

溶 接 (IV)

ガス圧接法による鉄筋の接合

稲 積 豊 二*
大 井 一 郎**

1. 緒 言

ガス圧接法は潜弧溶接法あるいはイナートガスアーク溶接法などとともに、わが国戦後の新しい溶接法の一つで、これまでもしばしば報告されているところであるが¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾、結論的にいつてフラッシュバット法あるいはアプセット・バット法に代るべきものではないかと考えられる。すなわち、従来鉄筋、パイプあるいはさらに大型のものとしてレールの接合にフラッシュバット法が用いられてきたが、圧接法によれば簡単な装置で現場作業ができ、しかもその接合強度に対する信頼度はきわめて高いものである。

本法の作業方法についてはご承知の方も多いと思われるが念のため大要を記すると次のごとくである。すなわち2コの被圧接物に軸方向の圧縮圧力を加え、また継目をガス炎で加熱して接合する方法である。これには初めから両者を互いに加圧しながら加熱する方法と、初めは圧接面を離して端面をべつべつに加熱し、面が適当に溶融したところで衝撃的に両者を合わせて加圧し、これにより溶融金属を継目から押し出して接合する方法の2種があり、普通前者を Closed Butt 法、後者を Open Butt 法と呼ぶ。加熱には酸素アセチレン炎を用いるのが普通である。

これらの方法はいずれも各種金属の接合に用いられるが、ただ継手形式としては目下のところ突合せ溶接にかざられている。

本法の特徴を列記すると、まず Closed Butt 法の利点は、

1) 接合操作がほとんど機械的であり、従つて一般の溶融溶接法ほど作業者の熟練度を要求しない。いいかえると継手強度の再現性が大である。

本法の接合強さに影響をおよぼすと考えられる諸因子は a) 圧接力、b) 圧縮量、c) 圧接面の仕上げ程度、d) 加熱火口の大きさ、e) 加熱火口先端と被圧接物表面との間隔、f) 使用ガス圧などで、このうち d)~f)

は結局圧接所要時間に最も大きな影響を有する。ここで注目すべきは a)~d) および f) は、接合前に監督者の決定すべきこと、すなわち溶接工の技倆には無関係であり、また d), e) は Ring Burner あるいはそれに代るべきものを使用すれば全操作は全く技倆の入らない、いいかえると常にはほぼ一定の接合強度が期待できるはずである。

2) 継目を溶融温度まで加熱しない。

本法は原理的には非溶融溶接法すなわち接合面を溶融温度まで上昇せしめないため、従来のアークあるいはガス溶接法では接合に困難をとまなう鑄鉄特殊鋼あるいは非鉄金属などの接合にも優秀な成果を示す。

3) 装置が簡単でそのため設備費、保守費とも低廉で、かつ軽量である。

4) 接合所要時間が短い。

5) 原理的に電力を一切必要としない。

一方、欠点としては接合前の面の状態(端面の合い工合、面の荒さ、サビその他の異物の付着など)が、他の溶接法と比較して継手強度に大きな影響をおよぼす。

以上のことがあげられる。

次に Open Butt 法は、接合面の状況が接合強度に前者ほど敏感に響かないという利点はあるが、一方衝撃的に加圧するため装置全体をかなり頑丈にする必要があること、接合面上の溶融金属あるいはスラグなどが、押し出されないで継目に介在する可能性のあること、などが欠点である。

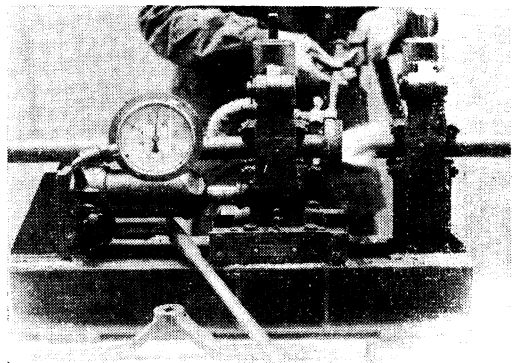
なおわが国では目下のところ Closed Butt 法のみしか実用化されていない。

2. 基礎編

1. 基礎実験

まずガス圧接法による接合強度を確認するとともに各種の溶接条件を検討するため写真-1に示すとき装置により 25 mm φ 軟鋼丸棒を使用して(加熱には丸棒の場合は普通の溶接吹管2本を使用)予備実験を行った。なお前述のごとく圧接面の状況が接合強度にきわめて大きい影響をおよぼすことが予想されたので、基礎実験に

写真-1 定置式ガス圧接機



* 正員 日本ガス圧接KK専務取締役
** 国鉄鉄道技術研究所主任研究員

おいてはすべて旋盤仕上げとした。またここに述べる強度は、すべて圧接後 JIS 4 号試験片に加工して求めたものである。なお加熱には溶解アセチレンを使用した。

A) 圧接条件の検討

a. 圧接圧力：圧接に際し両丸棒間に加える圧縮圧力は、接合しようとする材質によることはもちろんであるが、さらに圧力のかけ方にも Constant pressure method と Dual pressure method の 2 種がある。前者は軟鋼、レールなどに用いられるもので、最初から終りまで常に一定の圧力を加え、所定の圧縮を終ったところで接合を完了するもので* わが国で行われているものはもっぱらこの方法である。また後者は高クローム鋼、非鉄金属などに用いられるもので、最初高压で押しつけて加熱を始め、継目が圧縮を起して両面が完全に接触するまでこの圧力を維持する。両者間にすき間がなくなったところで所定の中間圧まで圧力を下げ、圧接物の中心部まで十分温度を上げた後、再び速かに高压を加えて接合を完了するものである。こうすれば接合面の圧接中における酸化も最小限にくい止められ、また所定の中間圧で圧縮が始まる温度は大体一定であるから、これにより接合温度も間接的ではあるが、大体常に一定にできるわけである。わが国における実験結果並びに文献による各種金属の加圧要領の一例を表-1 に示す。

