

鋼 管 足 場

齊 藤 次 郎

ま え が き

足場に杉丸太を使うのと鋼管を使うのとどちらが安全かということ聞かれた場合、簡単には答えられない。

それぞれ、安全に使えばよいわけである。しかし丸太は、使っている間にひび割れができて、それが大きくなること、先が細まつていて強さが一定でないこと、木材は鋼材のように材質が均一でないこと、使っている間に強度の低下が大きいこと、などより、強度の計算が思うようにできない。鋼管を使った方が、何もかもはつきりして安心できる。これらの点より安全であるということが出来るわけである。

また国内をみると、木材資源が逼迫してきたので、木材使用の合理化が、あらゆる方面に要請されるように

なつた。その一環として木材の消耗甚だしい仮設設備はできるだけ鋼材その他に替えることになり、足場用の木材を鋼管にしようと考えられた。このためには、初めに相当な経費が入用であるから、普及に日時を要することが想像されていたが、案外早く普及した。

そのため、最近、鋼管足場規格として建築工事用ではあるが、JIS A 8951-1957 が制定されたので、これについて以下に説明する。

鋼管足場の形式

丸太または角材などを使つて作る足場は、各国とも大体同じで、古くから使われている。この木材を鋼管に替えたのが鋼管足場の一つの形式で、図1に示すような鋼管の組方をし、単管足場という。

