

第9回講義

鉄骨構造その1

建築構造概論

講義内容

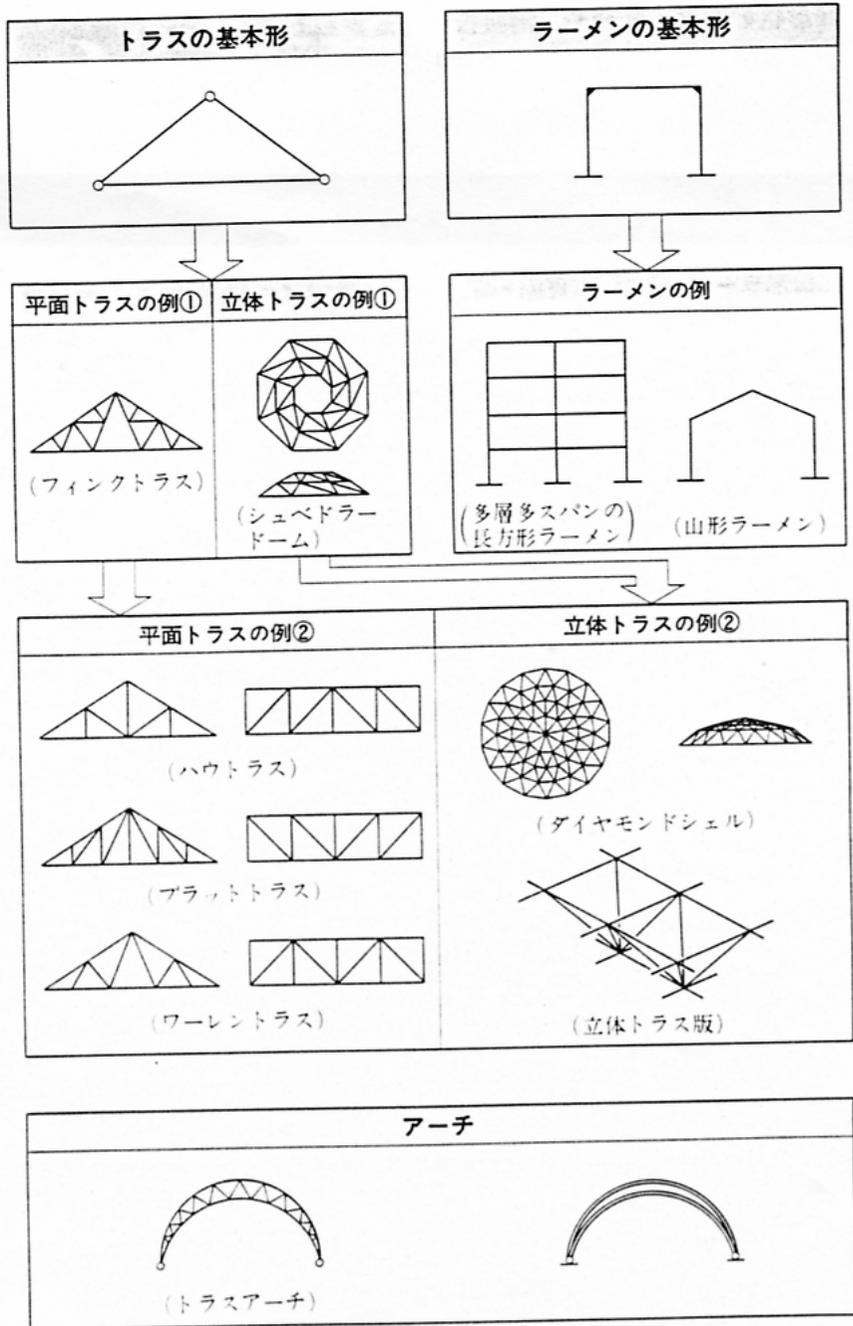
- 1 . 構造形式
- 2 . 鋼材
- 3 . 鋼材の接合
- 4 . 基礎
- 5 . 試験

構造形式

鉄骨構造の基本となる構造形式は、**トラス構造とラーメン構造**である。

トラス構造：三角形を基本形状とし、部材内部に生じる応力が軸力となる。ラーメン構造に比べて細い部材で大スパンを支えることができる。構造が複雑で、加工には高度な技術が必要となる。**平面トラスと立体トラス**

ラーメン構造：接合部を剛接合とし、部材に生じる応力は軸力、曲げモーメント、せん断力となる。トラス構造に比べて多くの鋼材が必要で、大スパンの建築物には不利とされていたが、新しい型鋼の開発や溶接技術の進歩によって、広く用いられる。



構造形式

図 4-1 鉄骨構造の構造形式

鋼材

鉄骨構造に用いられる鋼材の性質は主に**軟鋼**であるが、設計・施工技術の進歩、高層建築物の普及などにより、鋼材の品質に対する要求が高まり、**引張強さの大きい高張力鋼**も用いられるようになった。

鋼材の形状・寸法

表 4-1 形鋼の名称・形状・寸法

名称	等辺山形鋼	不等辺山形鋼	I形鋼	溝形鋼	H形鋼	
形状						
寸法	$A \times B$ または $H \times B$ [mm]	25×25～ 250×250	90×75～ 150×100	100×75～ 600×190	75×40～ 380×100	100×50～ 912×302
	t または t_1 [mm]	3～35	7～15	5～16	5～13	4.5～45
	t_2 [mm]			8～35	7～20	7～70
	長さ[m]			6～15		

(JIS G 3192 による)

表 4-2 平鋼・鋼板の寸法

区分	厚さ t [mm]	幅 b [mm]	長さ[m]
平鋼	4.5, 6, 8, 9, 12, 16, 19, 22, 25, 28, 32, 36 の12種	25～300	3.5～15
鋼板	0.4～50の間に 50種以上ある。	600～3000 ほかにもある	1.829～15 ほかにもある

(JIS G 3141, 3193, 3194 による)

注. 溶接構造用圧延鋼材の板厚上限は、JIS G 3106 で 200 mm の規定があるが、建築構造部材としては 100 mm 以下を使用する。

鋼材の形状として、
形鋼・棒鋼・鋼板・鋼管などがある。

形鋼：等辺山形鋼、不等辺山形鋼、I形鋼、溝形鋼、H形鋼

棒鋼：鉄筋コンクリート構造に多く用いられるが、鉄骨構造の筋交いなどに用いられる。

鋼材の形状・寸法その2

表 4-3 軽量形鋼の形状・寸法

名称	軽溝形鋼	軽Z形鋼	軽山形鋼	リップ溝形鋼	
形状					
寸法	$H \times A \times B$, $A \times B$ または $H \times A \times C$ [mm]	19×12×12~ 450×75×75	40×20×20~ 100×50×50	30×30~75×30	60×30×10~ 250×75×25
	t [mm]	1.6~6.0	2.3, 3.2	2.3, 3.2	1.6~4.5

