

レールガス圧接車

Rail Gas Pressure Welding Car

水越正義* 中尾彰一*
Masayoshi Mizukoshi Shoichi Nakao

内容梗概

東海道新幹線レールの敷設のために製作されたレールガス圧接車は、自分が走行するレールの継目を、左右同時に酸素アセチレンガスバーナで加熱しながら圧接するもので、作業に必要な一切の機器を車上に搭載している。この車は試作後種々改良を加え、試験の結果、いわゆる ON RAIL 圧接の目的を十分に達し得るようになったのでその構造について紹介をする。

1. 緒言

鉄道車両の発達に伴って、車の運転は次第に高速化されつつある。この車を安全かつ快適に運転するためには、道床を堅固にし、レールの継ぎ目をできるだけ少なくすることが必要である。国内で一般に使用されているレールは、重量が 30 kg/m, 37 kg/m, 50 kg/m, 長さが 10 m, 25 m のものであるが、これをつないでロングレールとする研究は古くから行なわれており、すでに国鉄主要線の、一部がロングレール化されている。その方法には、ガス溶接、アーク溶接、フラッシュバット溶接、ガス圧接およびテルミット溶接などがあるが、この中で最も信頼度があり実用に供されているものはフラッシュバット溶接とガス圧接であり、このガス圧接法は、日本国有鉄道技術研究所において、研究開発されたもので最もすぐれた溶接法であることが認められ、現在の国内線のロングレールは、ほとんどこれによっている。

東海道新幹線のレールには新しく 53 kg/m, 1,500 m のロングレールが使用されることになった。しかしながら、従来の定置式ガス圧接機のみで、東京—大阪約 515 km の上下線のロングレール化を短期間に行なうには困難があり、200 m までは定置式圧接機で工事基地において圧接し、現地における溶接には高性能の専用機が必要となる。このため試作されたのが本圧接車である。

本圧接車は約 200 m に継いだレールを軌框（レールに枕木をとりつけたもの）を組んで敷設し、その上を移動しながら 1,500 m のロングレールに圧接するものである。その外観は第 1 図に示すとおりである。

本圧接車はけん引車によりレール上を移動し、レール圧接部において圧接車中央にある左右 2 組の圧接装置を、下降してガス圧接するもので左右同時または別々にも、圧接できるいわゆる ON RAIL 圧接である。圧接後は、圧接部のスカーフィング、焼鈍までできる。圧接作業に必要なガス装置、油圧装置、電源用機関発電機および冷却装置など、必要機器一切を搭載している。以下その構造、および試験結果について述べる。

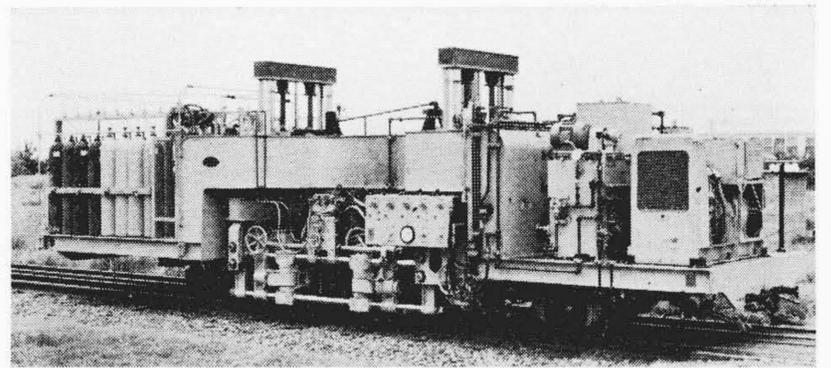
2. 仕様

レールガス圧接車の一般仕様を第 1 表に示す。

3. ガス圧接の原理

レールガス圧接とは接合する 2 本のレール端面を、互いに強く押しながら、接合部を酸素-アセチレンガスバーナで加熱して接合するものである。第 2 図に示すように、一対のアームの先端にピンで取り付けられたレールつかみこまでレールの腹部をつかむ。アームの他端はピンを介して連結金具に取り付けられ、加圧台に取り付けられ