表-1 圧接圧力

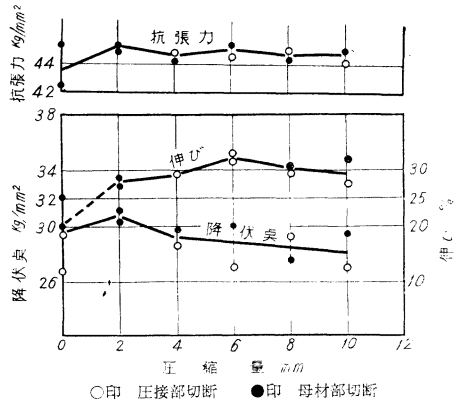
材 料	圧接圧力 (kg/mm ²)			文 献
	最 初	中 間	最 終	
軟 鋼	2.5~3.0	Constant Pressure Method		大 井 栗 山 L. Adam 大 井 栗 山 Koopman " " 大 井 Welding Handbook
レール	1.89			
	2.5~3.0			
高炭素鋼	0.8~1.3			
Mn-Mo 鋼	1.47			
NE 8820	1.75			
バネ鋼	1.68			
	2.5			
モホニタル	4.5			
低炭素鋼	0.3~1.5			
不銲鋼	7.0	3.5	7.0	"
SAE 4130	不 明	2.1~2.45	Koopman	
A 4135			4.2	J.L. Zambrow

b. 圧接部の温度：温度測定位置は、圧接面から約 2 m/m 内側で、試片の中心軸に孔をあけ熱電対を挿入、測定した。その結果、圧接中の最高温度は 1200°C 程度で十分満足できる接合が得られることが確認された。なおその後横田氏¹⁾によりレールについてもほぼ同様の温度測定が行われたが、この場合も同じ結果を示した。

c. 筆者の一人により、圧接圧力 3 kg/mm² とし圧縮量を 0~12 m/m に変化して得られた試片につき検討された。その結果は図-1 のごとくで圧縮量のいかんにかかわらず抗張力は引張の際の切断力所に無関係に、およそ

* レールの圧接においては所定の圧縮が終わって消火した後もしばらく加圧だけ維持する場合がある

図-1 圧縮量と接合強度



一定 (母材強度)、降伏点は圧縮量の増加とともにやや低下し、伸びは圧縮量 6 m/m 付近にわずかに最大値を示した。

d) 加熱炎の影響：加熱炎の性質と継手強度との関係を調べるため、No. 5 火口 2 本、3 kg/mm² の圧力、10 m/m の圧縮量とし、加熱炎の調整にはまず中性炎にした後、還元炎の場合は焰の白色部分が中性炎白心の長さの約 3 倍に、また酸化炎の場合は白心の長さが初めの約 1/2 になるように調節した。実験値の平均を示すと表-2 のごとくである。これによると接合強度におよぼす加熱炎の影響はあまり認められない。従つてアセチレンガス中の不純物が接合強度におよぼす害は、ガス溶接の場合ほどいちじるしくないことが予想される。ただ面の仕上げ不良の場合については後述する。

表-2 加熱炎の影響

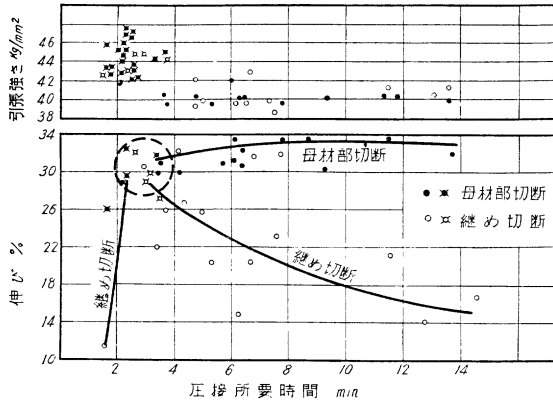
加熱炎	降伏点 (kg/mm ²)	抗張力 (kg/mm ²)	伸び (%)	破断場所
還元炎	27.3	39.9	29.5	接 1, 母 2
酸化炎	28.1	40.3	28.1	"

e) 脱酸剤挿入の効果：圧接中に接合面間に酸化物が生成、介在することを防止するため、鍛接の際使用されるフラックスあるいは硼砂のみ、などをそれぞれ接合前に圧接面間にはさみ接合した。その結果、少くとも面の仕上げ十分な場合はむしろ有害な結果となつた。これは脱酸生成物の逃げ場がないためで、当然の結果とも考えられる。

B) 圧接所要時間と静的機械強度との関係

上述の各圧接因子を検討した個々の実験値につき圧接所要時間と機械的強度との関係にのみ注目して図示した結果が図-2 である。本図は圧接圧力、圧縮量などがそれぞれ異なるため各点が散在しているが、それにもかかわらず、かなりの関連性が認められるのであつて、このことは圧接面の温度の接合強度におよぼす影響がその他の因子より、いかに大きいかを示している。

