

第5章 施 工

5.1 測 量

5.1.1 測量一般

架設時の測量は、適切な手法および機器を用いて、必要な施工精度を確保するために、施工の各段階ごとに実施しなければならない。

【解 説】 測量は、本体構造物の架設が計算の仮定どおり施工できたかどうかの判断をするために行う。地形条件、構造物の要求する組立精度、架設地点の環境条件等を考慮した十分な測量がなされないと、施工精度まで問題が生じるので注意を要する。

5.1.2 架設前の測量

架設前には本体構造物を所定の位置に正しく設置するための測量を行わなければならない。また、架設作業で使用する仮設構造物の位置および障害物等についても測量を行わなければならない。

【解 説】 工場で製作された構造物の寸法を、工場仮組立検査記録書等により確認し、現場の据付けを行う。また、基礎構造物の位置を測定し、上部構造物の据付け位置を決定する。

現地での測量は次のようなものである。

(1) 中心線測量

上部構造物の中心線と、それぞれの下部構造物の中心線との誤差を測定し、全体的な上、下部の関係を修正する。

(2) 支間測量

支間測量には間接測量と直接測量とがある。

間接測量は三角法を利用するが、角度の読みによる誤差をできるだけ少なくするには、1) 基線の精度を高める、2) 基線を一辺とする各辺をできるだけ等辺に近い数値とする、3) 基線を2本以上設置する、等を考慮する。

直接測量には、鋼製巻尺を使用する方法と光波測距儀を使用する方法がある。

鋼製巻尺で直接測量する場合、サグ補正、温度補正、張力補正、傾斜補正などを行う必要がある。また、光波測距儀での測量は天候の影響を受けやすいが精度は非常に高い。なお、光波測距儀を用いる場合には必ず基線を用いて機械調整を行い、精度の確認を行うことが必要である。

(3) 支承位置およびアンカーボルト穴の位置の測量

支間および桁間隔の測量中心を基準とし、支承位置およびアンカーボルト穴位置を決める。

(4) 支承据付け高、下部天端高等の高低測量

一例として橋梁の高低測量を図 5.1.1 に示す。

(5) 測量機器

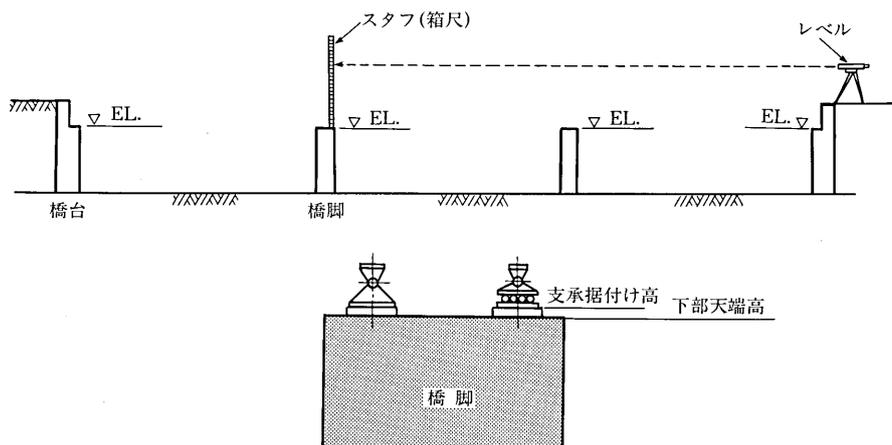


図 5.1.1 高低測量 (橋梁の例)

従来から用いられているものに、トランシット、レベル、鋼製巻尺、光波測距儀等があるが、最近 GPS 測量が発達し、長距離測量に精度の高い数値が短時間に得られるようになった。

5.1.3 架設途中の測量

架設中に本体構造物の架設が安全で正確に進行していることを確認するための測量を行わなければならない。

【解説】

(1) 仮設構造物の測量

ベント、ケーブルクレーン、ケーブルエレクション式直吊り、斜吊り工法等の仮設構造物においては、下記の項目の測量を適宜行っていないと、その構造上の欠陥を早期に発見できず、大事故発生の原因となるので注意を要する。

橋梁の架設工事においては、架設工法の種類により次のような測量を行っている。

- 1) 架設の各段階におけるベント基礎等の沈下量 (図 5.1.2)
- 2) 鉄塔の倒れ、アンカーの移動量、ワイヤの伸びずれ量、ケーブルバンドのスリップ量等 (図 5.1.3)

(2) 本体構造物の測量

1) 桁の位置およびたわみ

橋梁座標の測定および支承、桁各部の高さなどの水準測量を行って計画値と照合し、それぞれ正規の位置、高さにあるか確認する。桁のたわみは、どの架設工法においても常時測量できる体制にしておくことが望ましい。特に片持式工法、直吊り工法、斜吊り工法等の場合は、後からの修正が難しいので、架設の各段階で

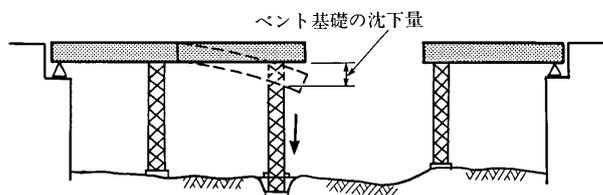


図 5.1.2 ベント基礎沈下例

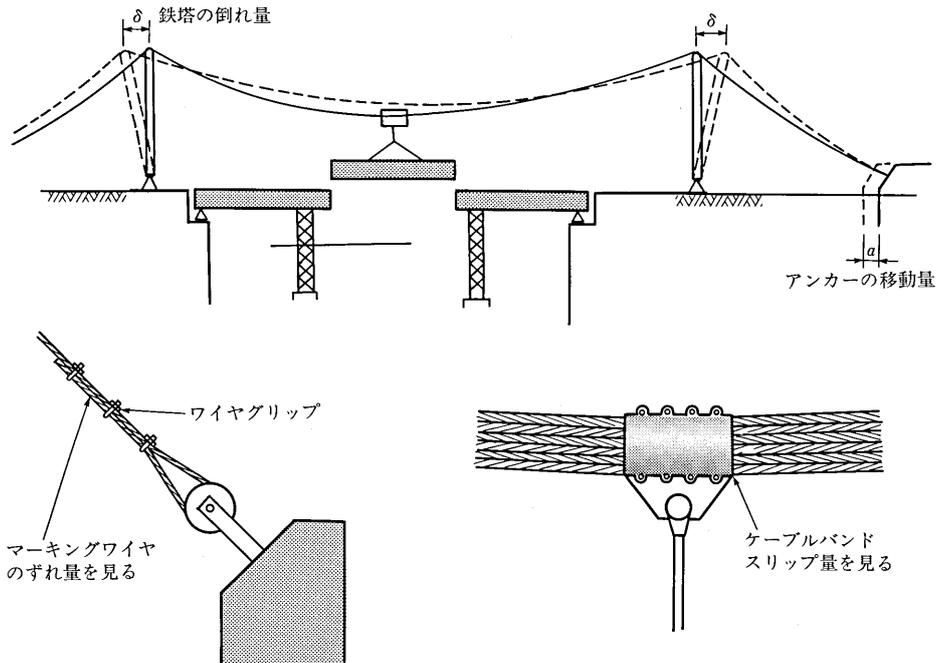


図 5.1.3 倒れ、ずれ量測定箇所

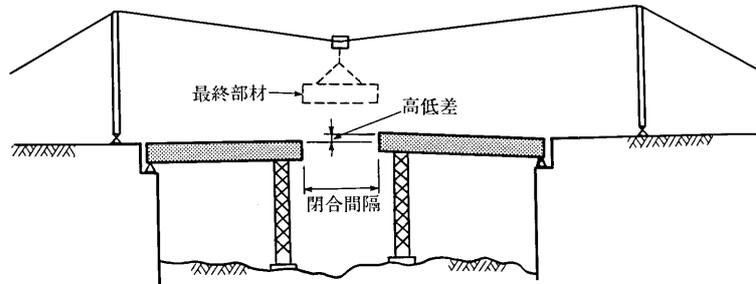


図 5.1.4 閉合時の測量

たわみ値を確認する。なお、温度分布の差が桁のねじれ、たわみに影響するので、測量の際は温度変化の少ない時間帯を選定するのが望ましい。

2) 閉合 (図 5.1.4)

桁の閉合時、最終部材を落とし込む前には、桁のたわみ、クリアランス等の諸数値を測量する必要がある。

5.1.4 架設後の測量

架設後に本体構造物が正しい位置に設置され、その機能に支障ないように架設されたことを確認するための測量を行わなければならない。

【解 説】 本体構造物が正しく設置されたことの確認のための測量であり、橋梁を例にとれば、次のような測量を行う。

- 1) 施工完了時のたわみを確認するための水準測量
- 2) 橋桁の位置、桁端間隔、支承の移動量等の寸法測量 (図 5.1.5)

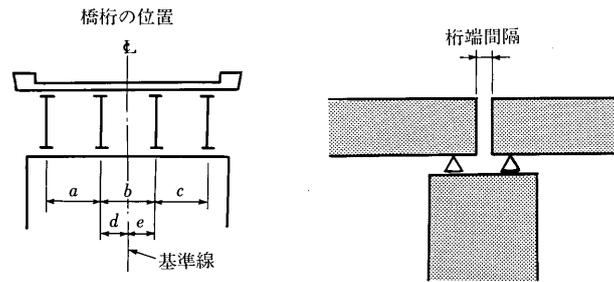


図 5.1.5 寸法測量箇所

構造物の機能測定の対象は、伸縮装置、支承等である。これらの部材は、しばしば、砂、石等のため、温度変化に対し、設計上考慮している移動量だけ移動せず、構造物に設計荷重以外の力が作用している場合があるので注意を要する。

機能測定は寸法だけでなく、温度変化も併せて測定し、温度変化の量に対する移動量が適正であるかどうか検討する。

5.2 仮設構造物

5.2.1 仮設構造物一般

仮設構造物は、設計、施工管理を綿密に行い、本体構造物の施工が安全に実施できるようにしなければならない。

【解 説】 仮設構造物は、一時的な構造物ではあるが、一部分の強度不足、施工ミスでも全体の崩壊につながり、重大事故となる場合があるので、安全性を十分に確認しなければならない。したがって、架設方法と架設中の本体構造物の状況を考慮して各架設段階における自重、架設機材、風、地震等の影響について必要な検討を行い、安全度確保のための対策を行うことが望ましい。

すなわち、仮設構造物の構造形式としては、予想される変位に対して調整等の処置ができるようにし、さらに、本体構造物の施工中においても定期的にその変位をチェックし、異常のないことを確かめておくことが望ましい。なお、仮設構造物の検査については 6.1.1、精度については 6.2.1、6.2.3 参照のこと。