* 日立製作所水戸工場

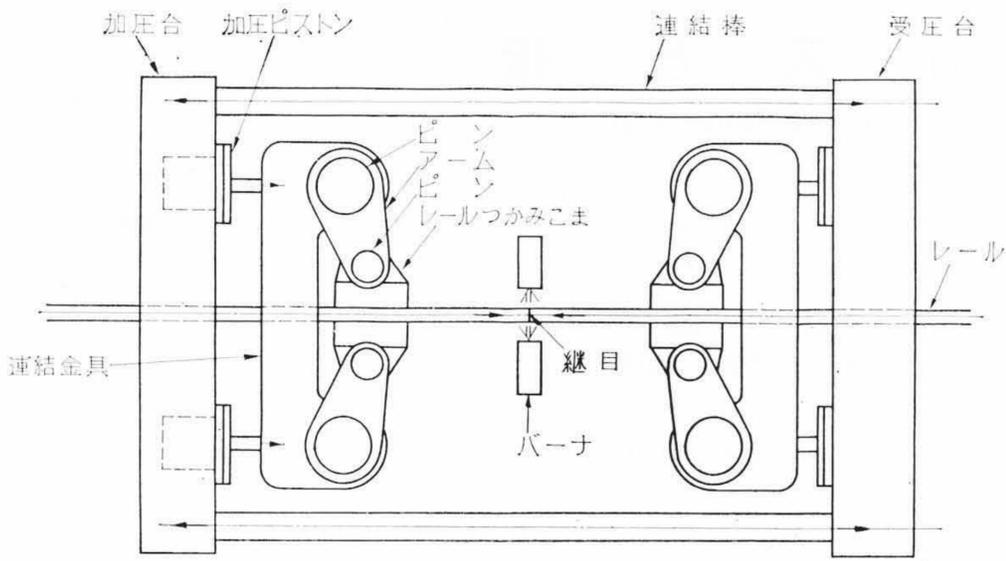


第 1 図 レールガス圧接車

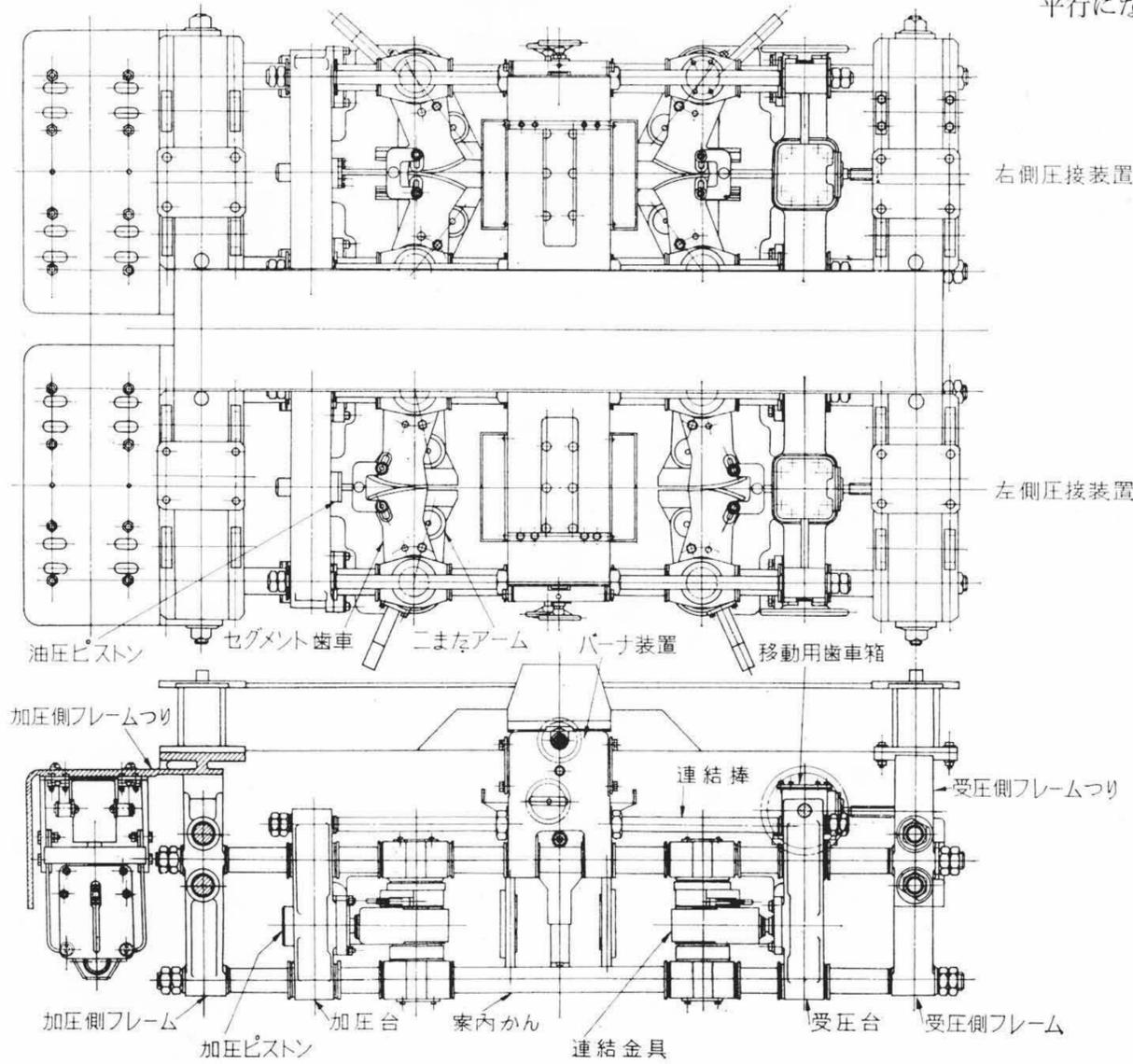
第 1 表 一般仕様

全車体	長 (緩衝器間)	9,352mm
	幅	2,500mm
高さ	高さ (レール面上)	2,959mm
全重量	重量 (整備)	27 t
車輪	直径	460mm
軸距	離	5,000mm
軌間	間	1,067mm または 1,435mm
制動装置	装置	手ブレーキ(一軸二輪)
圧接レール	レール	50 kg/m 53 kg/m
レール最大加圧力	加圧力	25 t
加圧用最大油圧	油圧	130 kg/cm ²
加圧用蓄圧ポンプ	ポンプ	50 l
ディーゼル発電機	機関	三菱 KE31 23PS 1,800 rpm 1台
発電機	電機	10kVA 200V 3相 1,800rpm 1台
電動油圧ポンプ	ポンプ	1.5kW 200V 1,800 rpm 電動機直結
高圧	圧	ブランチ形 0.96 l/min
		最高圧力 700 kg/cm ² 1台
低圧	圧	3.7kW 200V 1,800 rpm 電動機直結
		ベーン形 26.4 l/min
		最高圧力 70 kg/cm ² 1台
手動油ポンプ	ポンプ	複式ブランチ形
		10.6 cc/ストローク 1台
冷却水ポンプ	ポンプ	日立 40φ OV-MH 形
		0.75kW 200V 1,690 rpm
		電動機直結 40 l/min 1台
冷却水タンク	タンク	1.5m ³
ガス調整装置	装置	2組
アセチレンポンプ	ポンプ	7 kg 入 24本
酸素ポンプ	ポンプ	6000 l 入 8本
バーナ点火装置	装置	2組
圧接装置	装置	2組
圧接装置移動調整量	調整量	
前後方向	方向	300mm
左右方向	方向	30mm
加熱バーナ移動調整量	調整量	
上下方向	方向	±10mm
左右方向	方向	±10mm
前後方向	方向	±60mm

た一対の油圧ピストンでこの連結金具を押せば、こまはレールを強くつかんで受圧台側に押す。この力は受圧台側の同じ機構によって受圧台に伝えられ、加圧台と受圧台を結ぶ連結棒によって、反力がつりあわされる。この状態で継目の全周を加熱すれば、レールは互いに溶け合って接合される。レールとアームの角度はレールの摩擦角より小さくしてあるので、加圧時にこまがすべることはない。