図-2 圧接所要時間と接合強度



C) 顕微鏡組織

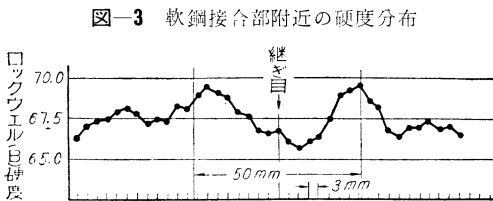
写真-2 は圧接カ所の顕微鏡写真であるが、これによると接合後は、接合面を横切つての結晶成長が完全で、接合跡は全然認められない。ただし母材に比しこの付近の結晶粒はいくぶん粗大化している。またここには割愛したが継目から 22 m/m (圧接条件によりいくぶん変化する) の位置に結晶粒微細化の部分がある。

写真-2 軟鋼接合部



D) 硬度分布

軟鋼丸棒圧接後の中心部硬度分布の一例を図-3に示す。



E) 疲労強度

上記の試験結果により、最適の圧接条件で接合したものに付き小野式回転曲げ疲労試験 ($N=10^7$) を行つた結果、母材の疲労限 27.0 kg/mm^2 、接合したものの 27.5 kg/mm^2 で、破断力所はいずれも母材部分であつた。

F) 総合結果の一例

以上各種の実験結果にもとづき、得られた総合結果を表-3に示す。

表-3 総合結果の一例

試験片	降伏点 kg/mm^2	抗張力 kg/mm^2	伸び% $g.l=50$	疲労限度 kg/mm^2 $N=10^7$	シャルピー値 kg-m/cm^2
母材	36.15	50.3	35.1	27.0	—
圧接	35.09	50.9	31.9	27.5	11.3

○使用材 SS 41-25 ϕ 圧接面は旋盤仕上げ
使用材の成分

C	Si	Mn	P	S
0.14	0.27	0.47	0.013	0.02

○圧接条件

No. 5 火口 2本 圧接圧力 3 kg/mm^2
圧縮量 10 mm 所要時間 2分 50 秒前後

2. 実用化に対する予備実験

A) flat 破面* と疲労強度との関係

表-3 はガス圧接法本来の強度を求める目的で行つたもので、従つて突合せ面は旋盤仕上げとし、さらに細心の注意を払つて接合したものの疲労強度である。しかし実際の作業においてはこのような準備は実行不可能の場合が多いことと思われる。そこで同じく 25 mm ϕ 軟鋼棒を使用し、鋸切断後圧接面にグラインダーをかけ、突き合わせた場合すき間が大体 0.5~1.0 m/m 程度としたものにつき圧縮量 10 m/m 加圧力 3 kg/mm^2 として圧接した。本実験は flat 破面と疲労強度との関係を求める目的で行つたものであるから、加熱は普通の溶接吹管 2本とし、500 l/h を極くわづか緩り気味にして用いた。

まづ 28 本の圧接を全く同一要領で行い、後にこれらの内から任意のもの 14 本づつを取り出し、一方は JIS 4号引張試験片、他方は小野式回転曲げ疲労試験片とした。表-4、図-4 はこれらの試験結果である。

表-4 圧接材の引張試験結果

試片 No.	降伏点 kg/mm^2	抗張力 kg/mm^2	伸び% $g.l=50$	断面収縮率 %	破面
12	36.26	47.17	28.0	37.02	flat fracture
14	35.40	47.24	24.8	32.58	"
16	34.73	46.41	30.4	61.25	母材切断
17	37.18	47.20	24.2	29.15	flat fracture
22	33.44	46.60	27.6	41.70	"
24	33.12	46.60	28.9	49.10	"
26	35.46	46.10	30.0	49.40	"
31	33.12	46.26	29.4	67.80	母材切断
33	34.84	48.75	31.0	44.40	flat fracture
35	35.06	46.60	33.0	66.10	母材切断
37	34.42	47.19	25.4	35.55	flat fracture
42	35.39	47.09	24.2	"	"
44	33.21	46.65	26.5	36.45	"
46	36.38	46.25	27.7	38.30	"

母材平均 8本 Y.P. 31.31 kg/mm^2 , T.S. 45.34 kg/mm^2 伸び 37.97%

* flat 破面とは引張あるいは曲げ試験の際接合部に現われる灰色、平滑な破面をいい、これが出る場合は抗張力、降伏点は母材並みであるが一般に伸びおよび断面収縮率が少い。

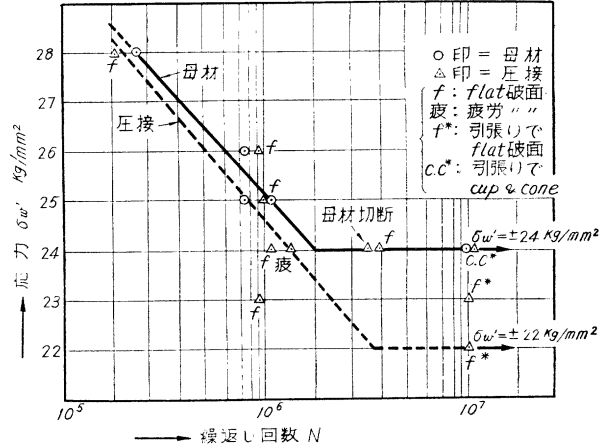
図-4 により疲労強度が母材の 24kg/mm² に対し flat 破面を呈するものは 22~23 kg/mm² となり、かなり良好な成績を示していることがわかる。なお A.B. Kinzel⁷⁾ も次のごとく述べている。すなわち「ガス圧接部の疲労強度は顕微鏡的には完全でないようでも高い値を示している。そしてこれは、おそらくあまりよくない接合においても接着力は疲労限によって表わされる応力より大きいということを示しているものと考えられる。あまり良好でない接合においても破断が起きないということは、ノッチとか応力集中がないということであろう」といつている。