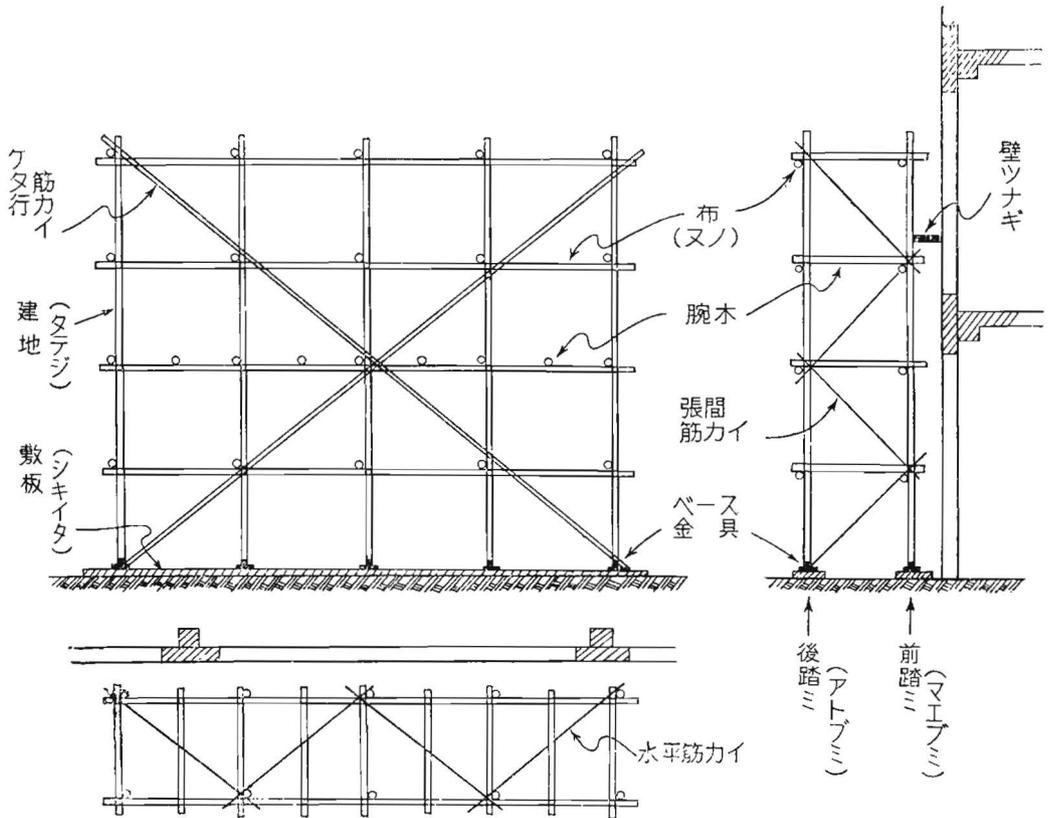


図 1 単 管 足 場

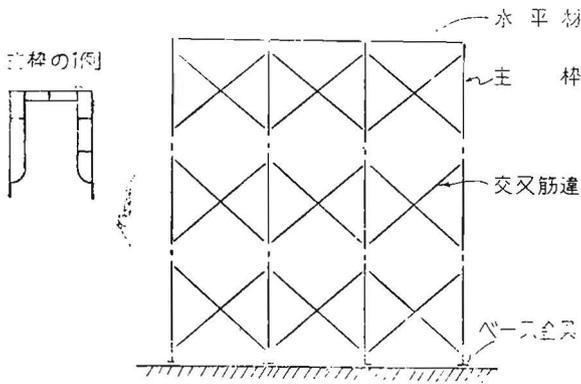


図2 枠組足場

米国では、図2に示すようなものが考案され、我が国にも使われている。これを枠組足場と呼んでいる。

枠組足場は、鋼管を電気溶接によつて工場生産された枠を単位として、これを現場で嵌め込んで行けば組立つようにした甚だ便利なものである。

単管足場は、鋼管を金具によつて組立てるので、金具を締め付ける操作が必要であるので、枠組足場のようには便利でないが、分解した鋼管は他の用途にも転用できるので、重要な利点があるわけである。

現在わが国では、単管足場は建築工事用、枠組足場は造船工事用に、大体使い分けられているようであるが、建築工事用にもまたその他の塔状の足場に枠組足場が使われ始めた。

規程ないし規格は、外国には単管足場についてだけあるが、枠組足場についてはまだ知らない。ただ足場の製作会社は各製品の安全な使用のために、使い方のルールを詳細に説明している。

足 場 用 鋼 管

円管の肉厚について「弾性安定要覧」によれば、円管の両端に力を加えて圧したときの破壊状況を見ると、円管の厚みの中心で測つた円管の半径を r とし、肉厚を t とすると、 r/t の値によつて破壊現象が違つて現われ、 $r/t=10$ 、 $r/t=100$ を界にして3つに分けられるといわれている。われわれが普通、簡単に強度計算のできるのは、 r/t が 10 より小さい範囲の、肉厚の厚いものに限られる。

足場の組立および解体作業は高所で行われるので、使用する鋼管は握り易い外径のものがよい。その上、軽いことも必要条件の一つである。足場用鋼管の寸法を決めるとき、英国の Metal Scaffolding の中に定められて

いる単管足場の鋼管の外径などを参考にし、普通によくあるガス管寸法のもので握り易さより 48.6 mm ϕ としたわけである。

一方、米国より輸入した枠組足場に使用されている鋼管は、材質が高級鋼で、抗張力 51 kg/mm² 以上、伸びも 25% 以上 30% もあるので、この材質に近いものを使つて肉厚を薄くしようということになつた。

英国の足場用鋼管を参考のために記すと、化学成分の炭素量は指定なく、硫黄、燐ともに 0.06% 以下で材料の強度は、終局の引張強度が約 34~46 kg/mm²、このものの伸びは 2吋ゲージで 30% 以上、または、8吋ゲージで 18% 以上となつている。標準寸法は外径 48.6mm、肉厚は約 4 mm で、前述の r/t は 5.6 である。

日本の規格では、結局表1~3に示すように決まり前述の r/t は2種のものゝ 7.8 で、5種乙は 9.6 である。しかし、実際に使用されているのは5種乙 STK 51 の電鍍鋼管で、2種の STK 41 は使われていない。

表1 足場用鋼管の引張試験値

種 類	記 号	引張強さ (kg/mm ²)	降伏点 (kg/mm ²)	伸 び (%)
2 種	STK 41	41 以上	24 以上	23 以上
5種乙	STK 51	51 以上	36 以上	10 以上

表2 単管足場用鋼管の寸法

種 類	外 径 (mm)	厚 さ (mm)	標準重量 (kg/m)
2 種	48.1	2.9	3.23
5種乙	48.6	2.4	2.73

表3 枠組足場用鋼管の寸法

外 径 (mm)	厚 さ (mm)	用 途
42.2	2.4	枠および水平材製作用
34.0	2.2	枠および水平材製作用
27.2	1.9	長さ 250cm 以上の交叉筋選用
21.7	1.9	長さ 250cm 未満の交叉筋選用

