

鋼材の接合法

溶接

上野康雄

片山ストラテック(株)

第20回鋼構造基礎講座 「鋼材－最近の高性能鋼材－」

- 期日 2010年12月2日(木)10:00～17:20
- 主催 土木学会 鋼構造委員会
(鋼構造継続教育推進小委員会)
- 会場 土木学会 講堂

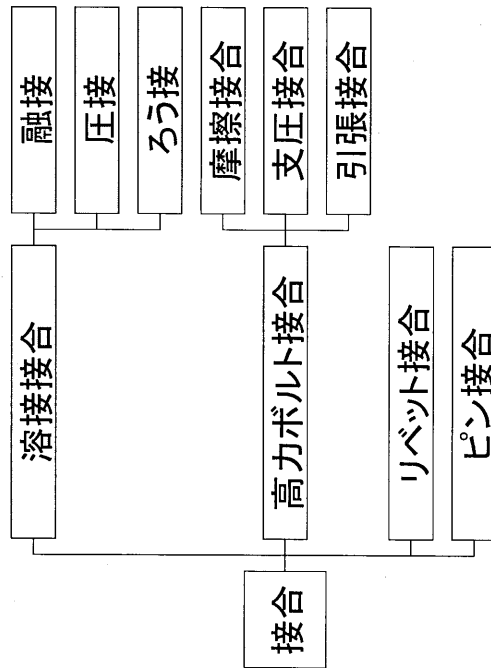
1

鋼材の接合法(溶接)

1. 鋼材の接合
2. 溶接の特徴
3. 溶接法の分類
4. 工場における溶接方法
5. 現場における溶接方法
6. 溶接部の構造
7. 溶接における部材への影響とその対策
8. 溶接継手の設計の基礎
9. 検査
10. 溶接継手の品質保証

2

1. 鋼材の接合



鋼構造物の部材接合法の分類

3

2. 溶接の特徴(高力ボルト接合と比較)

【長所】

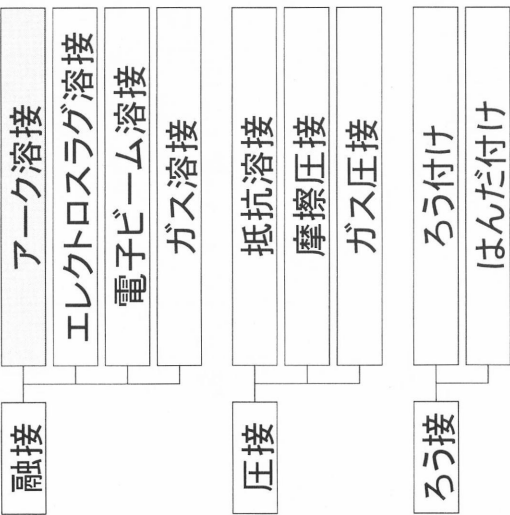
- (1) 継手部が一体化され、応力の流れが円滑となる。
- (2) 継手効率(母材に対する継手強度)が高い。
- (3) 優れた気密性や水密性を持つ。
- (4) 連結のための材片が不要で、継手の簡素化が図れる。
- (5) 設計、施工の自由度が大きく、厚さに対する制約が小さい。

【短所】

- (1) 溶接熱により、母材材質が局所的に変化する。
- (2) 溶接ひずみや変形に伴い、溶接部に残留応力が発生する。
- (3) 溶接部の不連続(止端部、熱影響部)により、溶接部に応力集中中部が発生する。
- (4) 作業者の技量が溶接品質に影響する。

