

超高層ビルにおける新しい現場溶接

— ガスシールド狭開先自動溶接工法 —

鹿島建設(株)

武藤 清*○佐藤 邦 昭 安達 守 弘

(株) 横河橋梁製作所 研究所

夏 目 光 尋

川崎重工業(株), 鉄構事業部 野田工場

亀 井 俊 郎 中 村 種 男

目 次

- I. はじめに
- II. 溶接工法の概要
- III. 現場実績
- IV. 現場管理
- V. むすび

I. はじめに

我々が、最近設計・監理および施工した超高層ビル(三井物産大手町新社屋, 国際通信センタービル, 新宿三井ビル, 東邦生命本社ビル)において、極厚柱の現場溶接に本工法を本格的に採用する機会を得た。従来の鉄骨柱の現場溶接には、開先をV形とした手溶接あるいは、半自動溶接が多く用いられてきた。しかしこの様なV形開先では、開先角度を一定とすれば、その溶接量は、板厚の $\sqrt{2}$ 乗に比例するため、極厚材では、溶接量と収縮量が増大し、溶接能率が著しく低下することになる。

一方、本工法は、最少の溶接量、最少の入熱量および、最少の収縮量をねらった溶接方法である。本報告では、本格的にこの溶接工法を採用した上記、超高層ビルの実績にもとずいて、その工法の概要と現場管理とについて述べる。

II. 溶接工法の概要

本工法は、図-1に示すように、溶接継手が一様なルート・ギャップ 12^{mm} (I形開先と呼ばれる)の自動溶接で、各層上下振分け2パスで施工するものであり、溶接部は、混合ガスでシールドしている。なお、今回は、初層のみ、手溶

接で行なっている。

- 1. 本工法の特徴
 - 1) 溶接量の減少—工費, 工期の節減
 - a) 溶接能率の向上—鉄骨建方のスピード化
 - b) 溶接収縮量の減少—鉄骨建方精度の向上

*工博, 東京大学名誉教授。鹿島建設(株)副社長。武藤構造力学研究所所長

2) 鉄骨開先加工の単純化—工場加工の能率化
 なお、自動溶接ではあるが、開先精度に対応したトーチ角度の選択など溶接条件の設定を作業者が行なうので、機械操作に対しては、特別の訓練が必要である。また、屋外作業のため、ガスシールドに対する防風対策は、厳格に行なう必要がある。この溶接による継手の断面マクロ組織の代表例を、写真-1に示す。

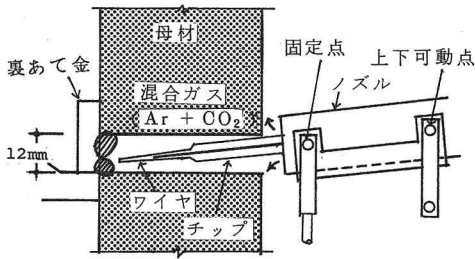


図-1 開先形状

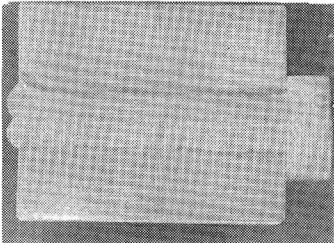


写真-1 断面マクロ組織

2. 溶接装置

自動式溶接装置を用いた現場施工状況を、写真-2に示す。



写真-2 現場施工状況

3. 基礎的実験結果

溶接材料および、標準溶接条件を表-1、2に示し、また 継手の機械的性質としては、表-3のような、良好な結果を得ている。

表-1 溶接材料

鋼種	ワイヤー	メーカー
軟鋼 SM50A	MG-50	(株)
SM58Q	MGS-63B	神戸製鋼

表-2 標準溶接条件

ワイヤー径 (φ)	電流 A	電圧 V	速度 cm/min	シールド・ガス	
				混合比	流量 l/min
1.6 mm	300±20	26~30	40~60	CO2+Ar	60+40(重)
					20+80(横河)

表-3 継手の機械的性質

鋼種 (板厚)	ワイヤー (径)	引張強度 (Kg/mm ²)	側曲げ	溶着金属のシャルピー値
SM 50A (t=50)	MG-50 (1.6)	56	良	kgm 8 (0℃)
SM58Q (t=50)	MGS-63B (1.6)	79	良	18(-5℃)

