

第5章 施工に関する資料

第1節 施工の留意点

「新・斜面崩壊防止工事の設計と実例 (社)全国治水砂防協会 平成8年7月」より抜粋

施工の留意点

急傾斜地崩壊対策工事として施工する斜面は、その上下部に人家が接近しており、斜面が急で作業条件が悪い場合が多く危険度も高いため、十分な施工計画を立案するとともに、工事中は災害と事故を防止するため十分な工程管理と安全管理に努めなければならない。

また、施工中は、工事員・住民のための避難路を確保する必要がある。その他、十分な作業スペースを確保できないことが多いため、施工機械はこのような環境での施工に適応できるものを選定する。

なお、建設工事に関する規定は、「一般土木工事等共通仕様書等 共通仕様書 平成16年12月滋賀県」、「共通仕様書 工事必携 平成16年12月滋賀県」、「一般土木工事等共通仕様書等 施工管理基準 平成16年12月滋賀県」、などによるものとする。

各工種毎に、特に留意すべき点を以下に述べる。

1. 排水工

(1) 施工時の排水（仮排水路工）

工事の準備排水や切土施工時の仮排水および土捨場排水施工の留意点を以下に示す。

1) 準備排水

工事区域外の水を工事区域内に入らないよう区域内の水とあわせて素掘りの溝、暗渠などで区域外に排水しなければならない。

排水の末端が民有地などへ害をおよぼさないよう注意しなければならない。

準備排水工の施工はできるだけ早い時期に行うべきで、のり肩排水路などは切土工事に先がけて行う。

2) 切土施工時の排水

のり面の集排水路やのり面の保護はなるべく早めにのり面の仕上げを追いかけて施工する必要がある。

切土部に流入する表面水を遮断するため伐開除根の際、周囲に適当な素掘りの溝などを設け、掘削したところに湛水しないようにし、工程の進捗とともにこの素掘りの溝を移動させる。

切土施工中は湧水の有無、その状態に注意し速やかに対応するとともに、必要に応じて降雨時にはビニールシートやキャンバスなどによる被覆や仮排水路の設置などの手段を講じる。

(2) 地表水排除工

排水施設の施工はできる限り早い時期に行うことが望ましく、のり肩排水施設などは切土工事に先がけて行っておくほうが、地表水の斜面内への流入を防止でき、切土作業のために有利である。しかし必ずしも工事に先がけて、あるいは工事の進み具合に備えて施工できない場合もある。このような場合は仮排水施設によらなければならないが、本排水施設施工後も地下排水路として活用するなど、何らかの排水の役目をもたせておくように考慮すべきである。

新斜面崩壊 p116

1) 横排水路工

のり肩排水路、小段排水路はのり面施工中に透水層の存在が判明することが多いから、のり面整形後斜面の状況を観察し、有効に排水できるよう施工する。また、斜面法尻排水路は擁壁上部の埋戻部分には原則として設置しない。やむを得ず設置する場合には、擁壁と排水路が一体となるように設計・施工する。

新斜面崩壊 p117

2) 縦排水路工

縦排水路は地形条件にあわせ不等沈下、水路のすべり、二次製品の継目の緩みなどがないうよう入念に施工する。特にのり肩排水路、小段排水路の取付部、縦排水路の屈曲部分などで流れにくくなるため、水が周辺に飛び散ったり溢れたりして斜面の崩壊原因となるので注意が必要である。なお、寒冷地においては凍上現象が起こる場合があるので、砂、礫などで排水路に接する地山を保護することも考慮する必要がある。

新斜面崩壊 p121

(3) 暗渠工の排水

- 1) 暗渠によって排水された地下水は必ず地表排水路に連結して速やかに排除しなければならない(図1-2参照)。
- 2) 暗渠工の長さは集水された地下水が再び浸透しないよう適当な長さとし、通常15~20m程度を限度にしてそのつど集水ますに連結しておく(図1-3参照)。
- 3) 暗渠工は粗粒材料の透水性を利用して地中の水を排除するものであるから、材料は透水性がよくしかも目詰まりを起こしにくいものを選定しなければならない。
- 4) 暗渠工は斜面崩壊の危険を避けるため、できるだけ人力で掘削し、防水マットなどによる不透水層の施工と埋戻しを入念に行わなければならない。
- 5) 施工中の安全管理のため工程に合わせて下部から延長を短く区切り、1区間ごとに施工を完了させる。
- 6) 掘削は下流から上流に向かって行う。
- 7) 一度に計画深まで掘削せず、状況判断、地質調査、仕上げ掘削を考慮して2~3回ぐらいに分けて行うことが望ましい。