第 2 図 レールガス圧接法



第 3 図 圧接装置組立図

4. 機械部分の構造

4.1 台わく

台わくは鋼板溶接構造で、第 1 図に示すように中央部は左右 2 組の圧接装置をつり下げのため、高くなっている。また圧接作業時に、レール加熱のために発生する熱を遮断せずに発散できるように、幅を狭くしてある。台わく両端は作業に必要ないっさいの機器を塔載できるようになっている。一端側には、機関一発電機、水タンク、油ポンプ、油タンク、床下に冷却水ポンプを塔載し、二端側にはガス調整装置、酸素ボンベ、アセチレンボンベを塔載してある。

4.2 圧接装置

圧接装置は台わく下に左右 2 組がつり下げられており、おのおの独立して作業できる。第 3 図に示すように、加圧側フレームと受圧側フレームの間に 4 本の案内棒(かん)を通し、この案内棒に加圧台と受圧台が 4 本の連結棒で連結されて取り付けられている。案内棒

は鋼管に硬質クロームメッキを施したもので、加圧台と受圧台は砲金ブッシュを介して、この案内棒上をしゅう動できる。すなわち受圧台には移動用歯車箱とハンドルが取り付けられており、歯車箱から突き出したネジ棒は受圧側フレームにねじ込まれている。圧接装置の加熱用バーナとレールの継目の線が合わないときは、ハンドルを手でまわして、圧接装置を移動させ合わせることができる。移動量は 300 mm である。圧接装置の機構は第 3 項で説明したとおりであるが、アームの開閉は、上部に取り付けられたセグメント歯車を油圧ピストンで押し引きすることによって行なわれる。また非常のときのために手動開きのレバーもつけてある。こまが開いた時には、レールの出し入れ時にこまがレールに当たらぬよう、こまとアームとの間をバネで引張り、両側のこま内面が平行になるようになっている。

4.3 バーナ装置

圧接装置中央部の案内棒上に、バーナ装置が取り付けられている。バーナは後述するように輪状バーナにして二つ割りになっており、作業時は両側からレールを抱く形になる。そのほかのときはレールから離すために、ネジ棒により開閉される。またレールとバーナの中心を合わせるために、バーナは上下方向各 10 mm、左右方向各 10 mm 手動ハンドルで微調整できる。さらにレールの継目線とバーナの火口を合わせるため、および圧接後焼鈍を行なうために、長手方向に 120 mm 手動ハンドルで動かされる。バーナ上部の装置はすべてアスベストをはった防熱カバーでおおわれており、加熱時の熱を防いでいる。

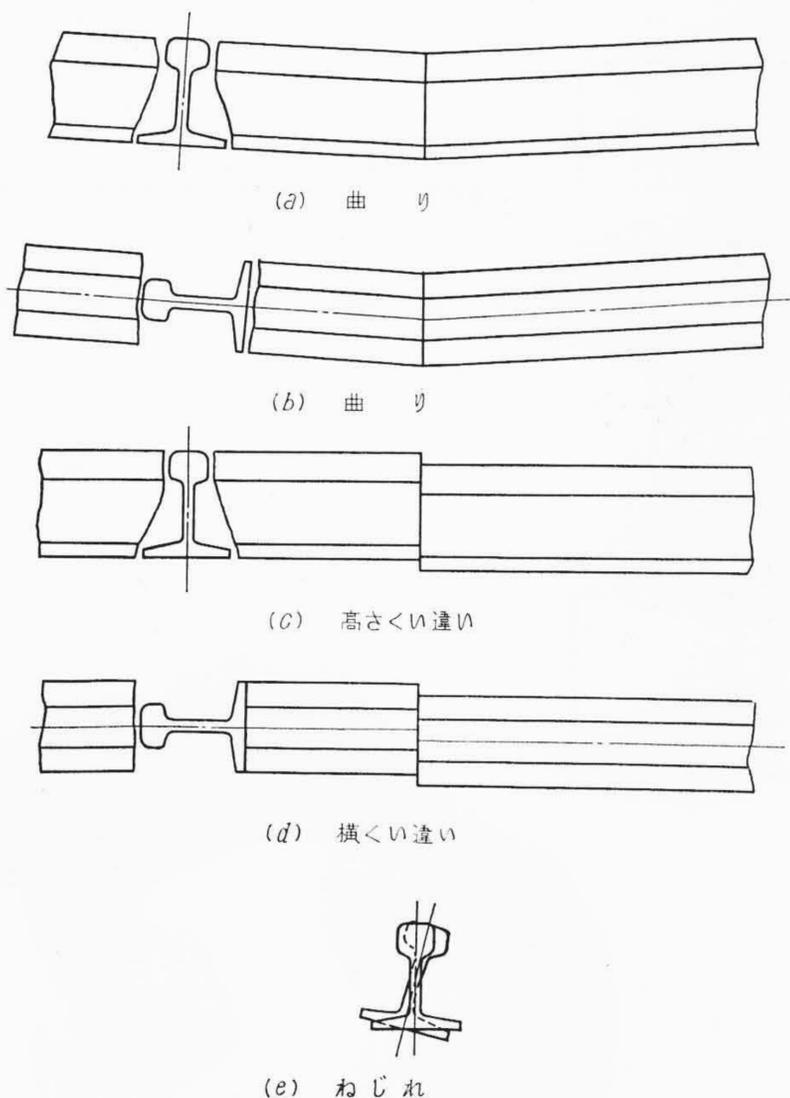
4.4 横移動装置

車が圧接部に入ったとき、レールと圧接装置の長手方向の中心が合わなければ、レールを正しくつかんで真直ぐに圧接することができない。そのために、加圧側フレームつり、および受圧側フレームつりに取り付けられた油圧ピストンで、圧接装置を横方向に押し