現場で使うとき紛わしくないように、5種乙1種類のほうがよいが、これは特殊鋼より作られ、肉厚がかなり薄いので、溶融亜鉛メッキの錆止が施されていても、少し不安がある。その点、2種鋼管は入手し易く、肉厚があるので錆に対して少し安心でき、英国のも肉厚が厚いと

いう点などを考慮して規格にはいつたわけである。

単管足場

付属金具

(1) 継手金具

2本の鋼管を1直線状に継ぐとき用いる金具で、摩擦形と剪断形の2種類ある。

摩擦形は摩擦力によつて鋼管を結合するものである。規定構造は、管の端面に密接して支持する受圧部と管の内部に挿入される部分とを有するもので、挿入部の断面積は、管の断面積の80%以上であつて、有効長さ75mm以上の長さがそれぞれ管に挿入されている構造とする。

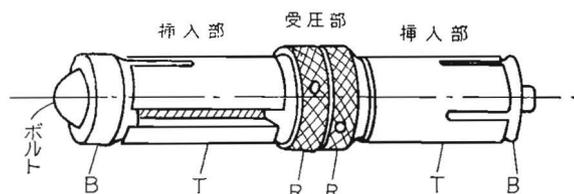


図3 摩擦形継手金具

現在使われている代表的なものを図3に示す。図中のB部は内部に仕込んであるボルトで互に連結され、R部を回すとB部が互に接近してくるので、R部とB部のテーパになつたところで、T部の両端を押すことになりT部は膨れて、接続しようとする鋼管の内面を押し、この摩擦によつて接続の効果を出すものである。

剪断形は、剪断抵抗によつて鋼管を結合するものである。規定構造は、摩擦形で定められている外、管の端部をウォームまたはピンその他の方法で結合するもので、着脱に際して、管を回転するものは、少なくとも60度以上回転しなければ取り外しができないような構造とする。

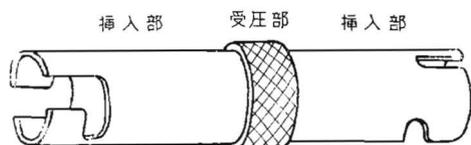


図4 剪断形継手金具

現在使われている代表的なものを図4に示す。接続しようとする鋼管の端部にピンが仕込んであるので、この金具の切欠部がピンに引っ掛かるようになっている。すなわち金具の引っ掛り部の剪断力と、ピンの剪断抵抗が接続効果を出す。

以上の2種類の金具の性能については、鋼管を継いだときの軸方向の引張力に対する耐力と、梁としての曲げに対する耐力の2つについて考えることになっている。

引張力に対しては、摩擦形は、大きい力を受けるところには、耐力に期待が持てないので使わない方がよい。しかし、念のため500kgの引張力には耐える必要がある。剪断形は、すべての軸方向の引張力が1,000kgであるとし、1.5の安全率を見込で1,500kg以上の引張力に耐えることを要するとした。

曲げに対しては、摩擦形、剪断形ともに性能を同じとする。継手を使つて接続した鋼管を梁とし、支持間隔を180cm、中央に継手を置き、2cmの幅で中央に集中荷重をかける。継手を使わない5種乙鋼管を同じようにして試験したとき、荷重と撓みの関係における比例限界点の荷重を400kgとすることができる。そこで、この値に約1.5の安全率をみて、270kgを性能の最低値とする。この荷重のときの撓みは、継手のない鋼管で約17mmであるので、継手のあるものは約2倍とし、35mmを限度とした。

以上を纏めて性能を表にしたのが表4である。

表4 継手金具の性能

形式	性能	
	引張試験の最大荷重 (kg)	曲げ試験の最大荷重 (kg)
摩擦形	500 以上	270 以上
剪断形	1,500 以上	270 以上

(2) 緊結金具

鋼管を交叉あるいは平行して緊結するのに用いる金具で、直交形、自在形および特殊形の3種類ある。

3種類とも規格構造は、緊結金具の締付けはネジ締めとし、管を握る部分は、管の外周上、その75%以上の部分で管と密着する構造とする。

直交形は、鋼管が直角に交叉するときに用いる金具。

自在形は、鋼管を任意の角度に交叉して緊結するとき用いる。

特殊形は、交叉角度が任意ではあるが、その角度が定まっているとき、例えば、45度とか180度と定まっているときの緊結に用いる。自在形で済ますことができるが、別形とした。