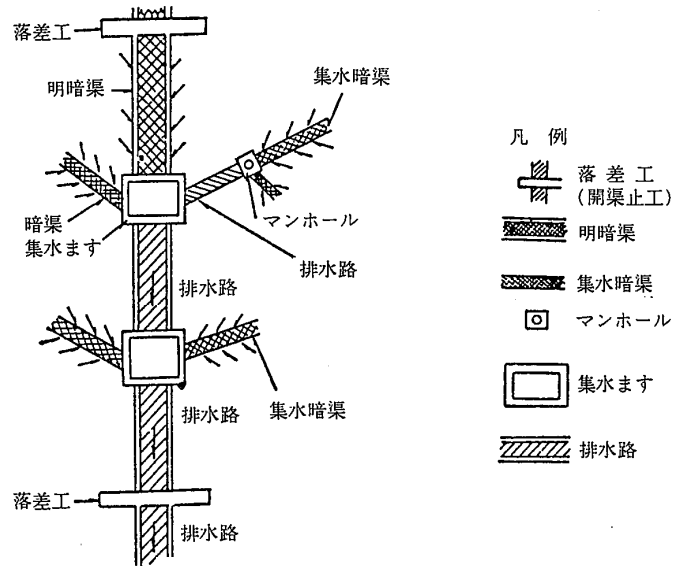


図1-2 排水路工の組み合わせ

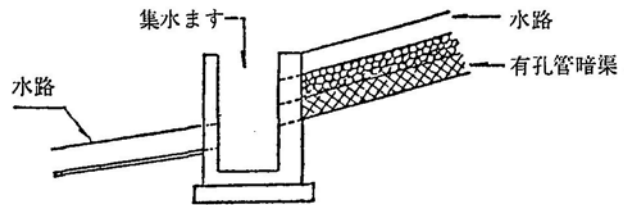


図1-3 集水ます側面図

2. 切土工

(1) 留意事項

急傾斜地崩壊防止工事として切土工を行う斜面は、その上下部に人家が接近しており、傾斜が急で作業条件が悪い場合が多く危険度も高いので、工事中は災害と事故を防止するため十分な工程管理と安全管理とに努めなければならない。

1) 施工中の事故防止のため、次の事項に留意する。

仮設防護柵を設置する。

斜面下部の切土により崩壊が誘発される危険性がある場合には、必要に応じて土留施設をあらかじめ施工しておく。

安全監視員を配置して危険な作業を未然に防止する。

必要に応じて自動警報器付伸縮計などの斜面の挙動を監視する計器類を設置して、警戒避難体制を整える。

必要に応じてあらかじめ住民を避難させるか、あるいは家屋の移転をするなどの処置を講じる。

切土は斜面の上方から行い、オーバーハング部分を残すようなすかし掘りや同一斜面での上下作業は行わない。

必要に応じ短区間施工を行う（一般に延長 10～20m ごと）。

のり面上およびのり肩付近の緩んだ岩塊、樹根、不安定な土塊などはのり面から取り除く。事故の形態としては、転落事故、岩塊・転石などの落石事故、機物類の落下事故、重機類との接触事故などが予測されるので、安全管理を徹底させる。