5.2.2 仮設構造物の基礎

仮設構造物の基礎の施工にあたっては、設計条件と現地での調査データとを比較検討し支持、転倒、滑動等に対して安全であることを確かめなければならない。

仮設構造物の基礎が施工中に変位することを許容する場合は、その変位量が本体構造物の安全度、施工精度を損なうことのないように管理しなければならない。

【解 説】 仮設構造物の基礎の安全度は、工事に重大な影響を及ぼすので、十分な事前調査に基づいて設計を行うことが必要であり、支持、転倒、滑動等の計算を行い、その変位が上部構造から決まる許容変位量を超えないことを確かめなければならない。しかし、仮設構造物は一時的なものであるため、本体構造物と同等な調査、計画、設計が行われないことがある。したがって、施工時に調査したデータと計画時に設計者が意図した条件とを比較検討し、安全であることを確かめなければならない。安全率の標準については、4.3.1

に規定されている。

変位として、水平変位、鉛直変位、傾き等が考えられるが、最も重要なのは、鉛直変位、特に沈下量である。沈下で問題となるのは、地質の変化による基礎の不同沈下、荷重の偏心（不均等荷重）による基礎の不同沈下等であり、本体構造物に影響する場合も考えられる。

仮設構造物の基礎は、木材、鋼材、コンクリート、鋼杭、コンクリート杭およびこれらの併用等多種多様であり、施工管理基準を同一とすることには問題があるため、重要度に応じて検討することが望ましい。

一般に、仮設構造物の基礎を施工するための地盤調査には、設計時の土質調査データや周辺構造物の施工事例を用いるが、地質の変化や地下水位の変動が著しく、連続性に欠ける場合や下部工工事で掘削・埋戻しが行われている場合等、特殊な条件の場合は、さらに原位置での詳細な調査（標準貫入試験、現場载荷試験等）を行うことが望ましい。

また、架設中における基礎の施工管理として、流水による洗掘防止および降雨後の排水不良に起因する地耐力の変化防止等の対策も重要である。

5.2.3 地耐力が不足する場合の仮設構造物の施工

仮設構造物を施工する地盤が、現状のままでは地耐力が不足する場合の施工にあたっては、設計条件と現地の調査データに基づいて施工計画を検討し、最適な工法を選定しなければならない。

【解 説】 5.2.2 の検討において地耐力が不十分であると判定された場合は、架設工法の変更、支持面積の拡大、杭基礎、地盤改良等の工法を検討するが、これらの工法比較に際しては、安全性、施工性、経済性を十分考慮する必要がある。

仮設構造物の基礎の検討においては、その地耐力と本体構造物の設計条件ならびに仮設構造物に作用する载荷期間との相対関係を考慮しなければならない。たとえば、高含水比の粘性土地盤でも小規模の構造物を支持し、载荷期間も短い場合は直接支持することがあり、さらに、密な砂質土地盤でも、重量構造物で変位に対しての条件が非常に厳しい本体構造物の場合は、地耐力不足の地盤となり、特別の処置を必要とすることがある。なお、工法によっては周辺の地盤・環境に悪影響を及ぼす可能性もあるので注意を要する。

さらに、地耐力は、長期の降雨、地下水位の低下、流動化、不同沈下、地震その他の外的要因により架設工事中においても変動する可能性がある。したがって、地盤反力係数の小さい地盤上の基礎、圧密沈下が予想される地盤上の基礎、大きな仮設構造物の基礎等においては、必要に応じて、変位量、地盤反力、地震時等の検討を行うことが望ましい。

また、参考文献として、土質調査については、文献 1)~3)、軟弱地盤の調査、処理方法、施工については文献 4)、5)、変位量、地盤反力の検討については文献 6)、地震時の検討については文献 7) がある。

5.3 部材の組立

5.3.1 部材の組立一般

部材の組立は、組立記号、所定の組立順序に従って正確に行い、組立中の部材は入念に取り扱って損傷のないように注意しなければならない。部材の接触面は、組立に先立ち清掃する。

部材の組立に使用する仮締めボルトとドリフトピンは、本締めまでの間の部材の位置決めと、架設応力に十分耐えるだけの本数を用いる。本締めに先立ち、構造物の形状、継手部の組立状況等に支障がないことを確認しなければならない。

【解説】 組立作業の一般的注意事項について述べたものである。部材は輸送中に損傷を受け、小さな変形を起こしている場合もあるので、部材を組み立てるときに支障のないことを確かめる必要がある。また、組立部材の吊上げでは重心点を確認して玉掛けワイヤをかける。部材の角には半割パイプ、曲げ板等“やわら”を必ず使い、部材や塗膜の損傷と玉掛けワイヤの擦り切れの防止に留意しなければならない。

また、箱桁などの大型部材、重量部材には吊金具をあらかじめ工場で付けておき、運搬時、現場組立時の安全を確保する必要がある。

組立は、沈下のおそれのない確実な基礎をもつ支持台の上で行い、部材を付け違えないように注意する。部材の接触面は、仮置き中に汚損されている場合が多いので、組立に先だち清掃する。

仮締めボルトとドリフトピンの本数の合計は、その箇所の全連結ボルト数の1/3程度が標準であるが、施工方法により増減する。たとえば片持式架設のように大きい架設応力の作用する場合は、その架設応力に十分耐えるだけの仮締めボルトとドリフトピンを用いなければならないし、また、ケーブルエレクション直吊り工法の場合、架設初期には吊り形状の変化が大きいため、むしろ数を減らし部材間の自由度を増やすようにして施工する。

ドリフトピンは、仮締めボルトとドリフトピンの合計本数の1/3以上使用するのがよい。仮締めボルトは、本締めボルトと同一径のものを使用するのがよく、添接面にすきまがないよう密着させて、組立作業中に結合した部材がずれないように十分締め付ける。

組立が完了した時点で、本締めに先立ち組立部材が設計図に示された形状と一致しているかどうかを検査する必要がある。その検査は、次のような項目について行う。

(1) 形状

部材の傾き、ねじれ、そり等の諸数値を測量し、不具合のないことを確かめる。不具合な場合は、必ず適正な方法で矯正する。工場仮組立を行っている場合には、そのときの検査数値と比較して検討するのがよい。

(2) 継手部材間の肌すき

継手部の部材と連結板の密着度（すきま間隔）は見落すことが多いので、細心の注意を払って目視検査を行い、肌すきが大きい場合はテーパーフィラー等により、極力早めに手直しを行うものとする。

(3) 継手部の孔の精度

ボルト孔の不ぞろいを調べ、支障のないことを確かめる。

5.3.2 高力ボルト

高力ボルトの締付けは、接触面の処理、継手部材間の肌すき、ボルトの締付け方法、締付け順序等に十分注意して、所定の締付け力を導入しなければならない。締付け完了後は、締付け検査を行う。

【解 説】 高力ボルト接合には、摩擦接合、支圧接合、引張接合の3種類があるが、摩擦接合方式が最も一般的で、支圧接合はボルト孔に高い加工精度を要求するため、現在では特殊用途以外には、ほとんど使用されていない。引張接合はパイプトラスのフランジ継手などによく使用される。

(1) 高力ボルトの種類と締付け方法

現在、一般に使用されている高力ボルトには、高力六角ボルト（写真5.3.1）とトルシア形高力ボルト（写真5.3.2）の2種類がある。ボルトの種類によって締付け方法がいくつかあるが、高力六角ボルトではトルク法による締付け方法が一般的である（図5.3.1）。

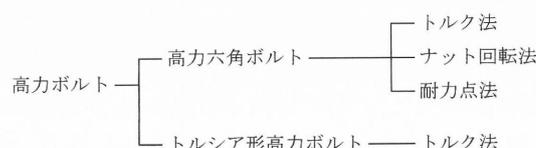


図 5.3.1 高力ボルトの種類と締付け方法

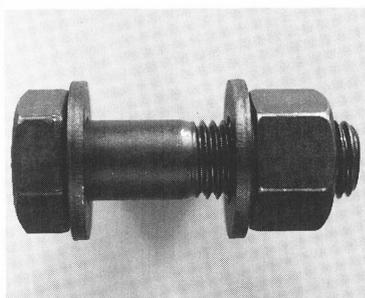


写真 5.3.1 高力六角ボルト

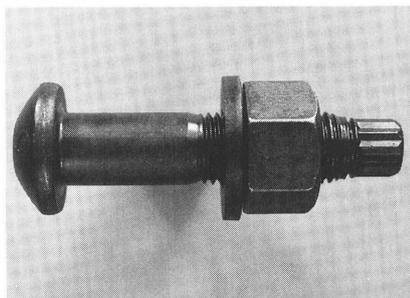


写真 5.3.2 トルシア形高力ボルト

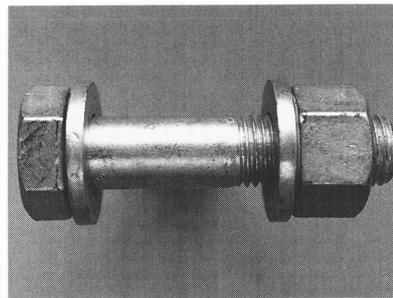


写真 5.3.3 溶融亜鉛めっき高力ボルト

トルク法は、ナットを回すトルクでボルト導入軸力を管理する方法であるが、やむを得ずボルトの頭を回す場合はトルク係数が変わるため、頭締め専用の座金を使用し、現場予備試験を行って、その値を確認しなければならない。最近では、トルク法による締付け作業、管理がより容易なトルシア形高力ボルトも一般的に使用されている。このボルトは、ナットの締付けトルクの反力をボルト先端のピンテールでとり、ピンテールの破断溝が破断するまで締め付けることにより、ボルトに軸力を導入する構造になっている。

ナット回転法は、締付けによる軸力をボルトの伸びと相関するナットの回転量で管理する方法である。したがって、ナット回転量を測る始点の選定が重要であり、材片間に肌すきがなくなる程度にトルクレンチで締め付けた状態、あるいは組立用スパナで力いっぱい締めた状態（スナックタイト）を始点とする。ナットの回転量は標準ボルト軸力を確保し、かつボルトの破断に対して適切な余裕をもっていなければならない。したがって、道路橋示方書では実績のある8Tのみに適用を認めており、通常、溶融亜鉛めっきボルト（写真5.3.3）の締付け方法に採用されている。

耐力点法は特殊な締付け機械を用い、軸部の応力が耐力点を越えたことを感知するまで締め付けることにより、軸力を制御する方法である。ボルト群の締付け要領はトルク法と同様である。

表 5.3.1 標準ボルト軸力 (kN)

ボルト等級	呼び	設計ボルト軸力	標準ボルト軸力
F8T	M20	133	146
	M22	165	182
	M24	192	211
F10T, S10T	M20	165	182
	M22	205	226
	M24	238	262