以上3種類の中、直交形と特殊形は、鋼管を握る2つの部分が互に直角またはその他の角に固定されている。自在形は自由に回るようになっているものである。

この金具で組み立てる鋼管が比較的薄肉であるために

金具と鋼管との接触面が少いと、鋼管に不当な変形を与えるので、金具が鋼管に接して密着する部分を、管の外周の $\frac{3}{4}$ 以上となっている。現在使われている代表的なものを写真1, 2, 3に示した。

性能については、英国の規格には変形試験を主とし、これに滑り試験か回転試験のどちらかをも行うことになっている。これとは全く別に、実際使用に則して、金具が荷重によつて滑らないことに重点を置き、金具自身が変形し易くても実用上困るので、変形の限度を加えた。

試験方法は図5に示すように、滑り試験では、試験体にてできるだけ偏心圧縮力をかけないように、2個の金具を同時に試験することにし、変形試験では、偏心荷重のかかる試験方法を許した。

滑りに対する耐力は、後述の構成基準通りに組んで、この足場上の実際荷重の最大の場合を考えたとき、建地と布の緊結金具には約300kgの荷重が作用することになるので、これに根拠をおいた。この金具はネジ締めであるので、作業者の能力によつて差異がある点を考慮して、安全率を2とし、少なくとも600kgには耐えなければならぬとした。3種類とも同じ性能が必要となっている。

変形に対する耐力は、変形の限度について、図5bの水平管が回転する角度が10度までは、金具全体が変形

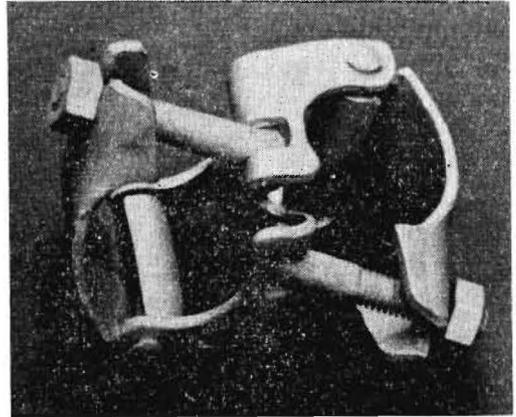


写真1 直交形緊結金具

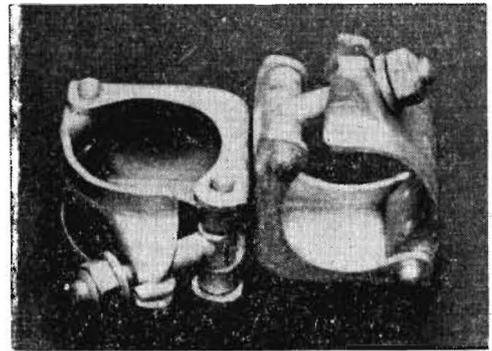
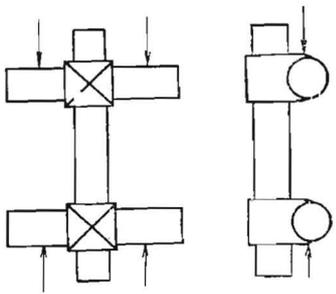
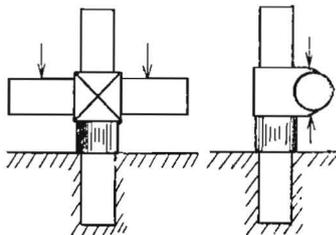


写真2 直交形緊結金具



a 滑り試験



b 変形試験

図5 緊結金具の試験

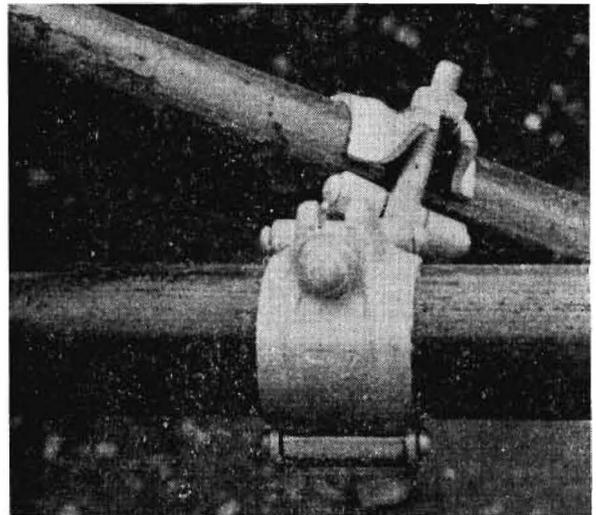


写真3 自在形緊結金具

表5 緊結金具の性能

形式	性能		
	滑り試験の最大荷重 (kg)	変形試験 回転角10度に達したときの荷重 (kg)	最大荷重 (kg)
直交形	600 以上	1,000 以上	1,500以上
自在形および特殊形	600 以上	750 以上	1,000以上

