

217-316

日本鋼管技報

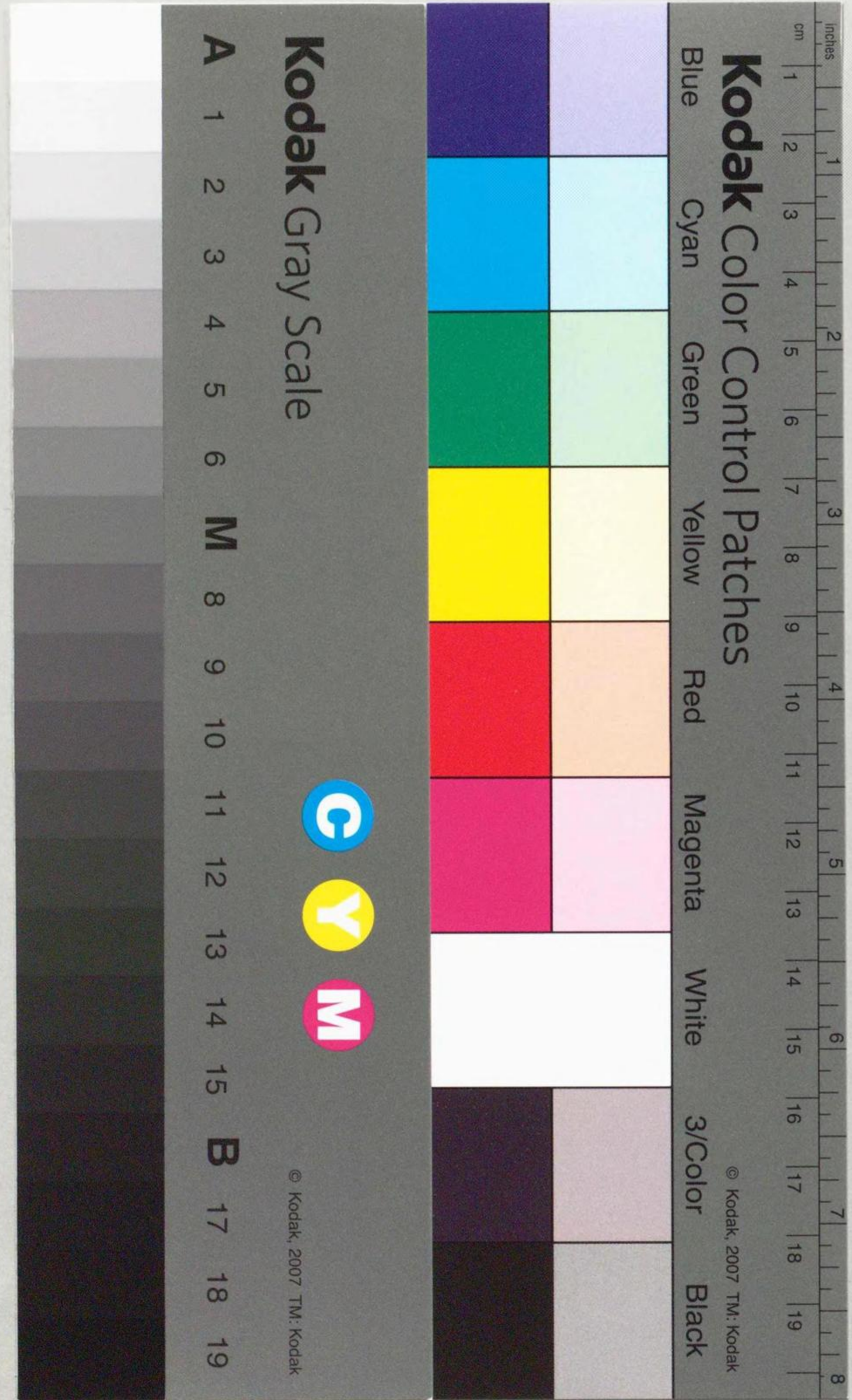
国立国会
45-8.28
図書館

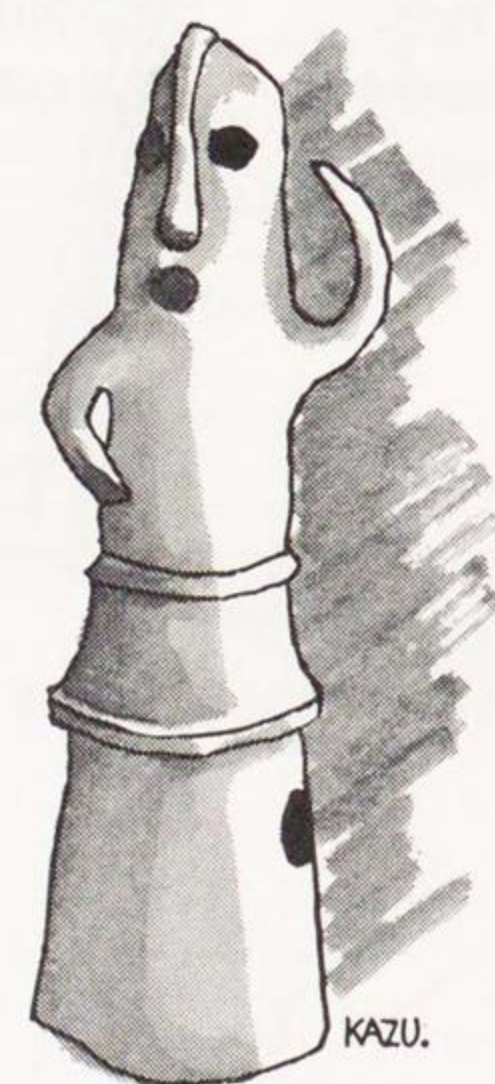
No.49 1970

重工論文特集号



日本鋼管株式會社





NK ウェルサイト工法について

川 本 邦 士* 吉 沢 久 男**
能 戸 康 次***

NK Welsite Construction Method

Kuniji Kawamoto, Hisao Yoshizawa
and Koji Noto

Summary

A construction method, called NK Welsite, consisting of the site welding of joints in a steel structure, enables to reduce the cost of construction of the steel structure by more than 10%.

This method is essential in assembling a steel structure employing very thick plates as used in a high-rise building, in which the connection of members by rivets or high strength bolts is impossible.

The NK Welsite process is a combination of techniques including design, fabrication, site work, welding and non-destructive inspection. To be effective, it requires a systematic connection of all these techniques.

This paper gives an outline of key points in each of these techniques with comparative features in view, and also introduces three examples of application.

1. は し が き

最近、超高層ビルの出現やH形鋼の普及にともなって、建築鋼構造の分野では大きな変革が進行している。その1つに、鉄骨主体の現場継手に対する溶接の採用が数えられる。日本鋼管(株)鋼構造部では、この工法について社内関係部署の協力のもとに研究をすすめ、一昨年ウエルサイト工法と名づけて公表した。その後順調な発展をつづけて、現在までに20件以上の実施例を見るに至っており、技術的にもいくつかの改良進歩を遂げている。

ここではこの工法の意義、技術的問題点、実施例などについて、概括的な説明を行ない、一般の理解を請うとともに、今後の一層の発展を期している。

2. ウェルトサイト工法の意義

ウェルサイトという言葉の語原は、現場溶接の

英語訳 Site welding の順序を換えて語呂をよくしたもので、直訳すれば現場溶接工法 ということである。当社では水道管その他の敷設工事などで、工事現場での溶接について数十年の経歴をもっているため、あるいは今更何ものという疑問を生ずるかも知れない。しかし建築の分野では、部分的に現場溶接を使用することは比較的古くから行なわれていたが、完全な全溶接構造物は少なかった。その理由は、現場溶接に適した溶接法が未開発であったことと、適当な溶接部の検査法が確立されていなかったためである。しかし、約10年前からアメリカのリンカン社で、ノンガス・オープン・アーク半自動溶接の開発が行なわれるとともに、超音波探傷法による溶接部の現場検査法の発達によって、アメリカ西部を中心として、現場溶接が建築鋼構造物に本格的に適用されるようになった。現在では、アメリカ国内の高層ビルの半数以上が純鉄骨現場溶接工法によってたてられている。

* 鋼構造部 計画室 課長

** 鋼構造部 設計室 課長

*** 技術研究所 第二研究部 工作技術研究室

る。

アメリカでのこの傾向は、数年前からわが国にも反響をよびおこし、超高層ビル建設にからんで各関係者が研究をすすめて、浜松町の世界貿易センターや帝国ホテル新館にも現場溶接が採用されている。

したがって、NK ウェルサイト工法は、鉄骨の現場接合に溶接を使用するという自体に特徴があるのではなく、これをいかに技術的に欠陥なく、しかも、経済的に施工を行なうかというノウハウに属するものである。

3. ウェルサイト工法の特徴

(1) ブラケットの廃止

従来、わが国の鉄骨の特徴は、柱からブラケットをだして、はりをその先端で継いでいることである。このような一見して不経済な構造をとっていた理由としては、次のような諸点があげられていたと思われる。

a. 柱・はり仕口部には、地震時極めて大きな応力が生じるので、この部分の溶接は工場内で入念に行なわなければならない。すなわち、現場溶接に対する不信感である。

b. はりの端部と中央部では、応力が非常に異なるので、それぞれ断面を変えることによって、鋼材重量を下げる。

c. 現場建て方の誤差を吸収しやすい。

しかし、これらの理由を現時点に立って再検討してみると、必ずしも現在の技術の実状にマッチしておらず、経済的な不利益の方が大きくなりつつあることが理解される。その根拠としては以下の点があげられる。

a. 溶接技術の進歩によって、信頼性の高い現場溶接の実施が可能となった。

b. 超音波探傷などの検査法が進歩し、溶接の欠陥を確実にとらえることができるようになった。

c. NC（数値制御）工作機などの導入によって、鉄骨の加工精度が従来の手工業的なやり方から、実際上建方に支障のない製品がつくられるようになった。

d. 超高層ビルのような極厚の部材を用いる鉄

骨では、リベットやボルトによる接合は実際上不可能となる。さらにブラケットをやめて、柱・はりを直接現場接合することによる利点は、大別して次の3点があげられる。

a. 鉄骨の製作工費の減少。試算によれば、現状の設計、現状の加工設備によっても、柱とブラケットの工場接合をやめることにより、全工場製作費の20%以上が節約される。これは実績によっても実証された。

b. 鋼材重量の減少。通常鉄骨の全鋼材重量のうち10%～15%は、スプライス・プレートやリベット、ボルトなどの継手用部材であって、これらが不要となるだけではなく、鉋孔控除なども不要となり、部材断面を100%利用することが可能である。

c. 運搬費の減少。柱にブラケットなどの突起物がなくなることによって、従来、トラック1台に1本しか積みなかったものが、2本、3本と積むことが可能となり運搬コストが下がる。また製品置場の面積が減少することも無形のコスト減少に寄与する。

(2) 溶接の経済性

これまで、建築業界では溶接はコストの高いものという観念が一般的であった。この観念が必ずしも正しくない証拠として、表1にコスト比較を示す。ただし、これは工場溶接の場合である。

現場溶接の場合には、たしかに従来の見積り規準に従う限りは、この差はせばめられ、時には逆転して溶接が高くなることもありうる。しかし、従前の建築の現場溶接の規準工費の高かった理由としては、次の諸点が考えられる。

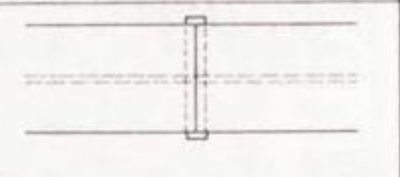
a. 従来、溶接を使用する場合は、増築部などのような他の方法では継げない部分に限られており、溶接量が少量ずつ分散しているので非効率であった。

b. 建築工事では溶接工事の重要度が低いため、他の工事の犠牲になって能率的な作業ができなかった。

c. 鉄骨業者側も能率向上の努力が不足していた。

d. 天候の制約が大きく、計画的な作業が困難である。

表1 溶接継手と高力ボルト継手のコスト比較

	H-400×200×8×13		H-708×302×15×28	
	溶 接	高 力 ボ ル ト	溶 接	高 力 ボ ル ト
継 手 形 状				
	2SP.L.P. 6×200×450 4SP.L.P. 6×70×450	2SP.L.P. 16×302×830 4SP.L.P. 16×115×830	2SP.L.P. 16×302×830 4SP.L.P. 16×115×830	2SP.L.P. 16×302×830 4SP.L.P. 16×115×830
鋼 材 費	0.6kg	22kg	0.8kg	136kg
	20円	911円	34円	5,633円
工場製作費	1,017円	3,792円	1,378円	12,544円
	4,498円	5,652円	14,079円	13,164円
現場工費	5,514円	10,355円	15,491円	31,341円

したがって、総括的にいえば、現場溶接の能率は工場の場合の1/3～1/5程度であった。

一方、ウェルサイト工法を採用すると、柱・はり仕口部はすべて溶接で行なわれ、1本の柱から数本のはりが出ていて、相当の溶接量がかたまっており、溶接工の移動も少ないので、必然的に能率が上がる。さらに、溶接機の移動をスムーズに行なったり、工程管理に注意すれば、従来の2～3倍程度の能率向上は容易で、これは実際の施工例で実証されている。

以上の結果、現場工費は高力ボルトを用いたこれまでの鉄骨の場合の1.5倍程度でおさえることが可能となり、表2に示すように、工場、現場の工費の合計は約10%下がる。

表2 鉄骨コストの比較

	在来工法	ウェルサ イト工法	備 考
鋼 材 費	40	36	鉋・ボルト材含まず
工場製作費	50	40	運搬費を含む 仮設費含まず
現 場 工 費	10	15	電力、鉋・ボルト材含む
合 計	100	91	

(3) 溶接の信頼性

一般的に溶接の信頼性は高まってきつつあるが、また一方では、きわめて安易に考えられている面

も見受けられる。溶接の品質を確保することは、特殊な鋼材の場合を除いては技術的に非常にむずかしいというのではなく、不注意や怠情によってそこなわれることが多い。溶接の信頼性を確保するための要素としては、次のようなものがある。

a. 設計： 適正な開先形状や応力集中に対する配慮

b. 製作： 製作誤差の最小化、開先面の仕上げ精度

c. 溶接条件： 溶接棒の選択、適正電流・電圧の設定、予熱・後熱の要否

d. 溶接技能者： 作業内容に応じた資格を有する技能者の使用

e. 溶接方法： 溶接順序、開先状態による棒径、運棒の選択

f. 検査： 溶接前の開先チェック、溶接後の肉眼または非破壊検査

これらの点を注意深く管理するならば、現場溶接といっても不安を感じることはない。しかし、このためには工事ごとに溶接の基礎的知識と経験をもった管理者のつくことが要件であって、溶接の知識のない現場監督のもとに、技能者だけ有資格者を連れてくるようなやり方は危険である。

(4) 技術の総合性

以上の点からもわかるように、ウェルサイト工法は単なる現場施工だけの問題ではなく、設計、工場製作、溶接、検査および現場施工にわたる広

範囲の技術の結集として、その効果を 100% 発揮する総合技術である。

また、現時点ですでに完結したというような閉鎖的な技術でもなく、各分野の技術進展にともなう、無限の発展性を秘めたものであり、その目標は、他の製造工業にくらべて遅れがちな建築構造体の生産性の向上にまで向けなければならないであろう。