2) 雨水および湧水の処理

のり肩部付近すなわち切土施工斜面の上方で仮排水路（恒久的な施設でもよい）を設置したり、湧水箇所についても安全に施工区域外に排水しておくことが望ましい。

降雨後は必ず斜面を踏査して、新たな流水や湧水がないか、また亀裂などの斜面の変化について点検する。

樹木の伐開や表土を剥いだ状態は雨水などに対し非常に不安定なので、降雨に備えてビニールシートなどを用意しておき、降雨の際斜面を被覆する必要がある。

施工中に新たに湧水が生じた場合、ビニールパイプなどで仮排水する。

必要に応じ切土した斜面を暫定的にアスファルト乳剤やモルタル吹付によって被覆したり、樹枝や割り竹などで編柵工を設置して、小崩壊に対する仮保護を行う。

3) 施工中に判明した地質、地下水状況などの変化への対応

当初の設計条件と、施工時に得られた土質・地質・地下水の状況が大きく異なった場合は、必要に応じて適切な設計（変更）を行い施工にあたることを望ましい。

よくあられる施工中の状況としては、次のものがある。

- ・表土層の厚さ、その分布が変化する。
- ・断層などによる破碎の規模、程度が変化する。
- ・すべり面の位置が変化する。

状況の変化については、必要に応じて追加の調査・試験を行い、それらの情報を設計（変更）に十分生かすとともに、安全管理にも役立てなければならない。

4) 隣接地との整合

斜面において切土整形した部分と周辺の自然斜面とのすり付けは不自然な形状を避け、ラウンディングによってなじみをよくしたり、のり面保護工によって崩壊の端口の処理を入念にしておかなければならない。

端口の処理は、その部分から新たな崩壊を起こしている事例が多いため注意する。(図1-1参照)。

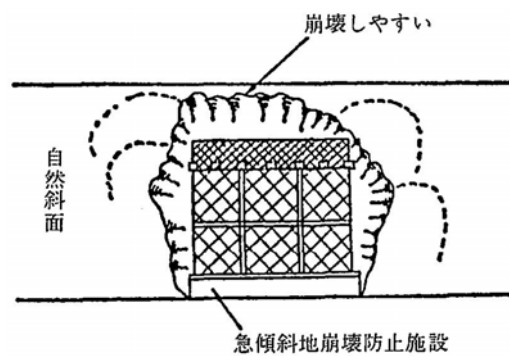


図1-1 端口から崩壊を誘発する例

3. 植生工

(1) 留意事項

植生工は種子や有機系材料など、生きた資材を使用して施工する工事であることから、資材の品質、保管、計量および施工時期には十分な注意が必要である。

(2) 施工計画

施工計画では、施工直前の調査、工程計画、機械計画及び材料計画に対して検討を行う。具体的な検討項目を以下に示す。

- 1) 切土や崩壊斜面の土砂は、稀に土壌硬度や土壌酸度が1~2カ月間に急変することがあるので、特に頁岩、泥岩、火山性土、マサ、しらすなどでは施工直前に調査をして、設計変更などの基礎資料とする。
- 2) 種子は採取年や処理、保管の方法などにより、発芽率や発芽勢が大きく異なることがあるので、入荷した種子については発芽試験を行い、設計時と30%以上の相違がある場合は施工時に種子配合を補正する。
- 3) 作業可能日数の算定には現場の作業性や気象条件などを十分考慮して余裕を持った工程とする。
- 4) なんらかの理由により播種時期などを逸したりする恐れのある場合には、次の施工可能時期まで播種工そのものだけでも延期する工程とする。
- 5) 高所や難所で機械を分解・搬送したり、索道運搬などの必要が生じる場合には、工程計画に支障のないように計画する。
- 6) 特殊な種子などは、1年以上前から種子販売者や研究者などを通じて確保してもらおうとよい。

(3) 施工時期の設定

草本類主体の施工は3月~6月および9月~10月とし、木本類を成立させるには3月~6月の期間とする。

一般に、植物が発芽するには適度の水分と、平均気温が5~15 以上の日が1~2週間必要である。さらに生育を続けるには、こうした水分と気温などの条件が2~3カ月以上続くことが必要である。

4. 張工

(1) 石張工、コンクリートブロック張工およびコンクリート版張工の施工

のり面の不陸の整正、浮石の除去などを入念に行わなければならない。また下敷材を施工する場合は所定の厚さに下敷材を敷きならし、十分突固める必要がある。

- 1) 石張工においては施工に先だち石に付着したごみなどを清掃し、なるべく下部に大きい石を用い高さを一定に保つように築石する。
- 2) 石張工は尻かいて石材を固定し胴込めコンクリートを充填し、十分突固めを行い、合端付近に著しい空隙が生じないように施工する。
- 3) 胴込めコンクリートの充填、突固めに際しては張石がずれないように注意する。
- 4) 下敷材にくり石を用いる場合は切込み砕石などにより目潰しを行わなければならない。

(2) コンクリート張工の施工

のり面の草木、土砂、浮石などを完全に取り除き、コンクリートと岩盤との付着を良好にしなければならない。なお層理・片理・節理が顕著に発達している岩盤は浮石が生じやすいので注意を要する。