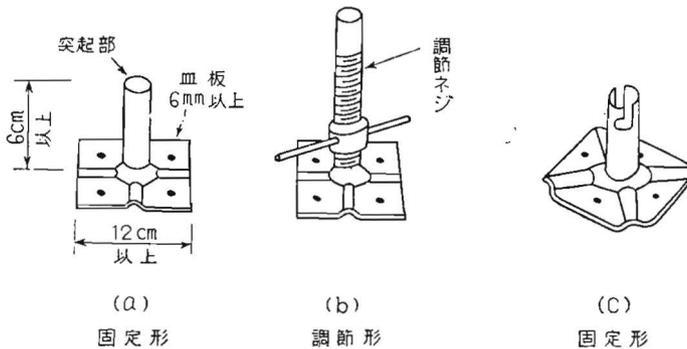


図6 ベース金具

し、それ以上では、金具が局部的に著しく変形して、最大荷重を示すので、この2つを規定した。性能の数値は滑りに対するものより高いことは勿論必要であり、現在使われているものに基準を置いた。

以上の性能について纏めて示したのが表5である。

(3) ベース金具

足場の建地の脚部に取付け、上部の荷重を、建地が沈下しないように、地面または床に伝える金具である。固定形と調節形の2種類とする。

固定形は、図6a, cに示すように、血板は厚さ6mm以上、面積144cm²以上(短辺12cm以上)とし、管の端面と平面で接触し、かつ管の移動を防止するため中心部に高さ6cm以上の突起部を有する構造とする。なお血板には径4mm以上の穴4個以上を設ける。

調節形は、図6bに示すように、血板の大きさ、形状穴明けは固定形と同様とし、ウォームその他の方法により、管に取付けた状態で、管を上下することができる構造とする。

性能は、固定形に指定はないが、調節形は、高さの調節範囲10cm以上、垂直荷重に対して5,000kg以上の耐力を必要とする。

構成の基準

足場には本足場、一側足場、棚足場等種々のものがある。ここでは本足場について構成の基準を示す。他の足場は、高さが低く足場上の荷重も小さく、本足場に準じて構成すればよい。しかし、特に重い材料を足場上に乗せなければならないときは、別に定める強度計算式によって計算しなければならない。

本足場の構成は、足場上の普通の作業の種類による荷重、規定された足場用鋼管の曲げに対する強さ、その他の強度等を考慮して、従来の丸太による本足場の標準的な組み方を参考にして構成基準が定められた。

建地 間隔は、けた行方向を150~180cm、張間方向120~150cmとする。高さが31mを超えると、建地管1本では、座屈に対して所期の安全率が得られないので、超えた長さだけ、建地の下部を2本にし、2本を緊結して1本の建地とする。

(C) 固定形

布 間隔150cm内外を標準とする。

しかし、地上第一番目の布は、下の通行のため、材料管の座屈に対して耐える程度の長さ、すなわち200cmまで高くすることができる。

腕木 間隔を150cm以下とする。建地と布の交叉部に腕木がくるときは、腕木は建地に直交形緊結金具で緊結する。腕木の荷重を直接建地に伝えた方が、布と建地の緊結金具の荷重負担が少なくて済むからである。建地の中間にくる腕木は布に緊結するより仕方がない。このとき前述の腕木と同じ高さにならないが、高さの差が大きく、足場板が不安定であつてはいけない。腕木の長さは布より少くとも10cm突き出る長さとするのがよい。

筋違 けた行筋違は、足場の外側面に水平と45度内外の方向に掛け渡し、布または建地に緊結し間隔約10mごとに交叉して設ける。この場合、筋違の交叉しない建地がないようにする。

