

溶 接 (I)

鋼 橋 の 溶 接 (1)

田 中 五 郎*

1 編 溶接法

1. 緒言

最近における溶接技術の進歩にはいちじるしいものがあり、その応用も急速に拡大している。ただ一口に溶接といつてもその内容は非常に広範にわたっており、あらゆる工学に関係しているため、それぞれの部門においてその工学に関係した事項を研究している。従つて従来の工学系統を縦とすれば、溶接工学はそれらを横に連絡するものといえる。ここでは主として鋼橋の溶接について述べることにする。

戦後道路橋の発注の場合競争設計がかなり多くなっている。メーカーが提出した設計を審査する場合、工作の難易はもちろんであるが、設計鋼重が軽いことが工費を低減せしめる有力な武器となる。従つて設計者は諸外国の最近の例等も参考にして、どうしたら合理的に鋼材を節約して安い設計にするかに苦心研究を重ねている。その結果として合成ケタ、箱ケタ、鋼床版、格子ケタ、プレストレスト・ケタ等の新しい構造を採用するようになってきた。これらはいづれも溶接の使用によつて初めて合理的な設計が可能となるものである。また従来から使用してきたI形ケタ、トラスおよびアーチも、溶接の使用によつてリベット構造の場合よりもいちじるしく鋼重が軽減される。このような事情に加えて溶接施工技術の進歩によつて十分安全な施工が経済的に行えるようになってきている。

最近の溶接橋がリベット橋にくらべて経済的であるのは次の諸条件による。

(1) 溶接継手の許容応力度と設計技術および製作技術の向上。

(2) 溶接加工用工場設備の改善、なかでも優秀な自動ガス切断機の利用、手溶接に代る自動溶接の採用、高能率溶接棒やE-H法等の高能率溶接法の採用。

(3) 使用鋼材の性能の向上。

こうして戦後の鋼橋は逐次溶接化されプレートガーダー形式のものはほとんど全部に、トラスやアーチ形式の橋にもだんだん溶接構造が使用されるようになってい

* 横河橋梁製作所 取締役

る。

2. 溶接法一般

溶接とは2コまたは数コの金属の局部的融合による接合をいう。溶接法には非常に多くの種類があるが比較的広く利用されている溶接法を大別すれば融接、圧接およびロウづけになる。

融接は接合部に溶融金属を生成または供給して行う溶接方法で、その際母材も溶融するが加圧の必要はない。圧接では母材を局部的に溶接に近い状態にしておいて加圧接合せしめる。ただし最近では金属を常温のまま加圧して接合せしめる冷間圧接もこれに含まれる。ロウづけでは母材は溶融しないで溶融した溶加材が毛細管引力で接合面の隙間に拡がって接着する。

融接を熱源によつて分類するとアーク溶接、ガス溶接およびテルミット溶接になる。アーク溶接には金属アーク溶接のようにアークを発生する電極棒が消耗して溶着金属になる消耗式と、炭素棒やタングステンなどのように、消耗しにくい電極でアークを発生せしめ別に溶加材を用いる非消耗式とがある。アークは非常に高熱を発生するので大気中の酸素や窒素の悪影響を受けて溶接部がもろくなるのを防ぐため、一般にアークや溶融金属を直接大気に接しないようにする。これを被覆アーク溶接という。シールドの方法としては固形フラックス、アルゴンやヘリウムなどの不活性ガスを用いるもののほか最近では炭酸ガスを用いる方法が研究されており鋼構造物の溶接に将来性あるものと思われる。また砂状のフラックスの中に裸心線を突込んで、その中でアークを発生させる潜弧溶接もある。

ガス溶接では可燃性ガスの反応熱で加熱し、溶加棒を用いる。熱源としては酸素アセチレンを用いるのが一般的である。

圧接の場合母材の加熱にはガス焰あるいは電気抵抗熱を利用するものが多い。ガス圧接では接触させた面を融点以下に加熱して溶接するが、抵抗溶接では接合面が溶融した上加圧する。冷間圧接は加熱せずに加圧だけで接合する新しい方法で、おもに軽金属に利用される。