表 5.3.2 回転法で与える回転角⁸⁾

ボルトの長さ	回転角
ボルト長が径の 5 倍以下の場合	1/3 回転 (120°) ±30°
ボルト長が径の 5 倍をこえる場合	施工条件に一致した予備試験によって目標回転角を決定する。

(2) 締付けボルト軸力

設計ボルト軸力と標準ボルト軸力を表 5.3.1 に示す。標準ボルト軸力は施工時のばらつきを考慮して、設計軸力の 10%増しとしている⁸⁾。

ナット回転法による締付けでは、スナックタイトの後に表 5.3.2 の回転角をナットに与えて本締めとする。

(3) ボルトの取扱い

- 1) ボルトは現場での保管を短くするように計画的に搬入する。
- 2) 雨、夜露などを受けないように梱包したままで保管庫等に収納する。
- 3) ボルトの梱包は、使用直前必要量だけ解くようにする。
- 4) 開包後に濡れ、錆の発生、ほこりや砂などのねじ部への付着など、品質に変化を生じないように配慮する。特に、ねじ部は損傷を受けやすいので取扱いに注意する。

(4) 接合面の管理

摩擦接合の継手は、設計において滑り係数 0.4 として耐荷力を計算⁸⁾しているので、その接触面は 0.4 以上の滑り係数が得られるように処理しなければならない。すなわち組立て前に、接触面の浮き錆、油、塗料、泥などを十分に清掃して取り除かなければならない。ただし、工場塗装を施す場合は 0.4 以上の滑り係数が確保できる塗料に限り、あらかじめ防錆処理することができる。

部材と連結板とは、締付けによって密着し、肌すきが生じてはならない。食違いが生じた場合は、テーパを付けるなどの処理を施す。

(5) 締付け方法と使用機器

1) 締付け方法と使用機器

締付け方法に応じて、使用する機器が異なる。表 5.3.3 に締付け方法と使用する機器を示す。

2) 機器の定期検定

使用機器の校正・検定は、表 5.3.4 に示す基準で行う。

(6) 締付け手順

ボルトは 1 回で所定の軸力まで締め付けると、先に締めたボルトが緩むため、予備締めと本締めの 2 回に分けて締め付ける。予備締めの軸力は目標とする締付け軸力の 60%程度とするのがよいが、回転法ではスナックタイト状態とする。各締付け方法で本締め方法が変わるが、締付けは図 5.3.2 に示す手順で行われる。

表 5.3.3 締付け方法と使用機器

名 称	機 器	締付け方法			
		トルク法	ナット回転法	耐力点法	トルシア用
本締めレンチ	電動式	トルク法レンチ	○		
		ナット回転法レンチ		○	
		耐力点法レンチ			○
		トルシア専用締付け機			○
	手動式	プレート形トルクレンチ	○		
		ダイヤル形トルクレンチ	○		
		プレセット形トルクレンチ	○		
		トルシア専用締付け機			(使用不可)
予備締めレンチ	エアークラッシュレンチ	○		○	
	電動インパクトレンチ	○		○	
軸力計	油圧式軸力計	○		○	
	電動式軸力計	○		○	

表 5.3.4 機器の定期検定

機械器具名	定期検定頻度	検定基準
軸力計	現場搬入時、以降 3 カ月に 1 回	±3%
トルクレンチ	現場搬入時、以降 1 カ月に 1 回	±3%
締付け機	現場搬入時、以降 3 カ月に 1 回	±4%

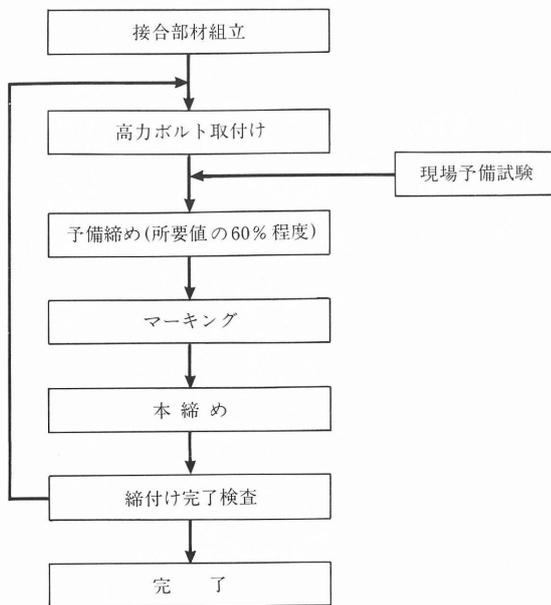


図 5.3.2 締付け手順

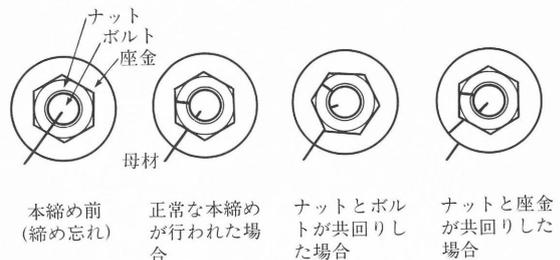


図 5.3.3 マークの状態

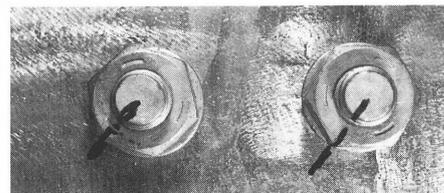


写真 5.3.4 予備締め完了後のマーキング

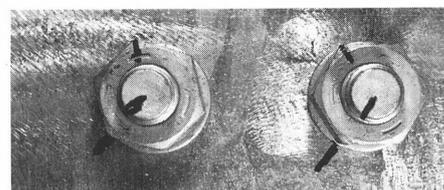


写真 5.3.5 本締め完了後のマーキング

表 5.3.5 六角ボルト現場予備試験ボルト軸力 (kN)

ボルト等級	呼び	標準ボルト軸力	下限 (-5%)	上限 (+5%)
F8T	M20	146	139	153
	M22	182	173	191
	M24	211	200	222
F10T	M20	182	173	191
	M22	226	215	237
	M24	262	249	275

表 5.3.6 トルシア形ボルト現場予備試験ボルト軸力 (kN)

温 度	ボルト等級	呼び	標準ボルト軸力	下限値	上限値
常温時 10°C~30°C	S10T	M20	182	172	202
		M22	226	212	249
		M24	262	247	290
常温以外 0°C~10°C 30°C~60°C	S10T	M20	182	167	211
		M22	226	207	261
		M24	262	241	304

(7) 現場予備試験

1) トルク法⁹⁾

締付け機の調整を毎日締付け作業開始前に行う。

- (a) 供試ボルト 5 本を抽出する。
 (b) ボルト出荷時のトルク係数値 (k) から、所要締付けトルク (T) を次式で算出する。

$$T = k \cdot d \cdot N$$

N : 締付け軸力, d : 呼び径

- (c) 算出した締付けトルクに対応する制御目盛を較正図より読み取り、締付け機の出力調整を行う。
 (d) 供試ボルトで軸力計を締め付け、締付け軸力を読む。
 (e) 締付け軸力の平均値が表 5.3.5 の範囲に入れば調整が完了する。

軸力が範囲外であれば、得られたボルト軸力から平均トルク係数を求め、再度新しいボルトを抽出して調整する。

2) トルシア形ボルト⁸⁾

- (a) 供試ボルト 5 本を抽出する。
 (b) 供試ボルトで軸力計を締め付け、締付け軸力を読む。
 (c) 締付け軸力の平均値が表 5.3.6 の範囲に入れば合格とする。

3) 回転法

- (a) 供試ボルトを 5 本抽出する。
 (b) 回転角を確認する。
 (c) 回転角が $\pm 10^\circ$ 以内であれば合格

4) 耐力点法⁸⁾

- (a) 供試ボルトを 5 本抽出する。

表 5.3.7 耐力点法現場予備試験ボルト軸力 (kN)

ボルトの等級	呼び	標準ボルト軸力	下限値	上限値
F10T	M20	182	$0.196\sigma_y$	$0.221\sigma_y$
	M22	226	$0.242\sigma_y$	$0.273\sigma_y$
	M24	262	$0.282\sigma_y$	$0.318\sigma_y$

σ_y : ボルト試験片の耐力 (N/mm²) (JIS 4 号試験片による)

表 5.3.8 締め付け検査と不合格処置

締め付け方法	トルク法	トルシア形ボルト	ナット回転法	耐力点法
ナット・座金	ナット・座金の裏返しがないか全量検査 不合格処置：ボルト取替え			
締め忘れの有無	マークのずれ	ピンテール破断	マークのずれ	マークのずれ
	不合格処置：本締め			
ボルトの長さ	余長の確認		余長不足：ボルトの取替え	
締め付け異常	共回りの有無		不合格処置：ボルト取替え	
締め付けの適否	各ボルト群の 10% を抜き取りトルクレンチで締め付けトルクを測定。不合格の場合はさらに倍の数を抜き出して再検査 判定基準： 目標トルク ±10% 以内	一群のボルトの回転量とそのばらつきを目視検査	各ボルトの回転量を測定 判定基準： 目標回転角 ±30° 以内	5 本のボルトを抽出して回転量を測定 判定基準： その平均値 ±30° 以内
	不合格処置： ・トルク不足： 増し締め ・過大トルク： ボルト取替え	不合格処置： ・回転量の過大： ボルト取替え ・回転量不足： ボルト取替え	不合格処置： ・回転量の過大： ボルト取替え ・回転量の不足： 既定値まで追い締め	不合格処置： ・回転量の過大： ボルト取替え ・回転量の不足： ボルト取替え

- (b) 供試ボルトで軸力計を締め付け、締め付け軸力を読む。
- (c) 締め付け軸力の平均値が表 5.3.7 の範囲に入れば合格とする。
- (d) 締め付け機はメーカーで調整する。

(8) 締め付け検査

締め付け完了後に表 5.3.8 の項目について検査を行い、品質要求に不適合が生じた場合は、適切な処置を施す。

5.3.3 現場溶接

現場溶接の施工は、次の各項を守るとともに、設計で指定された方法に従って慎重に行わなければならない。また、溶接作業者は定められた認定試験に合格した有資格者でなければならない。

- (1) 現場溶接の施工にあたっては、溶接に伴う収縮、変形、拘束等が、全体構造、細部構造に与える影響についてあらかじめ検討しなければならない。
- (2) 溶接部・溶接材料の清掃、乾燥状態には特に注意し、それらを良好な状態に保つのに必要な諸設備を現場に備えなければならない。
- (3) 現場溶接に先立ち、開先の状態、材片の拘束状態に注意をはらわなければならない。
- (4) 溶接材料、溶接検査などに関する溶接施工上の注意点については、工場溶接に準じて配慮するもの