4

3. 溶接法の分類

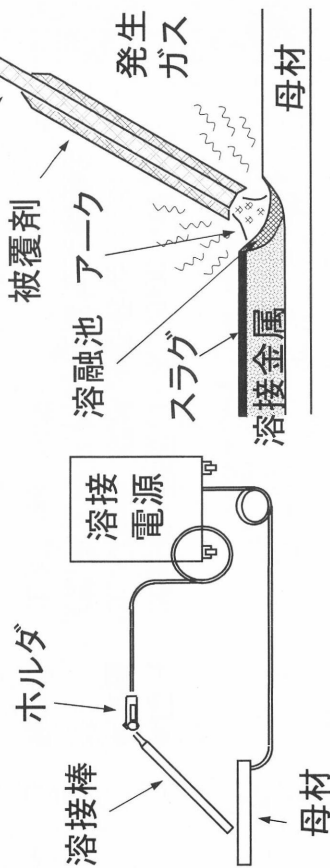


出典：(産報出版)溶接・接合技術入門

4. アーク溶接法の分類

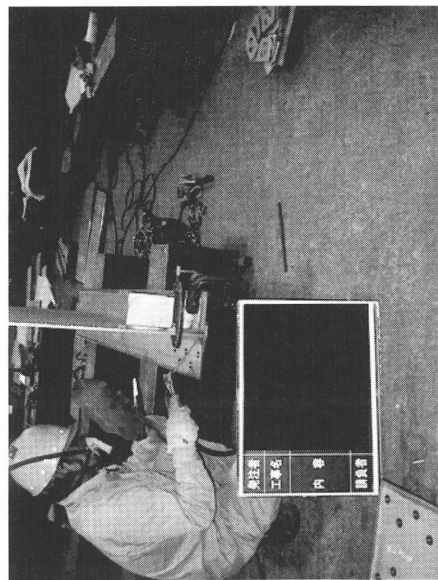
- 1) 被覆アーク溶接
- 2) ガスシールドアーク溶接
 - ・MAG溶接(メタルアークガスアーク溶接)
 - CO₂アーク溶接, 混合ガスアーク溶接
 - ・MIG溶接(メタルアークガスアーク溶接)
- 3) サブマージアーク溶接
- 4) TIG溶接(タンクステンナートガスアーク溶接)
- 5) エレクトロガスアーク溶接
- 6) スタッド溶接

1) 被覆アーク溶接(手溶接)

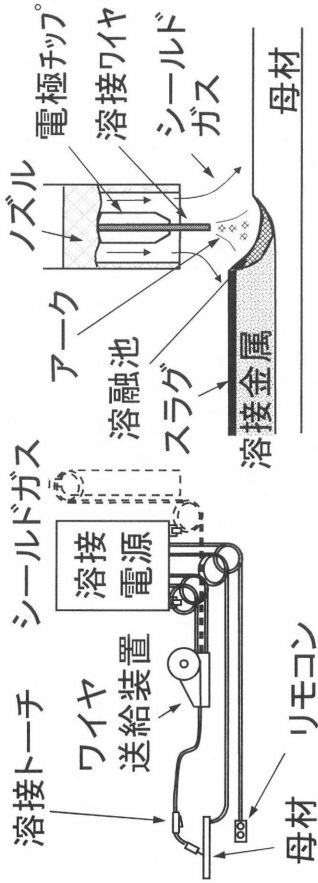


- (1) 心線に被覆材を塗った溶接棒と母材間にアークを発生し、溶接棒を溶かして接合させる方法。
- (2) 溶接中、高熱分解された被覆材は、ガスおよびスラッグとなって溶融金属を大気から遮断する。

被覆アーク溶接状況



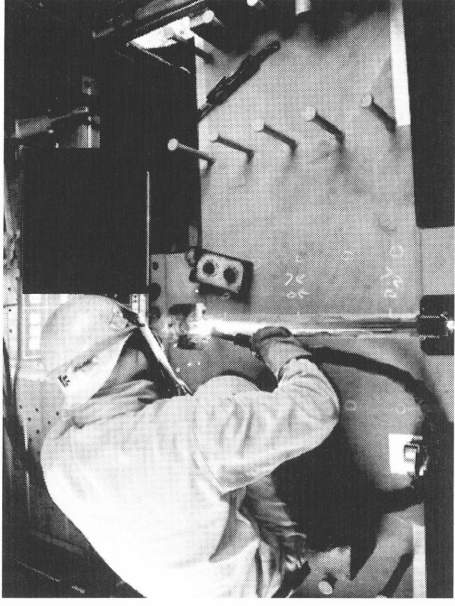
2) ガスシールドアーク溶接(半自動溶接)



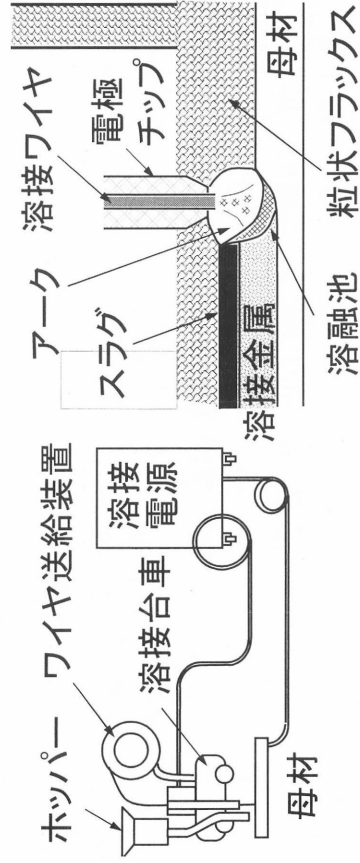
- (1) 自動送給された溶接ワイヤと母材間にアークを発生し、溶接ワイヤを溶かして接合する方法。
- (2) 溶接中、CO₂などのシールドガスで溶融金属を大気から遮断する。なお、溶接ワイヤは、フラックス入りワイヤとソリッドワイヤとが用いられている。