水平筋違は布の6層目ごとぐらいに設けるのがよい。張間筋違は6本目ごとぐらいの建地に設けるのがよい。

壁つなぎおよび控柱 これらは、足場の倒壊を防止する他、建地の座屈耐力増強のため設ける。したがって、足場がどちら側にも倒れないように、壁つなぎは、引張にも圧縮にも耐えるようにしなければならない。間隔は建地および布の層間隔を変えて実験(実験の一端を写真4に示す)した結果などより、足場の前踏の面上縦横5m内外の間隔に、建物の構造体に堅固に連続するか、あるいは、これに代る堅固な控柱を設けることになつて

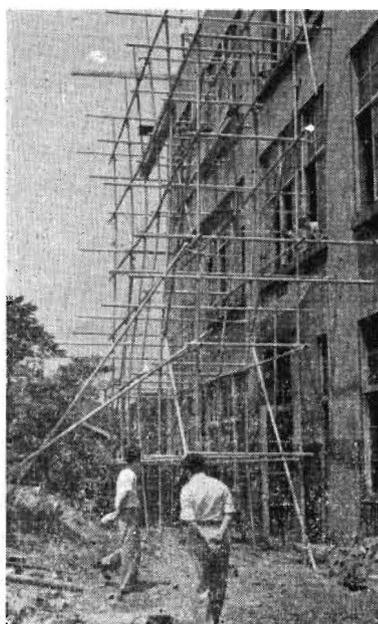


写真4 単管足場の座屈実験の状況

いる。

基礎 建地の脚部には必ずベース金具を設ける。軟弱地盤ではさらに、地耐力を考慮した所要の幅で、かつ、建地3本以上にわたる長さの敷板を連続して敷く。

荷重の限度

足場にかかる荷重は、足場上の作業の種類によつて違う。普通の建築作業において腕木および布に生ずる曲げモーメントが最大になるときは、モルタル仕上の左官工事の場合で、モルタル樽 60cm×90cm の底面をもつ容器と内容物ともで約 200kg とし、60kg の作業者 2 人が、図7に示す足場上の位置で作業するときである。このとき、建地間に約 320kg の積載荷重となる。これになお1人分の重さを許すとして約 400kg の荷重を限度としたわけである。建地間隔が 130cm より小さいときはその割合で積載荷重を増すことができる。

この荷重のとき、腕木に生ずる最大曲げモーメントは固定荷重から生ずる曲げモーメントも加えて約 7,000kg・cm となる。またこのとき、腕木によつて布に与える集中荷重は 180kg となり、布に生ずる最大曲げモーメントも、布を連続梁と考え、約 7,000kg・cm となる。5種乙鋼管の、張間 180cm の中央集中荷重による曲げモーメントは、比例限界の最低のものについて 16,600kg・cm とすることができるので、腕木、布とも安全率は 2.3 あることになる。

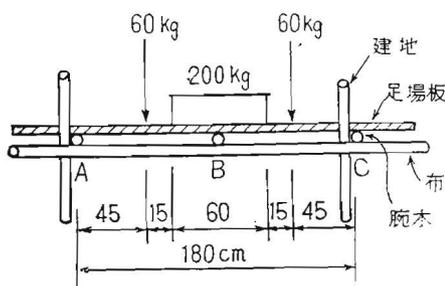


図7 足場にかかる荷重

腕木からくる集中荷重 180kg に、安全のため、衝き荷重を積載荷重の 25% としてみこむと 220kg となり、建地と布の緊結金具には約 300kg の荷重が作用することになる。これが緊結金具の性能を決めるとき根拠とした値である。

建地1本にかかる荷重の限度については、足場上の作業は、隣り合った2本の建地間の上下2層で同時に作業するときが多層作業で、2層同時作業を限度とする。このとき建地1本にかかる荷重は、上述の 180kg によつて、布より建地に 250kg の荷重が作用することになり2層同時では 500kg となる。これが一応荷重の限度である。

座屈実験によると、建地1本にかけうる最大荷重は、1,750kg である。安全率を2とし、積載荷重だけ考えると、700kg が建地1本にかけうる荷重の限度となる。よつて、2層以上同時作業または荷重の分散によつて多層同時作業のときでも、700kg は限度として守らなければならない。

強度計算

基準以外の構成に鋼管を組む必要があるときには、それぞれの場合に応じて強度計算しなければならないので鋼管の許容応力度を決めておく必要がある。これを表6に示す。引張、圧縮および剪断の許容応力度は表1に示した引張試験の降伏点に、安全率 1.5 を考慮して一般鋼材の許容応力度を決めるときのようにして定めた。