ただしここに注意すべきことは、一口に flat 破面といつても接合条件によりその程度に差のあることは当然考えられる。従つて図-4 よりただちに flat 破面は疲労強度をあまり低下させないと結論することは早計で、あくまで接合条件その他の機械的強度などを参考にして考慮すべきであることを付言しておくたい。

B) 端面状況の不良な場合の接合強度

本法を実用に供するには圧接端面の状況による強度低下を確認しておく必要がある。これについては、竹山博士⁹⁾ の実験されたものがあるので紹介する。本実験は圧接を鉄筋の接合に使用することの可否を目的として行わ

図-4 回転曲げ疲労試験



れたもので、現場作業の場合に予想される施工不良の諸因子を取出し、計 70 本の 22 mmφ 試験片につき圧接部のふくらみを削正して試験したもので、その結果を表-5 に示してある。同表により大体次のことがいえる。

- 接合面のサビはいちじるしく強度を低下する。また接合面に油の付着していることも好ましくない。
- タップ切断のままでは成績はそれほど悪くないが、曲げにやや不安があり、実施上はサビ落しを兼ねてグラインダーをかけること。また強くかけすぎて青サビの出たものはかけなおす。

- 接合面を突合せた場合のすき間はあまり大きいものはグラインダーで是正すること。
- 炎の調整が不良で酸素過剰のものとバーナーが離れすぎたものはいずれもサビの多いもの、ガス切断のままなどのものについて成績が悪い。



以上の事項がほぼ定量的に明らかとなった。なお念のために付言すると、これまでの接合強度はすべて圧接後試験片に削つて求めたものである。しかし本法を後述の鉄筋の圧接に使用する場合はすべて、圧縮により生じた ふくらみ をそのままつけて使用されるので、この場合は大体接合部断面積が 40~50% 増しとなり、そのため実際の安全性は上述の試験結果よりはるかに大きくなる。

3. 接合原理

溶融点以下の温度でなぜ上述のごとく優秀な接合が得られるかについてはさきに A.B. Kinzel⁷⁾ の拡散説, L. Fine⁸⁾,

表-5 ガス圧接の施工と強度試験結果

接合面の状態	圧接時の圧接力 t	膨らみの径 m/m	圧接時間分秒	試験法	引張強度 kg/mm ²	伸び %	破壊場所その他			
接合面にサビ多し (仕上後数日戸外放置)	1.0~1.7	28.0	1-24	引張	0	0	削り仕上中切断 接合部			
	0.9~1.7	27.5	1-38		14.45	0				
	1.0~1.7	29.0	1-33							
	1.0~1.7	29.2	1-34							
	1.0~1.6	29.0	1-35							
接合面にサビ多し (仕上面に水をつけ半日放置)	1.0~1.7	27.8	1-19	曲げ	47.00	23.5	母材 (継目より 9cm) " (" 6 ") " (" 6 ")			
	1.0~1.6	28.8	1-22							
	1.0~1.4	27.0	1-40		46.00	18.5				
	0.9~1.5	28.0	1-25		44.30	36.9				
	0.9~1.3	28.5	1-38							
接合部グラインダー仕上の上、石油またはモビル油塗布	0.9~1.0	29.0	1-14	引張	53.20	19.5	母材 (継目より 8cm) 接合部 母材 (継目より 5cm)			
	0.9~1.0	29.0	1-17		48.00	11.0				
	0.7~1.3	31.0	1-10		41.70	32.0				
	0.8~1.2	29.3	1-19							
	0.9~1.1	28.5	1-13							
接合面溶断のまま	1.0~1.4	27.5	1-24	引張	31.80	27.4	接合部 削り仕上中切断			
	1.0~1.5	28.5	1-22		15.85	0				
	0.9~1.0	27.7	1-34							
	1.2~1.7	28.7	1-43							
	0.9~1.7	28.5	1-27							
タップ切断のままグラインダー掛けず	1.1~1.7	29.0	1-33	曲げ			5° 以下でキレツ 30° 以内でキレツ			
	1.0~1.6	28.3	1-30							
	1.0~1.2	28.8	1-5		引張	38.10		27.4	母材 (継目より 8.5) " (" 5.5) " (" 6.0)	
	0.6~1.3	29.0	1-6			38.00		24.6		
	0.6~1.2	27.8	1-7			56.50		24.0		
0.7~1.2	28.5	1-9								
0.9~1.2	29.0	1-8								
開先の大さいもの (各面はグラインダー)	1.0~1.3	30.0	1-8	曲げ			30° 以下で無キレツ 80° 90° 180° まで無キレツ			
	1.0~1.2	29.5	1-7							
	0.9~1.2	32.0	1-25		引張	55.80		23.7	母材 (継目より 6cm) " (" 7 ") " (" 7 ")	
	1.0~1.2	30.0	1-20			47.70				
	0.9~1.2	31.3	1-21			53.20				
6.0~9~1.2	32.0	1-25								
5.0~9~1.2	30.3	1-24								
	6.0~9~1.2	32.0	1-25	曲げ			30° 以下でキレツ 180° まで無キレツ			
	6.0~9~1.2	30.3	1-19							
	6.0~9~1.2	30.3	1-18	曲げ						