てレールの中心と圧接装置の中心とを合わせるようになっている。前後の油圧ピストンはおのおの独立したバルブで操作されるので、圧接装置の前後を同じ方向にも、また逆方向にも動かすことができる。

4.5 心出し装置

レールガス圧接でまず問題となるのは、いかにして 2 本のレールを真直ぐにつなぐかということである。すなわち圧接後のレールが第 4 図(a)(b)のように曲がったり、(c)(d)のようにくい違ったり、(e)のように互いにねじれていてはならない。このようなことは、レール端面の仕上げ精度、加圧方向の誤差、レール自身のくせ、加圧中の外力などにより微妙に影響されるものである。国鉄では圧接後の曲りは継目を中心に 1m につき 0.5 mm 以下、くい違いは 1 mm 以下と規定している。実際にはくい違いは 0.5 mm 以下になるようにしている。この精度に仕上げるには、まず 1 本のレールをレールつかみこまでつかんで押え、次にこれに圧接するレールを



第4図 圧接レール端面の心出し

加圧前に、横方向、上下方向の微調整とひねりを与えて完全に端面を合わせてから加圧する。この目的に使用されるのが心出し装置といわれるものであるが、本圧接車では、ひねり装置だけを持っており、横方向、上下方向は別に地上設備のローラジャッキにより行なわれる。ひねり装置は、レールのフランジを軸受の入ったところで押え、2本の油圧ピストンを互いに逆方向に動かして、レールにひねりを与える。ひねりの力を与えたまま加圧しても、ころおよびバネの作用によりレールは容易に移動するので、無理な力がかからない構造となっている。

4.6 圧接装置用引き上げおよびロック装置

圧接装置は作業中はレールつかみこま、加熱用バーナがレールの中心と合う位置まで下るが、車の移動中はレールより上へ引き上げられる。この力は台わく内に取り付けられた2本の油圧ピストンにより与えられ、4本の太い柱を案内として上下する。引き上げられた状態で、たとえ油圧が抜けても、圧接装置が下降しないように機械的なロックが設けられている。

4.7 走行装置

走行装置には最も簡単な方式を採用した。すなわち、車軸は角形でこれに直接にないバネを介して車体をささえるとともに、台わくに溶接された軸箱守に入っている。軸端は円筒ころ軸受を内蔵した460φの一体鋳鋼製車輪を取り付けている。この車では車軸は回転せず、車輪単独で回転するので、左右のレールを別々に引き寄せても無理がない。一端側の車軸にはバネ殺し機構が取り付けられており、圧接時にレールのひねり、上下などを容易にするため、加圧側すなわち一端側の車輪を油圧によりレールからわずかに浮かして、レールに荷重がかからぬようになっている。

5. 電気装置

5.1 ディーゼル発電装置

圧接作業に必要な油圧ポンプ、冷却水ポンプ、表示装置の電源と

第2表 レール圧縮量

レール種別	バーナ加熱中	バーナ消火後	合計
50 kg/m	18mm	4 mm	22mm ⁽¹⁾
53 kg/m	20mm	4 mm	24mm ⁽²⁾

して、機関直結の発電機が装備されている。機関は三菱 KE 31 形、1,800 rpm 23 PS の容量を持ち、発電機は 10 kVA、200 V、3 φ、60 c/s である。発電機の上には配電箱を置き、低油圧ポンプおよび冷却水ポンプ用電磁開閉器、蓄電池充電装置、計器、スイッチなどを備えている。また小形変圧器で 100 V に降圧して表示装置、照明用電源としている。

5.2 安全装置

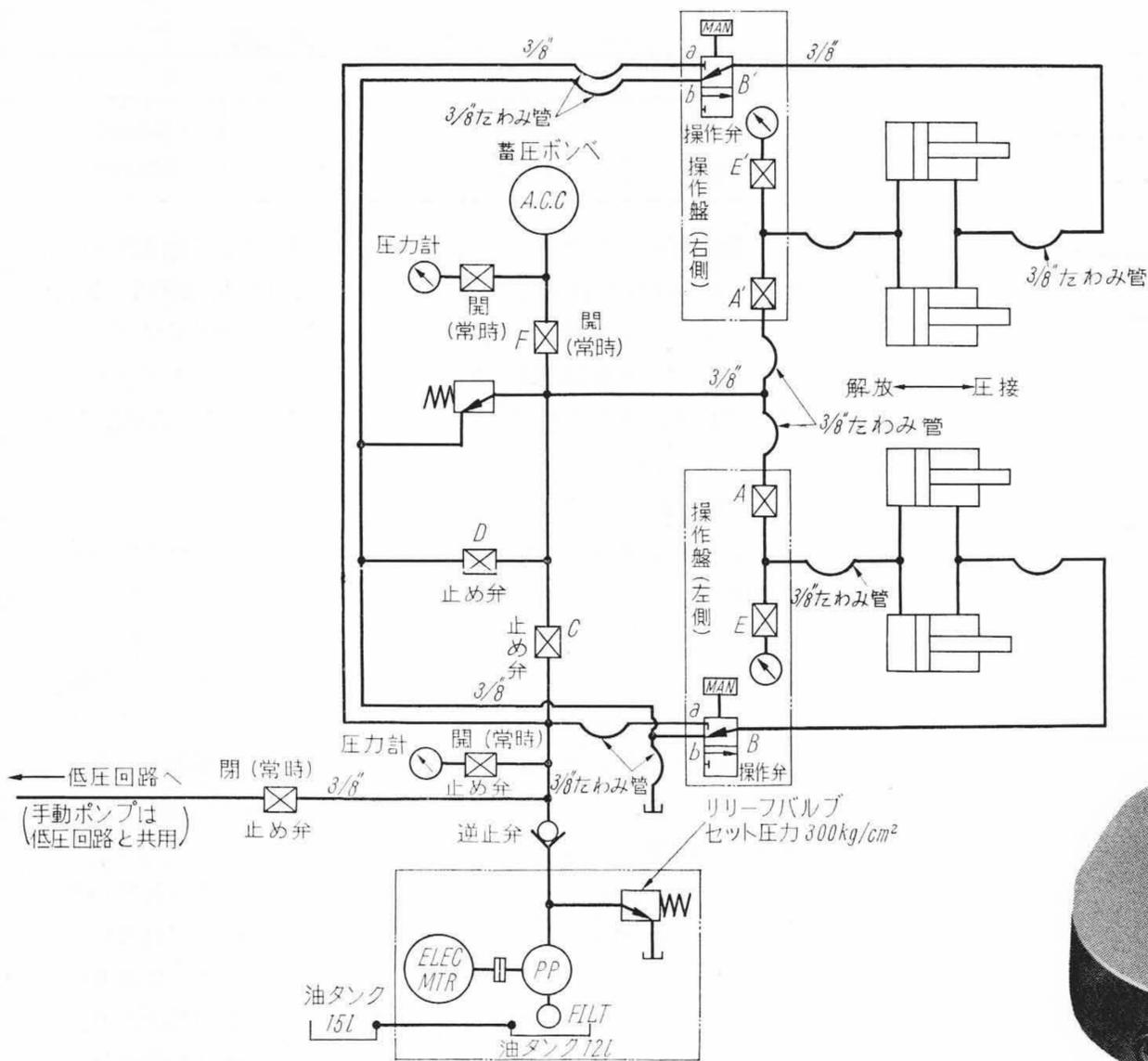
圧接装置を引き上げまたは降下させるときに、レールつかみこま、加熱用バーナ、心出し装置が閉じたままであるとこれらとレールが当たって装置を破壊する危険がある。これを防ぐためにこれらの部分にリミットスイッチを使用し引き上げ油圧ピストンの回路にソレノイドバルブを入れ、これらが完全に開かないとソレノイドバルブが励磁されないので、圧接装置上下用油圧回路が開かれないようになっている。