ロウづけでは融けやすく接合に適する溶加材、いわゆるロウを接合しようとする金属の隙間に流し込んで接着する。この場合溶融点が427°C以上のものを硬ロウづけ、以下のものを軟ロウづけと呼んでいる。

似上述べたように溶接法には非常に多くの種類があるが、土木構造物に最も深い関係がある溶接法は、被覆金属アーク溶接であり、ついで潜弧溶接である。鉄筋やレールの溶接には別にフラッシュバット溶接、ガス圧接、テルミット溶接等も用いられている。

3. 手動アーク溶接

1) 被覆金属アーク溶接 アーク溶接にはいろいろの種類があるが単にアーク溶接といえば被覆金属アーク溶

接を指すものと思つてさしつかえない。現在鋼橋、ペンストック、タンク、建築鉄骨、船舶等の鋼構造物の製作に最も広く使われているからである。

電源には直流あるいは交流を用い、それぞれ直流溶接および交流溶接と呼んでいる。

初期の金属アーク溶接には裸溶接棒を使用していたがアークによる高熱のため、大気中の酸素や窒素によつて溶着金属が酸化または窒化して、良好な継手が得られなかつた。後に適当な被覆剤を用いた溶接棒を使用するようになって、溶接継手の性能が非常に向上したため、現在のように広く溶接が使われるようになったのである。また被覆剤にアークの安定を保つ性質を持たせることによつて初めて交流の溶接が可能となつた。現在ただ単に溶接棒といへば被覆アーク溶接棒と思つてよい。

2) 被覆アーク溶接棒 被覆材は溶接アークの発生と持続を容易にして溶接作業を安定せしめ、被覆剤の発生するガスでアークおよび溶着金属をおほい、大気中の酸素、窒素による溶着金属の性質の悪化を防止するほか、溶着金属の精錬作用とその急冷をさまたげ、合金成分の注入補充にも役立つものである。

戦後溶接棒の分類法を米国の規定に準じて高セルローズ系、高チタン系、低水素系、高酸化鉄系のほか、日本の特性をいかしてイルミナイト系と、将来の溶接棒の進歩に備えて、被覆剤の系統を規定しないものと分類した規格[JIS G 3253 (1954)]を作つた。

3) 特殊溶接棒 軟鋼用溶接棒の中でも特に大電流を用いて溶込みを深くして、作業能率をあげようとするものに深溶込み溶接棒がある。この種の棒はスミ肉溶接に用いることが多いので deep fillet electrode ともいう。最近高酸化チタン系で被覆剤中に多量の鉄粉を含有して普通棒の 50% 以上も大きい溶着速度を持つ棒も売出されている。また接触溶接棒と称して被覆筒先端を被溶接物に常に接触させながら溶接するものがある。この棒は厚い被覆剤の中に多量の鉄粉を含んでいるから、従来の被覆が電気の絶縁物であるのに反して接触溶接棒の被覆は半導体である。従つて棒の被覆剤中を小さい電流が流れてアークをスタートさせる。非接触型の溶接棒にくらべてアーク電圧も高く、約 50% 大きい電流を用いる。同一電流に対する溶着速度が従来の棒より約 20% 大きく高能率であるばかりでなく、あらゆる姿勢の溶接が可能であり、操作も簡単である。

これらの特殊溶接棒はいずれも溶接の能率の向上あるいは熟練工でなくても操作できる点もねらつたもので、将来はこれらの棒が広く一般に使用されるようになるものと考えられる。

5. 自動および半自動溶接

1) 自動溶接の原理とおもな種類 自動溶接は手動溶接にくらべて大電流を使用して高速度に、しかも機械的

に自動制御して溶接を行うものであるから、経済的で信頼度の高い溶接が得られるが、多くの場合下向溶接にかぎられ（炭酸ガスアーク溶接はこのかぎりではない¹⁾）、母材の開先寸法なども正確に作つておくことが必要であり、準備作業等は手動溶接よりも手間どるから、この種の自動溶接機を有効に働かすためには、いろいろの条件を準備することが必要である。