接合面の状態	圧接時の圧接圧力 ton	膨らみの径 m/m	圧接時間の分秒	試験法	引張強度 kg/mm ²	伸び %	破壊力所その他
開先の小さいもの 	7=21.1~1.2	30.0	1-19	引張	45.33	32.8	母材(継目より 6 cm)
	3.0	31.0	1-19		31.00		
	2.5	30.0	1-14		53.40		
	3.5	30.5	1-20		150° でキレツ		
	3.0	29.5	1-30		180° まで無キレツ		
継目が傾斜したもの(各面はグラインダ一掛け) 	r=1.2と1.0	31.5	1-55	引張	43.50	32.8	母材(継目より 5.5 cm)
	1.2と1.0	30.5	1-54		45.50		
	1.4と1.3	28.7	1-40		48.33		
	1.2と1.1	31.0	1-50		30° 以下でキレツ		
	1.1と1.4	31.5	2-20		180° まで無キレツ		
炎の調整の悪いもの(酸素過剰のもの)	0.4~0.9	29.0	2-4	引張	51.00	22.5	母材(継目より 8 cm)
	0.3	27.0	2-50		88.33		
	0.5	28.0	1-36		47.33		
	0.9	27.0	1-57		130° でキレツ		
	0.9	26.3	2-10		30° 以下でキレツ		
パーナーをはなしすぎ(火口と鉄筋の間隔 3 cm) 酸化炎で加熱	1.0	30.0	1-44	引張	33.30	2.0	接合部
	"	"	1-42		38.10		
	"	"	2-11		43.00		
	"	28.8	1-37		130° でキレツ		
	"	28.0	1-50		30° 以下でキレツ		

(竹山謙三郎：建築技術 No. 35, 1954 年より)

石井博士⁹⁾の表面エネルギー説, J.M. Parks¹⁰⁾の再結晶溶接説などがそのおもなものである。しかしこれらに深入りすることは、本講の本旨から多少はづれるように思われるので、比較的最近の後二者につきごく簡単に触れておく。

A) 表面エネルギー説

L. Fine らは圧接部を特殊な腐食法を用いて検討し、また石井氏は各種の単体金属を状態図を参考にしながら種々組合せ、圧接諸条件が接着におよぼす影響につき、主として顕微鏡により考察したものである。その接合機構は兩者ともほぼ同じ結論であるから石井氏のものをごく簡単に述べる。

a) 再結晶による両金属の連り：接着現象は両金属原子の場が連続することであり、それにはその金属特有の原子配列が行われなければならない。そのため原子全体が移動しうだけの熱エネルギーを与えなければならない——このエネルギーは外的加熱でも内部発熱によるものでもよい——再結晶温度以上に加熱することが絶対必要条件となる。接着現象の進行は図-5のO点でA金属とB金属が原子力のおよぶ範囲で接触しているとすると、A, B 金属結晶の接触界面の張力を \vec{AB} 金属の自由表面の張力を $\vec{A}\vec{B}$ とすれば $\vec{AB} < \vec{A}\vec{B}$ ならば真の接触面積は広がる。Udin によれば同種金属では $\vec{AB} < 1/3 \vec{A}\vec{B}$ である。一般に同種金属の結晶粒界の張力は、異種金属のそれより小さいから前者が接着しやすい。異種金属も固溶するものは拡散により性質が近くなるので接着しやすい。

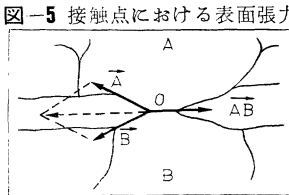


図-5 接触点における表面張力

接着現象の進行中十分大きい圧力が加わらなければ \vec{A} と \vec{B} のなす角は次第に大きくなって、ある点で平衡し接着面積の増大は止み空間の端は丸くなる。以上のごとく固相接着は原子の移動により接触面のエネルギーが最小になるよう一定の規則性を有する配列をとることによって起ると考えられ、従つて再結晶温度以上の加熱が必要となる。またエネルギーから考えて結晶の小さいほど圧接しやすく、また温度が高いほど小さい圧力で接着するはずである。

b) 結晶成長および拡散による接触面の消失：同種金属において接触面を超えて結晶成長が起れば母材に近い強度になると考えられるが、酸化や異物の完全防止は困難であり、このため粒界移動が接触面において阻止され、ここが結晶粒界となる。従つてこの異物を分散させ、また一方外部からエネルギーを与えることにより粒界移動に対する抵抗を振りきらせる必要がある。異物の分散は高温にして酸化物を還元するか、拡散速度を大にするかであるが、また加圧は分散を速かにし、かつ粗界移動を助長する。結晶成長による粒界移動の阻止を振りきるエネルギー源は、結晶粒界エネルギーの不均衡、加熱、加圧などが考えられる。すなわち3つ以上の粒界が会する際、一般にはこの点で粒界エネルギーが不均衡になり、平衡に達しようとして、このエネルギーにより不溶性不純物による阻止を振りきつて粒界移動が起る。また加圧もこの作用を助長する。

異種金属で拡散するものは粒界層結晶内部にヒズミを生じ、このため結晶細分化が起り接触境界の消失が起る。

B) 再結晶溶接説

いま2つの清浄な面が押しつけられたとすると、面の凸部でまづ接し全圧力を支えることとなる。従つてこの圧力を増すとこの金属の降伏点以上の圧力で凸部が押しつぶされて接触面積を増す。再結晶中は金属の降伏点はほぼ0に近くなるので、全面接触をなすのにも比較的低い圧力で十分ということになる。一方当然存在すると考えられる酸化膜はその下の金属部分に支えられている。この金属が再結晶を起すと、この膜が遊離し、従つてその表面張力で自動的に凝集する。そのため金属接触を妨げていた膜が取り払われて金属接触を増すのであり、このような状態になつておれば再結晶は両面の境を横切つても成長するわけで、これにより強固な結合が得られる。