次章以下に、上述の各技術分野における問題点と、当面の具体的方法について略述する。

4. 設 計 技 術

(1) 設 計 方 針

ウェルサイト工法の適用範囲は、純鉄骨構造および鉄骨を主体とする SRC 構造である。純鉄骨構造は、H 形鋼の出現と超高層ビルによって最近クローズアップされた構造で、これまで工場建築を除いてはあまり用いられていなかった。したがって、設計者の側からみても、純鉄骨構造にもっとも適した設計法が確立されているとはいえないように思われる。これは工場製作技術ともからんで、非常に困難な問題を内蔵しているが、抽象的な表現をすれば、鋼材節約型の設計から製作工数節約型の設計に移行しなければならないということであろう。

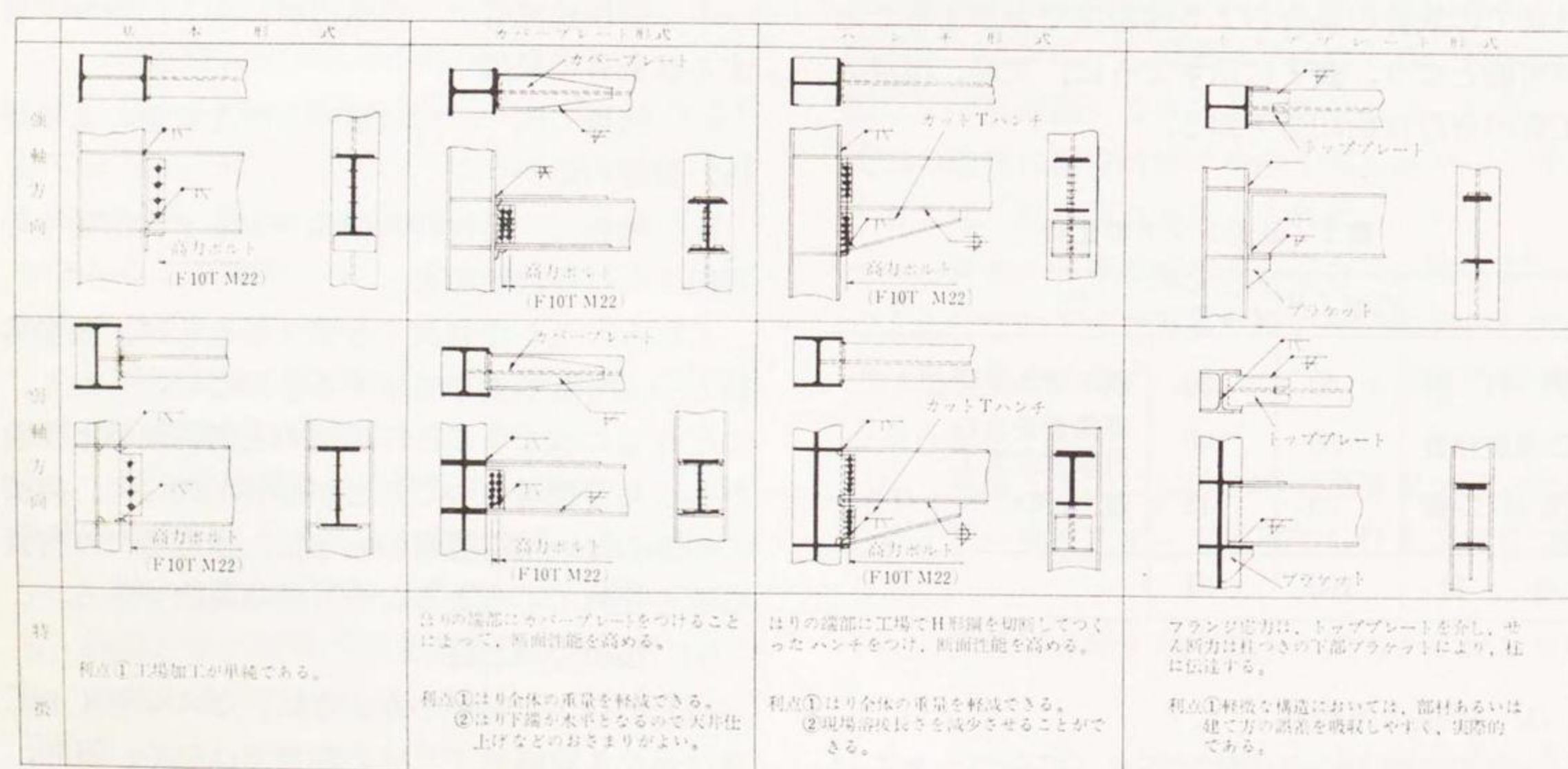


図1 柱・はり接合形式

(2) 柱・はり接合部

現場溶接を前提とした柱・はり接合部の詳細は、図1に示すように、大別して次の4種類が考えられる。

①基本形式 ②カバー・プレート形式 ③ハンチ形式 ④トップ・プレート形式

ウェルサイト工法は、このいずれの形式も拒否するものではなく、部材の大きさや応力の大きさに応じた形式を選択すればよいのであるが、④を除きたいずれの場合にも図1に示すように、フランジは裏当てつきレ型溶接、ウェブは高力ボルトまたはグリップボルトという併用継手を基本としている。

そのおもな理由には次のような点があげられる。

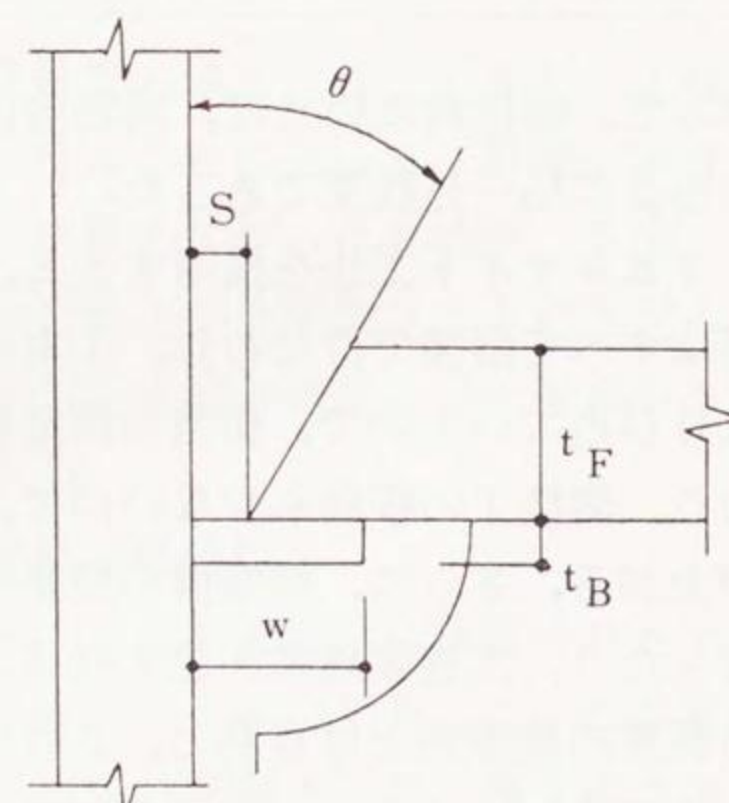


図2 溶接部詳細

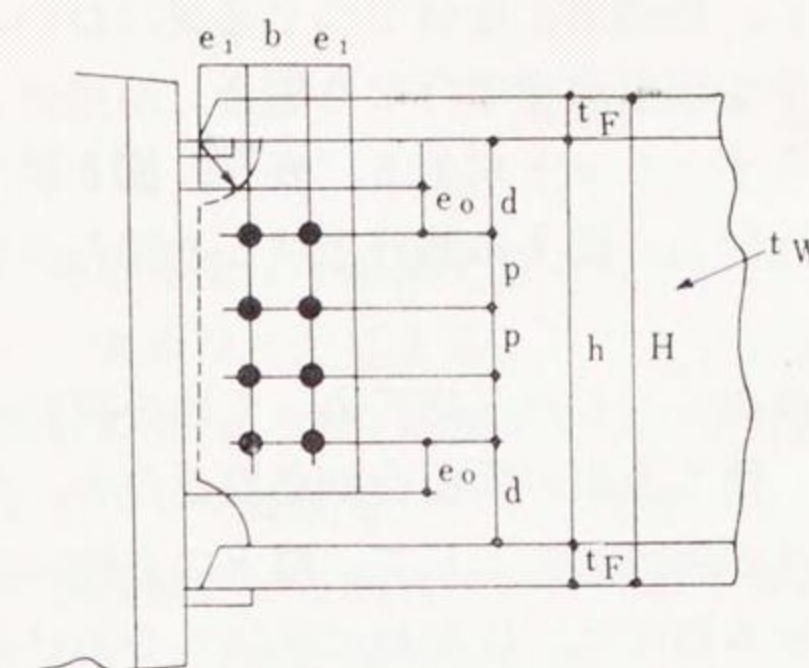


図3 ウェブボルトの配置

表3 はりフランジ標準溶接開先

	手 溶 接			ノンガス半自動溶接		
t_F	6~18	19~31	32以上	6~18	19~31	32以上
S	7±3	10±3	10±3	7±3	7±3	10±3
θ	45°	35°	35°	35°	35°	30°
t_B	6	9	12	9	12	12
W	25			25		

表4 ボルト間隔と縁あき

ボルト径	20m				22m			
e_0	40				45			
t_W	6	7	8	9以上	6	7	8	9 10以上
e_1	50	45	40	35	60	55	50	45 40
b	60				65			

表5 ボルトピッチ

Hシリーズ (mm)	h (mm)	r (mm)	d (mm)	n	p (mm)
250×125	232	35	65	2	102
300×150	282	"	"	3	76
350×175	328	"	"	4	66
400×200	374	40	70	"	78
450×200	422	"	71	5	70
500×200	468	"	70	"	82
550×300	518	"	74	6	74
600×200	566	"	73	7	70
600×300	548	"	"	"	67
700×300	652	"	70	8	73
800×300	748	"	"	9	76
900×300	864	"	72	10	80

a. ウェブのボルト穴を建て入れ時の仮ボルトに利用できる。

b. 現場溶接をすべて下向きにできる。

c. ウェブの高力ボルトによって溶接変形が過大にならぬよう制限できる。

詳細設計データとして、溶接開先の形状とウェブボルト穴の標準を表3、表4、表5に示す(図2、図3参照)。ウェブの所要ボルト本数はウェブをどの程度曲げに働かせるかによって計算で決定されるが、H形鋼シリーズについては数表化されており、ビルトアップHは、電子計算機により求められるようプログラム化してある。

また、基本形式の仕口強度実験結果の一例を図4、図5に示す。剛性低下はほとんど認められず、強度的にはり全断面を有効とした設計耐力を十分にこえており、塑性設計的に考えても十分な塑性

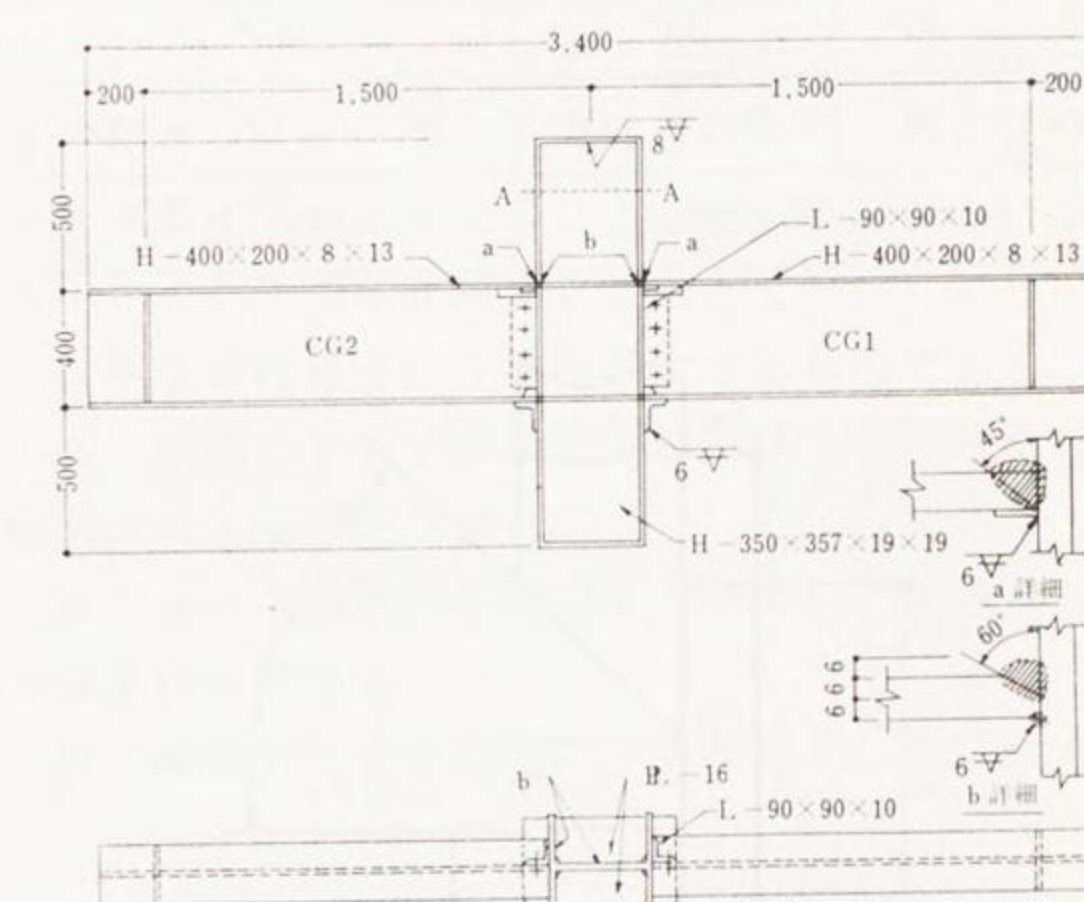


図4 試験体の詳細

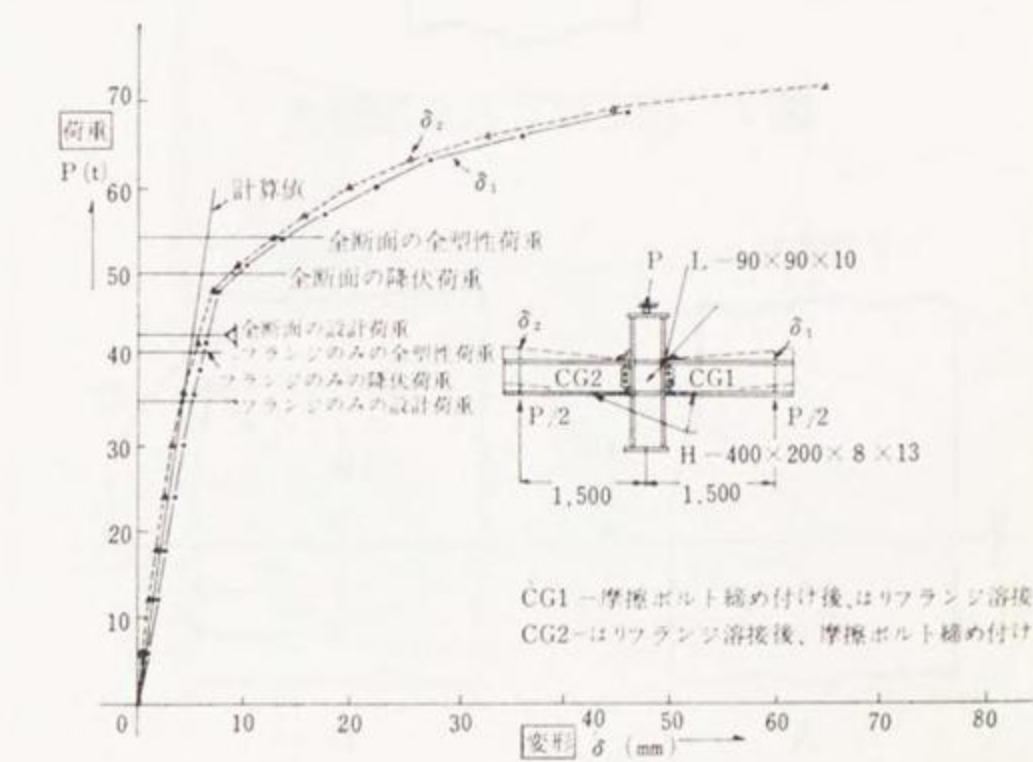


図5 荷重—変形曲線

ヒンジの回転能力を示している。さらに、最終破壊は、圧縮側フランジの局部塑性座屈により生じており、溶接部には異状がなかった。

(3) 柱継手部

新しく制定された鋼構造設計規準案によれば、柱の現場継手に対して新しい考え方が導入されている。すなわち、接合部端面をけずり仕上げたときには、接触圧によって部材のもつ全圧縮強度の $\frac{1}{4}$ の伝達を認めたことや、暴風時、地震時の実応力に応じた継手強度をとり、部分とけこみ溶接を認めていることである。したがって、これまで