5.3 圧縮量指示計

圧接するときのレール圧縮量は第2表のように決められている。この位置を検知するために圧縮量指示計が取り付けられている。すなわち指示計の目盛板を加圧して加熱する前につまみにより所定の圧縮量に合わせる。加熱して圧縮されてくると針が動き、0点より少し前でリミットスイッチにより表示ランプがつくとともに、ブザーが鳴りはじめ、0点で消える。さらに進むと再びランプがつき、ブザーがなり、0点より4mm進んだ所で消える。これによって消火および加圧停止の時期を容易に知ることができる。

6. 油圧装置

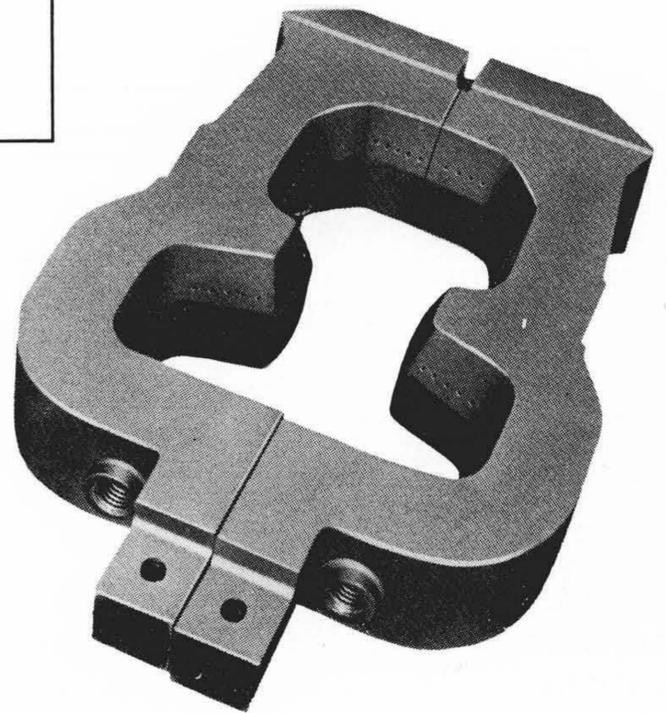
油圧装置は高油圧系統と低油圧系統になっており、前者はレールの加圧用であり後者は各装置の操作用である。高油圧系統を第4図に示す。レールの加圧力はレール断面積で2.5~3 kg/mm²が最も良いことが実験的に確かめられており、この力はできる限り変動しないことが望ましい。したがってレール加圧ピストンには蓄圧ポンベから油圧が供給される。蓄圧ポンベのゴム袋に約70 kg/cm²の窒素ガスを封入した後、ポンベ内に圧力が約90 kg/cm²になるまで油を入れる。レール加熱のときは、第5図でバルブ A、A' を開けばポンベ内の油圧がピストンを押す。ピストンが全ストロークの50mm動いても油圧降下は初圧の10%以下である。加圧力を抜くには、高油圧ポンプによって高油圧をシリンダのロッド側に押し込めば、ピストンは押し戻されると同時に、油は再び蓄圧ポンベ内に返るので、次の圧接に再び使用できる。圧接作業に必要なバルブ、油ポンプのスイッチなどは、圧接装置横の操作盤に取り付けられており、作業を便ならしめている。低油圧系統は前述したレールつかみこまの開閉、圧接装置の横移動、心出しのひねりなどの手動バルブで、高油圧系統のバルブと一緒に左右の圧接装置のおのおのの操作盤にまとめられている。圧接装置引上げ、下降の操作バルブは車の屋根上にあり、すべての部分がレールに当たらぬことを確認しながら操作できる。レール引寄せ、車体ささえの操作バルブは、一端側冷却水タンクの横に取り付けられている。心出し用のピストンは特に微調整を必要とするので、手動油ポンプで操作する。手動油ポンプは2個のプランジャを持った複式ポンプで、1個の操作棒で作動される。このうち1個は高油圧系統および低油圧系統と共用であり、常時は止弁で締切られているが、電動ポンプが故障したときはその回路に使用される。