以上軟鋼の接合強度とその接着機構の代表的なものにつきごく簡単に述べた。しかし本法はこれ以外の金属、例えばドリル鋼、バネ鋼、0.28 C-1.6 Mn 鋼、NE

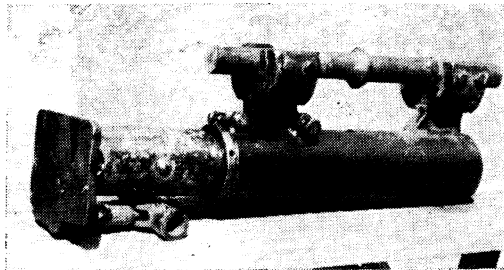
8740, 8630, 8620, 5 Cr-0.5 Mo 鋼, 80 Ni-20 Cr と Cr NiW オーステナイト鋼, 軟鋼-高炭素鋼, 軟鋼-18-8 不銹鋼, 鋳鉄, 高 AlFe 真鍮その他種々の金属の丸棒あるいは管の接合に非溶融溶接という大なる特色を発揮しつつある¹¹⁾。しかしこれらについては紙面の都合および本講の主旨上, 一切割愛する。

3. 鉄筋工事への応用

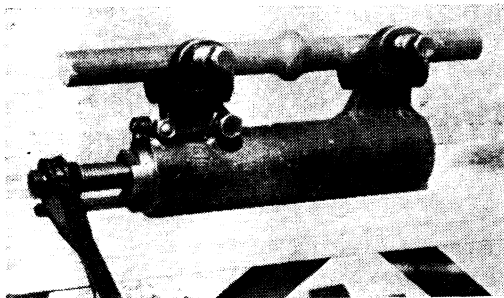
本法は上述のごとく各種の金属が接合できるため広く各方面で実用されつつある。特にレールの接合に関してはわが国でも現在きわめてさかんで, 国鉄ではレール圧接機が定尺化 (25 m) および長尺化 (現在までの最長 700 m) に全国各地で活躍中である。また米国ではレールはもちろん¹⁹⁾²⁰⁾, 油, 天然ガス, 水, ヘリウム, プロパンなどの Pipe Line¹²⁾, 航空機の着陸装置用部品¹³⁾¹⁴⁾, 不銹鋼リング¹⁵⁾, プロペラバレル, 工具鋼, 車軸などが圧接され, またソヴィエツ¹⁶⁾では鉄道部品(名称不明)の圧接が行われているという報告も見受けられる。これらの詳細に関してはまた別の機会にゆづるとして, 以下わが国でおそらく世界的にも独自の発展を示しつつあると思われる鉄筋の圧接につき, 作業上あるいは設計上に留意すべき事項を若干述べることにしよう。

A) 器具 鉄筋工事に使用する圧接器は, 写真-3 に

写真-3 鉄筋用圧接器



加熱にオイルジャッキ使用のもの, 重量 17.35 kg, 長さ 550 mm, 圧接容量 38 mm φまで



加圧にネジを使用したもの 重量 8.7 kg 長さ 310 mm 圧接容量 32 mm φまで

示すように, 鉄筋のつかみ部を有する二つのパイプを組合せ, ボルトまたは油ジャッキをパイプの一端に取付けて加圧する方式のものが多く。

バーナーは市販の溶接吹管 2 本を写真-4 のように向い合せて使用するが, または写真-5 に示す特殊な 2 口吹管が使用されている。

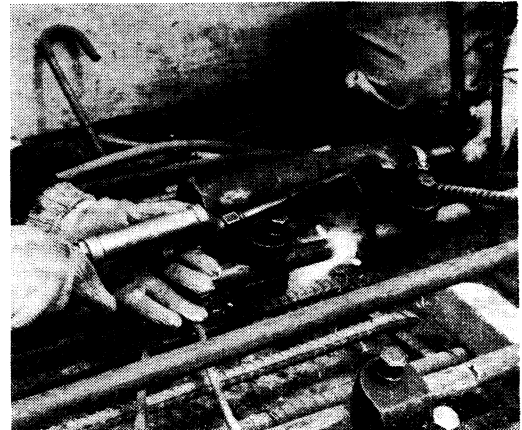
B) 圧接位置

圧接位置は作業が一番やりやすい位置で, しかも鉄筋の受ける引張応力が小さい位置であれば一層好ましい。この観点から,

写真-4 加熱吹管 (普通吹管)



写真-5 加熱吹管 (2口火口)



柱の軸方向鉄筋や壁の垂直方向の鉄筋などでは, 作業足場から約 1 m 上に設けるのがよい。作業のやりよい高さに揃えるのが作業上望ましいが, 継手位置を 1 カ所に集中しないようにするため, 写真-6 に示すように隣りの鉄筋の圧接位置を 30~50 cm ずらせる方法が一般に行われている。

ハリにおける圧接位置は, 在来の重ね継手を設ける位置に設けるのがよい (図-6 参照)。

図-6 圧接位置

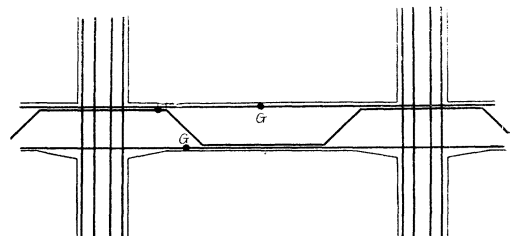
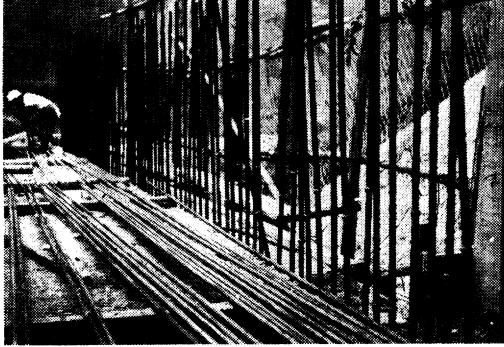