(JIS G 3350 による)

① flat steel bar ② steel plate ③ light-gage steel ④ steel pipe

軽量形鋼：薄肉の鋼板を冷間加工によって成型したのも、軽溝形鋼、軽Z形鋼、軽山形鋼、リップ溝形鋼

鋼管：構造用鋼管、構造用角型鋼管

表 4-4 鋼管の形状・寸法

名称	鋼管	角形鋼管		
形状				
寸法	$A \times B$, D [mm]	21.7~1016.0	40×40~350×350	50×20~400×200
	t [mm]	2.0~22.0	1.6~12.0	1.6~12.0

(JIS G 3444, 3466 による)

鋼材の性質

鋼材の物理的性質や機械的性質は鉄筋コンクリート構造で既に学んだ。もう一度復習しよう。
ここでは、鉄骨構造に関する鋼材に対する温度の影響とさびについて学ぶ

温度による影響

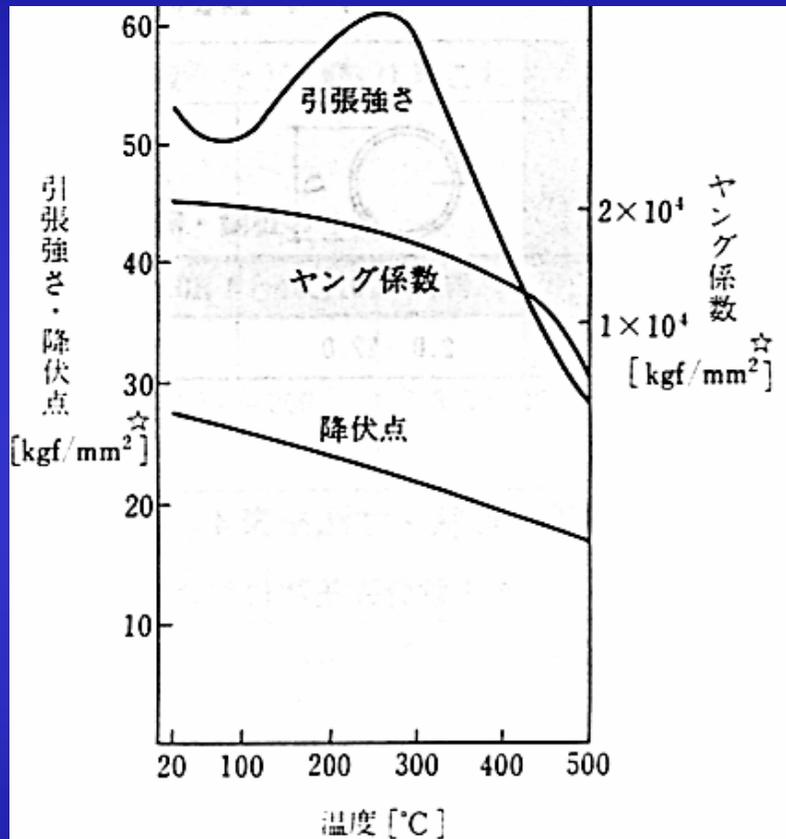


図 4-2 温度と強さなどの関係

温度上昇：図のように降伏点や引張強さは変化し、1000 になるとほとんど0となる。**耐火被覆していない鉄骨構造は火災にあうと被害を生じるので、不燃構造である耐火構造とは認められていない。**

低温：もろくなり、特に切欠などがあるといっそうもろさを増す。厳寒冷地用や液化ガス・低温貯蔵タンク用には、**低温用鋼**が用いられる。

温度による伸び：温度によって伸縮するので、鋼材がむき出しになる長大な建築物では**伸縮に対応できる構造にする。**

さびと防食

鋼は空気中で酸化し、さびを生じる。赤いさび (F_2O_3) は鋼の内部まで侵食し、構造的欠陥を作ることがある。空気中に水分・塩分・硫酸化合物があると侵食の早さが増す。そのため、表面を平滑・清掃にしたり、モルタル被覆・コンクリート被覆・亜鉛めっき・塗装などの防食を施す必要がある。

構造上では水はけをよくし、乾燥しやすい形に工夫することも大切である。

鋼を熱間圧延して製造するときに生じる黒いさび (F_3O_4) は黒皮と呼ばれ、鋼の内部にひろがらず、表面に皮膜を作るので、かえって防食効果がある。

異なった種類の金属が接している間に水がはいると、電食をおこして腐食するので、異種の金属との接触は避けなければならない。

表 4-5 鋼材の規格（引張試験・曲げ試験）の例

(a) 建築構造用圧延鋼材

種類の記号	引張試験		
	降伏点または耐力 ¹⁾ [N/mm ²]	引張強さ [N/mm ²]	伸び ¹⁾ [%]
SN 400	215 ~ 235 以上 335 ~ 355 以下	400 ~ 510	17 ~ 24 以上
SN 490	295 ~ 325 以上 415 ~ 445 以下	490 ~ 610	17 ~ 23 以上

(JIS G 3136 より抜粋)

注. 1) 降伏点または耐力, および伸びは, 鋼種区分 (A・B・C種)・厚さによる。

(b) 一般構造用圧延鋼材

種類の記号	引張試験			180° 曲げ試験
	降伏点 ¹⁾ [N/mm ²]	引張強さ [N/mm ²]	伸び ²⁾ [%]	内側半径
SS 400	215 ~ 245 以上	400 ~ 510	17 ~ 24 以上	厚さ・径の 1.5 倍
SS 490	255 ~ 285 以上	490 ~ 610	15 ~ 21 以上	厚さ・径の 2.0 倍
SS 540	390 ~ 400 以上	540 以上	13 ~ 17 以上	厚さ・径の 2.0 倍

(JIS G 3101 より抜粋)

注. 1) 降伏点の値は鋼材の厚さによる。

2) 伸びの下限値は鋼材の形状・厚さによる。

(c) 溶接構造用圧延鋼材

種類の記号	引張試験		
	降伏点 ¹⁾ [N/mm ²]	引張強さ [N/mm ²]	伸び ¹⁾ [%]
SM 400	215 ~ 245 以上	400 ~ 510	18 ~ 24 以上
SM 490	295 ~ 325 以上	490 ~ 610	17 ~ 23 以上
SM 490 Y	325 ~ 365 以上	490 ~ 610	15 ~ 21 以上
SM 520	325 ~ 365 以上	520 ~ 640	15 ~ 21 以上
SM 570	420 ~ 460 以上	570 ~ 720	19 ~ 26 以上