- 1) コンクリートの搬入および打設能力などを考慮のうえ、適当な打設計画を作成しなければならない。
- 2) 斜面を長期間風雨にさらすことは極めて危険であるため、一定区間(20~50m)を着手したならば、その区間が完成してから次の区間に着手する。
- 3) 打継面を水平にすると継手上部がすべり出すおそれがあるので、打継面はのり面に垂直にする。
- 4) 打継部には打継鉄筋(9~22mm、長さ50cm程度)を設置する。
- 5) 横方向には縦の伸縮継目を10~20mに(10m標準)1箇所設置する。
- 6) 材料の分離が起こらない範囲で特に留意して締固めなければならない。
- 7) 打設に際しては水抜き孔、鉄筋などに悪影響を及ぼさないよう注意しなければならない。
- 8) コンクリート張工はコンクリート厚が薄いので、打設後のコンクリートの養生、特に暑中および寒中の養生には十分注意するものとする。
- 9) ロックボルトやグラウンドアンカー工を併用する場合、あらかじめその部分に打設空間を塩ビ管やポイド管などによって確保しておく必要がある。この場合、鉄筋や鋼材の配置には十分配慮する。

5. のり枠工

(1) プレキャスト枠工の施工

プレキャスト枠工の施工に際しては、のり面流下水および湧水の処理、基礎処理、基礎および枠の組立ておよび中詰め工などに対して留意する。

留意点を以下に示す。

1) 基礎処理

盛土に施工する場合は、盛土表面をよく締め固めたのち、表面をできるだけ平滑に仕上げる。

土に施工する場合は、切取り時に切り過ぎのないようにできるだけ平滑に仕上げる。

2) 基礎および枠の組立て

枠工の組立て基礎となる部分は沈下、滑動、不陸などが生じないように施工する。

枠の組立てにあたっては、各部材に無理な力がかからないようにのり尻から順序よく施工する。

3) 中詰め

土砂詰工の場合は、枠工下部より枠の高さまで締め固めながら施工する。

土のうは土砂が十分詰まったものを使用し、枠の下端からなるべくすき間ができないように施工する。

玉石などを詰める場合は、切込み砂利などですき間を充填しながら施工する。

コンクリート版などを張る場合は、できるだけのり面とのすき間のないように施工し、枠と板とのすき間はモルタルなどで充填する。

のり面と枠の間にすき間ができた場合は、中詰め工を施工する前に粘性土で間詰めをするのが望ましい。

(2) 吹付枠工の施工

吹付枠工の施工に際しては、基面処理と型枠の組立て、吹付けの施工及び中詰めなどに対して留意する。

1) 基面処理と型枠の組立て

・凹凸の著しいのり面では、型枠が密着しにくいのであらかじめコンクリートまたはモルタル吹付工など凹凸を少なくしたのち型枠を組立てる。

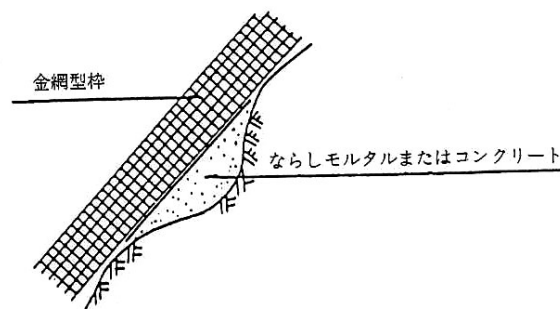


図 4-2 地山の凹凸の整形

型枠の組立てに当たっては、縦方向の型枠を基本に組立て、すべり止め鉄筋にて固定する。

鉄筋の継手はコンクリート標準示方書にもとづき、所定の長さを上下に重ね合わせるものとし、鉄筋の間隔およびかぶりなどは設計どおりに配筋し十分に固定する。

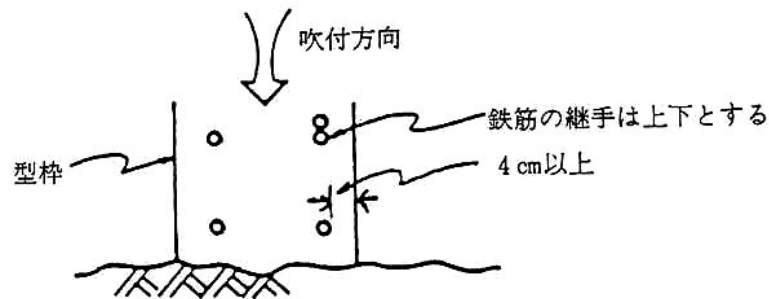


図 4-3 鉄筋の継手の重ね方

水抜き管は、吹付施工時に移動しないように設置し、目詰りを起こさないように施工する。

2) 吹付けの施工

圧送距離は原則として 100m (または高さ 45m) 以内で施工することとし、この範囲を超える場合は吹付機の位置をその範囲内へ移動するなどして、吹付モルタルの品質の均一化と施工性の向上を計る。