写真-6 普通行われる配筋法



C) 圧接部の信頼性と破断の原因 工事現場で圧接したものを、抜取つて引張試験を行った結果は²¹⁾、245 本中7本が圧接部から破断している。この成績はこれまで用いられた鉄筋の各種溶接法にくらべて最良のものではあるが、鉄筋の使命からすれば、なお一段の成績向上が必要である。圧接部から破断したものの破面を見ると、その全部が多少の差こそあれ、いずれも酸化被膜を生じしめた結果である。いかなる操作上の原因でこの酸化膜を生じさせたかを調べた結果、その大部分は次の諸点であつた。

- a) 鉄筋が加熱され赤味を帯び始めてから合わせ目の隙間がふさがるまでの間に炎が消えたり、または合わせ目から炎が離れたりしたこと。
- b) 二つの炎が、たまたま向い合いとならなかつたこと。
- c) 鉄筋径に対して過小な火口を使用し、かつ鉄筋の合わせ目の周辺を万遍なく加熱しなかつたこと。
- d) アセチレンガスが不足し、酸素過剰炎で加熱したこと。
- e) 強風下で風除けもせず作業を行ったこと。
- f) ごくまれに鉄筋圧接端のサビ落しを忘れたこと。

以上の過失はいずれも作業者の不注意によるもので、わづかの注意によりなくすることができる性質のものである。このことは圧接技術員中に長期にわたり数多くの抜取検査をうけて成績 100% 良好な者が数多くいることでも期待できる。

D) 作業要領 前項の諸点を考慮し作業の順序に従つてその要領を述べれば次のとおりである。

a) 鉄筋端面のサビ落し：鉄筋の端面のサビは表-5にも示したごとく圧接強度に最も悪い影響をおよぼすものであるから必ずサビ落しをしなければならぬ。このサビ落し作業は圧接作業当日に行わねばならぬ。一夜を明かすと薄サビを生じているものが多いので再度サビ落しをする必要がある。サビ落しの方法は電気グラインダー（100 V, 1/〜1/5HP 程度）を使用して端面のペンキ

なども同時に除去する。なおこのグラインダー作業で鉄筋端面が軸に対して斜めになつているものは、なるべく直角になるように仕上げる。

b) 火口の選択：使用する火口は鉄筋径に対して適当な大きさのものを選ぶことがきわめて大切で、多年の経験から表-6に示すものを使用すれば、まず無難であろう。

表-6 使用火口番号の選択

鉄筋径 (mm)	適切な火口孔径 (mm)	ドイツ式火口番号	フランス式火口番号
9	0.8~1.0	No. 1~2	
13	1.1~1.3	” 3~5	100
16	1.5~1.7	” 5~7	100~150
19	1.7~1.9	” 7~10	150~225
22	1.8~2.0	” 10~13	225~350
25	1.9~2.1	” 10~13	350~500
28	2.1~2.3	” 13~16	350~750
32	2.2~2.4	” 16~20	500~750

c) 炎の調節：火口の選択が終わつたら次は炎の強さの調節であるが、同じ孔径の火口を使用しても酸素圧によつて炎の強さはいちじるしく変化する。この場合適当な酸素圧に調整する方法として吹管火口と鉄筋表面との距

表-7 炎の調節要領

鉄筋径 mm	火口の先端から鉄筋表面までの距離mm	鉄筋表面が溶融点に達するまでの時間(T) sec
9	25	25~35
13	25	30~40
16	25	40~50
19	30	45~55
22	30	45~55
25	30	45~55
28	30	50~60
32	30	50~60

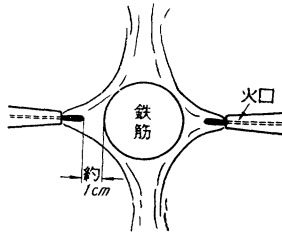
離をそれぞれの鉄筋径に応じて表-7のごとくとり、加熱を行つてその表面が溶融点に達するまでの時間(T)を測り、同表のごとくするように調節すればよい。

次に炎の性質の調節であるが、これは酸素とアセチレンガスの混合割合により、炎の温度や還元力などが変化する。しかして標準炎および微量のアセチレン過剰炎は温度が高く、かつ還元力も大きいので、ガス圧接ではぜひこの炎に調節する必要がある。圧接作業を連続実施していると火口の温度が上り、次第に混合比が変化して酸素過剰炎になることが多いので、たえずこの点には注意してもとの状態に再調節することを忘れてはならない。

d) 加熱操作：まず炎の方向を鉄筋の合わせ目に、直角になるように正しくあて、写真-4のごとく2つの炎を向い合わせながら（2口火口使用の場合はもちろんこの注意は必要ない）静かに動かして鉄筋の周辺を万遍なく加熱する。火口と鉄筋との距離は、加熱の初期においては図-8のごとく近づけ、鉄筋の表面が溶融点に達したならば、炎をいくぶん遠ざけて過熱を防ぎながら加熱

する。かくして鉄筋表面の鉄筋径以上の範囲が溶融点温度に近い色合いとなるまで加熱を続ける。こうすれば鉄筋中心部が圧接に必要な1200°Cに達するはずで、温度不足による失敗をなくすることができる。