10

ガスシールドアーク溶接状況



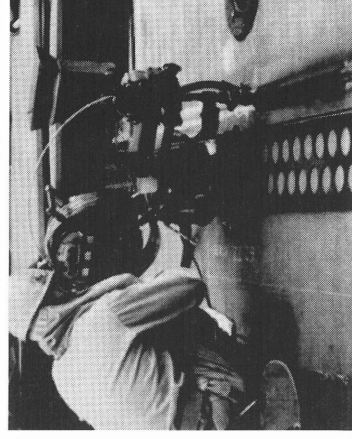
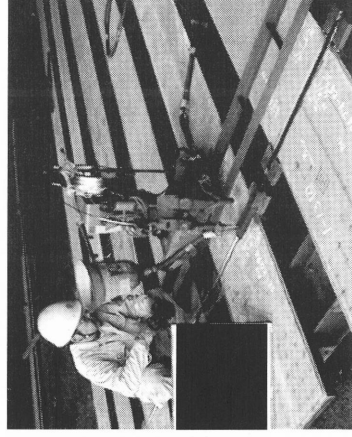
3) サブマージアーク溶接(自動溶接)



- (1) 自動送給された溶接ワイヤと母材間にアークを発生し、溶接ワイヤを溶かして接合する方法。
- (2) 溶接中、粒状のフラックスが溶融スラッグとなり溶融金属を大気から遮断する。

11

サブマージアーク溶接状況



12

4. 工場における溶接方法

表 各溶接法における工場使用率

溶接法	工場使用率	適用
被覆アーク溶接	数%程度	補修溶接等
サブマージアーク溶接	10～20%程度	板継、角継手等
ガスシールドアーク溶接	80～90%程度	主要部材等

表 溶接の適用率

溶接	適用率
開先溶接	数%～20%程度
すみ肉溶接	80～90%程度

但し、各工事によってバラツキがある。

13

6. 溶接部の構造

溶接部は、溶着金属により母材の一部が溶融し一体化するため、溶接金属部、熱影響部、母材から構成される。また、止端および余盛などの形状不連続部と熱影響部による材質不連続部が存在する。

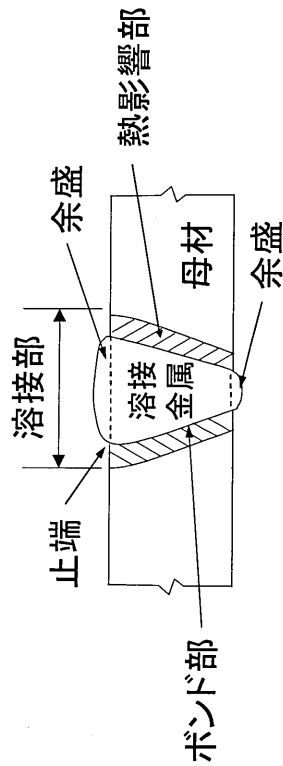


図 溶接継手の断面(V開先)

15

5. 現場における溶接方法

現場溶接継手の種類	溶接法の適用例(片面裏波溶接)
鋼床版	サブマージアーク溶接 下向き
デッキプレート	ガスシールドアーク溶接 下向き
鋼桁・箱桁・橋脚梁 上フランジ	ガスシールドアーク溶接 下向き
鋼桁・箱桁・橋脚梁 下フランジ	ガスシールドアーク溶接 下向き
鋼桁・箱桁・橋脚梁 ウェブ	ガスシールドアーク溶接 上向き
橋脚柱	ガスシールドアーク溶接 立向き
フランジ・ウェーブ	エレクトロガスアーク溶接 立向き
	ガスシールドアーク溶接 横向き