鉄筋の交叉した箇所などでは、鉄筋下に空洞を生じないように入念に施工しなければならない。

吹付けの継手は、できるだけ縦枠の施工中に作らないよう施工する。

金網製型枠の外に極端に出た材料は、中詰工の施工に支障が生じない程度に、硬化しないうちに除去するのが望ましい。

吹付け直後のコテ仕上げは、景観を重視する場合以外には行わなくてもよい。

3) 中詰め

耐水性ダンボール製、板製、プラスチック製などの型枠を使用した場合は、これらの型枠を完全に除去した上で中詰工を施工する。

枠内をモルタル吹付工や厚層基材吹付工などで施工する場合は枠内をよく清掃したのち枠との間にすき間のできないように施工する。

(3) 現場打ちコンクリート枠工の施工

現場打ちコンクリート枠工の施工に際しては、基面処理基礎、型枠組立て、コンクリートの配合・打設および中詰めなどに対して留意する。

1) 基面処理

切取り、掘削時には、のり面をできるだけ平滑に仕上げなければならない。型枠組立てに支障のある凹凸を生じた場合は、コンクリートを打設するなどして凹凸をできるだけ少なくするようにする。

2) 基礎

場打コンクリートの基礎は、沈下や滑動を生じないように入念に施工する。

3) 型枠組立て

コンクリート打設時に型枠が破損したり、型枠と地山とのすき間からコンクリートが流出

しないように、堅固に型枠を組立てなければならない。

4) コンクリートの配合および打設

コンクリート標準示方書にもとづいて施工する。

6. 吹付工

吹付けの施工は、その品質を確保したり、周辺住民を含めた安全に配慮しなければならない。以下の事項について十分な配慮が必要である。

1) 吹付けのり面の清掃

浮石や立木、切株などをきれいに取り除く。

除去時などにこれらが落下して事故を起こさないよう心がける。

2) 浸透水などの処理

湧水などの処理は重要な項目であるので、道路土工 - 排水工指針などを参照し適切な処理を施す。

3) 崩落土砂などが混じる場合の処理

軟弱な土質などで地山の崩落土砂と吹付け材が混じるような場合は、下吹きを行い、地山を固化させてから吹付け作業を行う。

4) 補強鉄筋・ラスなどの施工法

補強鉄筋や、ラスなどは凹凸になじむように張り、吹付けのかぶり量が 20mm 以上となるよう配慮する。

鉄筋やラスの継ぎ足し部分については十分な重ねしろがあるよう施工する。

5) 材料の配合

一般にモルタル吹付の場合、セメントと細骨材の比は 1:4 (C:S)、コンクリートは 1:3:1~1:5:2 (C:S:G) が用いられている。従来水セメント比は 45~55% (W/C) とされてきたが、骨材 (特に細骨材) の低品質化のため適正な作業性 (コンシステンシー) が得られないことが多い。このため、テーブルフロー値で 120mm 程度を目途に調整した水セメント比を標準とする。

6) 急結剤

急結剤は湧水処理や急勾配などで吹付けが付着し難い部分に使用されるが、強度低下があるので、使用時には十分留意することが重要である。

7) 吹付作業に適さない気象条件など

強風時や降雨時および気温が氷点近くの場合などは原則として作業は行わない。

8) 養生

乾燥の著しい条件のもとでの作業や温度が 10℃ を下る恐れがある場合は、養生材などを使用して養生することが望ましい。

日平均気温が 4℃ 以下になることが予測されるときは、寒中コンクリートとしての施工を行わなければならない。

7. 擁壁工

(1) 石積・ブロック積擁壁工

石積・ブロック積擁壁工の施工に際しては、清掃、積上り高、型枠および積立て方法などに留意する。

石、ブロックに付着したごみ、汚物などは除去し、据付けにあたってはすわりの良否を十分に確かめなければならない。

1日の積上り高は1.5m程度までとし、1日に全部を積み終わらないときはその日の終わりは階段形に残しておかねばならない。

裏込めコンクリートの背面には原則として裏型枠を使用し、仕上げ面からコンクリート背面までの厚さを正しく保つようにしなければならない。

原則として裏型枠は存置してはならない。

積立ては原則として谷積とする。(ただし直高2m以下は布積にすることもある。)