図-8 加熱要領



e) 加圧操作：加圧の要領は当初圧接器に取付けた2つの鉄筋がふらつかない程度に圧力をかけておく。次に合わせ目部分が加熱されてまず赤色となり、次第に表面が溶融点に達したとき、全体が軟化するから、このとき加圧操作を行って圧接部にふくらみを生ぜしめ、そのふくらみ部径が、鉄筋径の1.3倍に達したとき圧接を完了する。

以上が圧接作業に当り特に注意すべき点であろう。

【E】 本法応用の利点 次にガス圧接法により鉄筋を接合する場合の経済性並びに長所として考えられるおもな点を簡単に列記しよう。

- a) 鉄筋の節約ができる：本法は目下のところ日本ガス圧接KKがもつぱら実施しているが* 同社の東京都内における標準価格その他の資料²²⁾によると、直接工事費の点だけでも、鉄筋径が大きくなり、また鉄筋価格が高くなるほど本法がいちじるしく有利になるようである。
- b) 継手の従来の重ね継手に比較して数が減少する：特定の定尺ものを使用し相当長い部材を作る場合をいま考える。一例として 25 mm φ、5.5 m 定尺を用い重ね量 40 d (所要量 60 d) を用いるとすると、重ね継ぎにあつては 4 m ごとに1継手、すなわち部材 1 m 当りの継手数は 1/4=0.25、圧接においては、1/5.5=0.1817、結局 0.25/0.1817=1.37、すなわち 37% も増加する。この比率は鉄筋径の太いほど大きくなる。
- c) 端尺あるいは乱尺ものも有効に使用できる。
- d) 所要コンクリートの節約が可能である：ハリや柱の断面は鉄筋の重ね継手が場所をとるため、鉄筋間隔が無用に大きくなることもあるが、圧接を使用すればこの点が解決されてコンクリートの節約となる。
- e) 薄肉構造への応用：シャーレン構造のような薄肉構造にあつては、重ね継手部の微小なズレがあつても強度に大きな影響を与えるし、重ね継手のフックの出っ張りがコンクリートのまわりを悪くすることがあるが、圧接によればその心配がない。
- f) 錯雑する構造部分への応用：重ね継手に代えてガス圧接を行えばスッキリした、堅固な構造が期待できる。
- g) 鉄筋間隔の正確性が容易に達せられる。

h) 異径、異種鉄筋の圧接が容易である。

i) コンクリート打設が容易である：フックがないためコンクリートのマワリがよい。

その他フックがないため、工事現場で次第に場所が狭くなつても鉄筋の運搬、移動、配筋、据付などが比較的容易である。

重ね継手のように組立中の鉄筋、特に柱の軸方向鉄筋などの結束が、種々の理由でゆるみ、あるいははなはだしい場合はずり落ちるなどの事故も全然おこり得ないわけである。

4. 結 言

以上ガス圧接法とその鉄筋接合への応用につき概要を記した。

しかし本法は現場で使用され初めて日なお浅く、作業方法、設計面への採り入れ方などの点にも幾多の改善すべき点があることと思う。また本作業が建造物の重要部分に関係するものである以上、作業者の自覚をさらに新たにしていきたい。

この意味からして監督あるいは設計にあたる方々に、本文がいささかなりとも役立つば筆者の望外の喜びとするところである。

参 考 文 献

- 1) 大井一郎：第1報 溶接学会誌 vol. 21, No. 3 (1953) Mar. 第2報 " vol. 22, No. 1 (1954) Jan.
- 2) " 溶接学会誌 vol. 24, No. 89 (昭 30)
- 3) 大井一郎・稲積豊二：建築雑誌 vol. 168, No. 800 (1953)
- 4) 大井一郎：日本機械学会誌 vol. 58, No. 435 (昭 30-4)
- 5) 竹山謙三郎：建築技術 No. 35, 1954 (4月)
- 6) 植田博臣・青山信一：研究資料 (鉄道技術研究所) 5-26, 昭 29-5
- 7) A.B. Kinzel: Welding J. 1944 Dec.
- 8) L. Fine: Welding J. 1946 June
- 9) 石井勇五郎：金属学会誌 vol. 20, No. 2, 1956 Feb.
- 10) J.M. Parks: Welding J. 1953 May
- 11) 例えは溶接便覧 (丸善)
- 12) E.P. Jones: Welding J. 1946 Jan.
- 13) E.P. Proctor: 同上 1945 Nov.
- 14) A.P. Lage: Welding J. 1956 Nov.
- 15) A.L. Rusty: 同上 1947 Feb.
- 16) G.W. Motherwell: 同上 1947 Nov.
- 17) Welding Handbook (3rd Edition)
- 18) ガス溶接工業誌 (ソビエト政府発行) 1953. 2月
- 19) H.F. Moore その他: Welding J. 1939 Aug. 1940 Aug., 1941 Dec.
- 20) A.R. Rytel: Welding J. 1944 Dec.
- 21) 大場民雄：日本建築学会関東支部研究発表会梗概集 1956, 2月
- 22) 日本セメント技術協会：コンクリートパンフレット第 35号「建築の鉄筋工事」p. 24

鉄筋径 (mm)	9	13	16	19	22	25	28	32
酸素およびカーバイド費 (円)	5	10	15	20	25	30	40	50
器材の修理およびその他の消耗材料費 (円)	5	7	9	13	18	23	30	40
1組 (3~4人) の1日当りの作業能率 (カ所)	150 ~300	120 ~250	100 ~200	80 ~150	60 ~120	50 ~100	40 ~80	30 ~60
1カ所当りの標準価格 (円)	30	45	60	80	120	160	240	360

(日本ガス圧接KK)

* 「鉄筋コンクリート構造物の構築法」特許番号第 15504 号による