表6 柱継手標準溶接開先

	手 溶 接			ノンガス半自動溶接		
t_c	6~18	19~31	32以上	6~18	19~31	32以上
S	7±3	10±3		7±3		
θ	45°	35°		35°		
t_B	6	9	12	9	12	12
w	30以上			30以上		

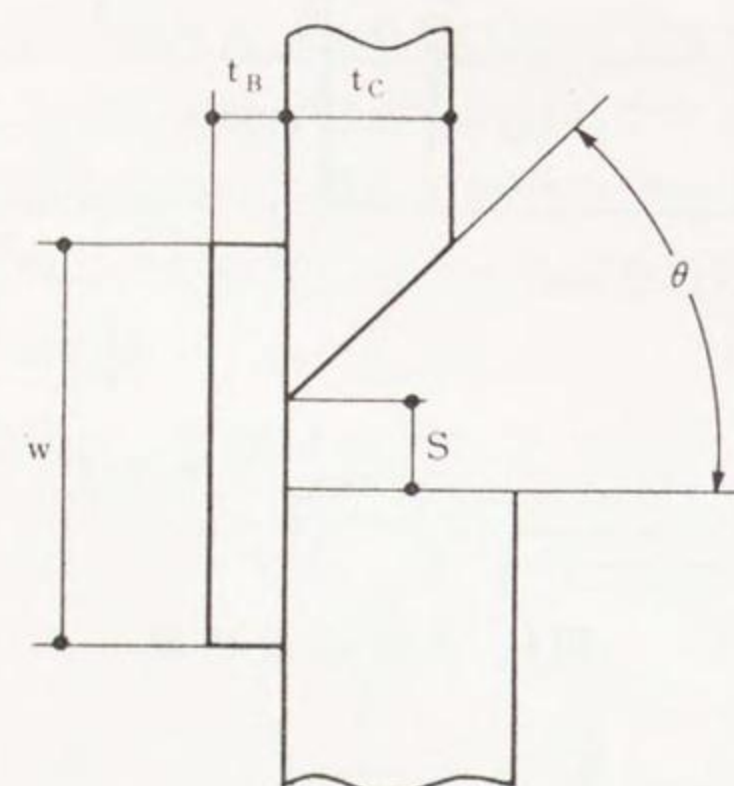


図6 全とけこみ溶接開先

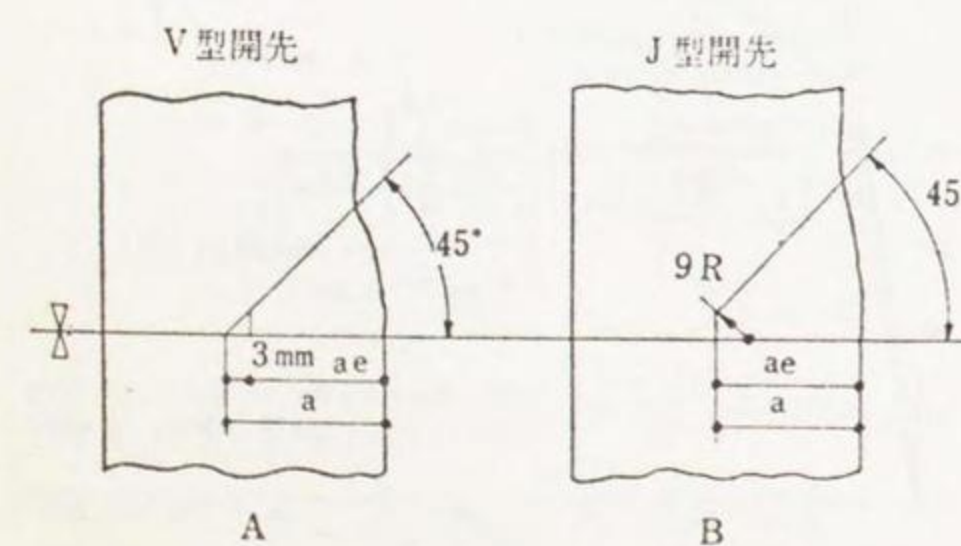


図7 部分とけこみ溶接開先

のように、柱は常に全強でつぐ必要はない。これは柱継手を現場溶接で行なう場合、溶接長さを大幅にへらすメリットがある。表6、図6に全とけこみ溶接開先、図7に部分とけこみ開先の標準を示す。

このほかに、この工法によって柱を設計する場合には、建て方用の仮接合が必要となる。この方法にも柱の断面形に応じて、種々の方法が考えられる。基本的には、柱部材に直接穴をあけることは、加工上も強度上も好ましくないため、アングルまたはプレートのピースを補助として仮ボルト接合を可能なかたちとし、本接合後は切断除去する方法が一般に行なわれている。もちろん、仕上げの妨げにならないものはそのまま残す方が、手間を省く意味でよいであろう。図8にその例を示す。

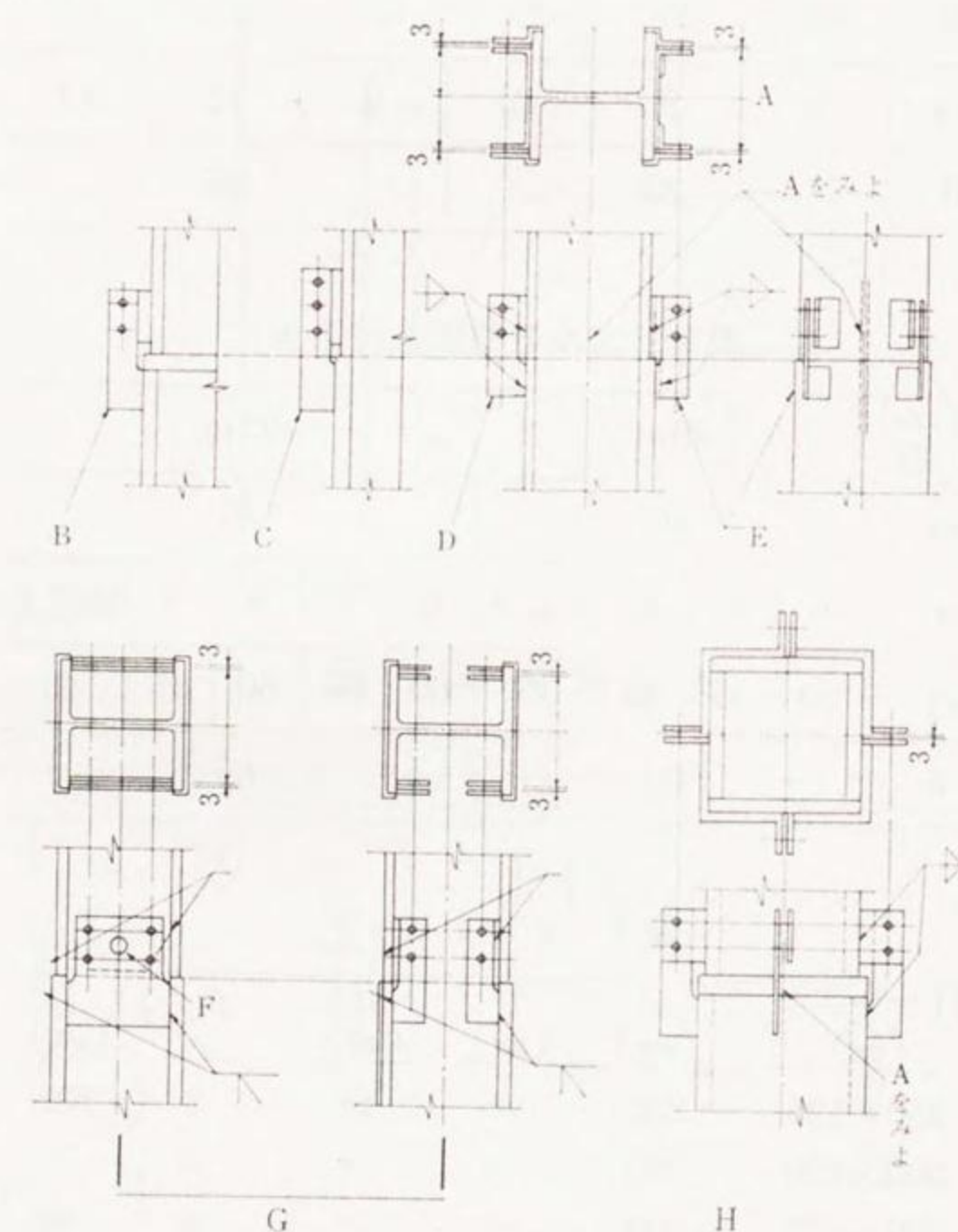


図8 柱仮接合ピース

(注) A. 上下柱のすべての面に中心線を示すポンチマークをつける B. ボルト穴を調節用に長穴とした場合 C. 重量柱の場合 D. H形鋼柱のフランジ外に接合ピースを取り付けた場合 E. 接合ピースにアングルを用いた場合 F. 吊り上げ用穴 G. E形鋼柱のフランジ内に接合ピースを取り付けた場合 H. ボックス柱の接合ピース。なお、図8では、最少板厚が12mmで、最少溶接は脚長が8mmとなっている。

5. 溶接技術

従来、現場溶接は手溶接に限られていたが、数年前より、複合ワイヤによるノンガス半自動溶接法が普及してきた。さらに現在では、ノンガス溶接機にキャリアッジ装置をつけて、溶接ヘッドを自動的に移動回転させる鋼管柱の自動溶接装置も開発されている。(8章施工例参照)

また、当社では、裏当金つきレ形溶接開先の欠点を補うために、裏ビードがきれいに出来るNB法の開発や低角度スプリング式溶接を現場向きに改良したSBE溶接法の開発を行なった。

(1) ノンガス半自動溶接

半自動溶接を大別すれば、ガス・シールド・タイプとノン・ガス・タイプとがある。ガス・シールド・タイプは、トーチからワイヤと同時に炭酸ガスなどの不活性被包ガスを噴射して、溶接金属への酸素や窒素の侵入を防ぐ方式であり、ノン・ガス・タイプは、ワイヤのなかにフラックスを充填させた複合ワイヤを用い、アークの安定や脱酸精練作用などの効果をはかっているため、被包ガスが不要なため、この名称がつけられている。

この溶接法の特長をまとめると、次のようになる。

- 大電流を用いられるので、溶着速度が大きく、従来の手溶接の2倍～3倍の溶接速度が得られる。
- シールド・ガスを使用しないため、風の影響が少なく、風速10mまで溶接可能である。また、ガスの供給などの問題がない。
- アーク電圧即応性が敏感なので、ビード外観がきれいだ。
- 脱酸剤や窒素固定剤含有ワイヤを使用するので、溶接性が良好である。
- 操作が比較的簡単で、手溶接の経験があれば短時間で習熟できる。

現在、この溶接法は発展途上にあり、溶接装置や溶接材料などさかんに改良されつつある。

(2) NB法

従来、柱、はりフランジの溶接継手は鋼板裏当てつきレ形溶接が主体であったが、超音波探傷な

どでルート部の溶け込み部の欠陥の検出に困難な点があるとともに、強度的にも断面の不連続性をさけることができず、応力集中の傾向があることは否めなかった。したがって、ルート部の裏波ビードが直接観察できることは、溶接部の品質確保に大きな意義がある。

最近、この観点から各種裏当て材の開発が行なわれている。例えば、ケーキ状のパッキング材を裏当てとして使用するもの(八幡FW工法)、鋼棒の外周に高耐火性フラックスの層と裏波形成用フラックスと2重に被覆した裏当て材を用いるもの(横河OH工法)、および銅裏当てをし、かつノーガス・ワイヤをその銅裏当て上に置いて、銅裏当てに直接アークを発生させないようにして溶接する方法(フジSW-CB法)などがある。

当社でもこの点に早くから着目、研究した結果、次に述べるような事柄を考慮し、銅裏当て金の上にノーガス専用のフラックスを散布し、片面よりノーガス・アーク溶接を行なうNB法(NK式パッキング・ノーガス・アーク溶接)を開発し、ウェルサイト工法に採用することとした。

NB法の特長としては次のようなものである。

- 専用フラックスの使用により、電流調整の必要がなく能率的である。
- ルート間隙が多少ばらついていても、裏波ビードがきれいにできる。
- 銅裏当て金に直接アークが発生しないので、