4. 現場柱継手の施工方法

1) H型柱の裏あて方法

従来、H型柱フランジの突き合せ溶接では、ウェブとフランジの首部に、スカーラップ加工し、裏あて金を取り付ける方法が行なわれていた。

しかし、柱材としてのH型鋼は、ウェブが厚くスカーラップ加工に多くの時間を要したが、本工法の使用に際しては、この点を考慮し、スカーラップ加工の不要なかつ現場における目違いにも対応できる方法を考案した。

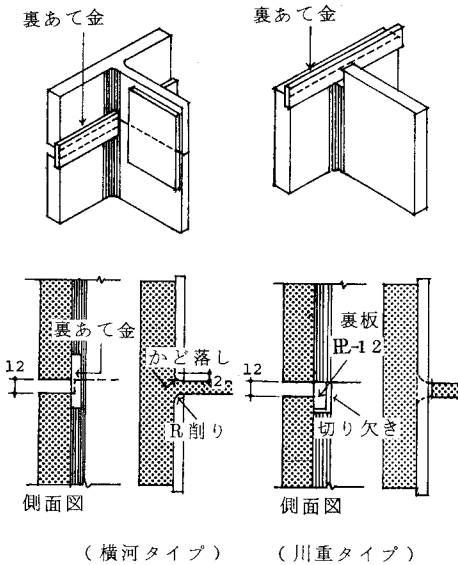
a) 横河タイプ

図-2に示すように、ウェブのスカーラップ加工を行わず、特殊裏あて金を使用する方法である。

b) 川重タイプ

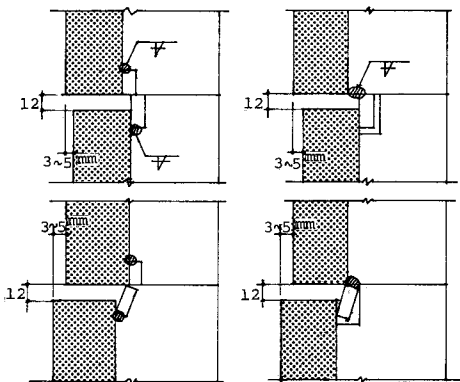
図-2に示すように、ウェブに専用加工機により、スリット加工を行なう方法である。

なお、現場において、目違いが生じた場合には、図-3のような要領で、裏あて金を取り付け溶接を行なう。



(横河タイプ) (川重タイプ)

図-2 H型柱の裏あて方法

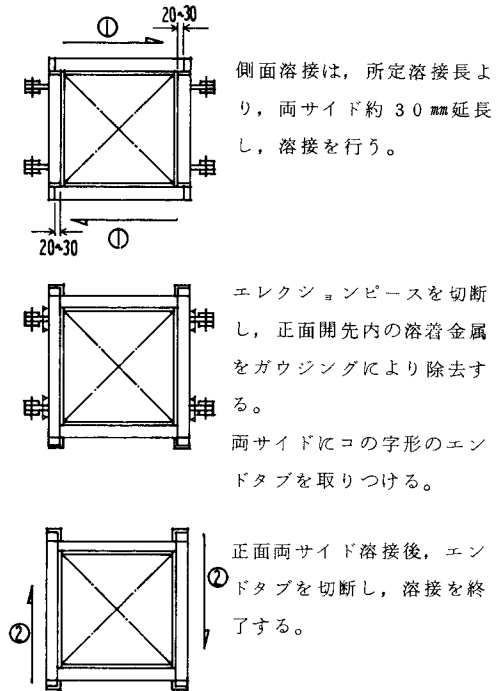


(横河タイプ) (川重タイプ)

図-3 目違いに対する処理方法

2) ボックス柱の溶接方法

ボックス柱の溶接方法の概略を、図-4に示す。ボックス柱の隅角部には、溶接欠陥が発生し易いため、図-4のごとく ①の継手部両端を20~30mm長く溶接を行ない、この部分を②の溶接前にガウジングにより除去する。