とする。

(5) 溶接のアークが風による悪影響を受けるおそれがある場合は、防風設備を設置しなければならない。

【解 説】 現場溶接は、施工条件、作業環境という点では工場溶接と比較して不利になる場合が多いので、一般的には工場溶接に比べて厳しい管理が必要となる。したがって、溶接過程の検査、つまり溶接材料、溶接設備、組立精度、溶接施工状況などの管理に重点をおき、溶接欠陥の発生をできるだけ未然に防ぐように心がける必要がある。

文献9)に記述されている内容をもとに、現場溶接の施工に関しての一般的な共通事項について以下に示す。

(1) 現場溶接施工要領書

現場溶接工事を実施するにあたり、受注者は現場溶接施工要領書を発注者に提出する必要がある。ただし、開先形状等、工場製作にかかわる事項は工場製作要領書に記載し、事前に検討しておくことが必要である。

要領書の内容は原則として次のとおりとする。

- 1) 適用の範囲、準拠仕様書、示方書
- 2) 現場溶接工事の概要（溶接継手の位置および溶接長、架設順序との関連等を含む）
- 3) 溶接工法（継手の形式と溶接方法）
- 4) 溶接担当技術者名簿（氏名、資格、経歴）
- 5) 溶接作業者の名簿（氏名、資格証明書の写し）
- 6) 溶接機器の種類、台数、配置
- 7) 溶接材料の種類、銘柄、保管と再乾燥要領
- 8) 標準開先形状とその許容値
- 9) 溶接用治具の取付け要領および開先目違い、ルートギャップ等の修正方法
- 10) 溶接施工条件（鋼種、開先、板厚ごとの予熱温度、電流値、電圧値、溶接速度、入熱量、層間温度、積層方法および溶接作業の禁止条件等）
- 11) 溶接順序
- 12) 開先の管理（仮付け溶接の位置、寸法、清掃）
- 13) 溶接の管理（天候、記録）
- 14) 検査（補修要項を含む）
- 15) 安全対策

なお、採用する溶接工法によっては、以上のうち記述する必要のないものもある。

溶接施工法は、施工試験または実績によって決定することを原則としており、このほかに溶接施工試験要領書等の資料が必要となる。

特殊な施工条件における現場溶接の場合は、溶接施工試験を行って溶接施工方法を決定するのがよい。ただし、施工者がすでに同種の施工試験、実施施工の経験をもち、施工管理に信頼のおける場合には、資料の提出、検討によって施工試験を省略できる。溶接施工試験の注意としては、

- 1) 実物に近い条件を与える
- 2) 試験体製作にあたっては、工場製作に比べて精度がおちていることを考えて、開先の形状を定める
- 3) 最適予熱温度を把握する

などがある。

(2) 溶接作業者

溶接作業者は、その技量が溶接構造物の品質に大きな影響を及ぼすので、定められた認定試験に合格した有資格者でなければならない。

溶接技術検定には、手溶接および半自動溶接について溶接姿勢、溶接作業、溶接方法の組合せで、非常に多くの試験種類が規定されている。これらは多岐にわたる現在の溶接継手のすべてに対応するように定められたもので、溶接作業には、これらの中から当該工事に適合する有資格者をあてることとする。

被覆アーク溶接に従事する溶接作業者は、溶接継手の板厚および溶接姿勢に対応した JIS Z 3801 の有資格者でなければならない。たとえば鋼橋脚の厚板の現場突合せ溶接をする場合は、A-3H の資格が必要である。また、半自動溶接（CO₂ ガスシールド溶接等）に従事する溶接作業者は JIS Z 3841 に該当する板厚、姿勢を満足する資格を有する者でなければならない。

CO₂ 自動溶接に従事する溶接作業者は、適用する箇所の溶接方法、溶接作業区分、溶接姿勢に応じた有資格者をあてるだけでなく、実績がある者、または自動溶接機の操作等を含め十分な訓練を受けた者とする。

サブマージアーク溶接については、現在、技術検定はないが、これに従事する溶接作業者はこの溶接法によく精通し、かつ JIS Z 3801 の A-2F 以上の資格を有するものであることが望ましい。

(3) 溶接管理

1) 溶接材料

被覆アーク溶接棒の使用区分および溶接材料の乾燥条件については道路橋示方書⁸⁾15.3.3 に標準的なものが示されている。

溶接棒の運搬・保管が不適切な場合、被覆材の吸湿や被覆のひび割れ、あるいは破損が生ずると各種の溶接欠陥が生じやすいので、その取扱いは十分慎重にする必要がある。保管は湿気の少なく塵埃の混入しない場所に銘柄ごとに区別して行い、開封量は必要最小限度とし、常に新しいものが使用されるように留意する。

特に低水素系溶接棒、フラックス入りワイヤおよびサブマージアーク溶接用のフラックスについては、保管に注意を要する。吸湿あるいは破損した裏当て材は廃棄する。フラックスは使用する前に原則として乾燥する必要がある。

CO₂ ガスシールド溶接に使用する炭酸ガスに水分が含まれていると欠陥の原因となるので、できるだけ水分の少ない JIS で規定された 3 種のガスを使用しなければならない。

2) 溶接機器

現場溶接にあたって現場に備える機器のうち、電源と配電盤等の配置が重要である。電源設備として、受電設備を用意する場合と発電機を用いる場合がある。いずれにしても、現場溶接に用いる機器の容量と使用率を考慮して、容量不足にならないように注意すべきである。溶接機器については、定格容量および台数などを記入したリストを作成し、所要電力容量の算出および溶接機器の配置図を要領書に記載するのが望ましい。

なお、発電機を用いる場合、電圧および周波数の設定に十分注意することが必要である。

3) 開先面の清掃

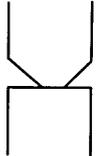
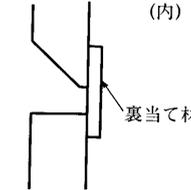
開先面の水分、油脂、錆、塗膜等は、溶接欠陥の要因となるため、十分に取り除く必要がある。開先防錆材の塗布についてもその種類と溶接方法によっては、溶接の欠陥の原因となることがあるので、注意する必要がある。

4) 予熱

必要に応じて予熱を行うものとする。予熱については道路橋示方書⁸⁾15.3.3 を参考とする。予熱温度の測定は温度チョーク等により行い、計画どおりの予熱が保たれているかどうか確認する。

5) 溶接作業の禁止

表 5.3.9 鋼製橋脚の突合せ溶接の開先形状例⁹⁾

継手	開先形状	溶接方法等
K 開先突合せ継手	(外)  (内)	被覆アーク溶接または ガスシールドアーク溶接 (外側よりガウジングの両面溶接)
裏当て材レ形開先突合せ継手	(外)  (内) 裏当て材	ガスシールドアーク溶接 (片面裏波溶接)

次の場合には原則として溶接を行ってはならない。

- (a) 雨天または作業中雨天となる恐れのある場合
- (b) 雨上がり直後で継手開先部が濡れている場合
- (c) 強風時
- (d) 気温が 5°C 以下の場合

ただし、上記は、継手の品質に悪影響を与えることを予測して溶接作業を禁止しているものであり、これらの気象条件下でも継手品質に悪影響を及ぼさないような対策を施した場合は、溶接を行ってもよい。

(4) 現場溶接施工および検査

鋼製橋脚と鋼床版を例にとりて現場溶接の施工と検査にあたっての注意事項を述べる。

1) 鋼製橋脚

(a) 溶接継手の施工

鋼製橋脚の突合せ溶接には、被覆アーク溶接法およびガスシールド溶接法が用いられる。一般にレ形開先で鋼製橋脚の外側より溶接し、裏波を出す片面裏波溶接工法が採用されている。

ガスシールドアーク自動溶接は効率的であるが、防風について十分な対策が必要である。橋脚は一般に厚板であるため、できる限り溶接量が少なくなる開先形状とすることが望ましいが、あまり狭開先とするとスラグなどはく離が難しくなり、スラグ巻込みなどの欠陥を生じやすくなる。

橋脚のような厚板を被覆アーク溶接で行う場合には拘束応力が大きくなり、低温割れが生じやすくなる。それを防ぐためには単層ビードのまま長時間放置せず、少なくとも 3 層までは連続して溶接するのがよい。また、ガスシールドアーク溶接では被覆アーク溶接に比べて高温割れを起こしやすくなるので注意を要する。なお、橋脚内部から溶接する場合、溶接作業者の安全のため溶接ヒュームなどの排煙、換気に対してマンホールを設けるなど設計段階より十分検討しておく必要がある。

(b) 開先形状

継手の開先形状は溶接方法との関連において決定される。参考として溶接方法別の橋脚の突合せ溶接開先形状例を表 5.3.9 に示す。

(c) 溶接検査

溶接施工前には、開先寸法、目違い、溶接面の清掃の良否について、施工中は溶接順序、溶接条件、裏はつり、スラグの清掃、溶接後は外観、亀裂、アンダーカット、余盛高さなどを検査または管理する。

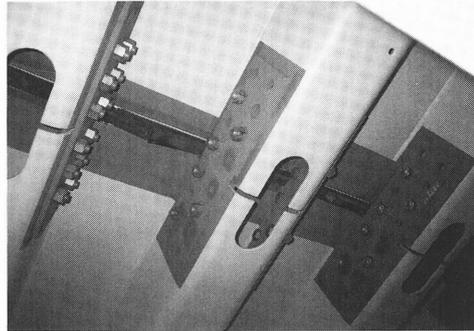


写真 5.3.6 裏当て材取付け状況

溶接継手については、放射線透過検査または超音波探傷検査（角形橋脚のコーナー部）を行う。検査箇所は、道示の規定に準じて決定されなければならない。

検査の結果は JIS Z 3104 または JIS Z 3060 により、引張りを受ける継手では 2 類以上、圧縮を受ける継手では 3 類以上でなければならない。

(d) 開先ルートギャップおよび目違いの修正

K 開先突合せ継手（両面溶接）の場合、ルートフェイスがメタルタッチされるので、建込みの際のルートギャップに格段の注意を要しないが、片面裏当て材方式ではルートギャップを維持するため、治具について十分検討することが必要である。片面裏当て材方式でのルートギャップは単に溶接継手の品質に影響するだけでなく、鋼製橋脚の寸法（主として高さ）にも影響を与える。建込み治具は鋼製橋脚の倒れ、高さなどの寸法および溶接継手のルートギャップを調整できるものでなければならない。