(JIS G 3106 より抜粋)

注. 1) 降伏点・伸びの値は, 鋼材の形状・厚さによる。

構造用鋼材 の種別と強度

鋼材の種類
の記号は、それ
ぞれの鋼材の
種別を示した
あとに、JISに
規定された引
張強さの下限
値を付けて表
す。

構造用鋼材の許容応力度

表 4-6 構造用鋼材の許容応力度

	長期許容応力度	短期許容応力度
引張り	$f_t = \frac{F}{1.5}$	$f_t = F$
せん断	$f_s = \frac{F}{1.5\sqrt{3}}$	$f_s = \frac{F}{\sqrt{3}}$

基準強度 F の値

[単位 kgf/cm²] ☆

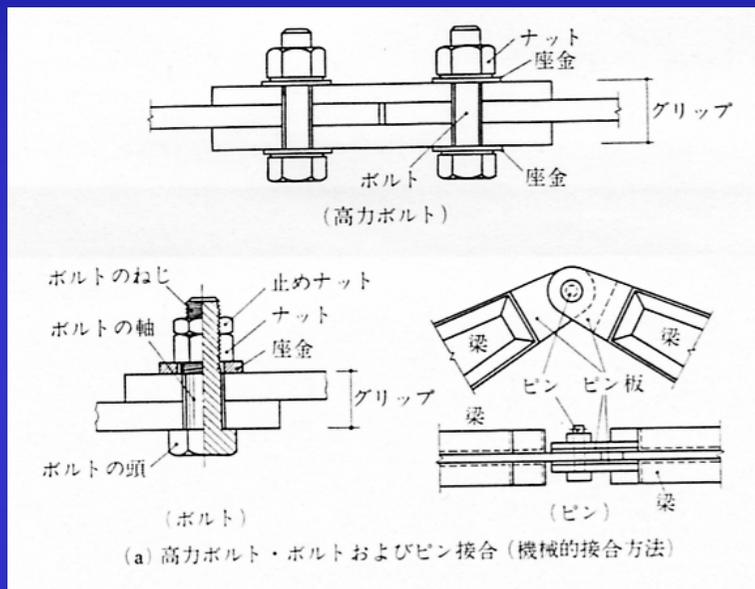
鋼材の 厚さ t [mm]		鋼材種別		SS 490	SM 490 SM 490 Y SMA 490 SN 490 STK 490 STKR 490	SM 520	SS 540
		SS 400 SM 400 SMA 400 SN 400 STK 400 STKR 400					
F	$t \leq 40$	2 400	2 800	3 300	3 600	3 800	
	$40 < t \leq 100$	2 200	2 600	3 000	—	—	
	$40 < t \leq 75$	—	—	—	3 400	—	
	$75 < t \leq 100$	—	—	—	3 300	—	

(平成 6 年建設省告示, 第 1906 号より抜粋)

接合

鉄骨構造は、形鋼や鋼板を接合して構成する構造であるから、**接合方法はきわめて大切**である。接合は、作業場所によって**工場接合**と**現場接合**とがある。**現場接合**は、接合場所が高所で足場の悪いことが多く、大型機械なども使用できないなど、**工場接合より難しい点が多い**ので、**設計には配慮が必要**である。

接合方法と接合部設計の原則

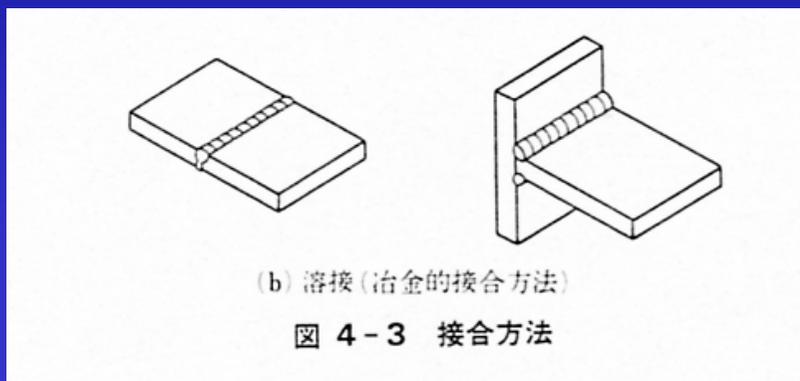


接合方法：高力ボルト・ボルト・ピン等の**機械的接合方法**と溶接のように金属的接合部を一体化させる**冶金的接合方法**がある。

機械的接合方法：接合要素の軸方向を応力の方向に配置する**引張形**と、応力に直角に配置する**せん断形**がある。

せん断形：ボルト・ピンなどのように接合要素が被接合材の孔壁に接触してせん断力を伝える**支圧形式**、高力ボルトのように摩擦力によりせん断力で伝える**摩擦形式**がある。

接合部設計の原則その2



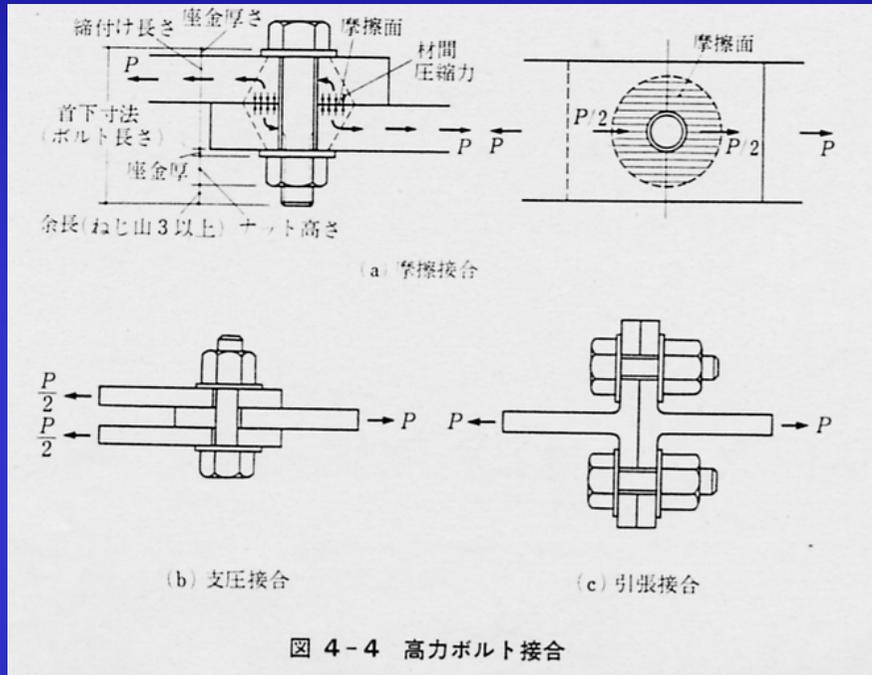
工場接合では溶接を、現場接合では高力ボルトを用いるのが原則であるが、規模の大きな建築物になると現場でも溶接が多く用いられる。ボルト接合は軽微な部分に用いられる。接合部は、接合部材が十分に塑性変形を起こすまで破断しない強さを持つようにする。施工の容易さ、信頼性・経済性などを総合的に判断して設定する。