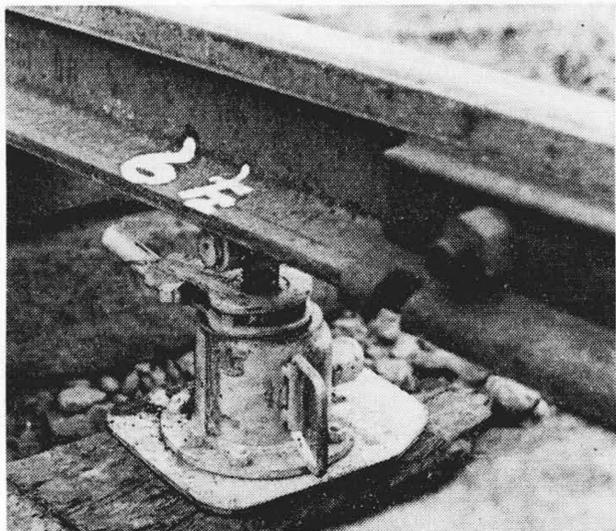
各行程における操作弁の状態

操作弁	A A'	B		C	D
		a, a'	b, b'		
工程					
圧接	開	閉	開	閉	閉
解放	開	開	閉	閉	閉
油供給	閉	閉	開	開	閉
排油		閉	開		開

第 5 図 高油圧回路



第 6 図 加熱用バーナ



第 7 図 レール下ローラジャッキ

7. ガス装置

ガス装置は第 1 図に示すように後部端側に酸素用ポンプ 8 本アセチレン用ポンプ 24 本が取り付けられ、各ポンプはマニホールドにより連結されて調整装置をとおり、酸素は 4~6 kg/cm²、アセチレンは 1~1.5 kg/cm² に調整される。そこから酸素はそのまま、アセチレンは爆発防止器を通して圧力平衡器に入り、両方の圧力は 0.5~0.7kg/cm² に調整される。さらにおのおのは乾式安全器を通して、混合吹管から加熱用バーナに入る。バーナ内部の混合ガス圧力は 60~70mm Hg に調整される。加熱用バーナは第 6 図に示すようにレールの断面形状と相似の形のものを二つ割りにしたもので、おのおの中央のガス室とこれを両側からはさんでいる冷却水室から成りたっている。これはアルミニウム合金鋳物と耐食アルミニウム板の溶接組立品で、内外表面に耐食性と耐圧性を与えるために陽極処理および MA 液の焼付処理が行なわれている。バーナの内周には外径 3mm の黄銅製ノズルが、おのおの 36 個計 72 個一列に打ち込んであり、ノズルの孔はレールが均等に加熱されるように、直径 0.5~1.5mm の範囲で変わっている。酸素およびアセチレンガスは、バーナ横の

混合吹管から入りこのノズルから噴出燃焼する。バーナは二つ割りであるため、両方のガス圧を同一にするために、ガス室を均圧用ホースでつないでいる。レール圧接後継目のふくらみを取るには、同じガスで切り取る。このためのフレームスカーフィング吹管が 4 個備えられ、酸素は調整装置の後から、アセチレンは安全器の後からとられている。

8. 冷却水装置

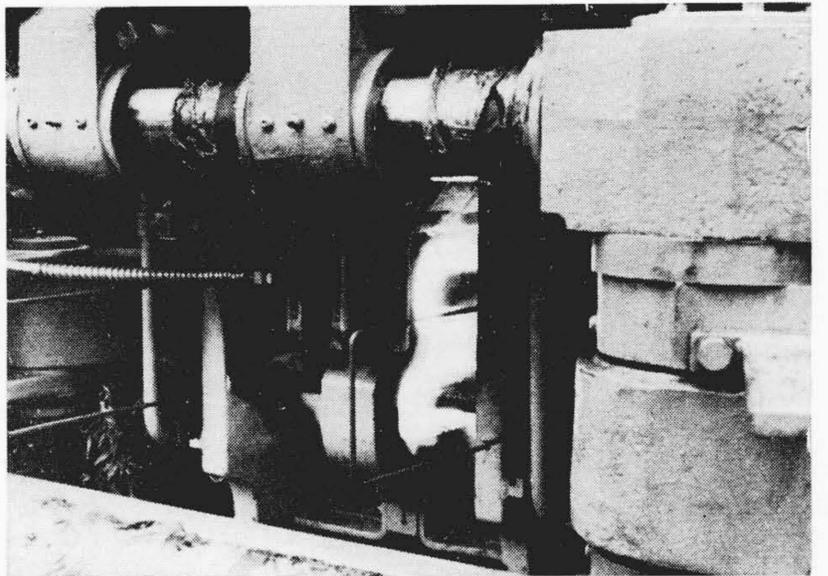
第 1 端側台わく上に 1.5m³ の冷却水タンクがあり、これから台わく下の電動水ポンプにより、加熱用バーナ、遮熱板へ送られ、暖められた水はタンクへ戻る。水路の途中には水流指示計が取り付けられ、水が流れているかいないかがすぐわかるようになっている。

9. ガス圧接作業標準

ガス圧接では普通の溶接と違って、継がれるものの中に溶接棒その他何の媒介物も用いず、母材同士を直接溶け込ませてつなぐものである。したがって圧接面に、さび、ごみ、油脂などの異物がついたままで継ぐと、強度が著るしく低下する。また 4.5 で述べたように真直ぐに継ぐためには、圧接面が互いに正確な直角度を持つてなければならない。また本圧接車では 200m のレールを引っぱりながら圧接するので、引っぱりられるレールの下にローラを入れて引っぱり抵抗を減らす必要がある。そのために一個所のレールを継ぐには、圧接作業前後にも相当の作業量があるわけである。200m 軌框に組まれたレールをさらに長くつぐ場合の作業順序を述べると次のようになる。