鋼製橋脚継手の目違いは、板厚が厚く断面の剛度が大きく、現場での修正は困難であり、仮組立時の調整・管理が必要である。

2) 鋼床版

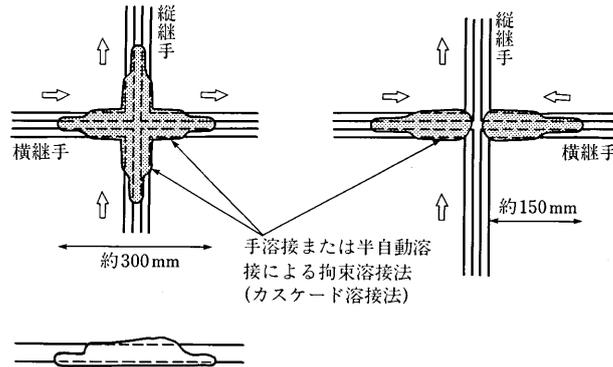
(a) 溶接継手の施工

デッキプレートの突合せ溶接は、片面溶接が一般的である。溶接施工法としては、裏当て材（ソフトバックキングなどを用いて溶接後、取り除く。写真 5.3.6 参照）を用いたサブマージアーク溶接、または CO₂ ガスアーク半自動溶接、裏当て金（鋼板を用いて溶接後も取り除かない）を用いた被覆アーク溶接がある。通常、裏当て材を用いた片面裏波溶接が採用されるが、歩道橋などの小規模な橋梁では裏当て金を用いた被覆アーク溶接の例もある。

デッキプレートでは、板厚が通常 12～14mm 程度であり、一般にサブマージアーク溶接が用いられる。サブマージアーク溶接による片面裏波溶接では裏当て材が非電導体であり、開先内に充てん材（パウダまたはカットワイヤ）を散布する。これにより溶着効率もよくなっている。

サブマージアーク溶接による片面裏波溶接では高温割れが生じやすい。特に継手の始末端およびビードの交差部に発生しやすく、これらを終端割れという。したがって始末端、交差部は終端割れ防止対策を十分検討する必要がある。

デッキプレートの現場継手交差部の割れ防止対策が種々工夫されているが、現在、多く用いられている方法は図 5.3.4 に示す拘束溶接法である。この溶接法は部分的に手溶接または半自動溶接により裏波を出して溶接した後、サブマージアーク溶接で全体の溶接を完成させる方法である。

図 5.3.4 デッキプレートの交差部の拘束溶接法⁹⁾表 5.3.10 デッキプレート突合せ溶接の開先形状例⁹⁾

継手	開先形状	溶接方法等
V 形開先突合せ継手		サブマージアーク溶接 または CO ₂ ガスアーク溶接 (片面裏波溶接)
裏当て金 V 形開先突合せ継手		被覆アーク溶接 (片面溶接)

表 5.3.11 鋼床版縦リブ (トラフリブ) の突合せ溶接の開先形状例⁹⁾

継手	開先形状	溶接方法等
レ形開先突合せ継手 (隔板裏当て金方式)		被覆アーク溶接 (片面溶接)
レ形開先突合せ継手 (裏当て金方式)		被覆アーク溶接 (片面溶接)

鋼床版縦リブ (トラフリブ) の突合せ溶接および縦リブとデッキプレートのすみ肉溶接は立向きおよび上向き姿勢となるため、通常、被覆アーク溶接で施工される。したがって、開先形状の適、不適および溶接作業者の技量が継手品質の重要な要因となる。特に初層の溶込みが重要で、ルート間隔が狭いと溶込み不良を起しやすいためルート間隔の管理が大切である。

(b) 開先形状

参考としてデッキプレート突合せ溶接の開先形状例を表 5.3.10 に、鋼床版縦リブ (トラフリブ) の突合せ溶接の開先形状例を表 5.3.11 に示す。

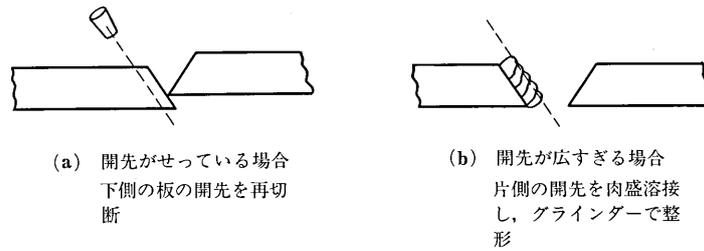
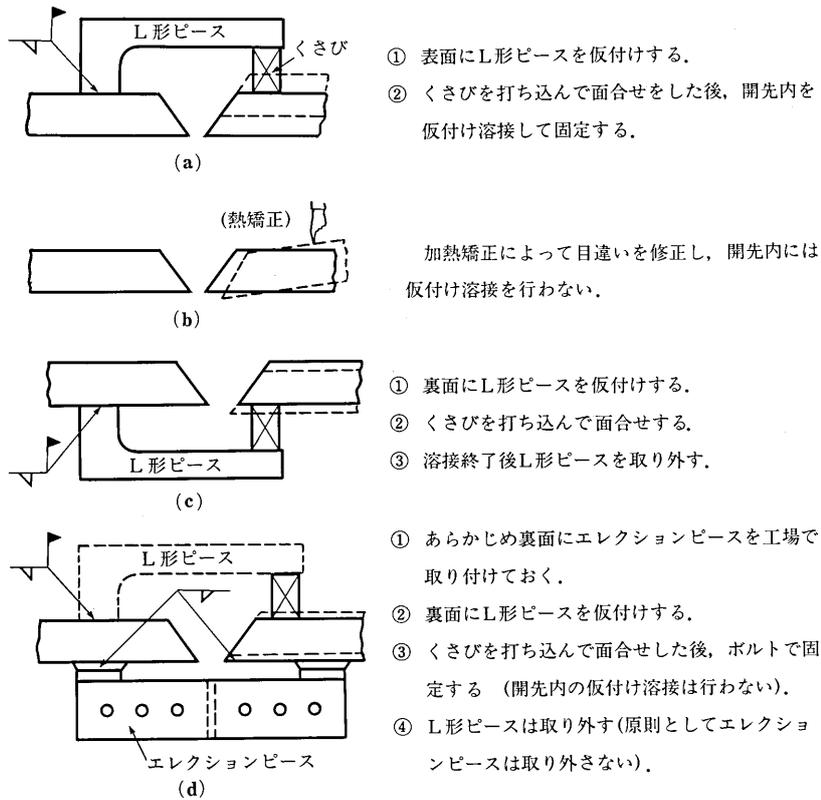


図 5.3.5 ルートギャップの修正方法例⁹⁾



- ① 表面にL形ピースを仮付けする。
 - ② くさびを打ち込んで面合せをした後、開先内を仮付け溶接して固定する。
- (a)
- (熱矯正)
- 加熱矯正によって目違いを修正し、開先内には仮付け溶接を行わない。
- ① 裏面にL形ピースを仮付けする。
 - ② くさびを打ち込んで面合せする。
 - ③ 溶接終了後L形ピースを取り外す。
- (c)
- ① あらかじめ裏面にエクシジョンピースを工場に取り付けておく。
 - ② 裏面にL形ピースを仮付けする。
 - ③ くさびを打ち込んで面合せした後、ボルトで固定する（開先内の仮付け溶接は行わない）。
 - ④ L形ピースは取り外す（原則としてエクシジョンピースは取り外さない）。
- (d)

図 5.3.6 目違いの修正方法例⁹⁾

(c) 溶接検査

一般にサブマージアーク溶接等の自動溶接を用いる場合、施工管理を確実に行っていけば品質の安定度は手溶接および半自動溶接に比べて良好であるが、継手の構造的な特徴から継手品質に及ぼす特異箇所が認められることがある。たとえば、デッキプレートの溶接継手での特異箇所は継手始末端部、継手交差部およびビード継ぎ部などである。したがって、これらの特異箇所は必ず検査範囲に含めなければならない。

デッキプレートの現場溶接継手の放射線透過試験検査率は、道路橋示方書⁸⁾15.4.6に示されている。なお、超音波探傷を用いている例もある。

縦リブ（トラフリブ）の突合せ継手の検査は、構造上、放射線透過試験および超音波探傷試験が困難なため、外観検査でビード表面のピット、アンダーカット、オーバーラップなどを検査する。

(d) 開先ルートギャップおよび目違いの修正

デッキプレートの突合せ継手のルートギャップは、架設時と仮組立時とにおいて次の理由から異なることが考えられる。

a) 架設時と仮組立時の支持状態の相違

b) 仮組立時と架設時の温度差

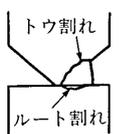
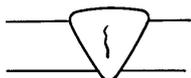
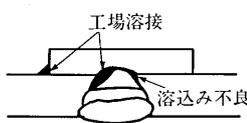
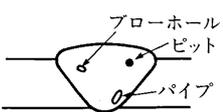
したがって、架設現場でのルートギャップが溶接施工試験によって確認した溶接許容値を超える場合は、開先を修正することとし、その要領を明らかにしておくことが必要である。現場での修正方法を図 5.3.5 に示す。

デッキプレートの突合せ溶接継手の目違いにおいても、架設時と仮組立時での再現性は必ずしも良好とはいえない。したがって、現場での目違いの修正があり得るので、要領書にその修正方法を明らかにしておくことが必要である。現場での目違い修正方法の例を図 5.3.6 に示す。

(5) 溶接部の欠陥とその対策

検査の結果、溶接部の欠陥が発見された場合、その発生原因を調べ、適切な処置を講じなければならない。現場で発生する代表的な溶接欠陥とその対策例を表 5.3.12 に示す。

表 5.3.12 現場溶接における溶接欠陥とその対策⁹⁾

溶接欠陥	発生状況	溶接方法	施工箇所	対策
低温割れ		被覆アーク溶接	鋼橋脚	(1) 適当な予熱を行う。 (2) 溶接棒は使用前に十分乾燥し、また乾燥器より取り出した後に吸湿がないよう留意する。
高温割れ		サブマージアーク溶接	鋼床版デッキプレート	(1) ルート間隔に対する適正な溶接電流を使用する。 (2) 始末端部のエンドタブ取付け部や交差部は拘束溶接法を用いる。
溶込み不良		被覆アーク溶接	鋼床版縦リブ (トラフリブ)	ルート間隔が狭い場合は、アークエアガウジング等でルート間隔を広げるか、棒径の小さい溶接棒を選ぶ。
スラグ巻き込み		被覆アーク溶接	鋼橋脚 鋼床版縦リブ (トラフリブ)	(1) 前層のスラグは十分に除去する。 (2) 深い溝をつくらない積層方式をとり、もし深い溝をつくった場合には、アークエアガウジング等で溝を広げたうえで溶接する。
ブローホール、パイプ、ピット		サブマージアーク溶接 被覆アーク溶接	鋼橋脚 鋼床版デッキプレート 縦リブ (トラフリブ)	(1) 溶接部の清掃を十分に行う。 (2) 十分乾燥した溶接材料を使用する。