接合部設計の原則その3

構造上主要な部材の接合には、高力ボルト・ボルトの場合は最少2本以上、溶接の場合最少 $3t_f$ 以上の耐力をもつ継目を設ける。一つの接合部で異種の接合手法を併用することは、接合部の剛性・強度が異なるので好ましくない。

ピン接合は、部材をピンで連結し、回転はするが移動しないようにしたもので、ピンは上ボルトを用い、一方を座金付きのナットでとめ、割りピンなどでナットがゆるまないようにする。

高力ボルト接合



引張強さが普通ボルトの2倍以上もあるJIS形六角高力ボルトまたは特殊高力ボルトを用いた接合方法である。リベット接合にかわる接合方法であり、**施工時の騒音もなく、作業も容易で、労力の節約、工期の短縮などの利点**があり、現場接合にさかんに用いられている。高力ボルトは、**摩擦接合・支圧接合・引張接合**などの形式がある。このうち、**摩擦接合が多く用いられている。**

高力ボルト摩擦接合

接合部を強い力で締め付けて、被接合材間に生じる摩擦力を利用する。締め付け力は鋼板を伝わり、**接触面に円環状の摩擦面が形成され、応力集中が起こらず、繰り返し荷重に対する疲労強度も高く、すべりも発生しないため接合部の剛性も大きくなる。**

材間の摩擦力は摩擦面に黒皮・塗料・ごみ・油などが存在すると小さくなるので**接触面の清掃、表面処理**が大切である。締め付け力が大きいほど接合部の耐力は大きくなるが、ふつうはナットを回転させるトルクによって調整する。

表 4-7 高力ボルトのセットの種類と機械的性質

機械的性質によるセットの種類	適用する構成部品の機械的性質による等級			ボルトの耐力 ¹⁾ [kgf/mm ²]☆	ボルトの引張強度 [kgf/mm ²]☆
	ボルト	ナット	座金		
1 種	F 8 T	F 10 (F 8)	F 35	64 以上	80~100
2 種	F 10 T	F 10		90 以上	100~120
(3 種) ²⁾	(F 11 T) ²⁾			95 以上	110~130

(日本建築学会編「高力ボルト接合設計施工指針」による)

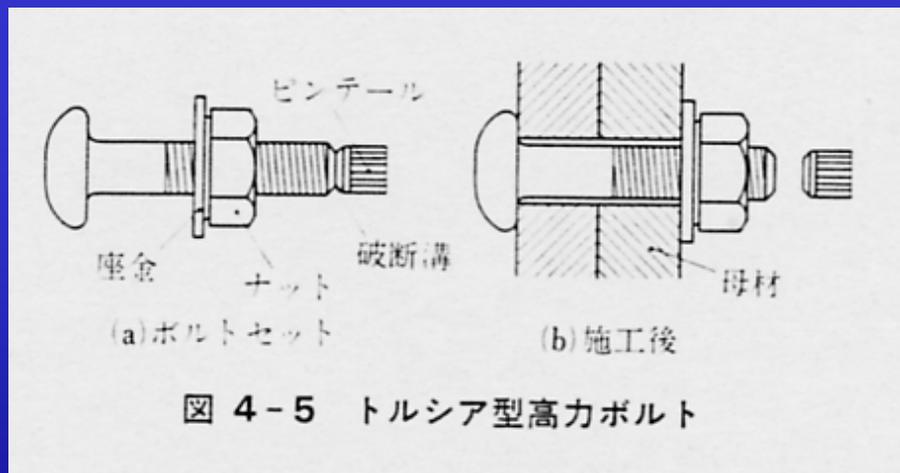
注. 1) 高力ボルトの材料のような高い強度をもつ鋼材は、その応力-ひずみ度曲線で明確な降伏点を示さない。そのため、0.2%の残留ひずみを生じるような応力度を耐力とよび、降伏点のかわりに用いている。

2) () はなるべく使用しない。

高力ボルト摩擦接合手法

ボルトの締め付けには、あらかじめ所要トルクに調整されたインパクトレンチまたはトルクレンチなどを用いる。

JIS形高力ボルトは、六角ボルト・六角ナット・座金を1組のセットで用い、機械的性質により3種類あるが、実際は耐力の高い3種は遅れ破壊の恐れがあるため、なるべく使用しない。



特殊高力ボルトは、導入ボルト張力が所定の値になるまで締め付けると、破断面が破断してピンテールがとれる。目視検査で所要張力が得られていることがわかり、施工監理が容易なため広く用いられている。

ボルト接合

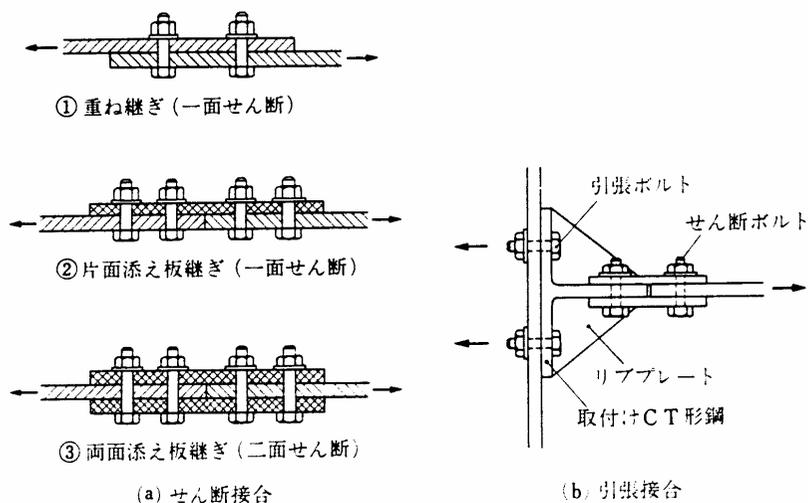


図 4-6 ボルトの接合形式

接合形式には、せん断接合（支圧形式）と引張接合がある。せん断接合の場合、ガセットプレートを用いて応力を伝達させる。

ボルト接合では、ボルトを強い力で締め付けないことや、鋼材の接合面の処理を行わないので接合面にすべりが生じやすい。繰り返し荷重によって接合部は緩み、構造物の変形の原因となりやすい。