14

7. 溶接における部材への影響とその対策

(1) 溶接欠陥

溶接欠陥の原因は、電流、電圧など溶接条件の不適切や、開先の清掃不足などが上げられる。対策として、溶接条件など適正な溶接施工計画・管理が必要となる。

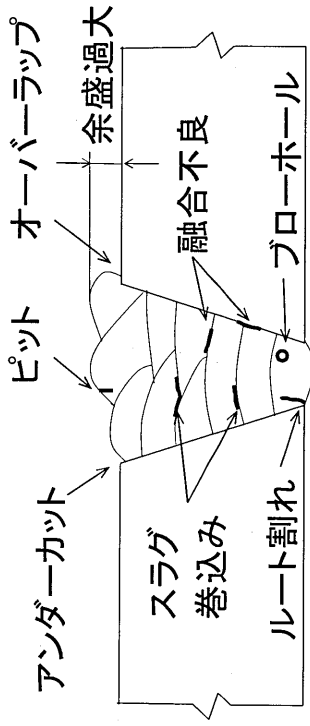
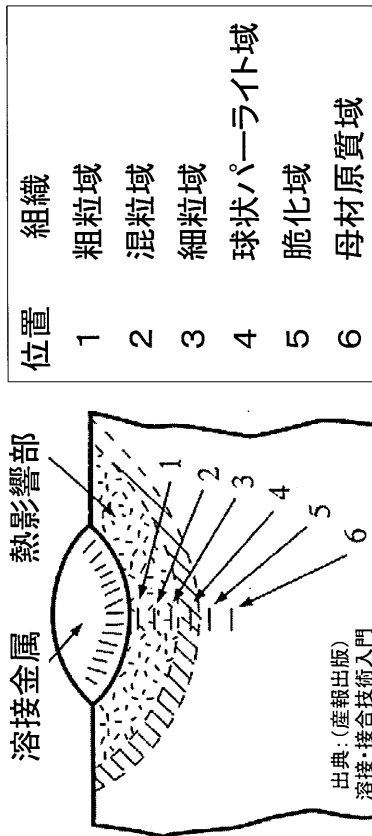


図 主な溶接欠陥の例

16

(2) 母材材質の変化

溶接による急熱・急冷により、母材の組織(材質)が変化する。特に、熱影響部の粗粒域では焼入れ効果により、靱性が低下する。溶接の計画段階で、母材および溶接材料の特性を十分に理解し、適正な溶接を行う必要がある。



17

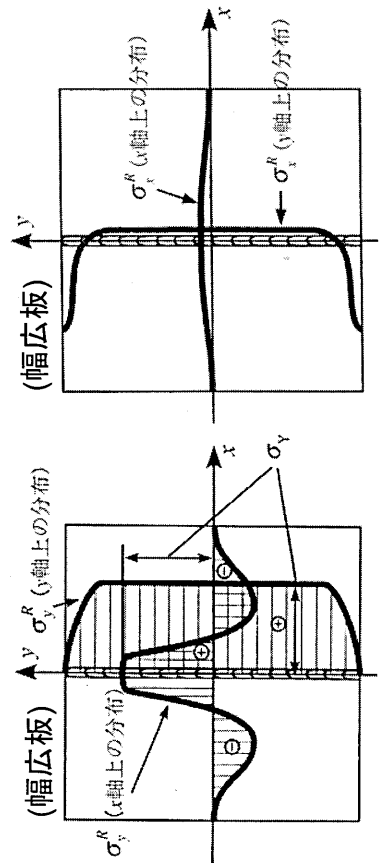
炭素鋼の熱影響部の組織

名称	最高到達温度	摘要	位置
溶接金属	溶融温度以上	溶融凝固した領域	—
粗粒域	> 1250°C	粗大化した部分。硬化しやすく割れなどが生じ易い。	1
混粒域 (中間粒域)	1250~1100°C	粗粒と細粒の中間で、性質もその中間程度。	2
細粒域	1100~900°C	再結晶で微細化する部分。靱性などの機械的性質が良好。	3
球状パーライト域 (二相域)	900~750°C	パーライトのみが一部変態または球状化。除冷のときは靱性良好。急冷のときは島状マルテンサイトとなり靱性が劣化する。	4
脆化域	750~200°C	析出およびひびきみずみ時効により脆化することがある。	5
母材原質域	200°C~室温	熱影響を受けない母材部分。	6