5.3.4 併用継手

部材の連結に溶接接合と高力ボルト摩擦接合を併用する場合は、次の規定による。

- (1) グループ溶接を用いた突合せ溶接と高力ボルト摩擦接合との併用および主たる応力方向に平行なすみ肉溶接と高力ボルト摩擦接合との併用にあたっては、それぞれが応力を分担するものとしてよい。
- (2) 溶接接合と高力ボルト摩擦接合を併用する場合、溶接する材片の局部的収縮応力を解放するため、本締めしたボルトへの悪影響を回避するため、溶接する材片の近傍にある高力ボルトの本締めは溶接後に行うものとする。
- (3) 主たる応力方向に直角なすみ肉溶接と高力ボルト摩擦接合とは併用してはならない。
- (4) 溶接と高力ボルト支圧接合とは併用してはならない。

【解 説】 鋼床版箱桁あるいは鋼製橋脚の継手において、溶接接合と高力ボルト摩擦接合を併用する接合方法が採用される機会が増えてきている。また既設構造物の補修工事などで、リベット継手の一部を摩擦接合用高力ボルトに取り替える場合もある。このように、同一継手に異種の接合方法を併用する継手を併用継手と称する。

- (1) 併用継手に用いる異種の接合法の応力伝達特性と変形特性がほぼ等しい場合のみその使用が許容される。グループ溶接を用いた突合せ溶接あるいは主たる応力方向に平行なすみ肉溶接と高力ボルト摩擦接合については母材の変形特性とほぼ等しいので、それらの併用が許容される。
- (2) 最近、鋼桁の現場接合にフランジを突合せ溶接、ウェブを高力ボルト摩擦接合とする併用継手が採用されるようになった。鋼桁のフランジ板厚が 50 mm を超えて高力ボルト接合が適さなくなる場合やプレキャスト床版を採用するため上フランジの高力ボルト接合を回避する場合がこれに相当する。後者の場合で接合時に継手に荷重伝達を期待するときは下フランジも高力ボルト摩擦接合とする場合もある。このような併用継手において、高力ボルト全数を本締めしてフランジの溶接を行うと、溶接部の熱収縮のためにフランジに引張残留応力が生じ、またフランジ近傍のウェブの高力ボルトに滑りが発生し、摩擦接合の機能を低下させる。このような不具合を回避するため、フランジの突合せ溶接時にフランジ近傍のウェブ高力ボルト数行は仮締めとして拘束度を緩和しておき、溶接部の熱収縮が終了した後に本締めする。参考文献 10) では、ウェブ高さ 3 m、ウェブ高力ボルト配置 6 列× 29 行に対して、溶接するフランジからウェブ高さの 6 分の 1 の範囲にある高力ボルトを仮締めしている。片側のフランジが溶接継手で、他が高力ボルト継手の併用継手では、溶接による収縮の影響でキャンバーが変化するため、この影響を考慮する必要がある。また、溶接による収縮の影響を受けるため、ボルト孔を拡大孔にするなどの対策も必要である。
- (3) 主たる応力方向に直角なすみ肉溶接と高力ボルト摩擦接合との併用は、両者の変形性状が異なっており、応力分担が不確定であるため、使用しないものとした。
- (4) 高力ボルト支圧接合では、応力の伝達がボルトのせん断変形によって行われる。そのため、高力ボルト支圧接合と溶接では力と変形の関係が著しく異なるので、両者を併用しないこととした。

5.4 架設作業

5.4.1 架設作業上の留意点

架設工事においては、架設計画における設計条件が、実際の架設条件・自然条件に適合しているかを確認する。また、架設工事進行中においても必要に応じて各段階ごとに安全を確認しなければならない。

【解 説】 本体構造物は、本来架設工法を考慮して設計されるのが原則である。しかし、場合によっては本体構造物の設計時に考慮された架設工法と異なる架設工法を採用することもあるので、この場合には、本体構造物の設計照査、補強を含め十分な検討が必要である。

なお、架設工法の特徴を考慮して、本体構造物の架設時応力、仮設構造物への作用力、変位、支承の位置、上げ越し量および仮設構造物、架設機材の強度や能力など十分検討し、架設の進行中においても、必要に応じて各段階ごとに各点の応力、変形等を確認したうえで、施工管理を十分に行わなければならない。

5.4.2 架設作業中の仮置き

I形断面部材を仮置きする場合は、転倒ならびに横倒れ座屈に対して十分に配慮しなければならない。

【解 説】 I形断面部材を仮置きする場合、風などの横荷重による転倒を防止するため、横方向の部材で結合されるまでフレーム等で固定する必要がある。

また、I形断面部材は、面外曲げ剛度、ねじり剛度が低いため、仮置き時の横倒れ座屈にも十分注意しなくてはならない。4.4.5による支持条件を満足する状態で施工するのがよい。

5.4.3 送出し作業

構造物あるいは部材を縦方向に移動する場合には、送出し部材および架設機材の全荷重が、台車および送出し装置等に作用するので、荷重集中点での部材の座屈を生じないように検討しなければならない。また、送出し作業の進行に伴い、支持状態が逐次変化するので、主要な段階で安全を確認する。

【解 説】 送出し工法による架設時の応力度照査については、架設計画書の中に示された段階図に基づいて架設計算を行い、構造物の応力度を照査する(図5.4.1)。架設計算における応力照査の結果により所定の安全率が得られない場合は、事前にその箇所を補強するなどの対策を講ずる必要がある。

送出し架設計算の照査事項として一般に次のようなものが必要とされている。

- (1) 手延機が前方の橋脚(支点)に到達する直前の送出し桁全体の転倒に対する安定性の確認
- (2) 架設中の最大反力値に対する腹板の局部座屈の照査

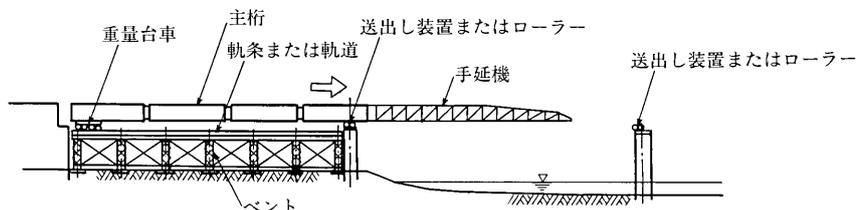


図 5.4.1 送出し作業 (例)

- (3) 架設中のみに圧縮力を受けるフランジの照査
- (4) 補強が必要な箇所の補強方法の検討
- (5) 手延機先端のたわみ量

送出し架設では部材が張り出されるので、架設部材が逸走しないように、通常逸走防止索が使用される。送出し作業の進行に伴い逸走防止索の盛替えが必要となる場合には、台車に車止めを設置するなどの盛替え作業中の逸走防止対策を行うことが望ましい。

送出し作業中の風の影響に対して安定性の検討を行い、事前に作業を中止する風速を定める。

5.4.4 横取り作業

構造物あるいは部材を横方向に移動する場合には、横取り作業中の両端の移動量および移動速度が計画量に適合しているかどうかを施工段階ごとに確認し、両端の作業の連携を緊密に行う。また、横取り作業にあたっては、転倒防止を十分にし、必要に応じて逸走防止装置を設置する。

【解 説】 構造物の両端での計画移動量が異なる横取り作業では、両端での作業誤差を生じやすいため、施工段階ごとの許容誤差をあらかじめ求めるなどして十分な管理を行う必要がある。

横取り作業を行う構造物によっては、横方向の剛性の小さなもの、あるいは安定の悪いものがあり、横移動にあたっては、転倒あるいは横倒れ座屈をしないように、構造物を補強して作業を行う必要がある。

横取り装置としては、エンドレスローラーやスライドジャッキが一般的に使用されている。牽引は、チルホール、シリンダージャッキとH鋼クランプを使用する方法が一般的である(図5.4.2)。チルホールなどワイヤで牽引する場合は、逸走防止索を設置する必要がある。

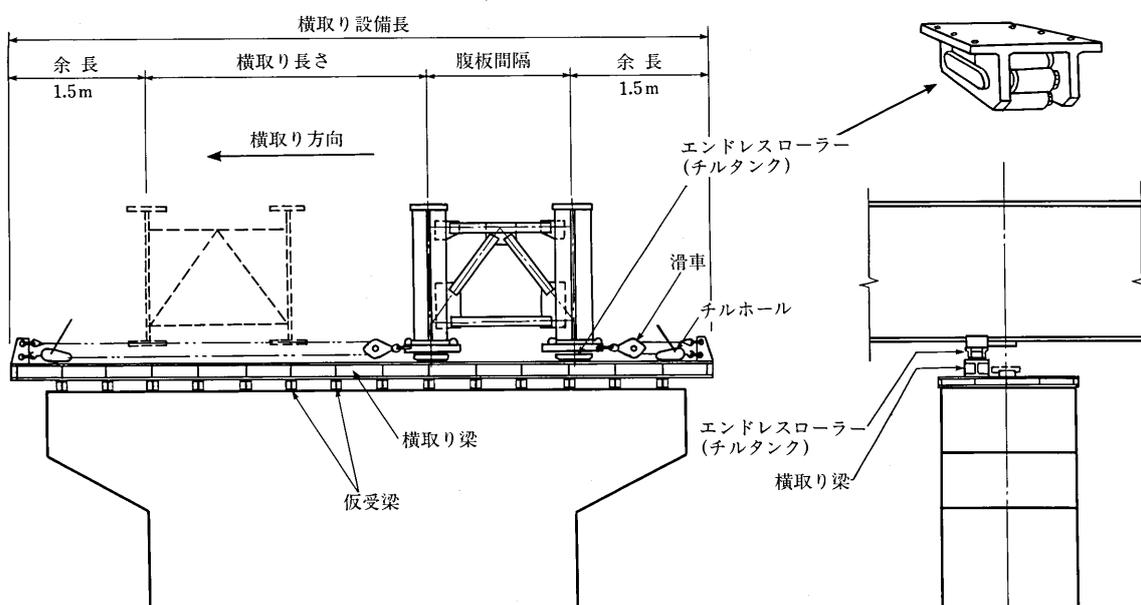


図 5.4.2 横取り作業

5.4.5 こう上・こう下作業

ジャッキによる部材のこう上・こう下作業においては、不均等な荷重の作用、ストロークの不均等などにより、支持する部材の転倒や本体構造物の局部座屈および局部変形を起こすことがあるので、十分安全を期さなければならない。