大規模鉄骨構造物の構造耐力上、主要な部分には使用できない。施工が容易で、解体に便利なことから、小規模な構造物や軽微な部分には多く用いられる。

ボルト接合その2

ボルト・ナットには仕上げ程度によって上・中・並、ねじ精度によって1・2・3級があり、**建築工事部分には、中ボルト2級程度以上**を用いる。せん断を受けるボルトは、軸の側面で力を伝達するので、ねじ部は必ず接合部材より外に出るようにする。

高力ボルト・ボルト接合の配置

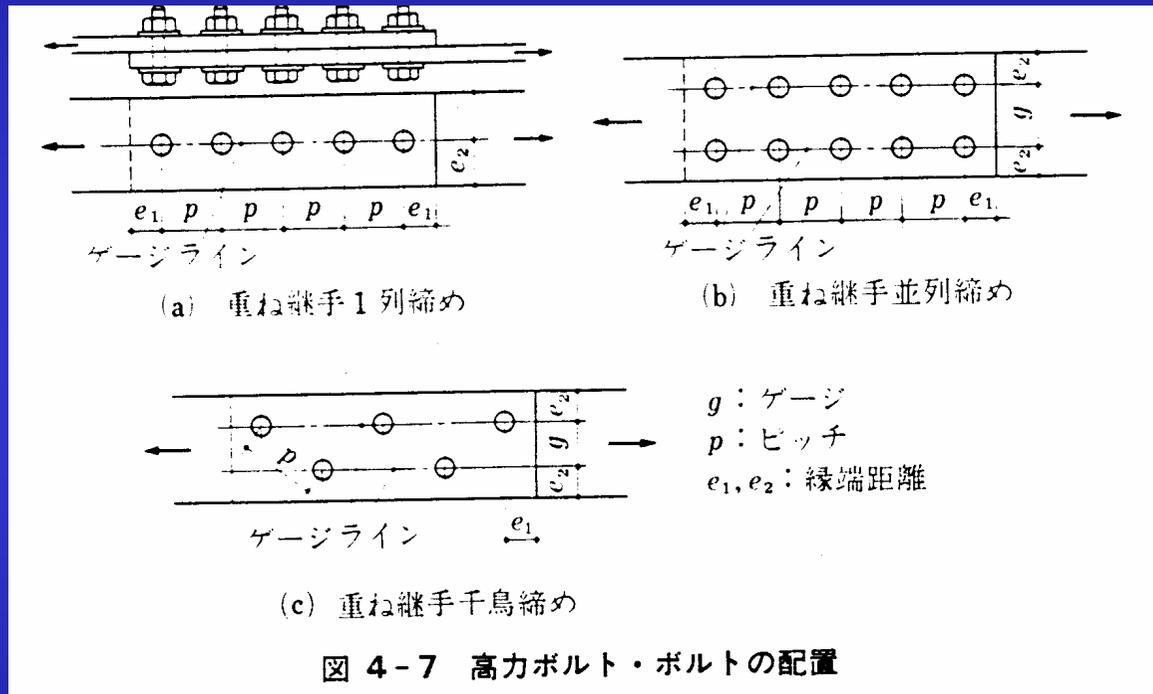
高力ボルト・ボルトは、材軸に平行な直線（ゲージライン）上に規則正しく配置する。ピッチの最小値は接合部の耐力、施工などを考慮して軸径の2.5倍以上とするが、一般に次の表のように決めている。

表 4-8 高力ボルト・ボルトのピッチの標準値と最小値 [単位 mm]

軸 径 d		10	12	16	20	22	24	28
ピッチ p	標 準	40	50	60	70	80	90	100
	最 小	25	30	40	50	55	60	70

（日本建築学会編「鋼構造設計規準」による）

高力ボルト・ボルト接合の配置その2



ゲージラインが数本あるときを**多列配置継ぎ**（**並列・千鳥**）という。形鋼ではゲージ間の距離、または縁端とゲージライン間の距離を**ゲージ**と呼び、表示した値を標準とする。

高力ボルト・ボルト接合の配置その3

表 4-10 高力ボルトの孔径 [単位 mm]

軸 径 d	10	12	16	20	22	24	28
孔 径	12	14	18	22	24	26	31

表 4-11 最小縁端距離* [単位 mm]

公 称 軸 径		10	12	16	20	22	24	28	30
縁端 の 種 類	せん断縁・手動ガス切断縁	18	22	28	34	38	44	50	54
	圧延縁・自動ガス切断縁・のこ びき縁・機械仕上縁	16	18	22	26	28	32	38	40

注*. 引張材の接合部で、本数が1本または2本のときは、応力方向の縁端距離は軸径または呼び径の2.5倍以上とする。(日本建築学会編「鋼構造設計規準」による)

孔径は表によるが、ボルトの孔径は軸径 $d+0.5\text{mm}$ とする。

ボルトの締付け部分の総厚（グリップ）は $5d$ 以下とし、 $5d$ をこえるときはボルトの本数を増やす。高力ボルトには、グリップの制限はないが過大になるのは好ましくない。最少縁端距離は表のとおりであるが、最大縁端距離は材径の12倍かつ 15cm とする。