18

(3) 残留応力

【原因】 溶接部は冷却時に収縮するが、溶接線方向の収縮は、周りの母材に拘束され、溶接ビード付近に降伏応力に近い引張残留応力が発生する。

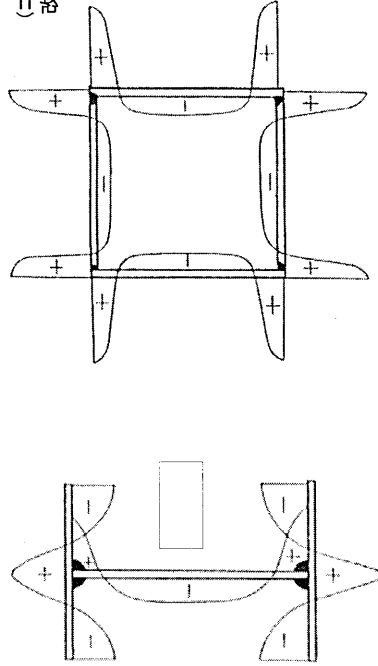


(a) 溶接線方向

(b) 溶接線直角方向

19

出典:
(コロナ出版)
改定鋼構造



(a) I形断面

(b) 箱形断面

図 溶接断面の残留応力分布

【対策】 残留応力は、疲労強度、部材強度等に影響を及ぼす。残留応力の低減には、溶接部の拘束を低減したり、適切な溶接順序等を採用することが必要となる。

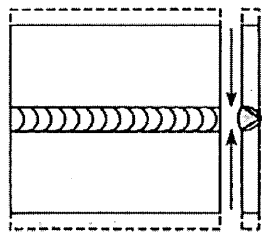
20

(4) 溶接による変形

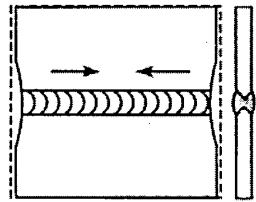
部材精度、外観、部材の強度に影響を及ぼす。

【原因】

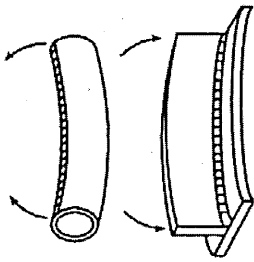
- 1) 溶接による急熱・急冷により、収縮変形を生じる。
- 2) 板厚方向の温度分布の不均一により収縮度合いが異なり、面外変位が生じる。



(a)横収縮

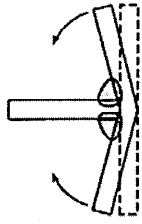
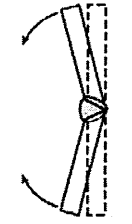


(b)縦収縮

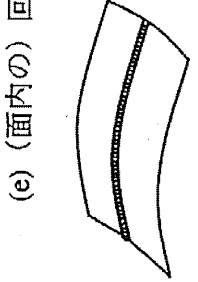


(c)縦曲り変形

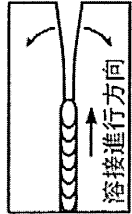
21



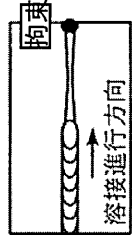
(d)角変形 (横曲り変形)



(f)座屈変形



(e) (面内の) 回転変形



【対策】

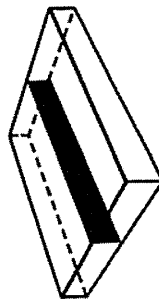
- 1) 溶接前に逆ひずみを与える。
- 2) 溶接時に変形しないように拘束する。(拘束治具等)
- 3) 適切な溶接順序を採用する。
- 4) 溶接後にプレスおよび局部加熱矯正を行う。