側面溶接は、所定溶接長より、両サイド約30mm延長し、溶接を行う。

エレクションピースを切断し、正面開先内の溶着金属をガウジングにより除去する。

両サイドにコの字形のエンドタブを取りつける。

正面両サイド溶接後、エンドタブを切断し、溶接を終了する。

図-4 ボックス柱の溶接方法

Ⅲ. 現場実績

1. 溶接量と作業能率

本工法の最も大きな特徴は、溶接量の大幅な減少である。従来工法の35°レ形開先の場合と比較すると、図-5に示すように、板厚50mmでは、1/2に減少している。

その実績値を作業能率と合せて表-4に示す

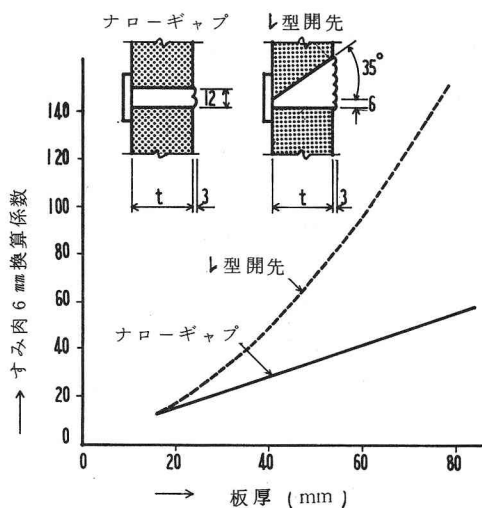


図-5 溶接量の比較

表-4 溶接能率と作業能率

ビル名	三井物産 大手町新社屋	国際通信 センタービル	新宿三井 ビル	東邦生命 本社ビル
本工法 ※1	19817 ^m (100)	14095 ^m (100)	23446 ^m (100)	4078 ^m (100)
従来工法	33640 (170)	28120 (199)	40450 (173)	7138 (175)
本工法の 能率※2	17 ^{m/h台}	17 ^{m/h台}	15 ^{m/h台}	21 ^{m/h台}

※1. 溶接延長さは、全てすみ肉6mm換算値

※2. アーク発生から溶接完了までの平均本作業能率

なお、一日の作業における本作業時間比率（スラグ除去も含む）は、30～35%であった。

この作業能率については、初期実績値も含み、回を重ねるごとに向上が、認められている。

2. 開先精度（ルート間隔および目違い）

本溶接工法による開先精度の許容範囲を、図-6のように決めた。現場実績では、標準開先間隔12mmに対して、許容範囲-2～+3mm。また、目違い量±3mmまでに殆んどおさまっていた。（図-7、8参照）

		実験結果			
目違い	A 平行目違い	目違量 0~4mm	5mm	6mm以上 (Box柱のみ)	
	目違	F	S	S (但し仕上層は手溶接)	
許容量	B 交差目違い	目違量 0~3mm	4~6mm	7mm以上 (Box柱のみ)	
	交差目違	F	S	S (但し仕上層は手溶接)	
Root Gap	C 平行Gap	変化量 8mm	9mm	0~15mm	16~19mm
	平行Gap	S	S	F	S
許容量	D 斜行Gap	変化量 0~3mm	4~7mm		
	斜行Gap	F	S		