溶接

溶接は材料や溶接機械などの進歩によって、現在では最も優れた鋼材の接合としてひろく利用されている。

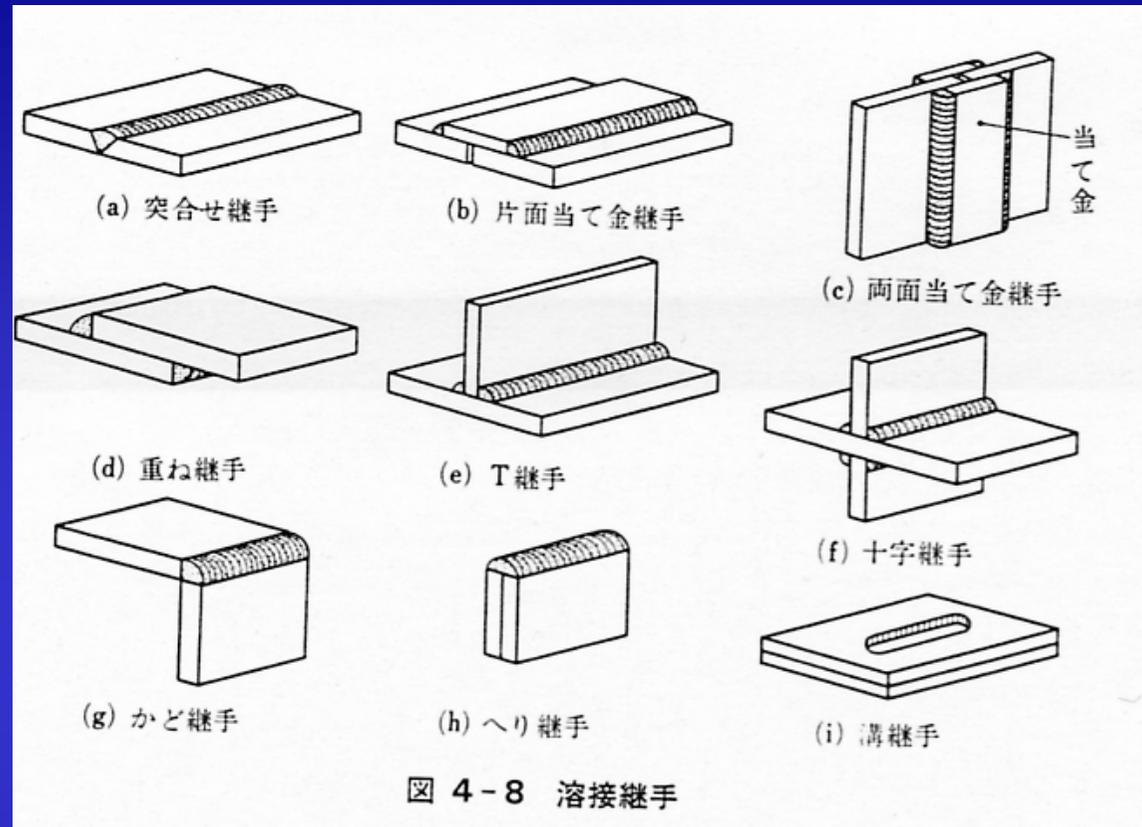
溶接には、融接・圧接・ろう接などの方法がある。鉄骨構造では、鋼材（母材）の接合部を高温で溶かし、母材と母材を一体化する融接が主に用いられ、融接のうち、電極間のアーク溶接が多く用いられている。

工場で溶接は主として半自動溶接や自動溶接が用いられ、現場溶接は手溶接・半自動溶接が用いられる。

溶接は、孔による断面欠損がなく接合部の形状が単純で、接合部の連続性や剛性が得られる利点がある。ただし、溶接時、局部的に急熱・急冷されるため膨張・収縮する。鋼材の一部に変形が生じたり、変形が拘束されると鋼材に応力が生じるなどの欠点もある。

溶接は、施工の良否による影響を受けやすいので、材料や施工方法には注意が必要。

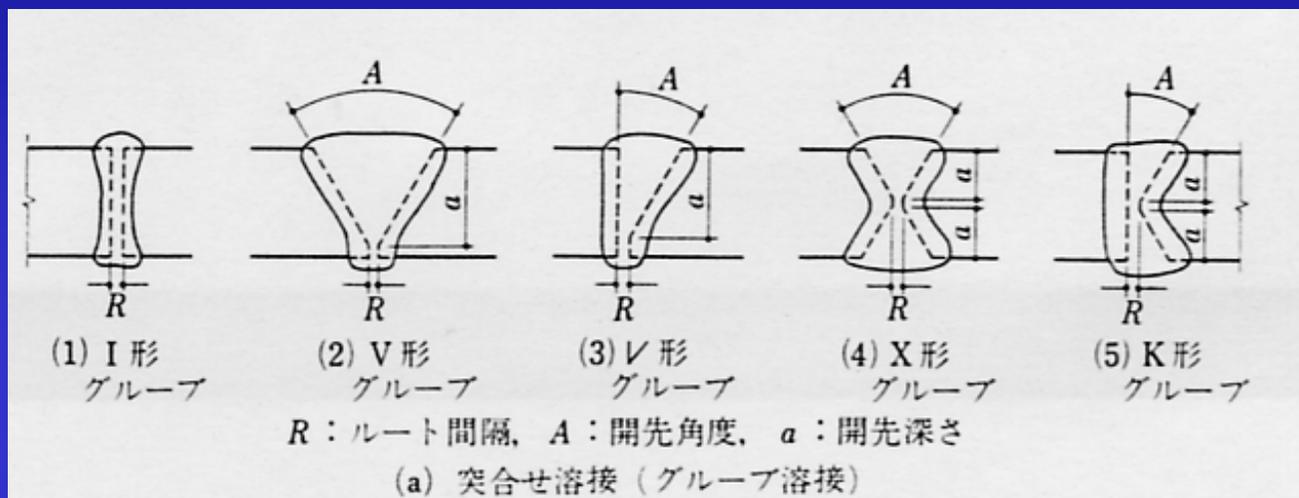
欠陥は目視検査によるが、内部の欠陥は超音波などによる検査によって調べられる。



溶接継手

溶接継手には、図のようなものがある。これらの継手は、突合せ溶接・隅肉溶接・フラグ溶接・部分溶込み溶接などの溶接継目によって構成される。

溶接継目：突合せ溶接



接合部を加工（開先加工）して溶接する。開先をグループという。

突合せ溶接は、全断面を溶かし合わせて一体化するので、力をつたえるためには最も理想的な継目である。溶接は全長にわたって行うが、溶接の始端・終端に欠陥が生じやすいので、補助板としてエンドタブを用いて防ぐが、溶接後は補助板を除去することが多い。