【解 説】 ジャッキの使用にあたっては、ジャッキの底面反力を受ける確実な耐力をもった平坦な基盤が必要である。受台は水平に据え付け、鉛直力、横力に抵抗できるものとする。十分な耐力が期待できない場合には、盤木、鋼板を敷いて底面応力の分散を図らなければならない。架設時に使用するジャッキの容量は、余裕のあることが必要である。特に多点でジャッキを同時に昇降する場合は、ジャッキ作業の不ぞろいにより、各ジャッキに均等な反力が作用しないことが多いから、計画鉛直荷重の 1.5 倍から 2 倍の容量のジャッキを用いるのがよい。

油圧コントロールバルブにより複数のジャッキを一定油圧で連動させる場合でも、各支点の反力に大小がある場合にはストロークは均一とはならない。したがって、一定油圧でこう上すると、各支点のこう上高さが異なってくるので、油量を一定にするバルブを取り付けるなどの処置が必要である。

部材のジャッキ支持点および受台は、変形・座屈・滑りによる偏心が生じないように、十分補剛する。なお、ジャッキによる部材のこう上・こう下作業は、ほとんどの場合ジャッキの盛替えを必要とするので、盛替えのできる構造とするのがよい。

5.4.6 張出し作業

張出し架設を行う場合は、架設作業前に各部材の架設応力、たわみを検討し、安全性を確認しなければならない。架設中に各段階のたわみおよび本体構造物の中心線のずれを計測、照合して正しく架設作業を進めなければならない。

【解 説】 張出し架設は、架設する部材またはブロックを順次継ぎ足していく架設方法であり、誤差が累積される可能性が大きい。また、張出し量が大きい場合には、自重のほか先端部のクレーン重量が加わり、架設作業中の風荷重の影響も受け、張出し基部に大きな応力が生じる。また、張出し架設時には、完成構造物に生ずる応力と相反する応力が生ずるので十分検討し、場合によりこれに対応する補強を行う必要がある。

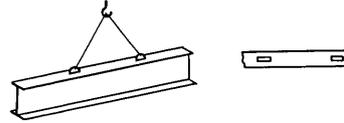
多点支持の構造物の反力は不均等になるおそれがあり、張出し作業中の支点反力においても不均等荷重を考慮すべきである。

5.4.7 吊上げ吊下げ作業

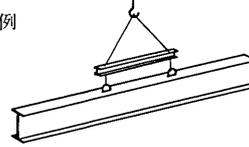
構造物あるいは部材を吊上げまたは吊下げる場合には、その構造物あるいは部材および吊金具に過大な応力や変形が生じないように配慮して、適切な吊り形式により作業を行わなければならない。

【解 説】 構造物あるいは部材の吊上げ吊下げ作業を行う場合に、吊金具が破損することも考えられるので、部材の長さ・幅・重量・重心位置等を考慮して吊金具の寸法、数、位置、方向を決め、必要に応じて吊りビームを用いて、図 5.4.3 に示すような適切な吊り形式により、安全な作業を行うのがよい。

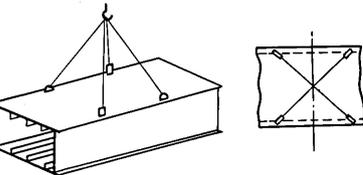
1) プレートガーダーブロックを直接吊る例



2) プレートガーダーブロックを吊ビームを介して吊る例

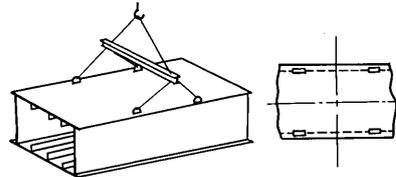


3) 箱桁ブロックを直接吊る例

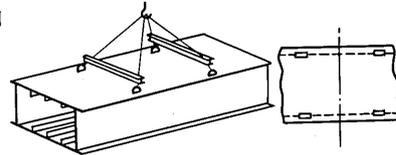


注：吊金具の取付方向と吊上げワイヤの方向を一致させること。

4) 箱桁ブロックを1本の吊ビームを介して吊る例



5) 箱桁ブロックを2本の吊ビームを介して吊る例



6) 箱桁ブロックを吊枠を介して吊る例

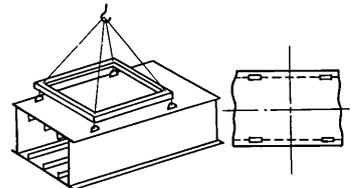


図 5.4.3 吊り形式

部材がI形断面桁のような場合には、面外曲げ剛度、ねじり剛度が低いので、1本のI形断面部材の吊上げ吊下げを行う場合、横倒れ座屈、転倒に対し十分に安全性を確保しなければならない。状況によっては部材を箱状に組んで架設するのがよい。

5.5 定着部コンクリートの施工

5.5.1 一 般

定着部コンクリートの施工は、構造物からの荷重を円滑にコンクリート構造に伝え構造物全体の機能を発揮させ、また、安全性を確保するように確実に行わなければならない。

【解 説】 ここでいう定着とは、鋼構造の部材がコンクリート構造に接合、固定されることをいう。一般には鋼柱と基礎との接合部を指すことが多いが、そのほかに鉄骨梁をコンクリート柱または梁などに固定する

場合、あるいは橋梁のように上部構造と下部構造との接点となる支承部等を指している。いうまでもなく、鋼柱と基礎との接合部や支承部は、鋼構造物とコンクリート構造物との接合部であるから、柱や桁からの応力を基礎を介して地盤に伝えるという構造上重要な役割を担っている。したがって、十分な安全性を確保するよう確実な施工をしなければならない。

5.5.2 定着部コンクリート天端の調整

ベースプレートとコンクリート天端とのあきが 30 mm 未満の場合は、図 5.5.1、図 5.5.2 に示すようにコンクリートを取り除き、所定の形状寸法を確保しなければならない。

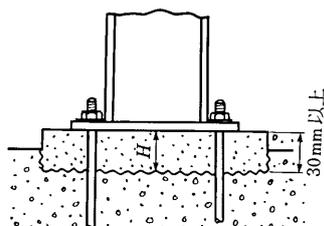


図 5.5.1

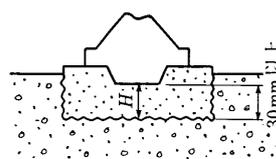


図 5.5.2

【解 説】 鋼構造部材を所定の位置・高さに固定した後、ベースプレート下面にモルタルを充てんする、いわゆるあと詰工法では、非常に作業のしにくい狭いところにモルタルを詰めるのであるから、採用する充てん工法あるいはベースプレートの大きさなどに関連して 50 mm 以上のあきを必要とすることもある。橋梁等に用いる支承部の施工に関して、文献 11) には図中の H の大小に応じた定着部コンクリート天端の調整要領が示されている。

5.5.3 ベースプレートとモルタル

- (1) ベースプレートとその下面のモルタルは密着させなければならない。
- (2) モルタルの強度は、これに接するコンクリートと同等以上のものを用い、その厚さは 30 mm 以上とし、これに接するコンクリートと十分に一体となるよう施工しなければならない。
- (3) あらかじめならしモルタルを設けるときは金ごて仕上げとし、ベースプレートの接触面は平滑に仕上げ、構造物の荷重に耐えなければならない。
- (4) 鋼構造部材を架設または据え付けた後、モルタルをベースプレート下面に充てんするときは、原則として無収縮モルタルを使用し、架設中または据付け中における荷重をスペーサーあるいはアンカーボルトにあらかじめ設けた受ナット等で負担しなければならない。

【解 説】 鋼構造柱脚などは、ベースプレート下面に施工するモルタルを介して、基礎などのコンクリート構造物に定着させるのが一般的な工法であり、標準的な工法は次のとおりである¹²⁾。

(1) 全面塗仕上げ工法 (図 5.5.3)

ベースプレート周辺より若干広げて全面にモルタルを塗り、きわめて平滑に仕上げる。

(2) あと詰工法 (図 5.5.4, 図 5.5.5)

鋼構造物の架設あるいは部材の据付け後、ベースプレート下面にモルタルを充てんする工法で、架設中または据付け中における荷重をスペーサーなどで支持し、部材の設置位置を修正した後、ベースプレート下面

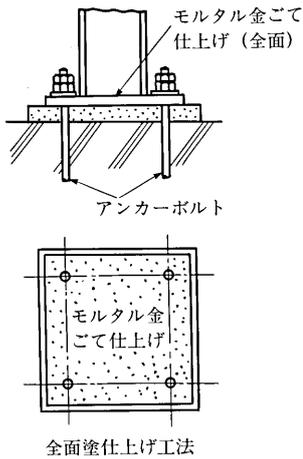


図 5.5.3¹²⁾

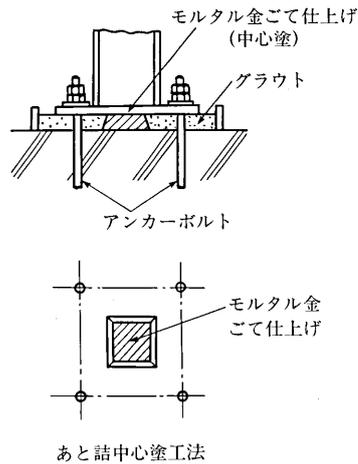


図 5.5.4¹²⁾

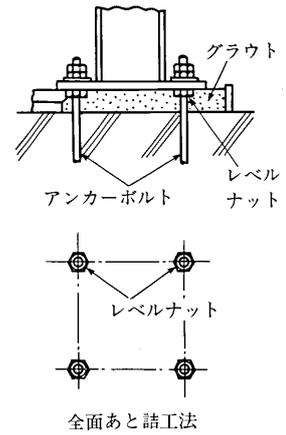


図 5.5.5¹²⁾

にモルタルを充てんする。

部材の据付け時の荷重を支持させるスペーサーとしては、ベースプレート中央にあたる部分をモルタル塗で仕上げるもの、また、アンカーボルトにあらかじめ設けたレベルナットなどで支持させるものなどがある。

全面塗仕上げ工法のベースプレート下端に使用するモルタルは、基礎等のコンクリート面に完全に密着しなければならない。そのため、コンクリートの表面を十分に目荒らしした後、水洗いしてコンクリートを湿潤に保ち、その上にモルタルを正確に仕上げる。また、モルタルの表面は入念に仕上げ、ベースプレート下面と密着するようにする。

モルタルの強度は、鋼構造の架設据付け途中に定着部に曲げが作用する場合など、ベースプレート下面に応力集中が起こるときは、十分に検討してモルタル強度およびベースプレート周辺の広がりなどを定める必要がある。

あと詰工法のモルタルの厚さを 30 mm 以上と定めているが、採用する工法あるいはベースプレートの大きさなどによっては 50 mm 以上を必要とすることもある。

充てんモルタルは、硬化中に振動・衝撃および荷重が加わらないよう適当な治具・架台等によって保護する必要がある。特に温度変化による部材の伸び縮みが定着部に影響する場合には、充てんモルタルの打込み時期を誤らないようにしなければならない。