F: 簡易自動, 全自動いずれでも溶接可能
S: 簡易自動にて溶接可能

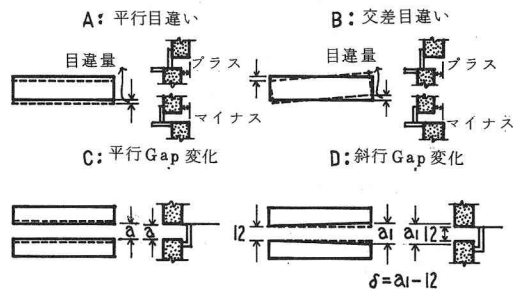


図-6 開先許容範囲

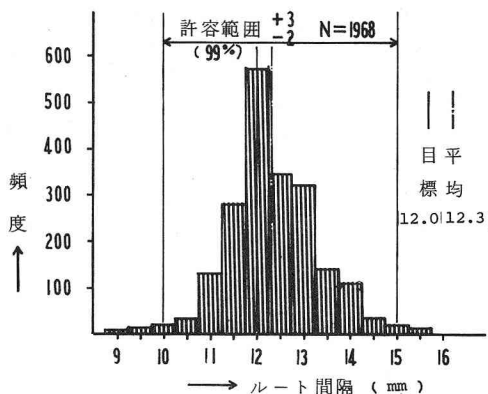


図-7 ルート間隔実績

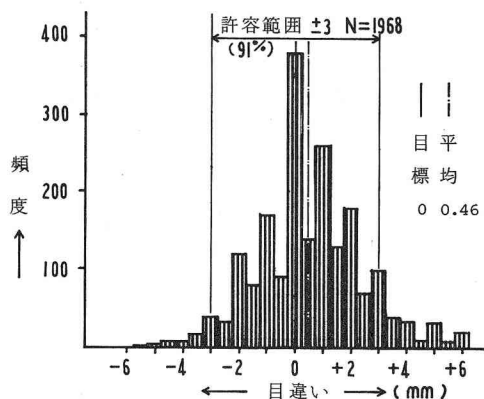


図-8 目違い 実績

3. 溶接による収縮量

本工法による柱継手における収縮量は、V形開先手溶接のそれと比較すると、V形開先の収縮量 3 mm に対して、 2 mm であった。

4. 防風装置

本工法を使用するにあたって、最大の問題のひとつは、ガス・シールドに対する防風対策である。防風という観点からすれば、完全密閉方式が最善の方法であるが、超高層ビルなどの現場高所作業では、問題が多い。

このため、現場施工に際しては、現場の足場、仮設計画にあわせて、局部防風装置および、防災シートによる防風装置を使い分けている。

現在では、上記の各防風装置の使用および、シールドガス流量を $60\sim 70\text{ l/min}$ に増量させることにより、風速 10 m/sec までは、現地作業が可能である。

5. 予熱

予熱に対しては、溶接部周辺 50 mm 以内の範囲を、溶接開始時に、 70 °C 以上に保つことにした。

IV. 現場管理

前章までに、本溶接工法のメリットや工法の概要を説明したが、それを最大限に有効に生かすが、現場管理体制である。

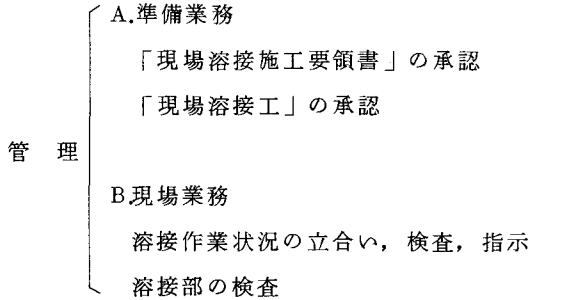
現場における溶接は

- 1) 作業環境
- 2) 溶接工の技量

3) 溶接条件

などにおいて、工場に比べ、一般に悪い条件のもとで、溶接が行われるので、現場溶接の管理には、細心の注意が必要である。

超高層ビルの現場溶接の管理内容は、一般に下記の業務からなっている。



このうち準備業務は、これから始まる現場溶接の質を決定する重要な業務であり、特に「溶接施工要領書」の承認に際しては、十分な検討が必要である。

一方、現場業務は、溶接作業が所定の溶接工によって「溶接施工要領書」の通り行われるための管理と、溶接完了後の「超音波探傷検査」などによって、溶接部の健全性を最終的に、検査することである。

以下に、超高層ビルの現場管理の主要な項目とそのチェックポイントを紹介する。

A. 準備作業

1) 「現場溶接施工要領書」の承認

主要検討項目

- ・溶接材料、溶接準備
- ・溶接方法、溶接条件、開先形状
- ・溶接工、同管理者
- ・材料の保管、天候、防風、足場
- ・予熱、清掃、開先管理
- ・溶接順序、溶接作業、記録

・溶接部検査，補修溶接

2) 溶接工の承認

手溶接については

JIS Z 3801 AC(N)
- 2 F, 2 V, 3 F, 3 V, 3 H

半自動溶接については

WES-121-1968SA
- 3 F, 3 H

の有資格者で，構造物の溶接に引続き6ヶ月以上従事しており，かつ，「現場溶接工技量附加試験」に合格した溶接工を現場溶接工として承認する。

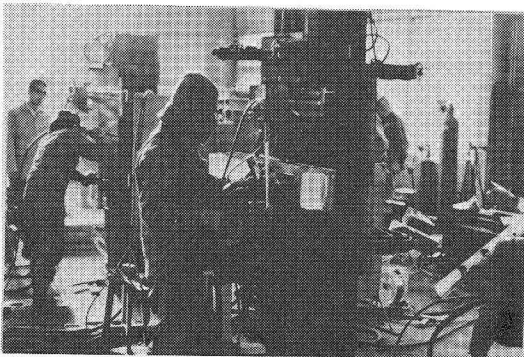


写真-3 「現場溶接工技量附加試験」状況

柱マープ		溶接工名	方向	溶接条件				外観検査		備考		
板厚	ルートギャップ	目違い	電流	電圧	パス数	アンダーカット	オーバーラップ					
8x16Y	福田	N	50-45	12°-12°	-2°-2°	310-330	27-28	28	ナシ	ナシ	良	10:00-12:00
"	木下(勝)	S	"	11°-12°	-3°-6°	300-330	27-28	30	"	"	"	9:55-11:40
"	木下(勝)	E	"	12°-12°	±0-1°	310	28	30	"	"	"	15:20-16:20
"	福田	W	"	11°-12°	-4°-6°	300-310	28	28	"	"	"	15:30-16:40