表6 足場用鋼管の許容応力

管の種類	引張 ft(t/cm ²)	圧縮 fc(t/cm ²)	曲げ fb(t/cm ²)	剪断 fs(t/cm ²)	接触圧 (t)
2種 STK 41	1.60	1.60	1.40	0.80	2.20
5種乙 STK 51	2.40	2.40	1.90	1.20	1.75

曲げ許容応力度は、5種乙鋼管の場合、前述のように r/t が 10 に近く、局部屈服ということを考慮して、引張許容応力度の 80% をとつた、2種鋼管は、肉厚が少し厚いので、5種乙程局部屈服の心配はないが、安全のために 90% をもつて曲げの許容応力度とした。

接触圧というのは、鋼管を互に緊結金具なしで直接交叉させる場合に力を伝えるために生ずる圧力である。Roark 氏著 “Formulas for Stress and Strain” により計算し安全率 1.5 としたときの許容値である。

強度計算は、鋼構造計算規準に基いて行い、それぞれの金具を使用することによつて、金具を使わない 1 本ものの鋼管のときより強度が低下するので、金具の許容伝達力および低減率を計算式の中に織込まなければならない。これらを表 7 および 8 に示した。

表 7 金具の許容伝達力

種 類	許 容 伝 達 力 (t)	
	引 張	剪 断
摩擦形継手金具	0.30	—
剪断形継手金具	1.00	—
直交形緊結金具	—	0.30
自在形緊結金具	—	0.30

表 8 継手部の圧縮耐力低減係数

種 類	低 減 係 数
座屈間に継手なき場合	1.0
座屈間に継手 1 ヶ所の場合	0.75
座屈間に継手 2 ヶ所の場合	0.6

棒 組 足 場

部 品

主棒 棒組足場の主体を構成するための単位になる棒で図 2 に代表的な形の例を示し、表 9 に標準寸法を示した。

性能試験は、2 個の主棒を交叉筋違によつて鉛直に相對して立て、最小幅の足場板 2 枚分の幅、すなわち 42 cm 幅のじょうぶな梁を、主棒上部の横架材中央に架け渡して、一つ的主棒に 1,000 kg の荷重をかける。このときの撓みが 1 cm 以下で、荷重を取り除いた後元の形に戻ることを性能とする。

交叉筋違 並列して建てる主棒の、2 つの主棒間に、連結のため設ける筋違である。単管足場の布に当る水平

表 9 棒組足場の主棒の寸法

	幅 (mm)	高さ (mm)	許容差 (mm)
基本棒	1,524	1,930	± 1.0
	1,219	1,520	
	914		
補助棒	600 以上	3,100 以下	± 1.0

注：幅とは両脚管の中心距離を、高さとは脚管の長さをいう。

部材がないので、主棒間全面に設けるのがよい。

性能は、360 kg 以上の引張力に十分安全に耐えなければならない。したがつて、主棒に取り付けられていて筋違を嵌め込むピンまたはネジ止めボルトもこの力に耐える必要がある。

水平材 並列 2 個の主棒間に連続して設ける水平材で所要の層に設ける。図 2 参照。

梁棒 主棒を広い間隔に建てる時、その間に梁として架け渡す棒をいい図 8 に示す。

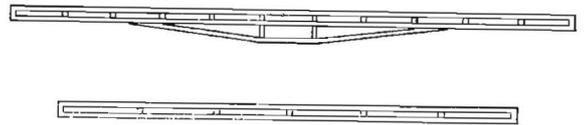


図 8 梁 棒 の 例

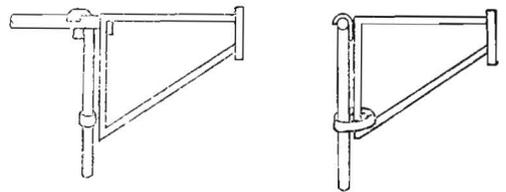


図 9 持 送 棒 の 例

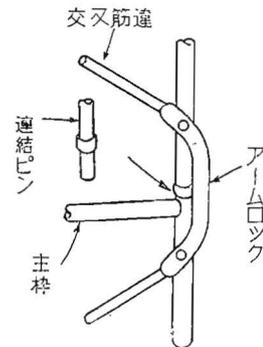


図 10 継 手 金 具

性能は、2個の梁枿を間隔 60 cm 以上離して、適当に連結し、支持端を実状に近い状態にして、2,000 kg 以上の中央集中荷重を加えて試験する。1個の梁枿は、1,000kg 以上の中央集中荷重に安全に耐えることが性能である。