出典：(産報出版)溶接・接合技術入門

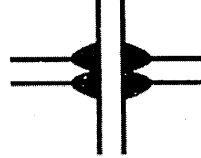
22

8. 溶接継手設計の基礎

溶接継手の種類1



突合せ継手



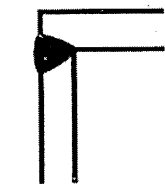
開先溶接

すみ肉溶接

十字継手



T継手

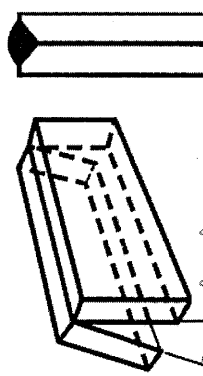


開先溶接

すみ肉溶接

角継手

溶接継手の種類2



(a)重ね継手



(b)せぎり継手

へり継手



(a)両面当て金
すみ肉溶接



(b)片面当て金
すみ肉溶接

当て金継手

24

すみ肉溶接

出典：(産報出版)
溶接・接合技術入門

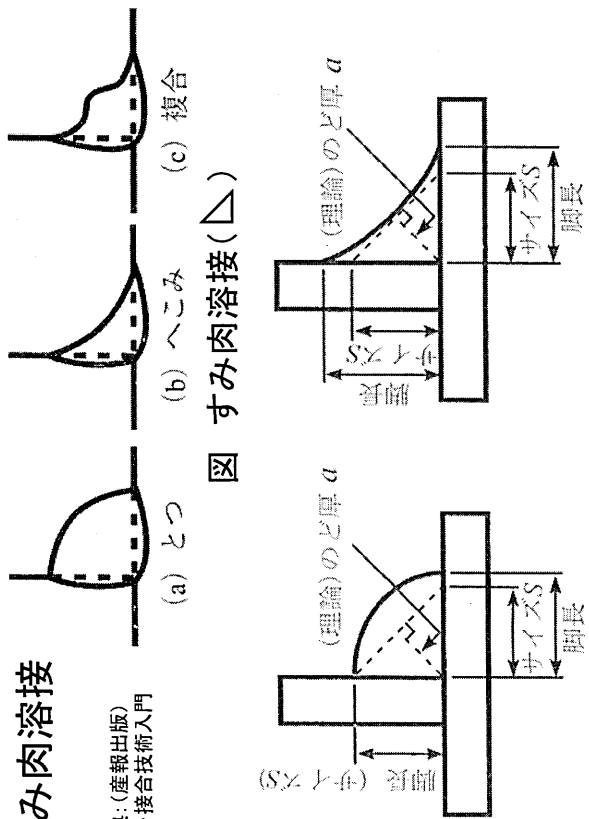


図 すみ肉溶接(△)

図 すみ肉溶接の名称

開先(グループ)溶接

出典：(産報出版)
溶接・接合技術入門

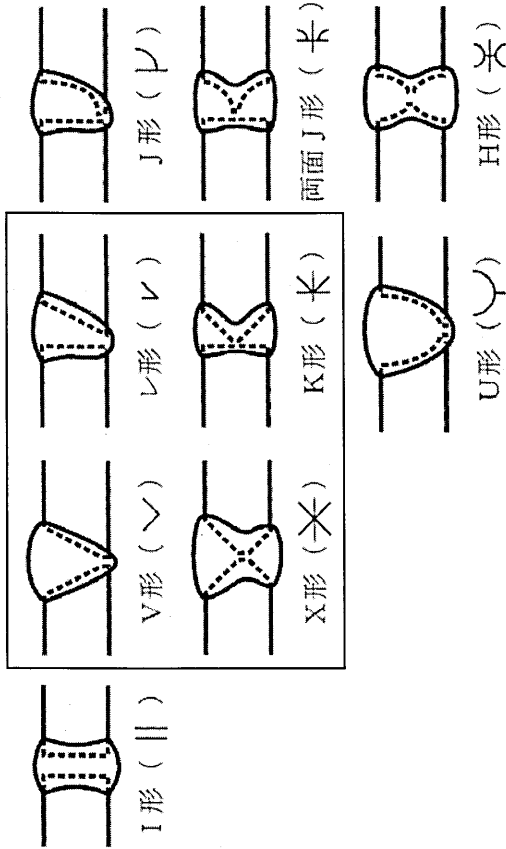


図 開先(グループ)溶接と溶接記号



出典：(産報出版)
溶接・接合技術入門

図 完全溶込み開先溶接部のど厚 a

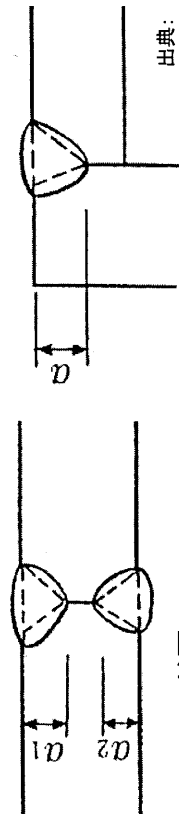
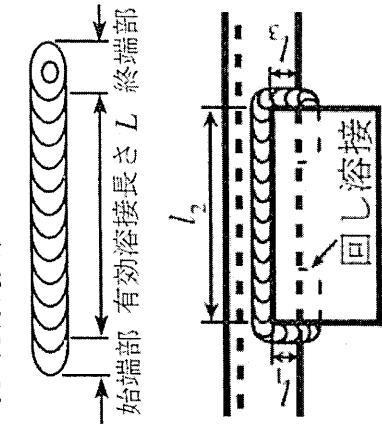