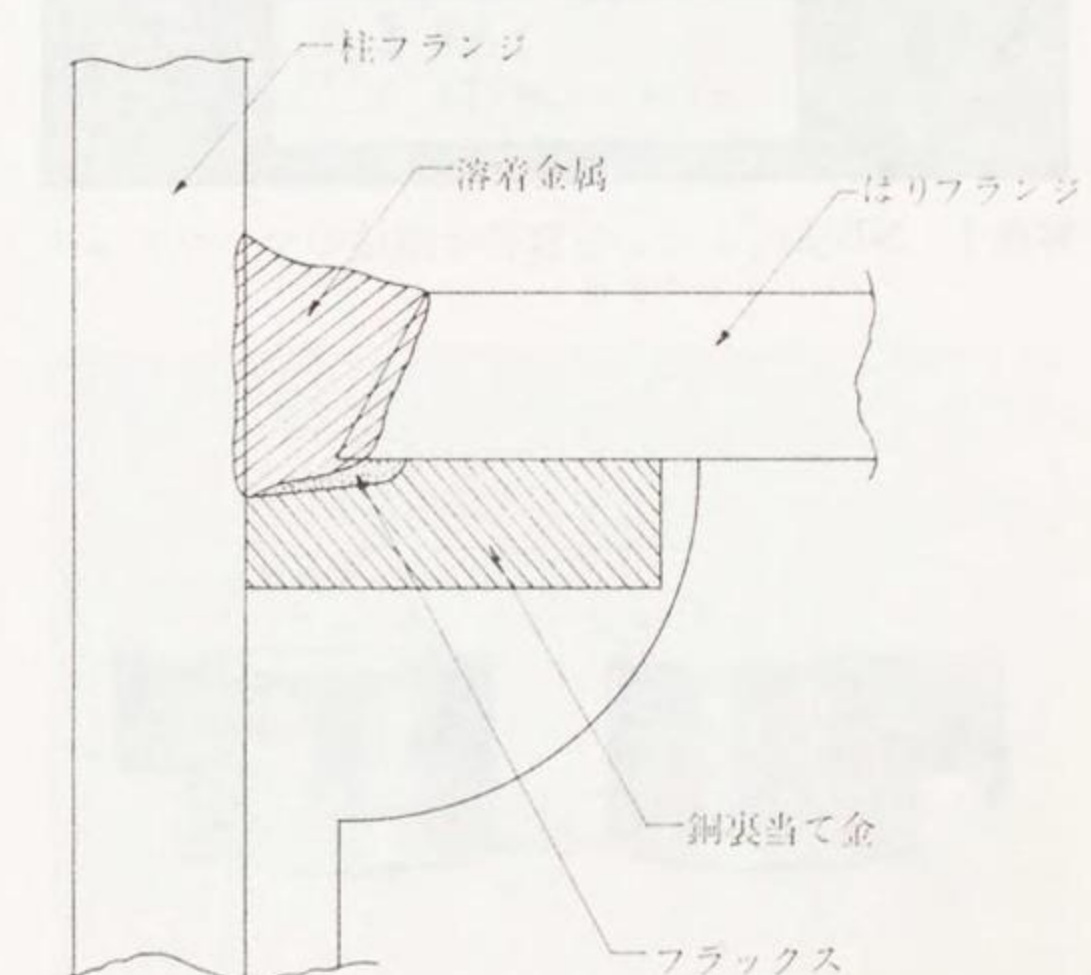


図9 NB法による柱・はり継手部詳細

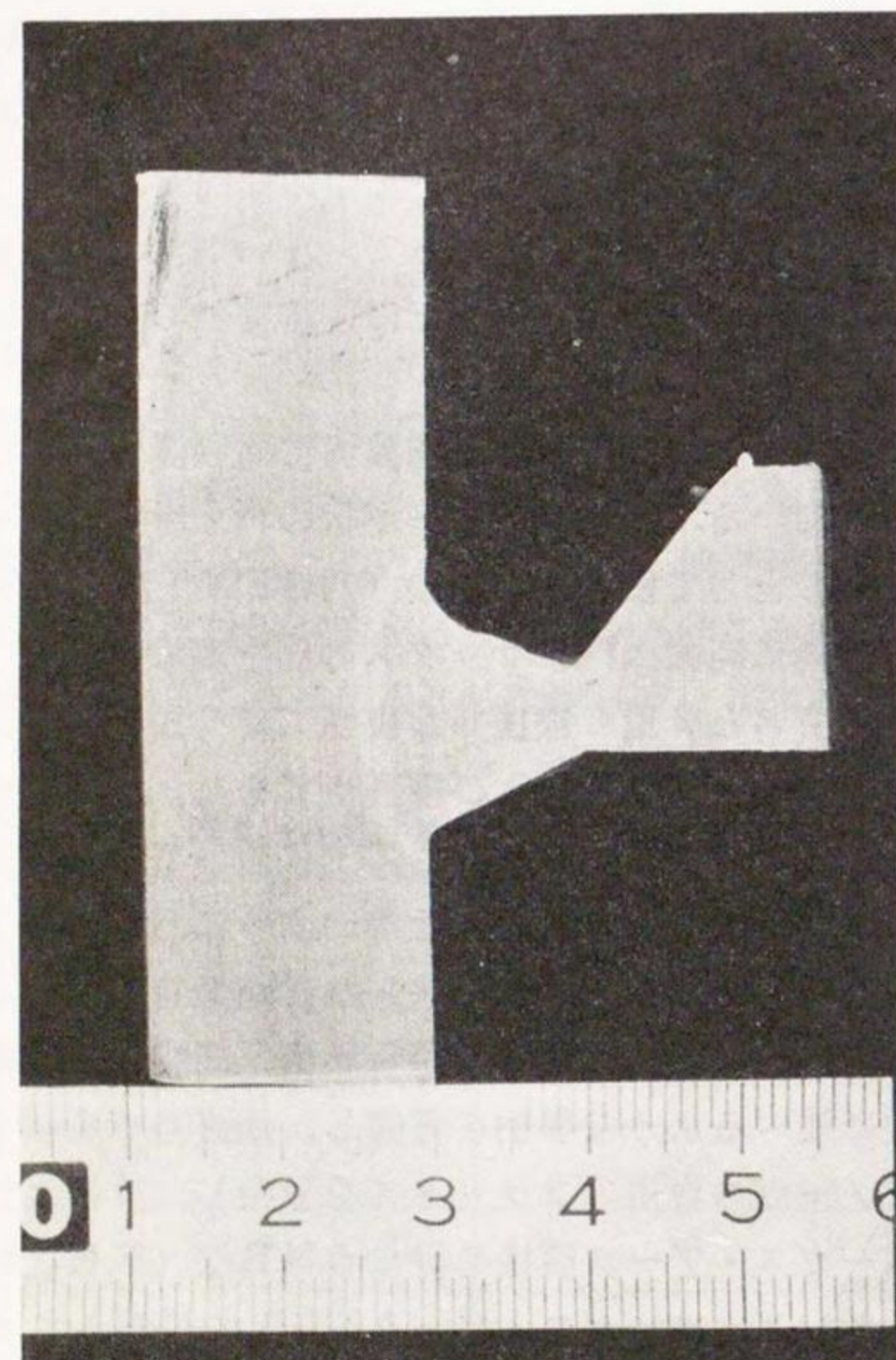


写真1 NB法による切層ビード断面マクロ

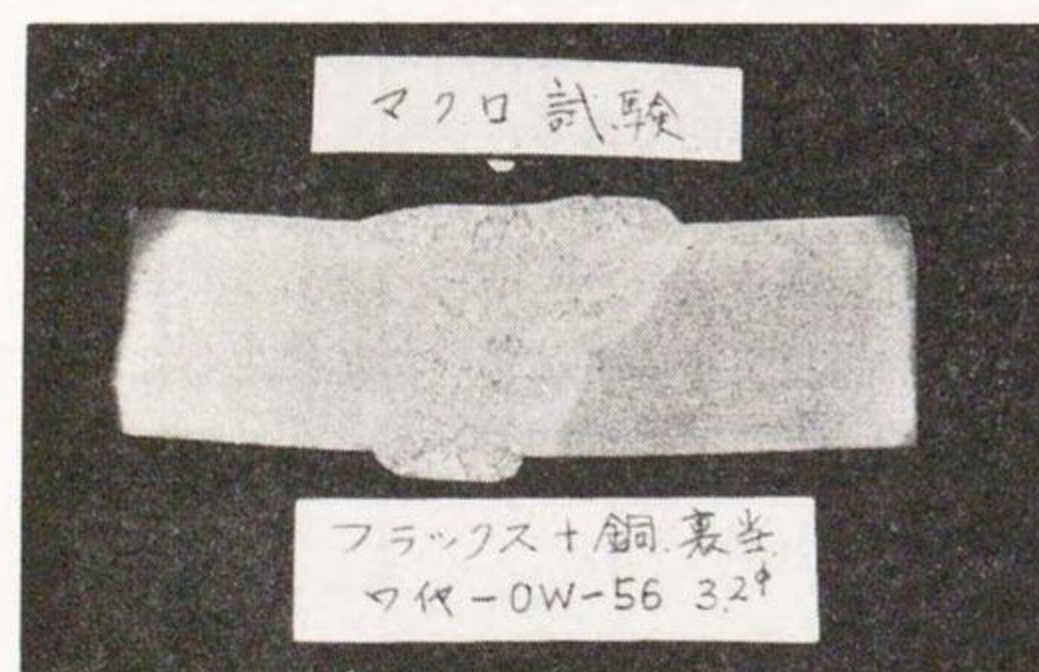


写真2 NB法によるレ形容合せ溶接のマクロエッチ

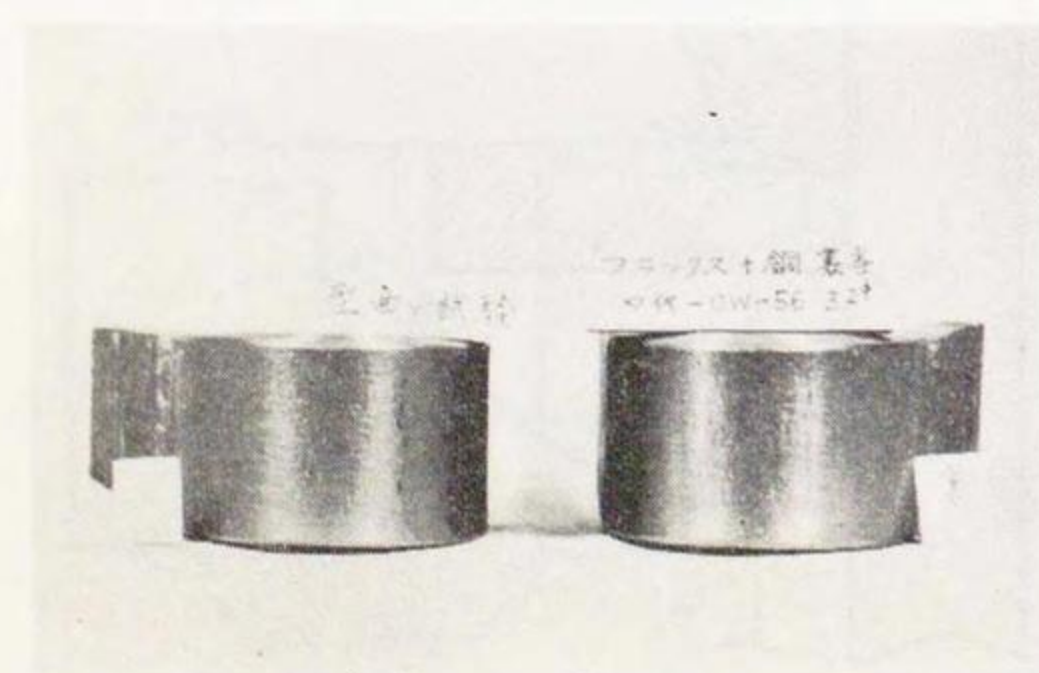


写真3 NB法による溶接継手の型曲げ試験結果

溶着金属に銅をまきこみ溶接割れの生ずることがない。

d. 銅裏当て金の取り付けが簡便である。

図9にレ形開先部の詳細図、写真1にレ形開先の一層目ビードのマクロエッチを示す。また写真2、写真3は突合せレ形溶接のマクロエッチと型曲げ試験結果を示している。いずれも良好な溶けこみが得られており、裏波ビードの形状もよい。

(3) SBE 溶接

SBE (Simple Building Erection) 溶接は、当社で開発した建築現場溶接法の1種である。図10に示すように、低角度スプリング式の溶接器をさらに改良軽便化したもので、板厚 10mm~25mm 程度の部材に適用するのに適している。SBE 溶接の特長は次のようなものである。

a. 小型、軽量で操作が簡単であり、溶接熟練者でなくとも容易にあつかえる。

b. 1人で2台以上を同時に操作でき、能率を高めることができる。

c. 超低角度であるため、溶接棒は容易にスカラップをくぐることができ、はりの下フランジにも適用できる。

d. 溶接電流は手溶接のものがそのまま使用でき、交流、直流いずれでも適用できる。

e. 溶接棒は低角度専用棒を使用する。

f. 使用範囲は、水平隅肉、下向き隅肉、下向き突き合わせ溶接に適用できる。

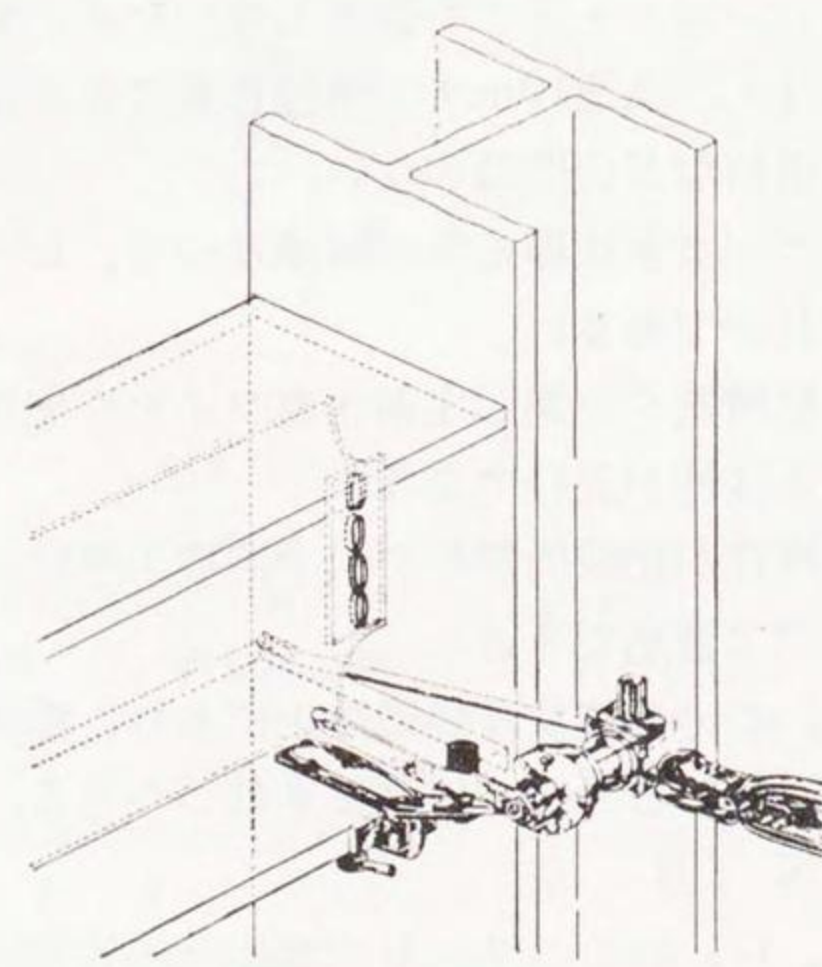


図10 SBE 溶接の施工

いる。

建築の現場溶接の主要点である、柱、はり接合部に用いられる裏当てつきレ型溶接部は、その形

6. 検査技術

溶接部を検査する非破壊試験には、大別して次の4つがある。①放射線透過試験 ②超音波探傷試験 ③磁粉探傷試験 ④浸透探傷試験

このうち、前2つの方法は主として内部欠陥の検出法であり、あとの2つは表面にあらわれている傷の検出法である。高張力鋼などでは、表面割れが問題となることがあるので、磁粉探傷や浸透探傷を行なうこともあるが、軟鋼の場合は一般に必要とされないので省略する。

