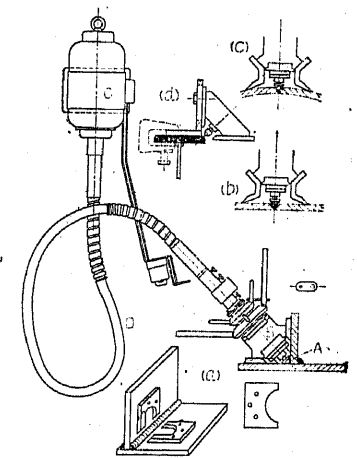
この工法中最も簡單なるものは鑿による削り取りであるが、削り面が不規則であるから充分なる検査を行ふことは困難である。



第 323 圖 環狀試験片の切り取り

特殊な削り取り装置を用ひ、主として鋼板衝合接手の検査を目的とするものに第 323 圖の如きものがある。(a) 及 (b) の順序にて銲接部より (c) の環狀試験片を切り取り、切断面につき銲込み、氣泡等の検査を行ふと共に、環狀試験片を (d) の装置を用ひて切斷し、これによつて施工されたる銲接の引張強度、並に周圍に沿つての伸率を求めんとするものである。この試験方法による銲接の強度は其装置が特殊のものであるだけに、一般の強度試験の成績とは全く異つた値が示されるわけで、兩者の間の關係が充分明かにならねば充分なる實用價値を認めることは出来ぬ。

上記の方法のほかに Schmuckler 氏によつて提案せられ、X-Ray 検査ほどの費用を投ぜず安價にこれと同程度に検査の効果を擧げうるものとして、獨逸方面にて相當推奨せられてをる鑽孔による検査方法がある。第 324 圖は其装置を示したもので鑽孔用の双先 (A) これが握金物 (B)、電動機 (C)、これ等を連結する可撓軸 (D) よりなり、銲込の度



第 324 圖 Schmuckler の銲接部鑽孔検査装置

を檢しうる深さまで圓錐形に鑽孔の上、約 60 mm の長にくり擴げを行ふことが出来る。斯くの如くして得たる検査孔を、肉眼又は擴大鏡によりて吟味することにより銲込みの良否、氣泡、銲滓の存在、銲着鋼の組織等を確實に調査することが出来る。母材と銲着鋼の區別明瞭ならざる場合は、検査孔の表面を鹽化銅アンモンの 1:12 乃至 1:6 の溶液を用ひて腐蝕すれば、銲着鋼は暗灰色又は赫灰色となり、兩者を容易に區別することが出来る。第 325 圖は鑽孔せるまゝの検査



孔、第 323 圖は鹽化銅アンモン溶液による腐蝕を行ひたる検査孔を示せるもので暗色の部分は銲着鋼である、又銲着鋼組織の詳細なる調査が必要なる場合は、特に備へられたる研磨具にて検査孔表面を磨くことが出来る。

鑽孔にあつては装置を試片へ固定しなければならぬ。これがために銲接の種類に應じ

各種のものが考案されてをる。第 324 圖の (a) は隅肉銲接、(b) は平板の衝合銲接、(c) は管類の衝合銲接、(d) は板桁蓋板の隅肉銲接、鑽孔の狀況を示したものである。

本法の得失を考ふるに、鑽孔用電動機は 200 V、450 W、程度のものなるが故に、極めて容易に且つ安價に、銲接の種類如何をとはず任意の箇所を鑽孔検査することが出来る、この點は他の検査法の多くが隅肉銲接に適用困難なる事、設備費並に經費に多額を要する事に比して遙かに優つてをる。且つ其検査法が肉眼にて直接不良箇所を鑑別するものなるが故に、其結果が充分なる信頼さを有することは言を俟たざる點であり、必要に應じては寫眞によつて検査の結果を残すことも出来る、只こゝに本法の一大



第 326 圖 同上を鹽化銅アンモンにて腐蝕せるもの

缺點と認めねばならぬ問題は、銲接部の検査箇所の選定が全く任意なるが故に、鑽孔箇所が果して最悪の施工の行はれる點にあたるや否やを疑問としなければならぬ點である。この點は既述の銲接部を毀損せずして行はんとする、各種の不良箇所検査方法と大に趣きを異にするところで、本法の一大弱點と云はねばならぬ。併しこの問題に關しては考案者たる Schmuckler 氏が本法の應用に就いて主張してをる事柄を知ると頷かれる點も少くないのである。

同氏の主張するところによれば、先づこれを銲接工の養成に應用し、彼等の施工せる練習用の銲接試験片は隨時これを鑽孔し、銲接工をして自己の製品の内部狀況を覺らしめ、缺點の發生の原因を自得せしむることによつて技術の向上を促進せしめ得べしと云ひ、これを製作工場に應用し、新銲接工の製作物に對しては毎日 3 回以上任意の箇所の鑽孔検査を行ひ、技術上達の後には検査を 1 日 1、2 回或は更に熟練せるものに對しては 1 週 1、2 回の鑽孔検査を行ふ。斯くすることにより工場全體の銲接工は常に緊張せる状態に置かれ、製品の向上を促す結果となり他の方法によつて行はるゝ時々の、仕上り製作物の缺點發見よりも遙かに有效なりと唱してをる。斯くの如き常時の鑽孔検査の施行可能性は一つに其費用の低廉なることに基く。

更にこれを既成構造物の検査に應用する場合、各種鐵骨構造、車輛等ならば任意の箇所の鑽孔を行ひ、施工の可否に對する大體概念を判斷すれば充分なるべく、氣密、水密等を要する汽罐、水槽、管類に對しては任意の箇所の鑽孔のみによる検査は不安なるが故に、他の各種検査法を利用して不良箇所の位置を豫測し、この部分に對しての鑽孔を行ふを最善とすると唱してをる。

61. 元應力の検査

銲接に於て最も困難を感じる事柄の一つは、銲接施工後銲接部の收縮に伴つて起る元應力の構造物内に残留することである。この元應力を最小限度に止めんがために施工に當つて、其工法に各種の考案の施さるゝことは既に説明したところ

であるが、或程度までの元應力の残留は止むを得ないこととなる。構造物の形状大きさによりはこの元應力の大きさは、鋼の弾性限度を遙かに超過することも屢々見受けらるゝところで、これがひいては構造物破壊の原因となることが多い。この意味に於て既成銲接構造物の元應力測定が、極めて重要な事柄であることは明かであるが、今日未だ有效なる實用的方法は考案されてをらぬ。銲接部附近に刻したる2標點間距離の銲接前後及銲接部切り離し後の變化を測定して元應力を求むる法、銲接部附近に小圓孔を穿ちこれが變形を測定して元應力を求むる法、銲接部に外力を加へたる時の各部の弾性變形を測定し、變形異常の程度より元應力を推定する方法等あれども、孰れも研究室の仕事であつて實用化さるゝに至らぬ。

元應力の大きなる部分ありとすれば、構造物使用に先ちてこれが除去の方法を講ぜねばならぬ。これが最も安全なるは構造物全體の燒鈍であつて600°乃至650°Cの溫度で燒鈍される。構造物があまり大であれば全體の燒鈍は困難であるが、最近の米國の大製作工場の例を見ると、汽罐燒鈍用として長さ20~30m近い燒鈍爐を有するものが少くない。橋梁の如く現場銲接にて組立てらるゝものゝ燒鈍施工は先づ不能と考へねばならぬが、銲接脊の如きものは原則として燒鈍すべきであらう。(完)