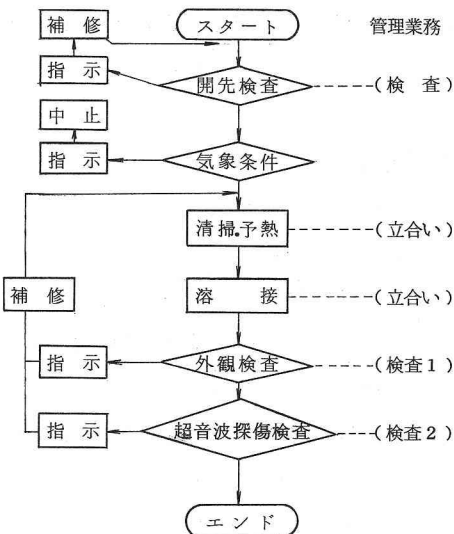
図-9 溶接施工管理報告書の例

溶接施工記録		(株)横河橋梁製作所			
施工月日	昭和48年2月12日	管理技術者氏名	高橋		
開先形状	t=36×36 ⊕ ⊙ ⊃ ⊂	承認			
母材	SM50A	SM58	使用溶材	MG50MGS-53B, LB52, LB52A, LB62	
		東	西	南	北
溶接工	井口	岩田	岩田	井口	
パス数	19	18	19	19	
検査合格	合格	合格	合格	合格	
補修	月日				
溶接工					
検査合格					

図-10 溶接部に貼るステッカーの例

B. 現場業務

溶接作業と管理業務との関連を下図に示す。



1) 外観検査(検査1)

a) 溶接施工前

はだ付，開先角度，ルートギャップ
目違い，溶接面の清掃

b) 溶接施工中

電流，電圧，溶接順序，スラグ除去
運棒の良否

c) 溶接終了後

ビード整理，アンダーカット
クレーター，割れ，オーバーラップ
スラグ巻込み

2) 超音波探傷検査の要領(検査2)

○探傷時期

- ・溶接完了後48時間経過後

○判定基準

- ・日本建築学会「鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査規準・同解説」による。

○全数検査

- ・第一柱継手
- ・溶接工・溶接方法が変った場合
- ・不合格率が10%を越える溶接工が施工した溶接部
- ・特殊な材料(SM58)

○抜取り検査

- ・全数検査結果 不合格率が10%以下の場合、次節を50%抜取り検査
- ・上記、抜取り検査結果 不合格率が10%以下の場合、次節以降25%の抜取り検査

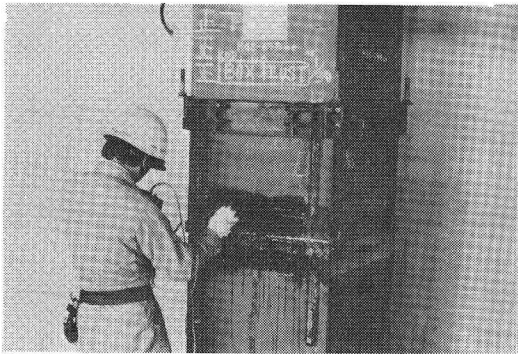


写真-4 超音波探傷検査状況

3) 欠陥の種類と原因

(国際通信センタービル, 新宿三井ビル, 東邦生命本社ビルの実績による)