溶接継目：突合せ溶接その2

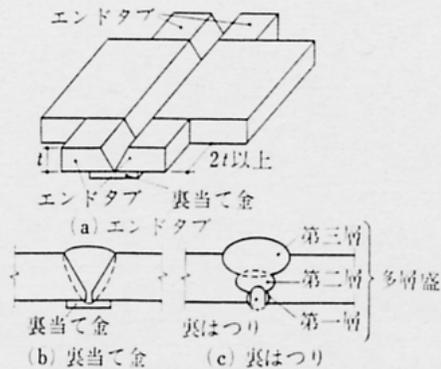


図 4-10 突合せ溶接のエンドタブ・裏当て金と裏はつり

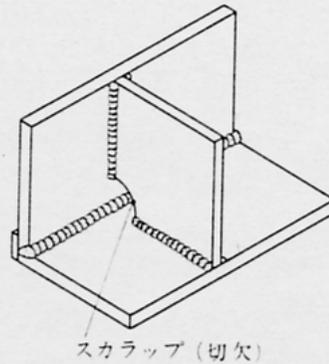


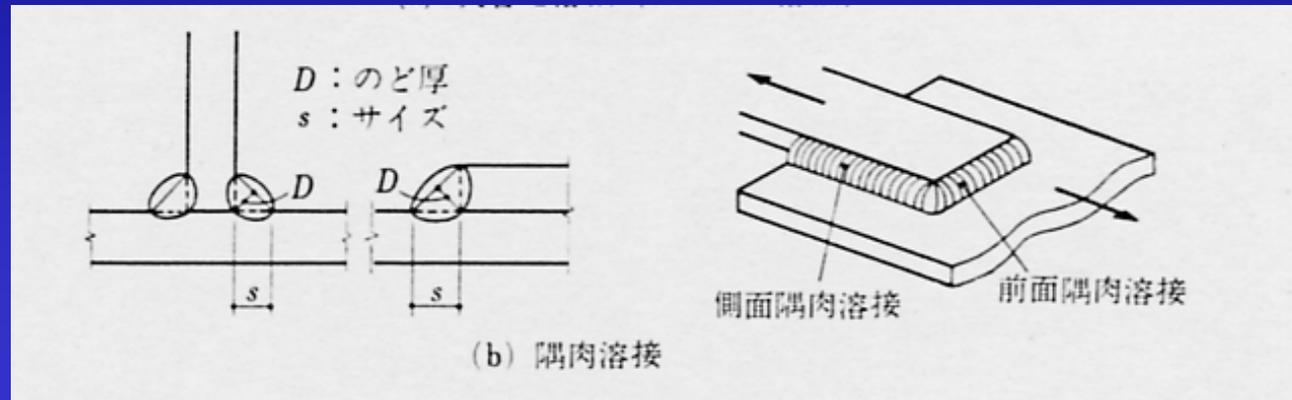
図 4-11 スカラップ

突合せ溶接は、原則として両面から行うが、第1層目は欠陥が生じやすいので、裏はつりをしてこれを取り除いてから裏面の溶接を行う。

片面からだけで溶接する場合は、裏当て金を用いて、ルート部から溶接金属が抜け落ちるのを防ぎ、溶け込みが十分になるようにする。

継目の交差部には欠陥が生じやすいので、スカラップを設けて継目が交差しないようにする。

溶接継目：隅肉溶接



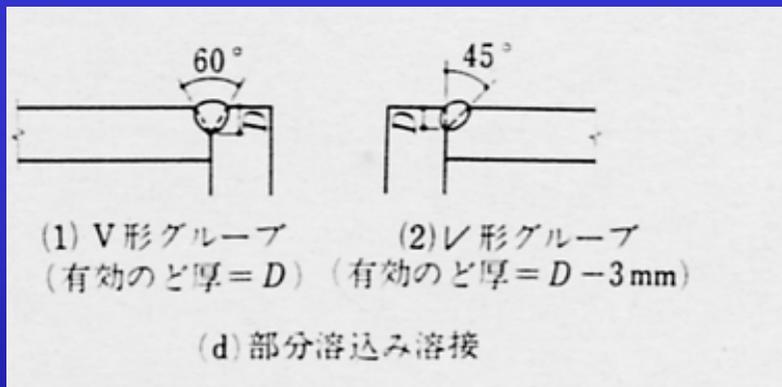
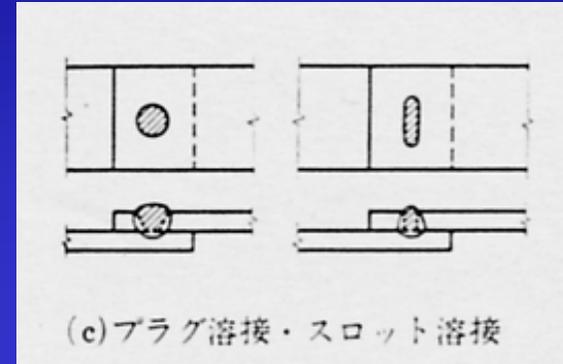
隅肉溶接で、添え板継手、重ね継手、T継手などに広く用いられる。

溶接線が応力方向に直角であるものを全面隅肉溶接、平行であるものを側面隅肉溶接という。

溶接線の長さ・形式により、連続隅肉溶接・断続隅肉溶接の区別がある。

プラグ溶接・スロット溶接

図のような溶接で、円形のをプラグ溶接、細長い溝を用いたものをスロット溶接という。



部分溶けこみ溶接：図のように、継手の全断面を溶接しないので、応力集中が生じたり第1層に生じやすい欠陥を取り除けないため、溶接継目に直角方向に引張力や曲げモーメントが生じる部分や繰り返し荷重の作用する部分には用いてはならない。

溶接記号

溶接継目の種類・大きさ・範囲、工場溶接と現場溶接の区別などはJIS Z 3021による溶接記号を用い、設計図に明示しなければならない。

表 4-12 溶接記号の例

	実形	図示
V形グループ溶接 板厚19mm 開先深さ16mm 開先角度60度 ルート間隔2mmの場合		
X形グループ溶接 開先深さ 矢の側16mm, 矢の反対側9mm 開先角度 矢の側60度, 矢の反対側90度 ルート間隔3mmの場合		
V形グループ溶接 T継手, 裏当て金使用, 開先角度45度, ルート間隔6.4mmの場合		
連続隅肉溶接 両脚長の異なる場合		
断続隅肉溶接 並列溶接 溶接長さ50mm, 溶接数3, ヒッチ150mmの場合		
断続隅肉溶接 千鳥溶接 手前側脚長6mm, 向側脚長9mm, 溶接長さ50mm, 溶接数 矢の側2, 矢の反対側2 ヒッチ300mmの場合		