自動溶接では、(1)溶接棒をその溶融した量に応じて自動的に供給し、アークの長さを適当に維持して溶接作業を継続させる。(2)溶接の進行に応じてアークを移動させつぎつぎに新しいカ所を溶接してゆく。(3)溶剤あるいは被覆剤を適当に供給して溶着金属の酸化や窒化を防ぎ良好な継手ができるように手段を取ることが必要である。

アークの調節は溶接棒を送り出すモーターの速度をアークの電圧の上下に逆比例するようにしておく。すなわち溶融量よりも溶接棒の供給速度が遅ければ、アークはだんだん長くなつてアーク電圧が上昇してくるから、アーク電圧が上昇するに従つて逆棒モーターの回転を早めれば溶接は継続される。逆に送棒モーターの回転が早過ぎればアーク電圧が下降してくるから、それを利用してモーターの速度を下げるか、または一時逆転せしめる。このようにしてアーク長を自動的に調節するのであるが、棒の調節速度に時間的遅れがなく、しかも鋭敏に働かなければならないのであつて種々の方法が考えられている。

第2の溶接部の移動については溶接機を台車にのせて移動させるか、逆に被溶接物を移動させる。この移動速度は電流や溶接の大きさに応じてあらかじめ適当に調節しておく。

第3の溶剤の供給様式にはいろいろの方法がある。自動溶接では手溶接にくらべてはるかに長時間アークを継続させる必要があり、従つて溶接棒も長くなるから普通の手溶接の場合のような給電方式では抵抗熱で溶接棒が赤熱され、ついには焼損してしまう上に、自動溶接では溶接電流を大きくして能率をあげることも重要なことである。そのためできるかぎりアークに近い所で電流を送るようにしてある。溶剤は一般には電気の不良導体であるから、普通の被覆の外から電流を送ることができないので、溶剤供給と給電方式にはいろいろの考案がある。

その方法を大別して、(1)可視アーク方式と、(2)潜孤方式とになる。鋼橋の溶接に最も広く使われている自動溶接法は潜孤方式のユニオンメルト (Unionmelt) 法で、それについて可視アーク方式のフューズアーク (Fusarc) 法である。これらはいずれも商品名で、同様な方式による他の商品も売り出されている。

潜孤溶接方式は溶接に先立つて溶接部にまいた砂状のフラックスの中に、コイル状に巻いた裸棒の先端を延ば

1) 関口春次郎・益木 功：炭酸ガス開口線材アーク溶接法について、
溶接学会誌 1956 Vol. 25 No. 11, 12, 1957 Vol. 26 No. 1

して差込みながら溶接するもので、アークは外からは見えない。この方式は他の自動溶接よりも容易に大電流を流すことができるので非常に能率的である。

フューズアーク法では心線の周囲に細い鉄線を内外の二重に、しかも内と外とを反対方向にラセン状に巻いて、その間に溶剤を塗った被覆溶接棒のコイルを使用する。電流は直流を用い、外側の細線から心線に電流が伝わる。本法はユニオンメルト法にくらべて湿気による悪影響が少なく、かつ溶接状況が見られる長所を持っているが、アークブローの起るおそれがあること、外側の細線が先に溶けてアークが荒れスパッターが多く、溶接部の表面があまり平滑でないのが欠点である。

2) 自動溶接の特徴 自動溶接法には上に述べた潜弧溶接法と、フューズアーク法のほかにも数多くの方式があるが、現在のところこの2つが鋼橋の製作に主として用いられているのでこの両者の特徴を述べる。