充てんモルタルのベースプレートに対する密着度はモルタルの品質や施工の方法によってかなりの相違があり、ベースプレート下の全面に行き渡らせようとすると、どうしてもブリージングを伴うようなモルタルとなり、収縮量の大きい充てん度の不完全なものとなる場合もある。このため、橋梁支承部や超高層ビルなどのように圧縮力が大きい箇所では高強度無収縮モルタルのグラウト工法が行われている。そこで本指針では、あと詰工法に無収縮（または膨張）モルタルを使用することを原則とする。

5.5.4 無収縮モルタルの施工^{11),13)}

無収縮モルタルは、所要の強度、膨張率、耐久性をもち、品質のばらつきの少ないものを用いる。施工については十分な計画をたて、所要の品質のモルタルが得られるよう入念な施工をしなければならない。

【解 説】 無収縮モルタルは、所要のコンシステンシーをもち、無収縮でブリージングが少なく、かつ周辺コンクリートと同等もしくは、それ以上の品質を有するものでなければならない。無収縮モルタルは、セメ

ントモルタルにある種の混和材を添加したもので、これによって非収縮性、流動性、早強性等を改良したものである。

なお無収縮モルタルは、誤配合により硬化が不完全となることがないように、プレミックス製品を使用することが望ましい。

(1) 施工準備としては、以下の注意事項を守らなければならない。

- 1) 支承の底面あるいはリブ突起下面とコンクリート面とのすきまは、30 mm 以上確保しなければならない。
- 2) コンクリート表面のレイタンス層、泥、浮石等を取り除き、極端な凹凸はチッパー等ではつり取らなければならない。
- 3) 施工に先立ち、コンクリート表面は、湿潤に保つような処置を講じなければならない。
- 4) 注入直前には、圧さく空気、ウェス等で余分な水を取り除かなければならない。
- 5) アンカーホールについては、水が溜っていないことを確認しなければならない。
- 6) 型枠は、作業中、グラウトの圧力で動かぬような厚みのある材料を使用し、确实、堅固に組み立てなければならない。

(2) 練混ぜについては、以下の注意事項を守らなければならない。

- 1) 練混ぜは、機械練りを原則として、モルタルミキサーまたはハンドミキサーによる。
- 2) ミキサーは、全材料投入後、5 分以内に所要の品質を備えたモルタルを連続して練り混ぜられるものでなければならない。
- 3) 材料の投入順序は、プレミックス製品の場合、水、プレミックス材とし、各材料を投入して練り混ぜる場合は水、混和材、セメント、砂とするが、初回の練混ぜは、水 70%程度で行い、フロー値を J ロートで測定し、その値が規格値を満足するまで水を追加投入して完全に練り混ぜるものとする。
- 4) 練混ぜ時間は、1 分以上とし、均一なモルタルが得られるまでとする。
- 5) モルタル温度は、10~30°C を原則とし、必要に応じて温水または冷水の使用を考慮する。

(3) 注入作業については、以下の注意事項を守らなければならない。

- 1) モルタルは、練混ぜ後 20 分以内に注入しなければならない。
- 2) 自重圧工法で施工する場合には、ヘッド高さを 1 m 以上確保し、注入口にホース先端を挿入して注入を開始し、流出側から無収縮モルタルがあふれるまで連続的に行い、途中で中断してはならない。
- 3) 注入作業中、バイブレーターなどで無収縮モルタルに振動を与えたり、型枠をたたいたりしてはならない。
- 4) 気温が 5°C 以下になったときは、原則として、注入作業を行ってはならない。

(4) 養生に関する注意事項としては、モルタルは注入後、急激な温度変化、乾燥、荷重衝撃などの有害な影響を受けないように十分これを保護し、モルタルの露出面は、注入後、少なくとも 3 日間は湿潤状態に保たなければならない。

(5) 無収縮モルタルの施工管理としては、

- 1) 品質試験として
 - (a) コンシステンシー試験
 - (b) 圧縮強度試験
 - (c) ブリージング率
 - (d) 膨張率試験
- 2) 注入管理として

表 5.5.1 プレミックス無収縮モルタルの品質規格値¹³⁾

項 目	規 格 値	備 考
コンシステンシー (流下時間)	鉄粉質系 : 10 ± 3 秒 セメント系 : 8 ± 2 秒	J ロート試験
ブリージング	鉄粉質系 : 2%以下 セメント系 : 1%以下	JIS A 1123
凝結時間	始発 : 1 時間以上 (500 psi) 終発 : 10 時間以内 (4 000 psi)	ASTM C 403
膨張収縮率	材齢 7 日で収縮なし	米国工兵隊規格 CRDC 589 改良式
圧縮強度	材齢 3 日 : 25 N/mm ² 以上 材齢 28 日 : 45 N/mm ² 以上	供試体 径 5 cm × 高さ 10 cm JIS A 1108

- (a) 注入モルタル量の測定
- (b) 練上りモルタル温度の測定
- (c) 注入状況の確認

等があり、これらの項目の一部または全部について、責任技術者の指示に従って実施しなければならない。

通常プレミックス製品においては、コンシステンシー試験と圧縮強度試験が日常の品質管理として行われている。これらの標準的な品質規格値は表 5.5.1 のとおりである。

5.5.5 アンカーブロックの施工

架設用アンカーブロックの施工については、次の各項について注意しなければならない。

- (1) アンカーブロックの施工箇所における地盤の性状を調査し、設計時に検討した滑動等に対する抵抗が十分であることを確認する。
- (2) 床掘時に地下水位を確認する。
- (3) 岩盤部分に定着させる場合には、コンクリートの打込み前に浮石除去、清掃を十分行う。
- (4) アンカーフレームは、計画どおり、方向、角度等を正確に据え付ける。
- (5) アンカーブロックのコンクリートを打ち込む際、アンカーフレーム下側等にコンクリートが回り込むよう、入念な締固めを行う。

【解 説】

- (1) 架設用アンカーブロック施工箇所について、計画どおりの受働土圧が期待できるかどうかなど、アンカーブロックの安定性について十分調査しなければならない。
- (2) 地下水位の位置によっては、浮力によるアンカー重量の減少、滑動抵抗の低下が考えられるので、当初計画をチェックする必要がある。
- (3) 岩盤とコンクリートをよく密着させるためには、コンクリートを打つ前に岩盤から、油、泥、岩くず、浮石、木片、固まったモルタル、有機物等を完全に除去する必要があり、このためには、圧さく空気およびワイヤブラシ等でこれを十分に除去しなければならない。
- (4) アンカーフレームの据付け角度については、塔頂への見通し線より上向きに据え付けた場合、ワイヤロープに最大の張力が働いたときでも、ワイヤロープのたわみがあるため、アンカーフレームに繰返し曲げ荷重がかかるので、上向き角度に誤差の生じないように注意しなければならない。

- (5) コンクリートの打込み時に十分締固めを行うのは当然であるが、特にアンカーフレーム下側の狭隘な部分については入念な施工を行い、所定の付着応力が期待できるようにする。
- (6) 養生が十分でなかったり、十分に硬化していないコンクリートに荷重を加えると、ひび割れなどの損傷を生じるので、注意しなければならない。
- (7) アンカーブロック付近の排水計画が不十分な場合、雨水等が流入し、浮力によるアンカー重量の減少が考えられるので注意しなければならない。

5.6 グラウンドアンカーの施工

架設用グラウンドアンカーの施工にあたっては、設計、地盤条件、環境、工期等を検討し、特に耐力については十分安全を確保するよう配慮する。

【解 説】 グラウンドアンカーの耐力は、施工の良否によって著しく左右されるので、地盤や地下水の状態に対応して最も適切な施工方法を選定し、地盤工学会「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説¹⁴⁾」に準拠して、慎重にこれを実施しなければならない。図 5.6.1 に施工手順例を示す。

施工計画を作成するためには、次のような資料項目を確認しなければならない。

- (1) 現場の地形、(2) 地盤の性状、(3) 地下水の状態、(4) 埋設物、地下障害物の状態、
- (5) 隣接構造物の状態、(6) アンカーの設計諸元、(7) その他の施工条件

施工計画書に記載する標準的な項目には以下のものがある。

- ① 工事目的
- ② 工事概要 (名称, 場所, 工期, 仕様, 数量, 地盤条件等)
- ③ 計画・設計条件
- ④ 工程
- ⑤ 工事管理組織編成表
- ⑥ 使用機器
- ⑦ 使用材料
- ⑧ 仮設計画
- ⑨ 作業手順・施工要領
- ⑩ 施工管理・品質管理計画
- ⑪ 安全管理計画
- ⑫ 技術資料・カタログなど
- ⑬ その他

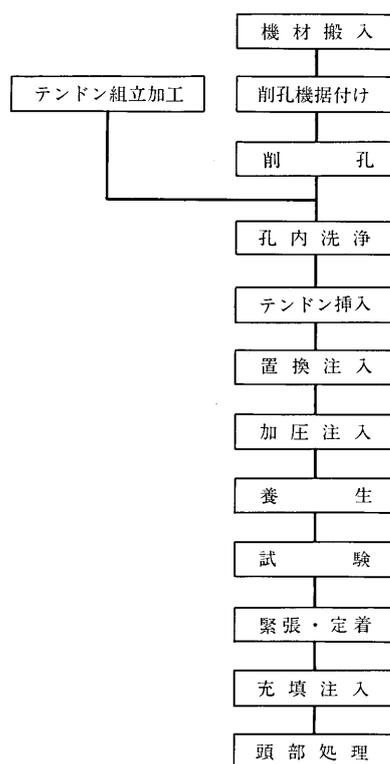


図 5.6.1 施工手順例

5章の参考文献

- 1) 地盤工学会：地盤調査法，平成7年
- 2) 地盤工学会：土質試験の方法と解説（第1回改訂版），平成12年
- 3) 日本道路協会：道路土工—土質調査指針，昭和61年
- 4) 日本道路協会：道路土工—軟弱地盤対策工指針，昭和61年
- 5) 土木学会：仮設構造物の計画と施工（平成12年度版），平成12年
- 6) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編，平成8年
- 7) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，平成8年
- 8) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編，平成8年
- 9) 日本道路協会：鋼道路橋施工便覧，昭和60年
- 10) 中村貴史，西村宣男，亀井義典，雨森慶一，新井正樹：高力ボルト・溶接併用継手における高力ボルト施工法に関する検討，鋼構造年次論文報告集，Vol.7，1999.
- 11) 日本道路協会：道路橋支承便覧，平成3年
- 12) 日本建築学会：鉄骨工事技術指針・同解説，1977.
- 13) 日本道路公団：無収縮モルタル基準，1979.
- 14) 地盤工学会：グラウンドアンカー設計・施工基準，同解説，平成12年