在石を使用する場合はなるべく足し石と混用しないように積み立て、寸法不足のものを使用してはならない。

胴込めコンクリートは石・ブロック積間に隙間を生じないように十分突固めねばならない。この際、据え付けた積石などが移動しないよう注意する。

胴込めコンクリートの打継目は十分に清掃し、一体となるよう施工しなければならない。

(2) 重力式コンクリート擁壁工及び待受式コンクリート擁壁工

コンクリート擁壁の施工に際しては、掘削、地表水・湧水および打継目などに留意する。

山側地盤の掘削を極力避け、掘削土量をできるだけ少なくするとともに、掘削部分については碎石詰めか埋戻しを行うが、碎石詰めおよび埋戻しの際には突固めを十分に行うものとする。

型枠の位置、寸法、支保工の強さなどを点検し、型枠内のごみ、その他の雑物を取り除かなければならない。

コンクリートの分離を防ぎ、空隙ができたり表面に凹凸ができたりしないように留意する。コンクリートは各層間に十分な付着力をもち、収縮によるひび割れを最小限に防止しなければならない。

地表水および湧水の処理を十分行い、背面の埋戻し土に間隙水圧が生じないようにする。湧水のある箇所には水抜孔を必ず設置する。特に湧水の著しい箇所については水平ボーリングなどを行って特別に排水処理を考慮する。

擁壁に設ける水抜孔は下向きに3°程度の傾斜をつけ、コンクリートくず、土砂などで詰まらないようにしなければならない。

擁壁背面排水層の底面には、水が基礎部へ浸透するのを防ぐため前面の地盤高に合わせて止水コンクリートなどを布設するのが望ましい。

コンクリートの打継目は、のり面に直角にする。

伸縮継目は10mを標準に1箇所程度を標準として設け、鉛直打継目は仕切型枠を強固に支持し、継目付近のコンクリートを振動機によって十分締固めなければならない。

8. グラウンドアンカー工

アンカー工を施工する場所は一般に傾斜が急で施工位置も高所になる場合が多いので、しっかりした足場を確保し安全施工に努める。

1) 施工計画

施工計画のため周囲の環境などの調査を行う。

2) 準備

機材の使用計画を立て手配する。

アンカー孔の削孔のために相当量の清水を準備する。

引張材の保管および加工・組立て・搬入にあたっては引張材に傷をつけないよう細心の注意を要する。

3) 設計書の検討

事前に設計書を十分に検討し、不明な点があれば監督者あるいは設計者に申し出る。

設計に用いた地盤・岩盤条件を吟味し、ボーリングによる削孔中に設計と異なっていないか比較する。

4) 削孔

地盤を緩めたり、水みちをつくったり、有害なスライムを残さないよう十分に注意する。

地盤・岩盤の局所的な変化にも細心の注意を払い、設計条件と異なっている場合には直ちに監督者あるいは設計者と協議し設計変更などの処置を行う。

削孔時に使用する水が斜面に害をおよぼさないよう注意する。

5) テンドンの加工、組立て、防食および挿入

傷をつけないよう十分注意し防錆処理を行うとともに、ごみ、油などの不純物を清掃する。

引張材の孔内への挿入およびグラウトはアンカー孔削孔後直ちに行い、テンドンの挿入にあたっては孔壁を乱さないよう注意する。

6) グラウト

注入は孔内水や空気をグラウトで置換するように行い、健全なアンカー体を形成するよう努める。

7) 緊張・定着

前記の試験を完了した後に設計書に記された所定の初期有効緊張力で定着する。

油圧ポンプのブルドン管などの圧力計は事前に検定しておく。

9. ロックボルト工

鋼材を地山に確実に定着させるため、地盤条件・地質条件を把握し、適切な削孔方式・削孔機を選定しなければならない。

地下水の存在は削孔壁の崩壊の要因となるため注意しなければならない。

鋼材打設以外に地山掘削やのり面工などの多くの工種が発生し、これらが輻輳することもあり、施工機械・施工方法・施工手順などを十分検討し、現場状況に応じた施工計画を立案しなければならない。