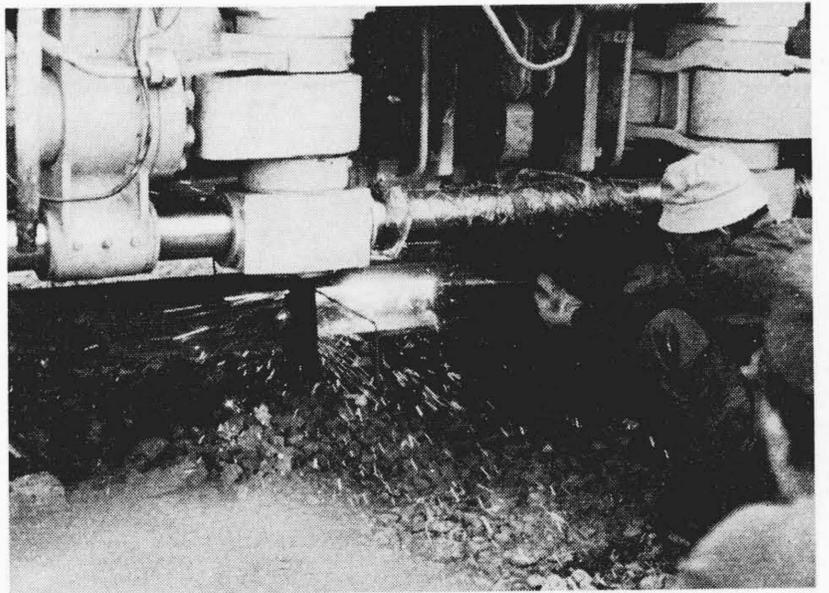


第8図 レール端面仕上げ



第9図 レール圧接状況

- (1) 引っぱり側のレール 200m の、枕木との押えボルトをゆるめ、第7図に示すようにレール下にローラを入れ、これによりレールの引寄せ抵抗を減らす。ローラ間隔は約5mで左右・上下に微調整が可能である。
- (2) 圧接部のレール間にすき間があったら、レール引寄せシリンダと引寄せ装置で、すき間が無くなるまで引き寄せる。
- (3) 圧接装置がまくら木の下部まで下降するので、圧接部前後のまくら木約6本をはずす。この部分は圧接車が乗るので、特に大きなローラでレールをしっかりとささえる。
- (4) 第8図に示すように、レール端面をグラインダで研磨し、定規で測定しながら十分な直角度を出すとともに、端面のさび、傷を完全に無くす。
- (5) 端面を四塩化炭素液で拭き油脂を除く。
- (6) 二つのレール端面を合わせ、継目にテープを張ってごみが入らぬようにする。次に継ぎ目板を取り付ける。ここまでは圧接車がかかるのに先行して作業を行なう。
- (7) 継目にブリキ板をかぶせ圧接車をけん引車により誘導し、圧接装置中心がレール継目に来る位置で止める。後端側車輪に輪止めを入れる。
- (8) 前端側車軸と軸箱守の間にライナを入れにないバネを殺す。次に車体ささえジャッキで前端側車輪をわずかに浮かせる。
- (9) レール継ぎ目板テープを除き圧接装置を下へ降す。
- (10) 横移動装置により圧接装置とレールの長手方向の中心を合わせる。
- (11) レールをつかみこまによってつかみ、心出し装置によって加圧側レールを動かし、端面の心を合わせる。継目を指先で軽くこすってくい違いが感じられぬくらいにする。
- (12) 加圧ピストンで端面を加圧する。次にバーナを上下、左右、前後に動かしてレールがバーナの中心にくるようにする。次に圧縮量指示計の目盛を合わせる。
- (13) 点火装置によりバーナに点火し圧接作業を行なう(第9図)。時間は4分～4分30秒である。この際炎が正しく継目に当たるよう注意する。
- (14) 圧接後加圧ピストンを押し戻し、つかみこま、バーナ、心出し装置をすべて開いて圧接装置を上へ上げる。
- (15) フレームスカーフィング吹管により継目のふくらみを取る。時間は約3分～4分である(第10図)。
- (16) 再び圧接装置を下しバーナを閉じ、点火して焼鈍を行なう。時間は約1分30秒である。
- (17) 圧接装置を上げ、次へ移動する。
- (18) 上記作業中圧力平衡器、バーナガス室の圧力は所定値に調



第10図 フレームスカーフィング

整しておく。

10. 試験結果

敷設されたレール上を車が走るとき、レールには曲げ力が働くが、圧接部の曲げ強度は母材レールに比べて小さくなる。しかし国鉄で決めた規格ではこの強度は母材の80%以上なければならぬとしている。母材の曲げ強度とは第11図に示すような曲げ試験で、レールのたわみが増えても荷重が逆に減り始める限度をいう。圧接されたレールは、母材とほとんど同じ曲線をたどり、途中で破断する。圧接部にゴミ、さびが入るとその部分が完全に溶着しないので強度は著るしく低下する。本圧接車は工場内で半月あまり試験片圧接、ON RAIL 圧接を行なった。ON RAIL 圧接の作業時間は圧接装置降下より焼鈍完了まで30分前後である。レール圧接の試験結果は第3表および第12図に示すとおりである。今回の試験ではガス系統に不備な点があったため逆火を起こしやすく、いったん消火後再加熱したものがあつた。この場合強度が下るのを防ぐため、規定値より多く圧縮するようにした。

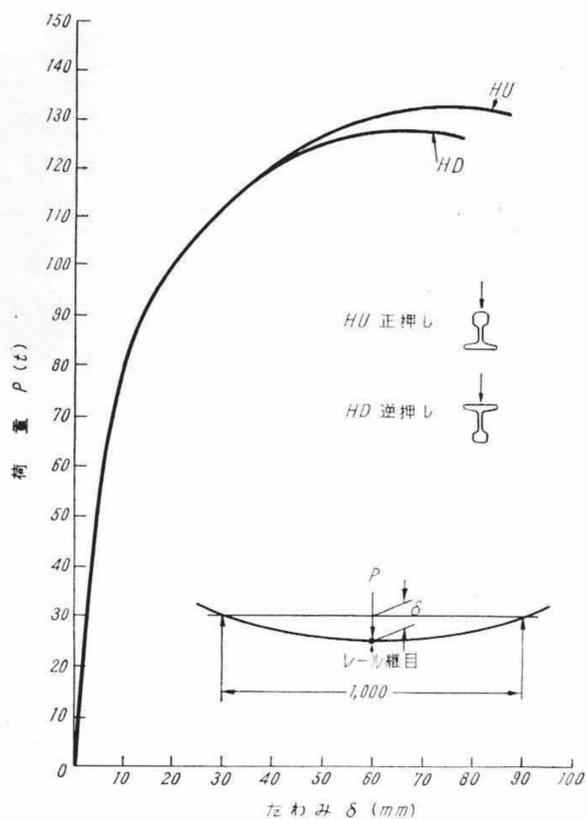
前述したように圧接レールの強度は微妙な条件によって大きく左右されるので、十分注意して作業せねばならない。今回の試験ではやや強度の低いものであつたが、ほとんど80%以上の強度が出た。