溶接欠陥が生じ、補修する際には、注意深くガウジングし、どのような欠陥であるかと確認することは、欠陥防止対策のうえから重要である。

図-12は、欠陥補修報告例を示したものであるが、このようにして判明した欠陥の種類を、表-5に示す。

これによれば、ブローホールが最も多く、融合不良が、これに次いでいる。

これらの欠陥の発生原因としては、表-6に、示すようなものがあげられる。

超音波不合格個所 補修報告

不合格個所: 2節, 3節 10X-12Y東

溶接工: 山田太郎

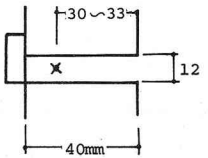
欠陥位置: X=347~358mm d=33mm l=11mm

X=363~378mm d=30mm l=15mm

補修日: 昭和49年2月26日

補修溶接工: 木下二郎

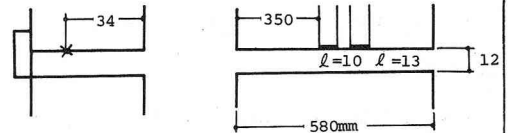
補修要領: 検査に基づき、溶接部周辺を予熱(139°C)する。予熱完了後ガウ



ジングし研り、規定の溶接棒で補修溶接を行う。

ガウジング後の欠陥の有無 (有)

欠陥位置



欠陥名称: 融合不良

原因: 1. ワイヤーのネライが悪い
2. ガス、混合率のバランスがくずれため、アークが不安定となった。

対策: シールドガスの混合に注意を払い、溶接工各自にワイヤーのネライ角度を徹底させた。

超音波探傷検査結果一覧表							節番号 2-3	
承認			承認			(株)エスコ		
年月日			年月日			浜崎 茂		
検査フラジ個所			評価点			合格		
話	柱番号	材種	溶接日	溶接工名	max	Y	合格	備考
2	8X-12Y	C	東 48-1-19	河 合	0	0	○	レ形
"	"	"	"	"	1	1	○	"
"	"	"	"	福 田	1	2	○	"
"	"	"	"	北	"	2	4	○
"	8X-13Y	"	"	鈴 木	1	3	○	"
"	"	"	"	南	"	0	0	○
"	"	"	"	森 山	"	1	1	○
"	"	"	"	北	"	1	1	○
"	13X-13Y	"	東 48-1-20	鈴 木	0	0	○	I形
"	"	"	"	木下(勝)	0	0	○	"
"	"	"	"	木下(重)	0	0	○	"
"	"	"	"	"	0	0	○	"
"	"	"	"	"	0	0	○	"
"	14X-12Y	"	東 48-1	木下(勝)	1	1	○	"
"	"	"	"	佐 藤	2	2	○	レ形
"	"	"	"	秀 藤	0	0	○	"

図-111 超音波探傷記録例

図-112 欠陥補修報告例

表-5 欠陥の種類

欠陥の種類	%
ブローホール	41.4
融合不良	34.5
スラグ巻込み	10.3
アンダーカット	0
その他(確認できずも含む)	13.8

(現場での合格率は、90~98%であった)。

表-6 欠陥の発生原因

欠陥の種類	主な原因
ブローホール	○シールドガスのこもり ○突風などによるシールド不良
融合不良	○ワイヤーのねらいが悪い ○ガスの混合率のバランスがくずれたためアーク不安定
スラグ巻込み	○開前面のスラグ落しが不完全

V むすび

これまで述べてきた横向き狭開先現場溶接工法は、昭和47年9月、三井物産大手町新社屋に始まり、昭和48年10月、東邦生命本社ビルまで完了している。

現在では、本工法は、十分メリットのある工法として成果を上げているが、こゝに至るまでには実験室と現場環境とのちがいがいなど、いくつかの教訓を得た。

この教訓が、各現場間の緊密な連絡によって、良く生かされ、今日の成果になっている。

以下に、実際の使用にあたって、特に注意すべき事項を列記する。

1) 溶接管理体制の充実

溶接管理の十分可能な場合にのみ、本工法を採用すべきである。

2) 柱板厚

柱板厚は、30^{mm}以上のものが効果を上げている。

3) 検査

溶接部は、必ず超音波探傷検査を行なうこととし、その検査要領を、設計図書および施工要領書に記載する。なお、この検査要領には、検査施工者、個所数、判定の基準、補修方法、検査費用の負担先などを明記しておく。

4) 補修対策

厚板の欠陥の補修は、他の健全な部分を、いためないように、予熱などして、慎重に行なう。

5) 工程計画

溶接工程には、必ず検査および、補修期間を確保する。

〔参考文献〕

- (1) 夏目光尋他「鉄骨の横向き狭開先現場溶接 - YK工法について - 横河橋梁 技報No. 2
- (2) 亀井俊郎他「建築鉄骨におけるナローギャップ溶接」
溶接技術 1973年4月号