(1) 放射線透過試験

放射線透過試験は、放射線源としてX線装置またはラジオ・アイソトープから出るガンマー線を溶接部に透過させ、反対側の面に配置したX線フィルムに感光させ、欠陥の有無を判定する方法である。したがって、検査対象物体の両面に接近できることが必要条件である。

柱・はり接合部は、部材が直角に交差しているためこの方法は適用できないが、建築の現場施工としては、鋼管柱の継手がこの試験を応用するのに適している(8章施工例 参照)。図11に示すガンマー線放射装置は当社で考案したものである。

この場合、放射線源としてはラジオアイソトープを用いるが、ラジオアイソトープの種類が異なると、出てくるガンマー線の性質がちがってくるので、透過する鋼材の厚さに応じて使いわけの必要がある。大体の目安としては、次のとおりである。

コバルト 60	20mm~200mm
セシウム 137	12mm~ 90mm
イリジウム 192	6mm~ 70mm

判定の規準は、JIS 2341に定められており、建築鉄骨としては3級以上で十分である。

(2) 超音波探傷

超音波探傷法は、大別して垂直探傷と斜角探傷に分けられる。垂直探傷は試験体表面から超音波を垂直にいれて、ラミネーションなど鋼板の表面に平行な傷を検出するのに用いられ、斜角探傷は超音波を斜めにいれて傷を検出する方法で、溶接部の欠陥のように方向性のない傷の探傷に適して

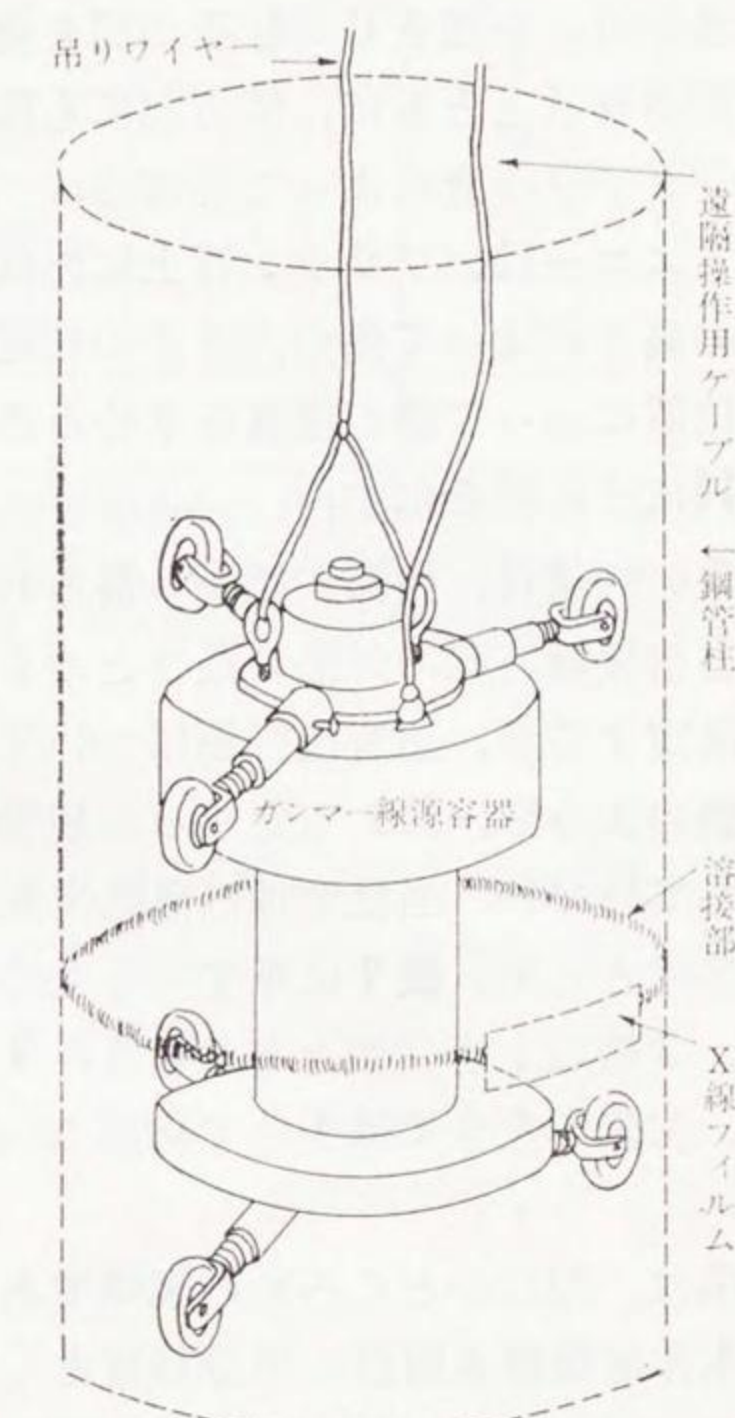


図11 ガンマー線放射装置

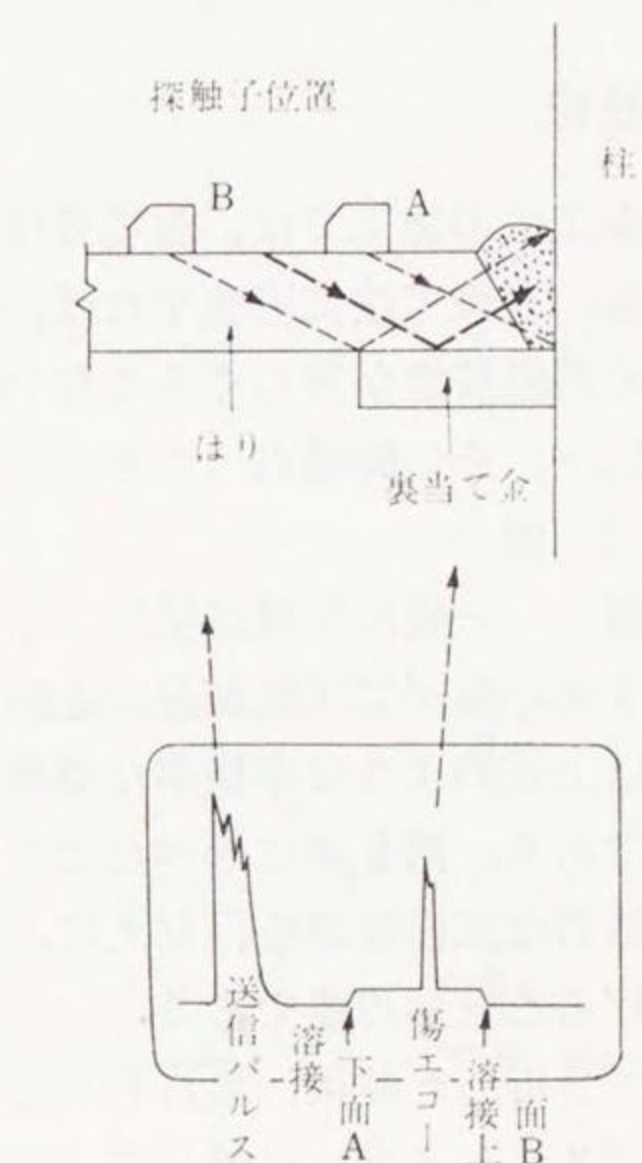


図12 レ形開先斜角探傷概要

状から放射線透過試験は実施できない。したがって、超音波斜角探傷によって行なうことになる。その具体的な方法は図12に示すように、超音波ビームの中心が溶接部のルート部を通るAの位置と、溶接部の表面近くを通るBの位置の間を探触子を前後に移動させるとともに、横方向にも移動する、いわゆるジグザク走査によって行なう。

傷によるエコーは、ブラウン管上に波状にあらわれ、その高さによって傷の大きさの判定を行ない、その位置によって傷の位置を求めることができる。図13にその例を示す。

探傷結果の評価は、内部欠陥から得られるエコーの高さと溶接線方向の欠陥の長さとの2要素を考慮して決定するが、超音波探傷については放射線透過試験のように、JISで定まった規準はいまだ制定されていない。当社では内外の文献と実際の経験を参考として、表7に示すような等級分類を行ない、3級以上を合格としている。4級は不合格とし、欠陥を完全に除去して再溶接を行なう。

この規準は、現在のところ社内規準であるが、NDI（日本非破壊検査協会）の分類案として審議されており、近く承認される見込みである。これが決定されれば、将来JISや建築学会の規準として採用される可能性が強くなるであろう。

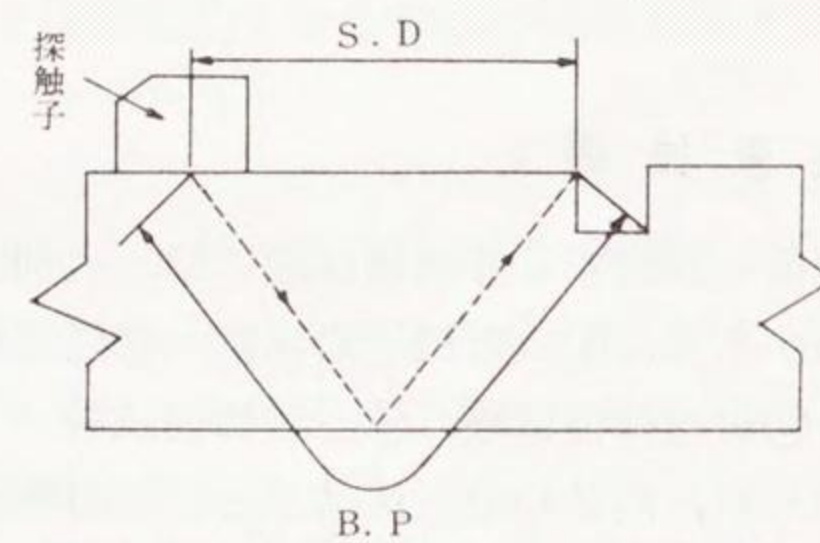
7. 現場施工技術

ウエルサイト工法の施工では、現場責任者の理解が必要である。在来工法に固執すれば、溶接能率が落ちて、その経済性が著しくそこなわれる可能性もある。以下、その問題点につき列記する。

(1) 工事計画

a. 工程計画 一般に現場溶接は、リベットあるいはボルトにくらべて工期が長いといわれているが、これは上述のような非能率な溶接法をとっているためである。第5章にのべたような溶接法を使用し、適切な工程管理を行えば、驚くほどの能率をあげることが可能である。

実績によって分析した結果、鉚打ちと比較すれば鉚工1組（3名～4名）に対して、溶接工5名～6名をかければ、ほぼ同等の工期でおさめる



(注) 上図は、S.D.が探触子距離で、B.P.が伝播距離である。

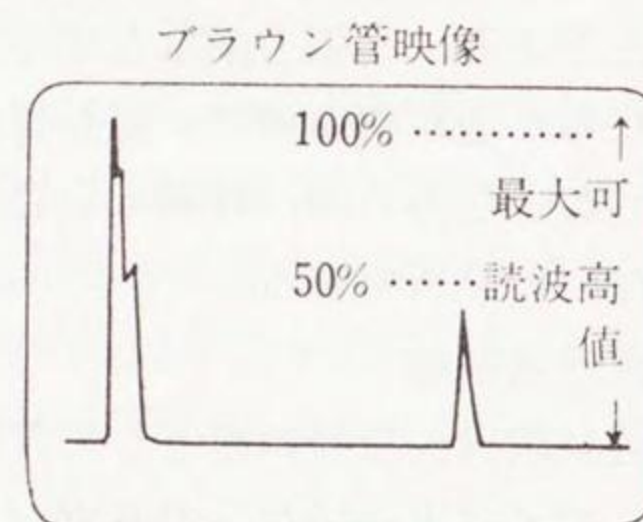


図13 超音波探傷記録要素

表7 欠陥の等級分類

欠陥長さ 最大エコー高さ(%)	S以下	Sを越えM以下	Mを越えL以下	Lを越えるもの	LLを越えるもの
20を越え50以下	1級	1級	2級	3級	4級
50を越え80以下	1級	2級	3級	4級	4級
80を越えるもの	2級	3級	4級	4級	4級

欠陥長さの区分 (t: 母材の板厚)

欠陥長さによる区分の境界(mm)	S	M	L	LL
母材の板厚(mm)				
12以上 48以下	1/4t	1/3t	1/2t	t
48を越えるもの	22	16	24	48

ことが可能である。したがって、電源その他をこれにあわせて準備すれば、工程は鉚継手の場合と同様に考えられる。表8に参考として、溶接長さ6mm 隅肉換算1m当りの溶接所要時間と溶接棒消費量を、溶接法ごとに分類して示してある。

b. 仮設計画 仮設設備として、まず必要なものは電源の確保である。半自動溶接では使用電流が大きいので、従来の慣習によって仮設電源容量を定めることは危険であって、綿密な工事計画にしたがって最大電源容量を求める必要がある。

表9 溶接所要時間と溶接棒消費量

溶接法	被覆系	溶着速度(g/min)	溶着効率(%)	棒消費量(g)	アークタイム(min)	工場所要時間(min)	現場所要時間(min)
手溶接	D4301 イルミナイト	32.9	60	283	5.2	13	26.0
	D4303 ライムチタニヤ	35.0	60	283	4.9	12.3	24.6
	C4327 鉄粉酸化鉄	37.4	65	262	4.5	11.3	22.6
	D5028 鉄粉低水素	34.5	65	262	4.9	12.3	24.6
	D5016 低水素	31.1	65	262	5.5	13.8	27.6
ノンガス溶		95.0	70	243	1.8	—	9.0

(注) 溶着速度は、手溶接の場合が5mmφ棒を220Aで、ノンガス溶接の場合が3.2mmφワイヤを450Aで使ったときの値(メーカーのデータによる)である。手溶接の場合の溶着効率は、ホルダ保持部分約40mmをすてるものとして計算した(木原博編「溶接データブック」による)。アークタイム率は、手溶接の場合が工場内40%、現場20%、ノンガス溶接の場合が現場で20%として計算した。

次に、溶接の能率を高めるためには、溶接機の移動のためリフトやケーブルを準備することが望ましい。これまでのように、デリックの合間を見て移動するようでは、手持ち時間が多くなって著しく能率が低下する。また、溶接用・検査用の足場の設備も、安全能率上重要な問題で、軽便な移動式足場などの使用も考慮すべきである。