図 部分溶込み開先溶接部のど厚 a

出典：
(コロナ出版)
改定鋼構造

有効溶接長さ:L



$$L = l_1 + l_2 + l_3$$

図 回しすみ肉溶接の有効溶接長さL

図 開先溶接の有効溶接長さL

出典：(産報出版)溶接・接合技術入門

溶接継手設計上の注意点

- 1) 構造物の使用条件を考慮した、法律、基準および示方書の順守する。
- 2) 継手配置は、組立、溶接、検査、補修がし易いように選択する。
- 2) 継手箇所数は、必要最小限とし溶着量も少なくする。
- 3) 溶接は、狭い範囲に集中しないようにする。
- 4) 部材断面は荷重軸に対象とし、継手に偏心荷重や2次応力が発生しないようにする。
- 5) 継手位置は、部材断面が変化する部分、構造上の応力集中部に設けてはならない。
- 6) 残留応力の軽減や溶接変形の防止を図る。
- 7) 適用する溶接の特性および荷重の種類に応じて、継手形式、溶接種類および開先を選択する。

29

9. 検査

(1) 外部きず検査

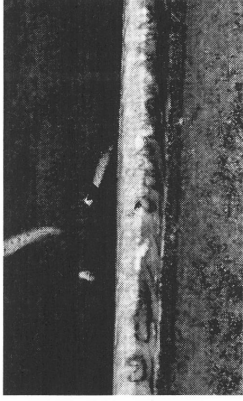


図 溶接表面のピット

主要部材の突合せ継手、T継手、角継手等
→ あってはならない

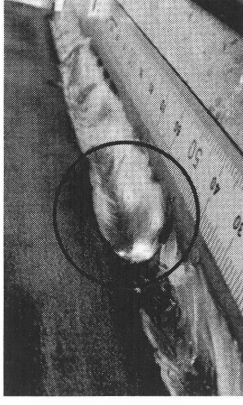


図 溶接ビード表面の凹凸

ビード長さ25mmの範囲において、3mmを超える凹凸
→ あってはならない

30

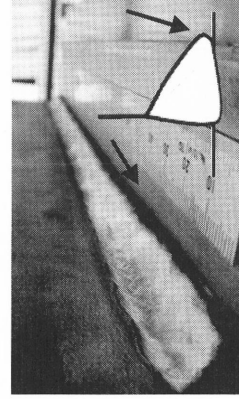


図 オーバーラップ

あってはならない

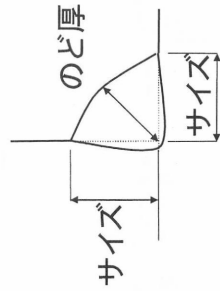


図 アンダーカット

深さ0.5mm以下。但し、疲労を考慮する場合、「鋼道路橋の疲労設計指針」による。

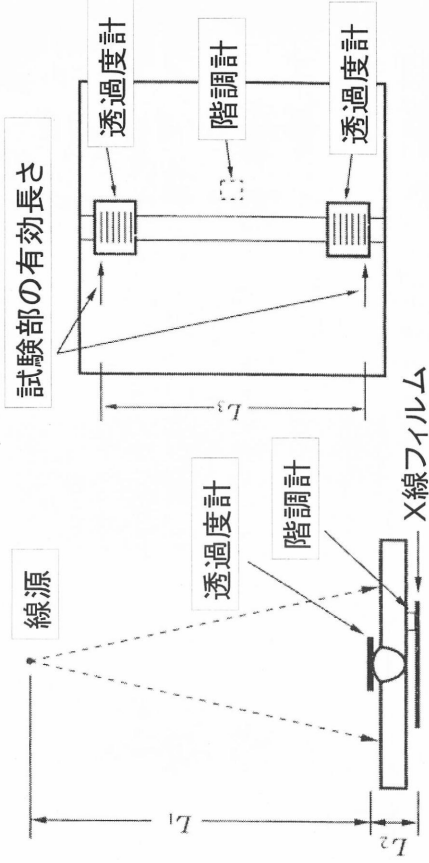
基本的に、サイズ及びのど厚は、指定サイズ及びのど厚を下回ってはならない。

図 すみ肉溶接の大きさ

31

(2) 放射線透過試験 (JIS Z3104)