長所：

(1) 作業能率が高い。大電流を使用するため溶接速度が速く溶込みが深い。同一形状の製品を大量に生産する場合、それに適した治具を使用すれば非常に高能率を発揮しうるが、鋼橋では同一形状のものが大量に流れることはほとんどないにもかかわらず、比較的直線状で長大なものが多いから、自動溶接を有効に活用しうる。長尺の部材では適当な回転治具と溶接機の走行方式とを考慮すれば、手溶接にくらべて2~5倍の能力をあげることができる。

(2) 作業の均一性。あらかじめ適切な注意を払って施工すれば優秀にしてむらのない溶接ができる。

(3) 手溶接にくらべて変形が約1/2である。

短所：

(1) 不規則な形状でしかも同一のものが少数のときは不適当である。また作業は下向か水平溶接にかぎられている。

(2) 大電流、高速度溶接のため使用鋼材にサルファーバンドが存在すれば、キレツが発生することがあるから鋼材の質の吟味と、適当なフラックス、溶接棒の組合せを使用しなければならない。

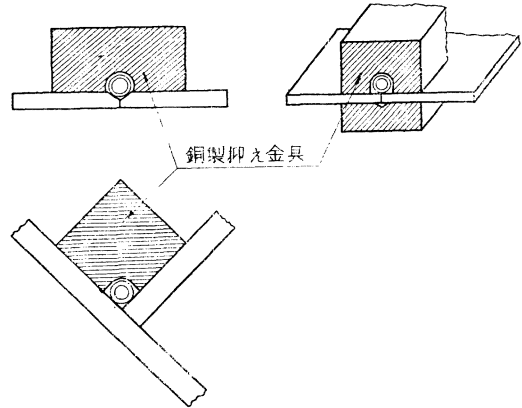
(3) 開先の準備が適当でないとき焼抜けることがある。

(4) 湿気、油、サビ等に敏感でブローホールを発生することがある。(2)と(4)の欠点は潜弧溶接に特にいちじるしい。

3) 半自動溶接 半自動溶接は大別して2種類の方法

がある。一つは溶接作業を手で行い、棒心線は自動的にくりだされるものであり、他の一つは一定の長さの棒を母材上に横たえて、手を使わずに溶接するもので、前者の代表的なものは半自動潜弧溶接法であり、後者には多く

図-1 E-H 法



の方法があるが、代表的なものは E-H (Elin-Hafergut) 法²⁾である。

E-H 法は図-1 に示すように長さ1~2m の被覆溶接棒を水平に溶接カ所に横たえた上を、適当な形の溝のついた銅製押え金で押えたのち普通の手溶接機によつて棒の一端から電流を供給し、他端をショートすることによつて自動的に棒が溶けて溶接するものである。材料の上に水平に置いた溶接棒に点火して溶接する方法は E-H 法が初まる前から知られていた(日本の赤崎式もこの部類に属する)が、溶接棒が熱の影響で彎曲し溶接カ所からそれたり、アークが消えたりしたため、あまり実用にならなかつた。1939年にウィーンのエリン社の Hafergut 氏が溶接棒を非磁性材料(銅またはアルミ)で押えることを考案して上述の障害を除いた。E-H 法は突合せ、重ね、およびスミ肉溶接が可能である。

1~2m の棒を何本も縦に並べて棒の端部を接触させておくことによつて12m 程度まで一度に溶接することができる。溶融速度は手溶接と同じだが1人の溶接工が何台も溶接機を並行して使用できる上熟練工を必要としないから段どりよく実施すれば相当能率的である。

銅製押え金のため熱の伝導がよく変形も少い。床ゲタ、高欄のポスト等のように自動溶接ではあまり能率的でない、比較的短い溶接に適する。ドイツでは鋼味版のリップの溶接に相当多く使われている。

2) Das Elin-Hafergut-Schweißverfahren, Jahr Gang 4 1951 Heft 11

講座正誤表

巻号	ページ	行	誤	正
42-3	31	右段 21, 35, 38	Taky	Jaky
"	33	右段 6	k の大略の値を次に示す	k/2r の大略の値を次に示す