(2) 溶接変形の防止

構造物を溶接した場合、溶接変形や残留応力が発生する。一般に、骨組構造物は船舶などの板構造にくらべて拘束力はあまり大きくなく、溶接量も少ないのでさほど大きな問題とはならないが、極端に構造物がゆがむことは、外観上も、仕上材のおさまりの上からも防ぐ必要がある。特にエレベーター・シャフトまわりは、エレベーターの機能に重大な影響があるため、一層注意を必要とする。原則的には、① 組み立ての進行につれて、溶接不能または困難になる場所の生じないようにする。② 収縮がなるべく自由に起こるように、中央から四方に向かって溶接する。③ 左右はなるべく同時に、かつ対称的に溶接する。収縮が累積しないよう、適当なブロックに分割する。④ 収縮の最も大きそうな継手を先に溶接し、少ないものをあとにする。などの注意が必要である。

8. 実施例

最近ウエルサイト工法を実施した工事の例を次

に記す。

(1) 日本鋼管(株)岸谷共同住宅鉄骨工事

a. 工事現場: 横浜市鶴見区岸谷町

b. 鉄骨重量: 約 880t

c. 工期: 自昭和45年1月
至昭和45年11月(予定)

d. 工事概要:

この工事は、当社と竹中工務店とで共同開発し

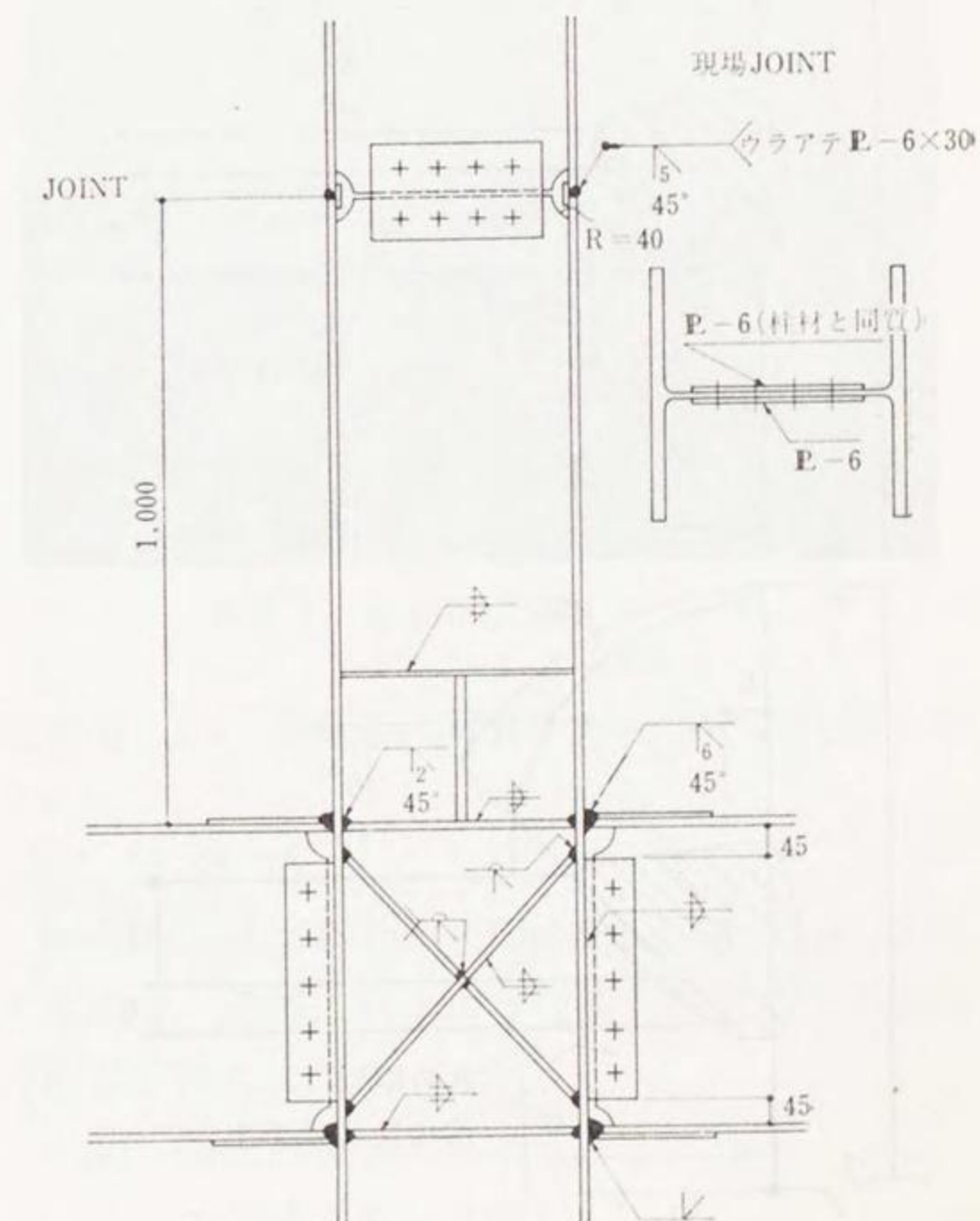
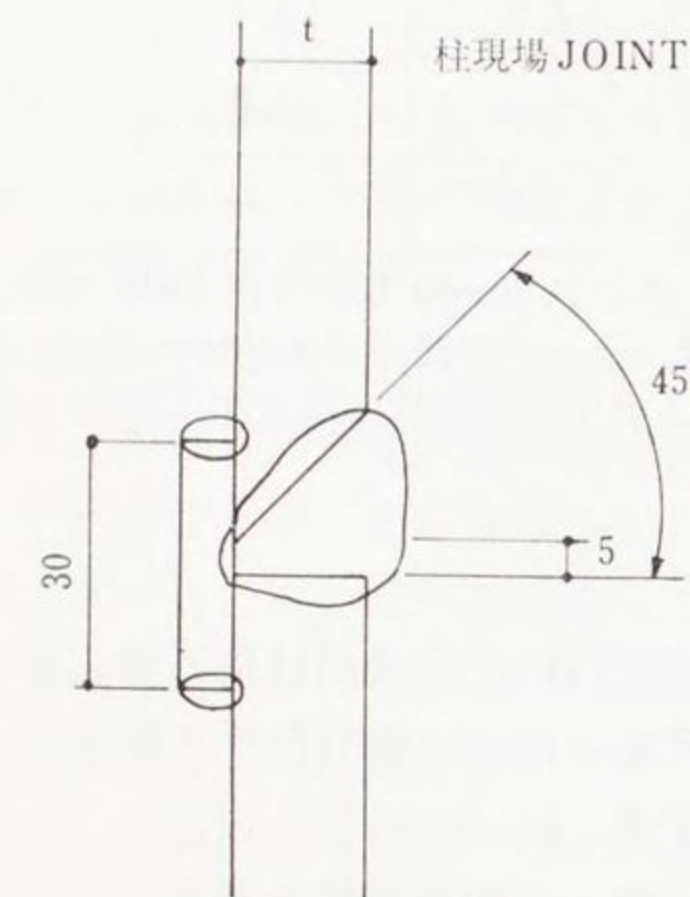


図14 柱・はり仕口の詳細

たビー・ハイブ・トラス工法を用いた高層住宅で、詳細については別稿「ビー・ハイブ・トラス工法の開発」を参照していただきたい。柱およびけた行方向の大ばりにH形鋼を使用し、その接合を現場溶接による。写真4に建方中の状態を、また図14にその詳細を示す。



現場溶接
(半自動溶接)

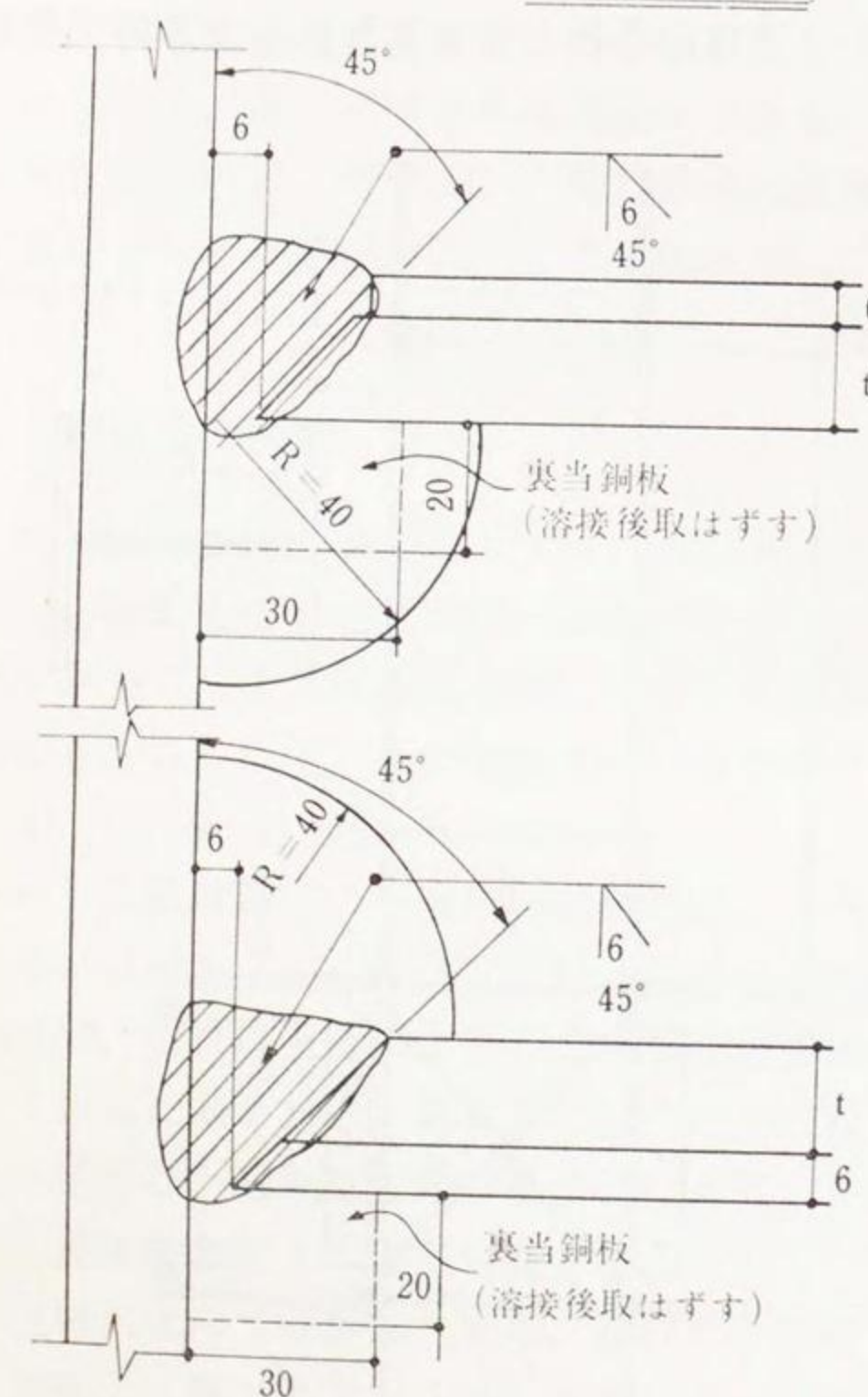


図15 開先詳細

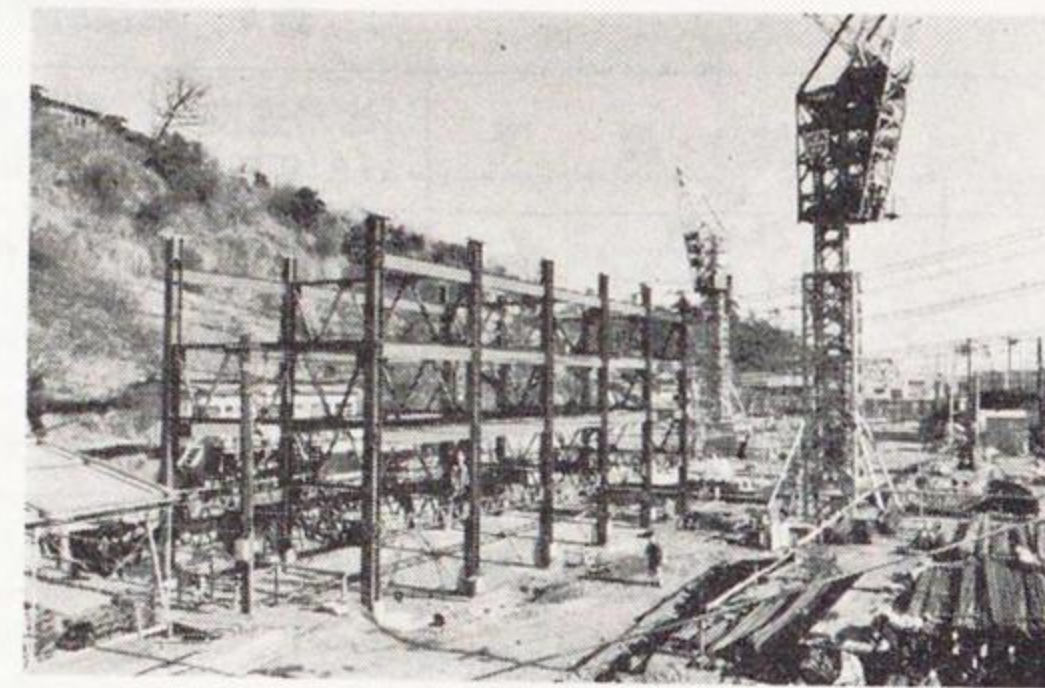


写真4 岸谷住宅建方中

e. 溶接法:

大ばりのフランジ溶接には、神鋼および当社で開発したN-B法を採用し、溶接はノーガス半自動による。

半自動溶接機 松下電器産業(株)製
YM502 UCF
定格電流 500A

ノーガス複合ワイヤ OW-56A 3.2mmφ
(株)神戸製鋼所製

溶接開先は図15に示すとおりであるが、現場溶接部の補強のためカバー・プレートがつけてあり、このすき間から溶接欠陥の生じる恐れがあるので、特に注意して処置した。図16にその要点を記す。