溶接記号その2

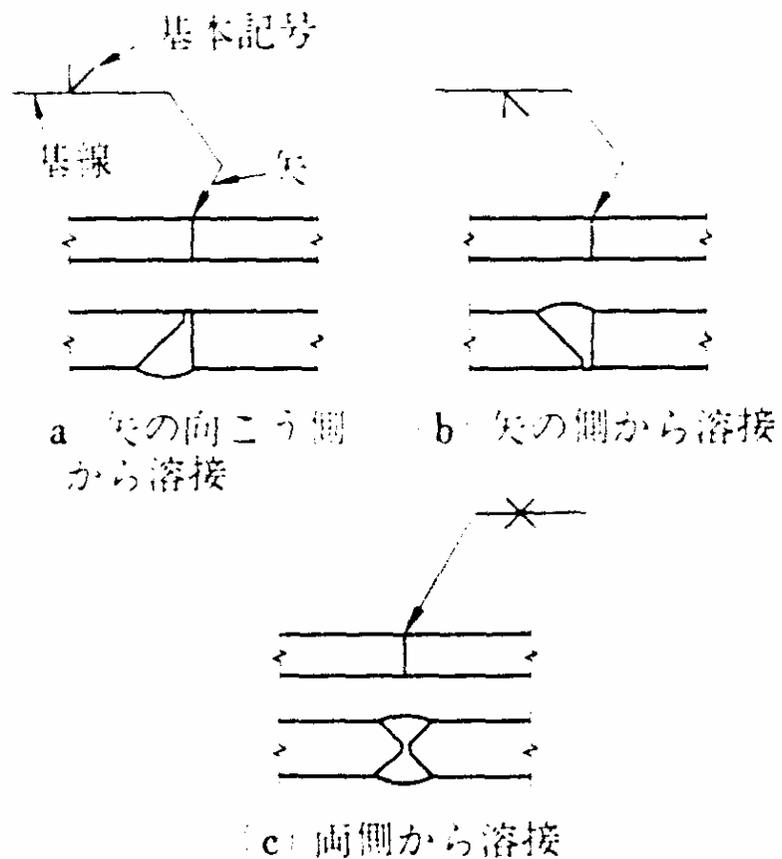
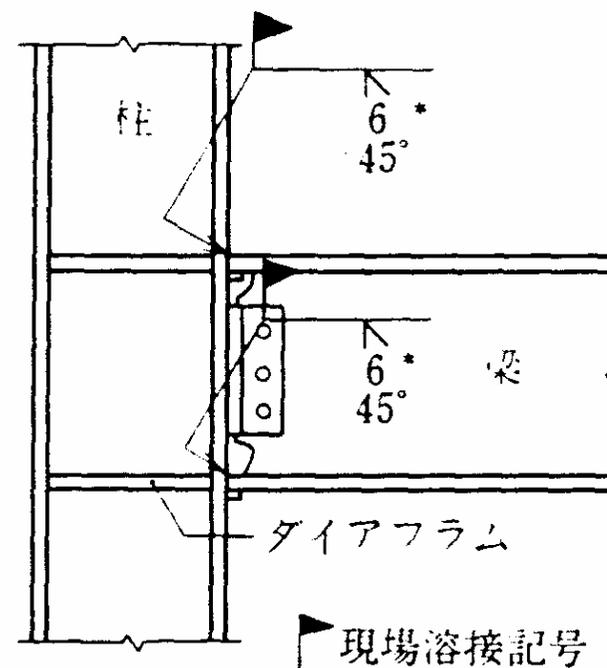


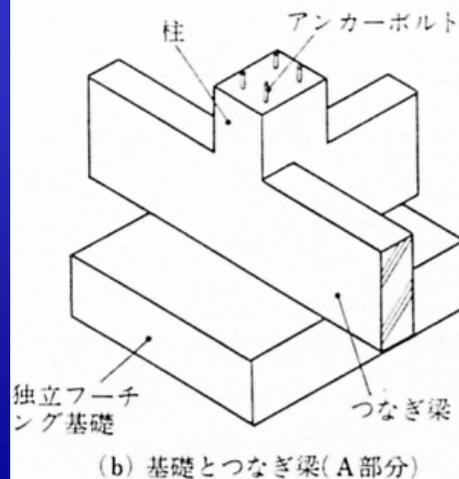
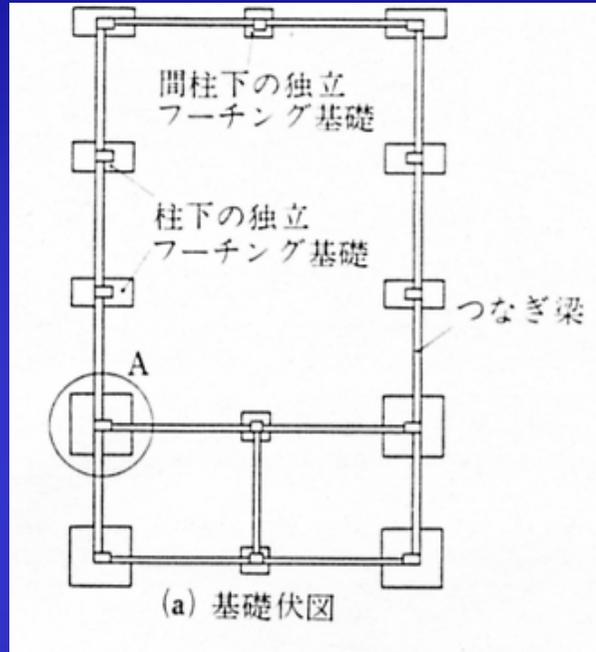
図 4-12 基本記号の位置と溶接位置



* V形グループ溶接
開先角度45度, ルート間隔6 mm

図 4-13 柱・梁接合部の溶接記号の例(現場溶接)

基礎



鉄骨構造の基礎は、鉄筋コンクリートの基礎と同じ形式のものが用いられる。

一般に梁間、桁行方向とも間隔が大きくなるので、1本の柱に掛かる力は大きくなる。そのため、柱の下には独立基礎を設け、フーチングを付けて地盤に力を分散させる。

地盤によっては不同沈下を起こす恐れがあるため、鉄筋コンクリート造のつなぎ梁（基礎梁）で基礎を互いにつないで一体化したり、杭を打って地盤の支持力をます。

上部からの荷重を安全に基礎に伝えるために、柱下部に柱脚を設け、基礎を埋め込んだアンカーボルトで緊結する。

鉄骨構造その1まとめ

1. **構造形式**：
トラス構造、ラーメン構造
2. **鋼材**：形鋼（等辺山形鋼、不等辺山形鋼、I形鋼、溝形鋼、H形鋼）、棒鋼、鋼板、鋼管
3. **鋼材の性質**：温度による影響、さびと防食
4. **鋼材の接合**：機械的接合方法（高力ボルト：摩擦接合、ボルト、ピン）、冶金的接合方法（溶接：突合せ溶接・隅肉溶接）
5. **基礎**：鉄筋コンクリート構造と同じ、独立フーチング基礎、基礎梁つなぎ梁（基礎梁）