以上試験結果について述べたが、圧接作業上特に注意せねばならぬ点としては次のことがあげられる。

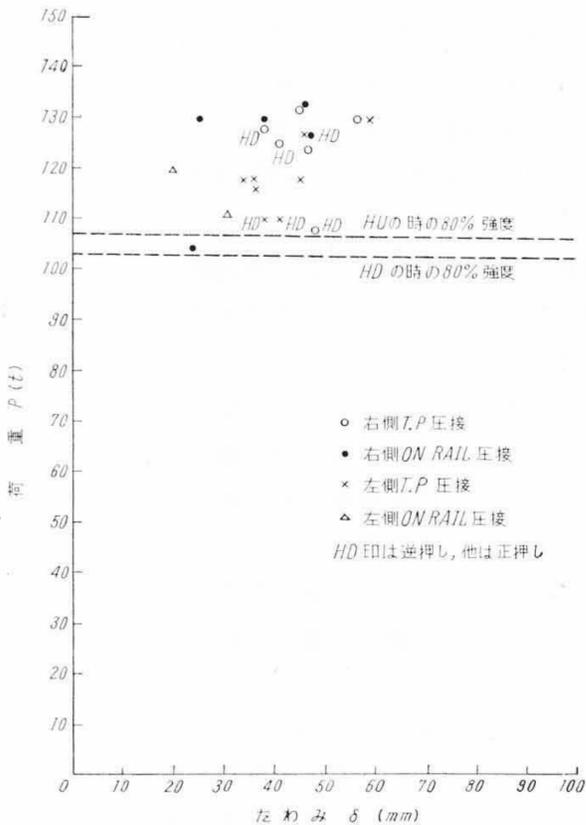
- (1) ガス装置、バーナを良く整備し、圧接中に逆火せぬようにする。
- (2) レール端面を良く仕上げ、ゴミ、さびが残らぬようにする。これがあると非溶着部ができる。

第 3 表 試 験 結 果

No.	圧 接 作 業							曲 げ 試 験				
	加 圧 力 (t)	圧 縮 量 (mm)	加 熱 時 間	焼 鈍 時 間	O ₂ ガス圧 (mmHg)	O ₂ -C ₂ H ₂ ガス圧 (mmHg)	備 考	荷 重 方 向	最 大 荷 重 (t)	た わ み (mm)		
試 験 片 (T.P) 圧 接	右 側	1	19.1	20+4.5	4'20"	2'03"	30	60		HU	124	47.0
		2	19.0	20+4	4'15"	1'40"	30	61		HD	108	48.0
		3	19.1	21+1	5'46"	2'15"	30		バーナ逆火	HU	130	56.0
		4	19.3	20+5	4'06"	1'28"	32.5	65		HD	128	38.0
		5	19.2	20+4	4'12"	1'09"	32.5	65		HD	125	41.0
		6	19.1	20+4.5	4'11"	1'32"	32.5	65		HU	132	45.0
	左 側	1	18.8	23+4	7'00"	1'40"	25	60	バーナ逆火	HD	110	38.5
		2	19.0	20+4.2	4'28"	1'40"	30	62		HU	118	33.2
		3	19.1	22+4	5'30"	1'20"	30	61	バーナ逆火	HU	116	36.4
		4	19.4	20+4.5	4'21"	1'23"	35	64		HU	118	45.2
		5	19.3	21+3.5	6'40"	1'31"	35	62.5	バーナ逆火	HU	118	34.0
		6	19.3	20+4	4'10"	1'18"	35	67		HU	125	46.5
		7	19.2	23+3	5'10"	行なわず	35	67	バーナ逆火	HU	130	59.0
	ON RAIL 圧 接	右 側	1	19.6	20+4.5	4'14"	1'30"	32.5			HU	133
2			21.0	20+4	4'02"	1'42"	32.5	65		HU	130	37.8
3			19.5	20+4	4'05"	1'33"	35	70		HD	127	47.0
4			19.1	20+4	4'18"	1'28"	35	69		HU	104	24.0
左 側		1	20.0	22+4.5	4'58"	1'35"	35	64	バーナ逆火	HU	110	31
		2	19.5		5'15"	1'36"	40	70		HU	120	20.0



第 11 図 50T (53 kg/m) レール母材の曲げ強度



第 12 図 50T 圧接レールの曲げ試験結果

(3) 加熱時に炎の先がすべて正しくレール継目に当たるように注意する。炎は還元炎であるので、これが当たらぬと継目が酸化されて非溶着部となる。

(4) フレームスカーフィングの際に母材に傷をつけぬように注意する。傷をつけると母材の方が強度低下を起こすことになる。

11. 結 言

以上ガス圧接車の大要を述べたが、本機は東海道新幹線のロングレール化に使用されることになっている。本機は従来の定置式圧接機を基として、ON RAIL 圧接を行なえるようにしたものであるが、

機構的にむずかしいところが多く圧接の目的を達し得るまでにはいろいろ苦勞を重ねた。現在これに続いて 2 両目を製作中であり、さらに性能を高めるように努力している。終わりに本機の製作から試験に至るまで、終始ご指導くださった日本国有鉄道の関係の方々に厚くお礼申し上げる次第である。

参 考 文 献

- (1) 青山信一： 鉄道技術研究所速報 No. 59-291 (昭 34)
- (2) 青山信一： 50T バーナー試験結果報告 (昭 36)
- (3) 青山信一： 同 上