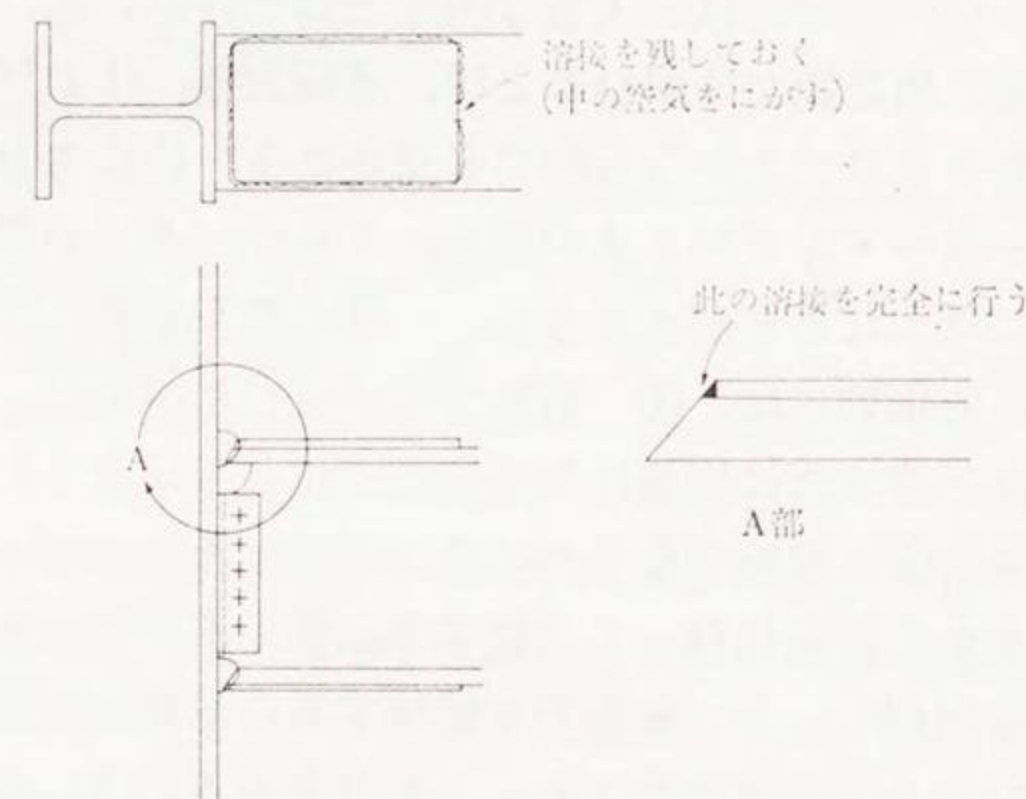


図16 Cover Plate の処置

f. 溶接検査法:

現場溶接の検査は、全数肉眼による外視検査のほか、約10の抜き取りで超音波斜角探傷を行なった。

(2) 広島市基町併存高層アパート第一期鉄骨工事

- a. 工事現場: 広島市基町
- b. 鉄骨重量: 約1,000t
- c. 工期: 自昭和44年8月
至昭和45年5月
- d. 工事概要:

この工事は、広島市基町地区の都市改良計画の一環としてつくられる高層アパートで、広島市における高層建築の先駆である。柱はBOX形、大ばりは溶接I形を採用している。このアパートの構造計画の特色は、2階ごとのラーメン構造をとっていることである。このため、図17に示すような大形の構造となっている。(写真5)

e. 溶接法:

現場溶接部は、従来より用いられている裏当金つき片面レ形溶接であるが、能率の向上を考えてガス半自動溶接を採用した。

半自動溶接機 (a) 松下電器産業(株)製
YM502 UCF
定格電流 500A

(b) 大阪変圧器(株)製
DYNAAUTO-N500
OH-52形
定格電流 500A

ノーガス複合ワイヤ OW-56 3.2mmφ
(株)神戸製鋼所製

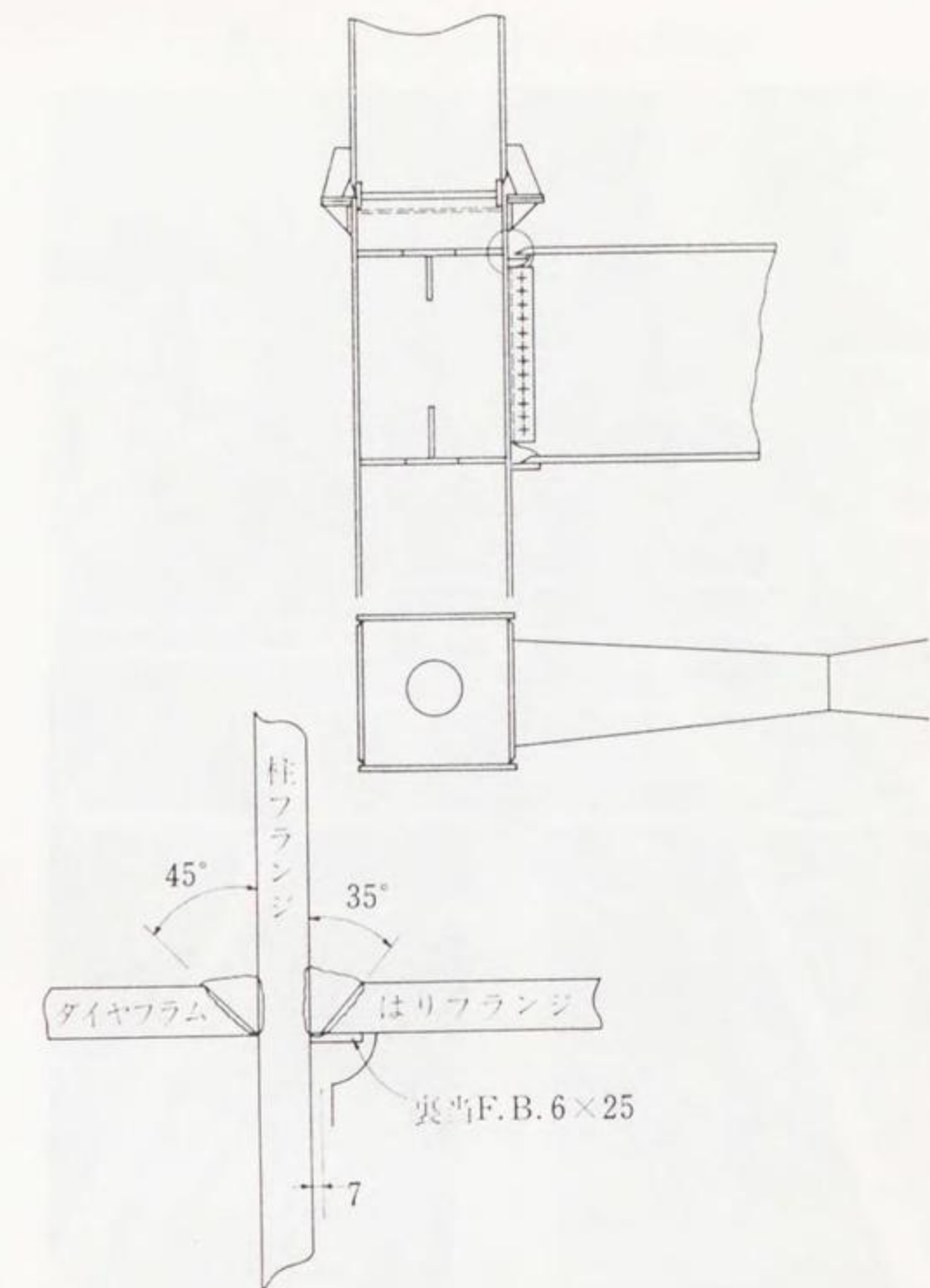
f. 溶接検査法:

岸谷共同住宅と同じく、外視検査および超音波斜角探傷法による。

(3) 城南青山ビル鉄骨工事

- a. 工事現場: 東京都港区北青山一丁目
- b. 鉄骨重量: 約2,500t
- c. 工期: 自昭和44年10月
至昭和45年1月
- d. 工事概要:

このビルは地上に超高層ビルをもっている地下変電所の工事で、今回はこの地下部分のみを施工した。この工事の特色は、上部に超高層ビルがあるため、柱に極厚の鋼管(鋳鋼管および鋼管)を使用していることである。この接合法にはワンサイド・ボルトと溶接接合とを比較検討して溶接



A部詳細

図17 柱・仕口詳細はり



写真5 広島市基町アパート

を採用した。写真6、写真7に建方中の状態を示す。

e. 溶接法:

鋼管の板厚は20mm~70mm、外径700mmφであるので、図18に示すような開先形状で次の順序の溶接を行なった。

- (a) 開先形状のチェック
- (b) 手溶接(2~3層)
- (c) 放射線透過検査(完了後建方ピース除去)