持送枿 主枿の層から外部に持ち出して、棧橋、足場板を支える枿で、図 9 に例示したものである。

性能については、梁枿のときと同じように2個使つて試験する。自由端に 2,000 kg 以上の集中荷重を加えるので、1個については 1,000 kg 以上に耐えることが性能である。

付属金具 種々のものが製作されているが、その主なものは、継手金具、ベース金具および梁受金具である。

継手金具は、図 10 にその例を示しているように、連結ピンとアームロックを1組として引張に耐える性能を持つものである。枿組足場が塔状に建てられたとき、枿の脚管には、理論上圧縮力しかかからないときでも、何かのときに引張力を受けるかも知れないから、継手金具は必ず連結ピンとアームロックを組として使用することが必要である。

継手金具の性能は 300 kg 以上の引張力に安全に耐えることになっている。

各部品の性能試験は、おのおのについて行うより実際に近い状態で行うのがよいので、交叉筋違、連結ピンおよびアームロックの試験を一度に行えるように、主枿および必要部品で1列2層の足場を組み、水平力を加える水平試験を行うようになっている。

構成の基準

主枿は強さの違った種々のものが製作できるので、主枿の間隔は規定できない。しかし、大体 180cm を普通とし、最大間隔は 300cm とするのがよい。

基礎 脚管の下端には、ベース金具、特に調節用を用い、各主枿を常に水平、垂直に保たなければならない。軟弱地盤については、単管足場のときと同じにする。

筋違および水平材 主枿が安定して組立っているのは交叉筋違のためであるから、主枿の両側に、足場全面に設けるのがよい。交叉筋違は引張材として有効であるが圧縮材として有効でないため、主枿の間隔保持として、水平材を5層以内ごと、および足場の最上層に設ける。

壁つなぎ 筋違および水平材によつて、足場のけた行方向には、剛性が十分あるが、張間方向には、足場の高さに従つて剛性が不十分となる。しかし、主枿個々が調節溝面であるので、単管足場ほどではない。そのため、壁つなぎの間隔は、単管足場のときより大きく、水平方

向 8 m、鉛直方向 6 m 内外とし、建築物の構造体に堅固に緊結する。

控え けた行方向の長さが 4 m 以下のような塔状に建てるときは、風圧などによる転倒の恐れがあるため、高さ 10m を超える場合、高さ 10m 以内ごとに、けた行方向に対して転倒防止に有効な控えを、足場の後跡みと建築物との間に設ける。

高さ 枿に剛性があるため、単管足場より高さの限度を少し高くし、45 m とする。ただし、高さ 20 m を超える場合および重作業を行うときは、主枿の高さを作業に差支えない程度できるだけ低くして、主枿の面内で脚管が大きい変形を起さないような材料鋼管で構成した主枿を用いなければならない。このために、主枿の高さを 2m 以下とし、かつ、その主枿の間隔を 180cm 以内としなければならない。

梁枿および持送枿 これらの枿は横振れしないように水平筋違を設ける。

足場板 足場板を架け渡す主枿の間隔は、単管足場の腕木の間隔より広がるため、足場板は大きくなる。普通作業の荷重の場合、これに十分安全な足場板として、次の寸法のもを推奨する。

松材の足場板の断面寸法

主枿間隔 180cm のとき、厚さ 3.6cm×幅 30cm
" 210cm " 厚さ 4.2cm×幅 30cm

杉材の足場板の断面寸法

主枿間隔 180cm のとき、厚さ 4.2cm×幅 24cm
" 210cm " 厚さ 4.5cm×幅 30cm

重作業または特に張間の大きいときは、荷重より足場板の寸法を定め、十分安全なものを使用しなければならない。

参考文献

1. "Metal Scaffolding"
British Standards Institution
2. "パイプの足場 I. II"
労働省産業安全研究所
3. JIS G 3440-1956 構造用炭素鋼鋼管
4. "鋼管足場の座屈実験"
労働省産業安全研究所
5. "建築足場"
"
6. "American Standard Safety Code for Building Construction"
American Standard Association, June 7, 1944