X線などの放射線は、物質を透過する性質がある。この性質を利用して溶接きずの情報を検出する。



出典：(産報出版)
溶接・接合技術入門

図 放射線透過試験の撮影配置

32

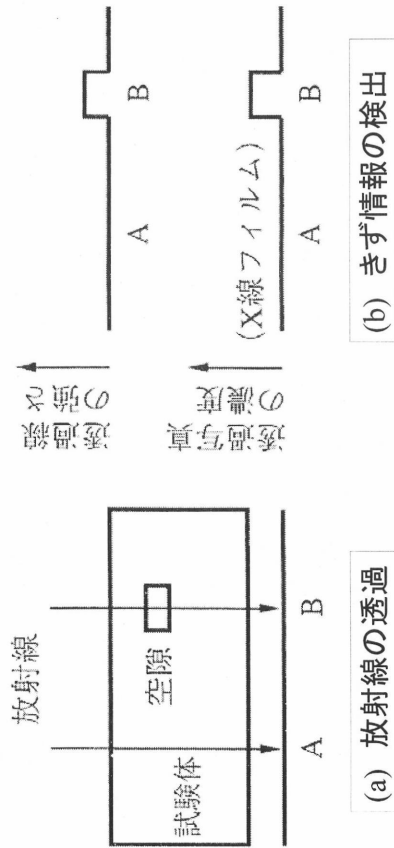


図 放射線透過試の原理

溶接さずの存在により、透過線量率が増加し、透過写真の濃度を増加させ、さず情報を検出する。

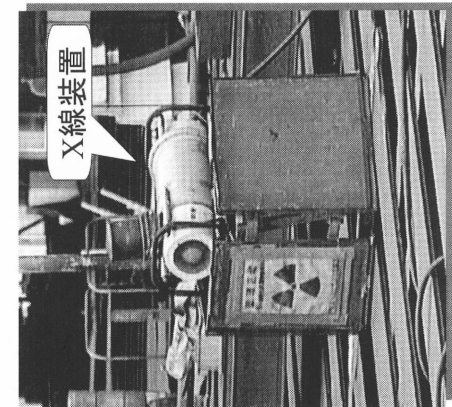


図 放射線透過試験状況

図 溶接さず部の透過写真例

(3) 超音波探傷試験 (JIS Z3060)

出典：(産報出版)溶接・接合技術入門

試験体に超音波を伝搬させ、さずからの反射エコーにより、さずの有無および位置情報を得る。鋼材の探傷では、一般に周波数2~5MHzの探触子が使用されている。

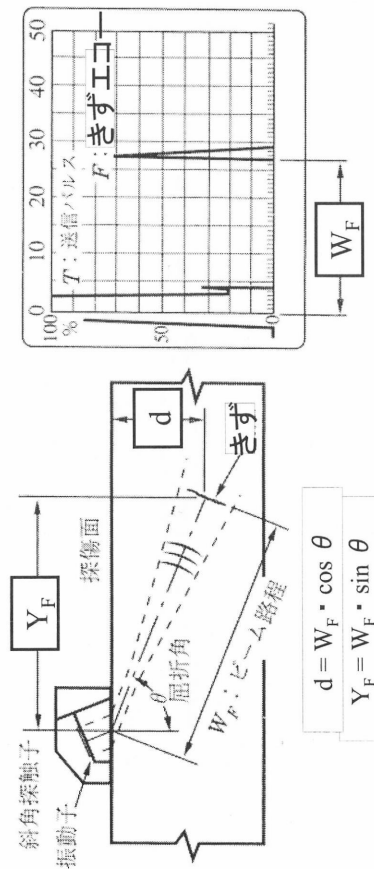


図 超音波探傷試験の原理

10. 溶接継手の品質保障

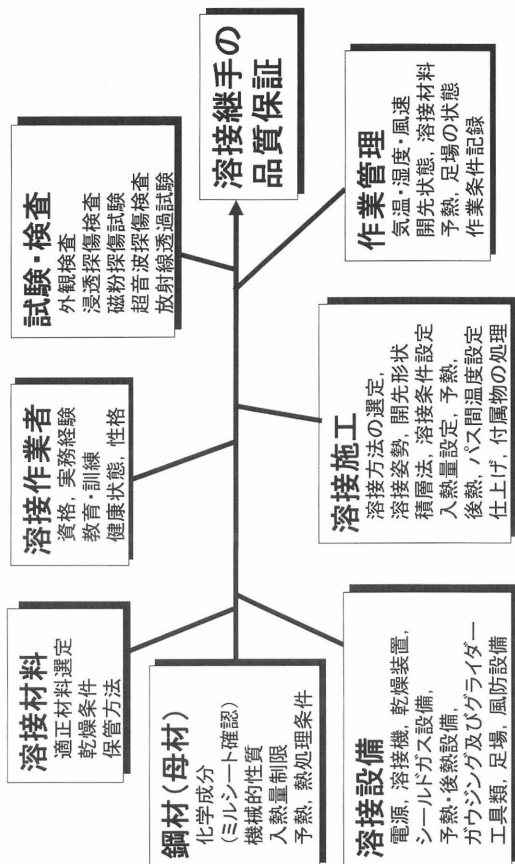


図 溶接の特性要因図の一例

ご静聴ありがとうございました。

(社)日本橋建設協会
製作小委員会 溶接技術部会

37