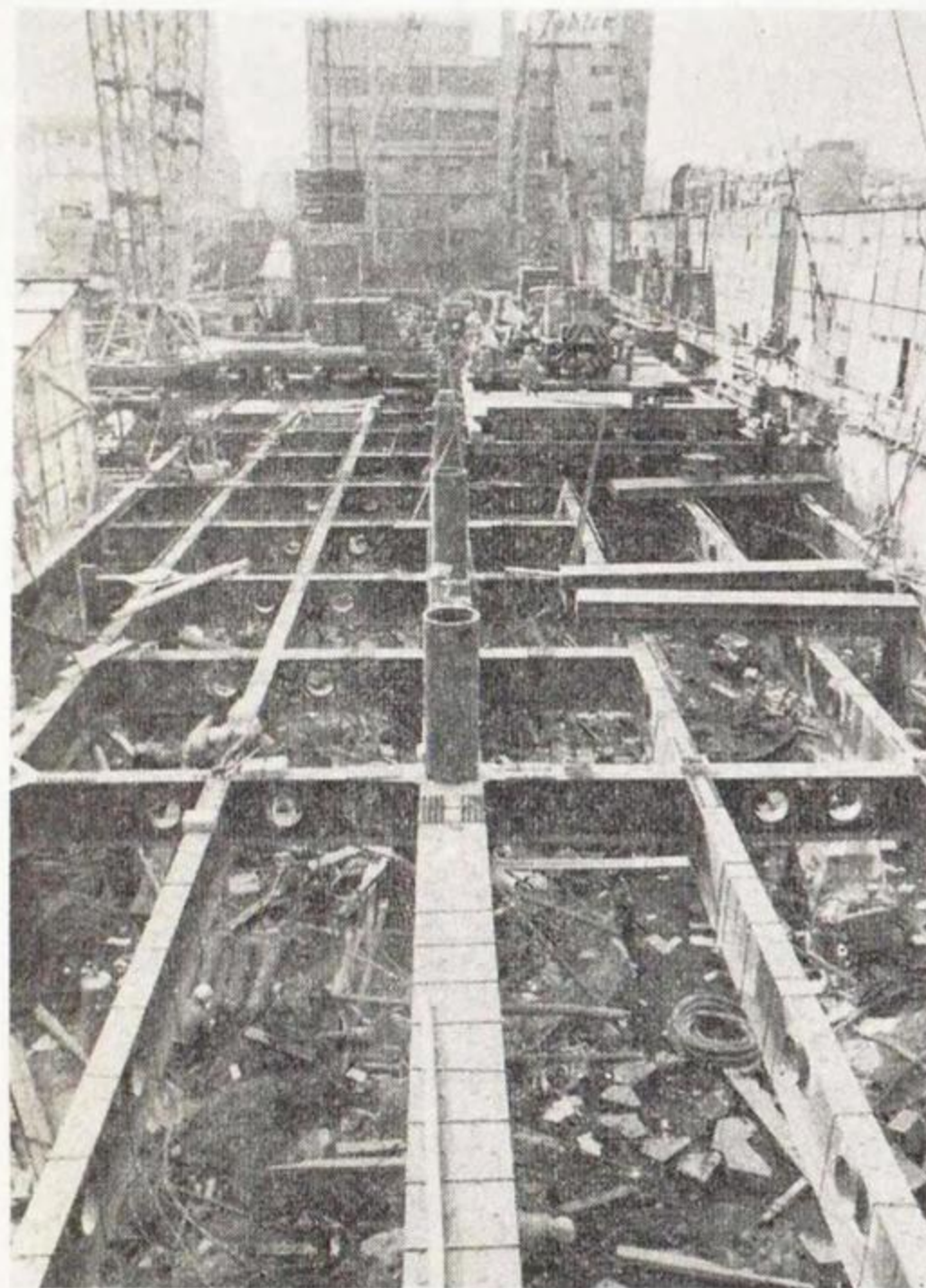


写真6 城南青2ビル

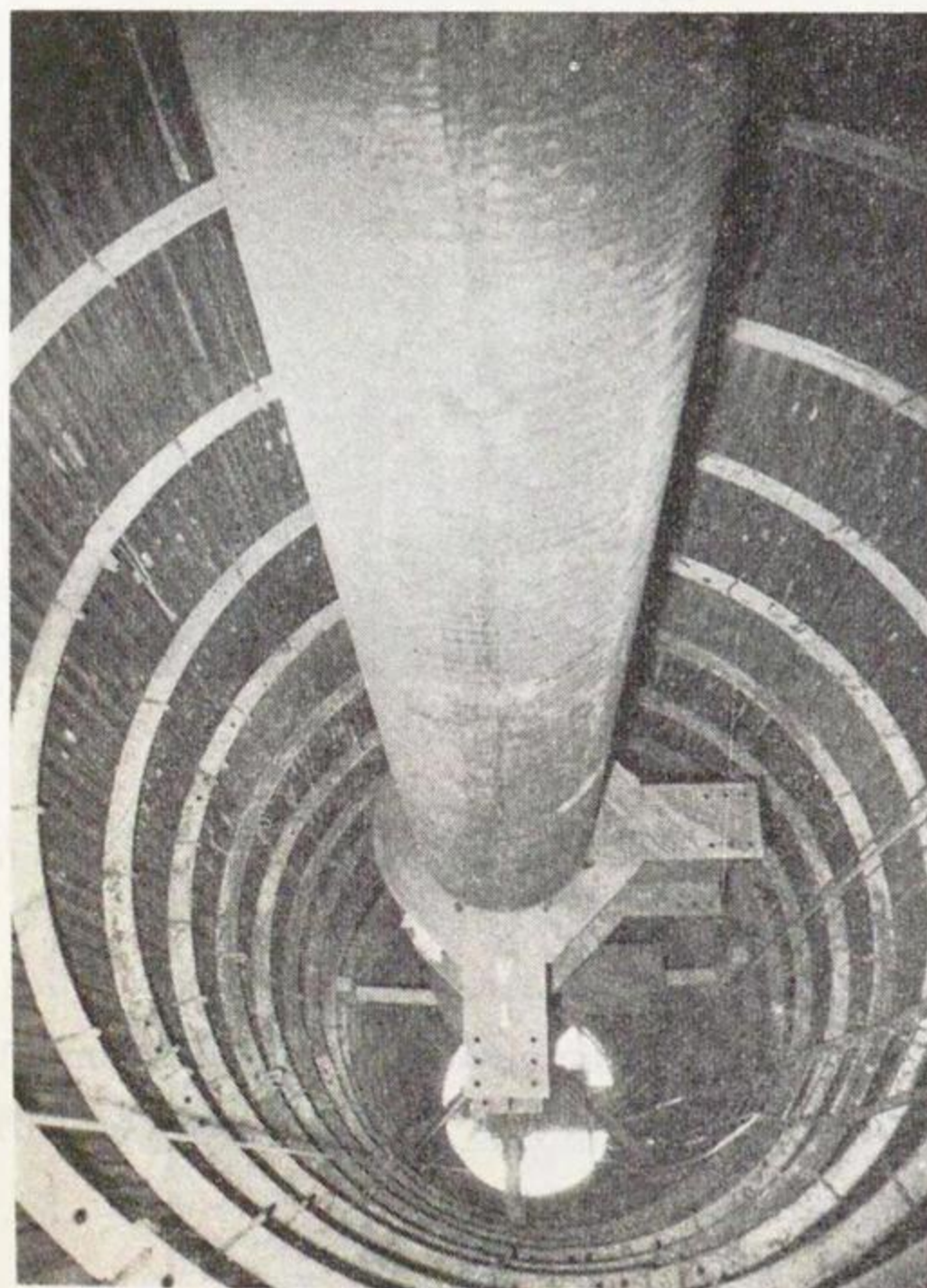


写真7 深礎中の鋼管柱

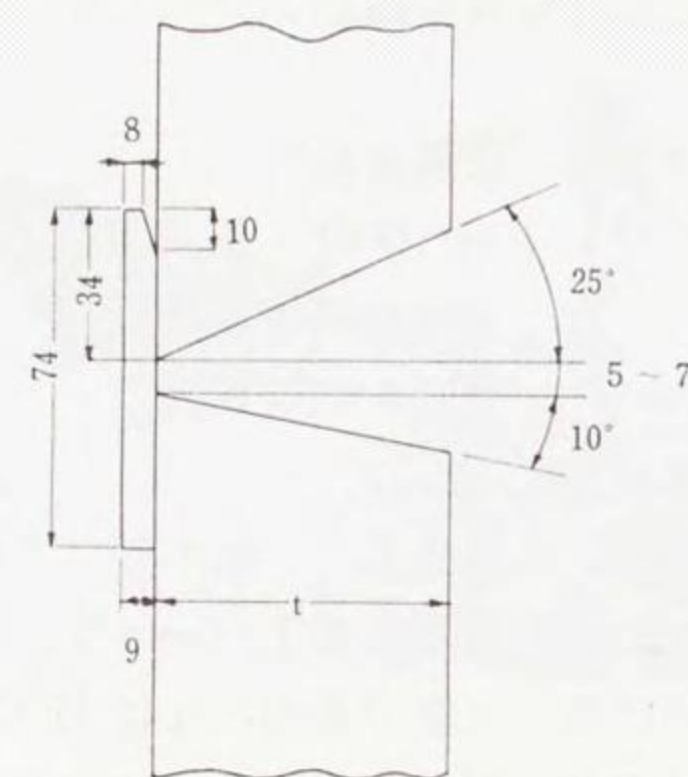


図18 開先形状

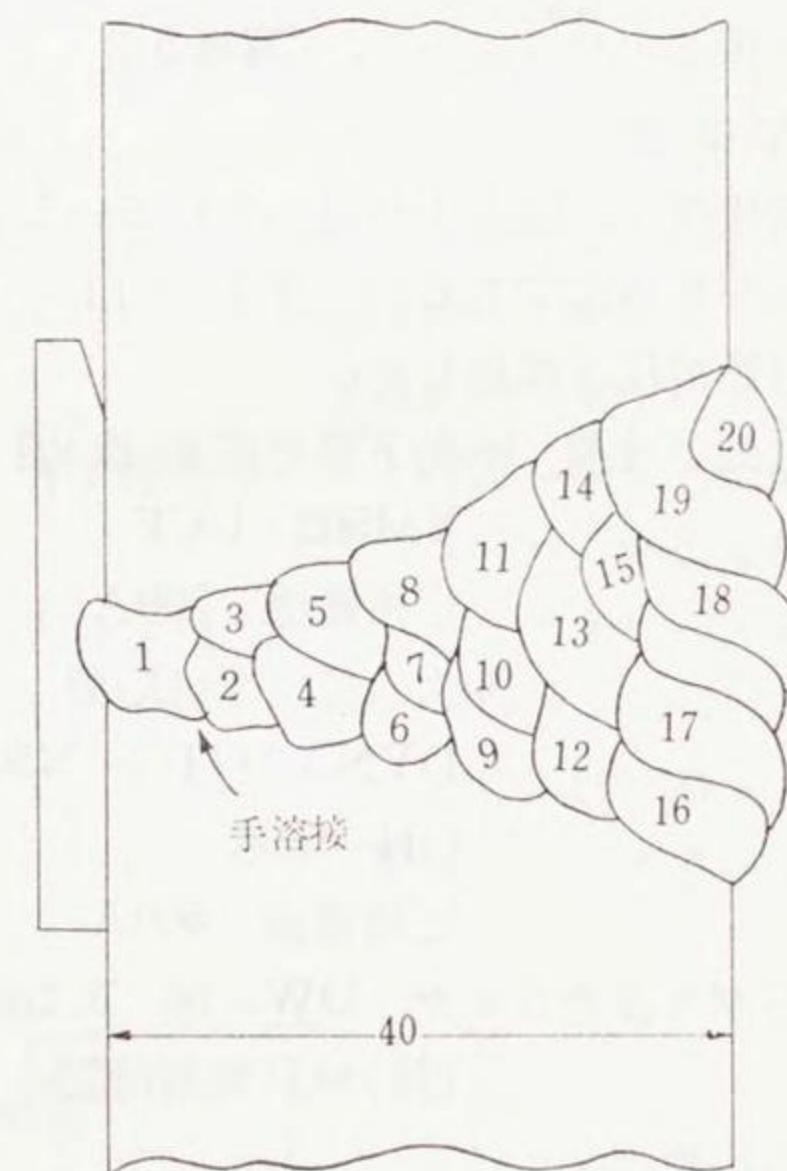


図19 40mm の場合のパス例

(d) ノーガス 複合ワイヤによる全自動円周溶接

(e) 外観検査

全自動溶接機 大阪変圧器製

JS-225 型円周水平自動溶接装置

ノーガス複合ワイヤ OW-56 3.2mmφ

手溶接棒 LBI-52H 4.5mmφ

(株)神戸製鋼所製

図19に板厚40mm の場合のパスの例を示す。

f. 溶接検査法:

手溶接(2~3層)完了後、写真8、写真9に

表9 NKウエルサイト実績表

年	工事名	注文主	鋼重
41	広島産業センタービル	共立組	630
43	デンカ石油化学パイプラック	日本揮発油	356
	三川ビル	安藤建設	190
44	福山第2製鋼工場	鹿島建設	
	柳井信用金庫	井森組	116
	同栄社マンション	大野木建設	177
	福山健保体育館	東急建設	48
	富山共同火力1号機	前田建設	1,405
	広島農協ビル	清水建設	225
	広島基町市営アパート(1)	熊谷組	1,030
	日本イトン社員アパート	N K P	250
	広島電気高校体育館	正田建設	50
	広島工大武道館	藤田組	250
	広島電工営業所	佐藤工業	150
45	NK岸谷共同住宅	竹中工務店	800
	広島長寿園県営アパート	藤田組	2,040
	富山共同火力2号機	前田建設	1,075
	福山第5独身寮	N K P	1,000
	福山第6独身寮	藤田組	1,000
(予定)	岡山済生会病院	竹中工務所	400
"	広島エコノミックホテル	"	200
"	倉敷阿知会館	熊谷組	600
"	広島基町市営アパート(2)	"	1,500

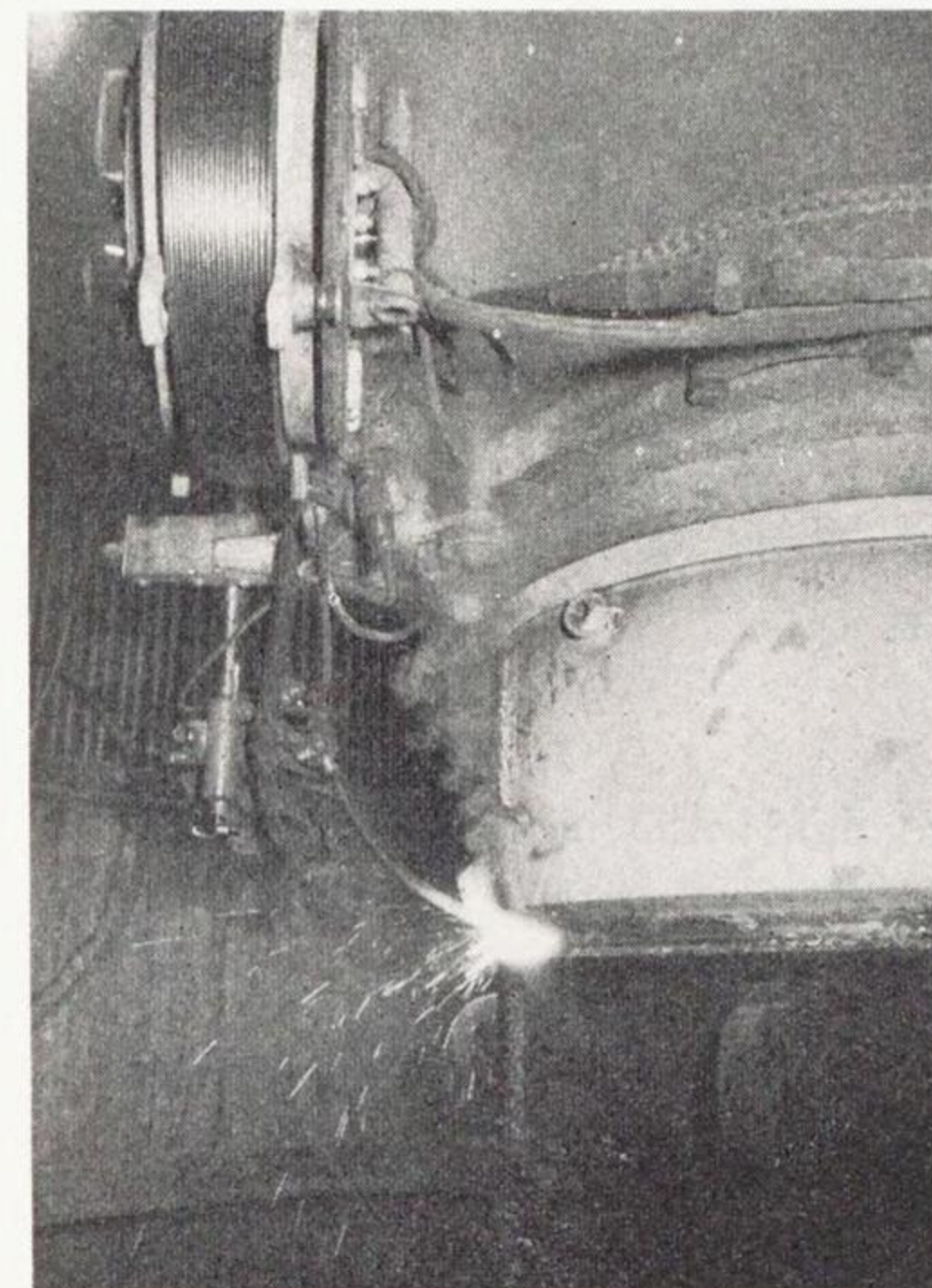


写真8 円周水平自動溶接

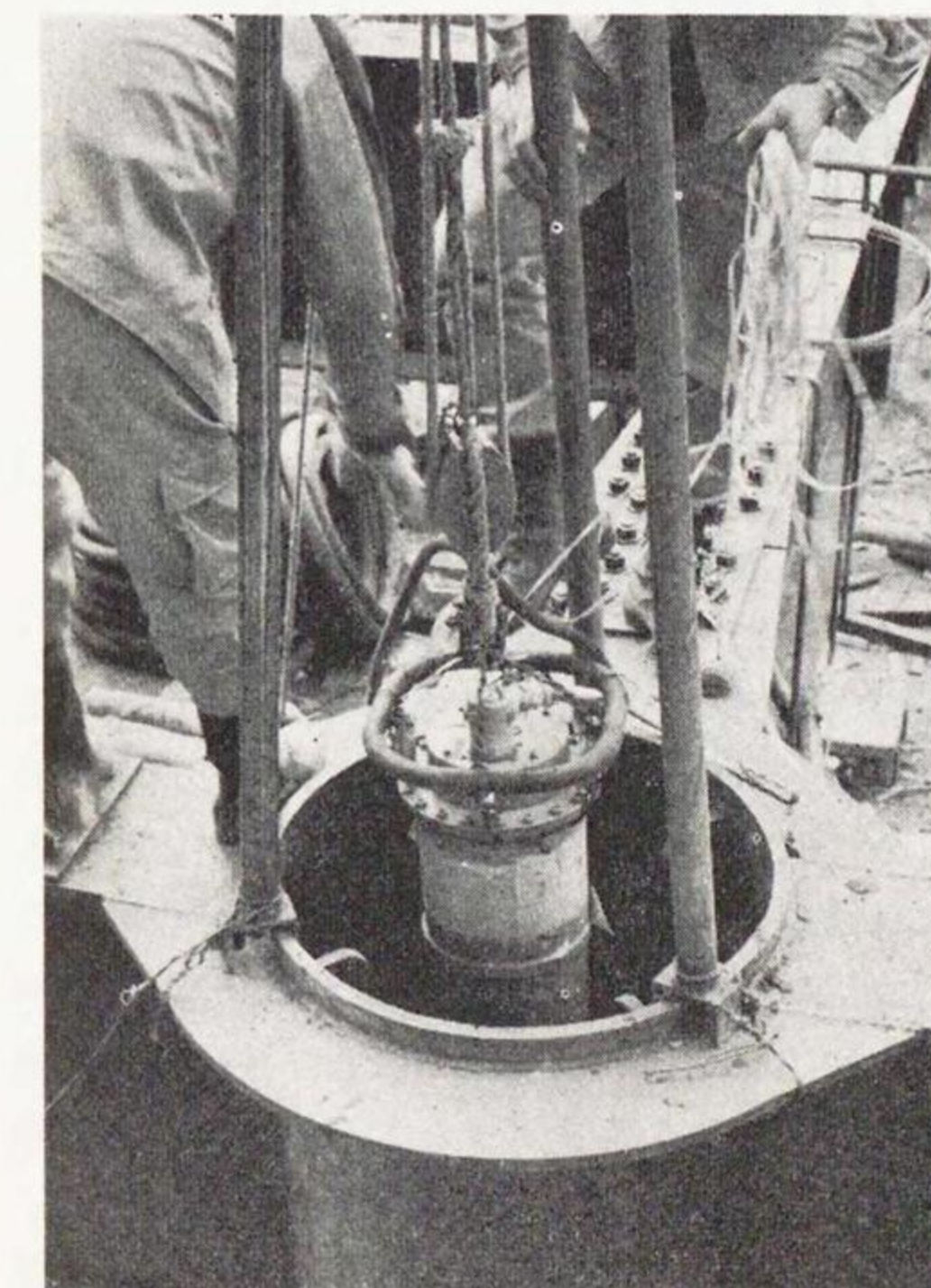


写真9 γ線放射器挿入

示すようなγ線放射器で全周の透過試験を行なった。放射性同位元素には¹³⁷Csを使用した。

なお、表9にウエルサイト工法の実績の一覧表を示す。

9. むすび

この工法の開発に当っては、当社鋼構造部が中心となってウエルサイト委員会を設け、広範囲の分野でそれぞれ専門的な知識、経験を持ち寄って成果をあげたものである。この委員会に参加した関係各部署をあげ、その協力に感謝の意を表する。

技術研究所 工作技術研究室および鋼構造研究室、(株)神戸製鋼所、鶴見造船所生麦工場、日本鋼管病院健康管理科・日本鋼管工事(株)建築部、同上厚木工場、豊国重機(株)広島地区NK指定工場。