本工法の施工には、準備工、仮設足場工、掘削工、ロックボルト工、のり面工などがあり、施工箇所の状況を考慮し適切な施工手順を選定しなければならない。

準備工は、本工事に先立ち工事が円滑かつ安全に行えるよう、工事準備調査・測量・施工機械器具・材料・仮設備の準備をする。

足場工は、削孔機重量、作業幅などを考慮し、安全で円滑に施工できるよう十分検討しなければならない。

掘削工は設計図書で位置・形状・勾配を確認し、掘削面はできるだけ平滑になるように掘削して転石や岩塊の除去や抜け落ち、肌落ちで掘削面がえぐられることのないよう注意しなければならない。

施工機械は、一般的にクローラドリルなどのロッド削孔を標準とする。

クローラドリルなどによる削孔径は65mmを標準とする。

レグドリル、自穿孔式は仮設のり面に限り採用できる。

注入は孔底から削孔完了後速やかに行うものとする。ただし、地山の湧水や亀裂の状況によっては注入材の充填が困難な場合があるため、口元での注入材のリターンの確認や注入材の比重確認などを確実に行わなければならない。

鋼材の挿入は、鋼材が孔の中心に配置されるように、スペーサーを取り付けて挿入しなければならない。

挿入にあたっては鋼材に泥などが付着しないように注意する必要がある。

注入材が硬化開始後の強度発現中に鋼材を振動させたり動かすなどして付着強度を低下させることのないように注意しなければならない。

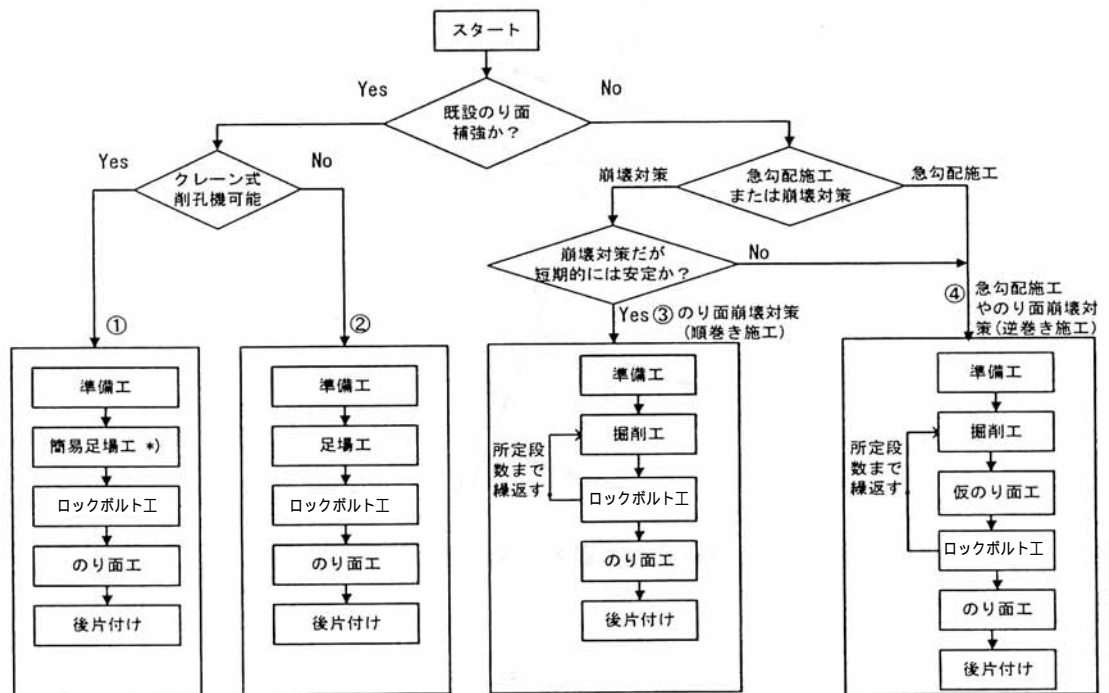
のり面工の施工に際しては、鋼材との結合が確実に行われるようにする必要がある。

鋼材に有害な錆が発生しないよう注意しなければならない。

施工手順を図9-1に示す。

図9-2に施工手順の例を示す。

また、標準的施工手順を、図9-3に示す。施工、施工管理および施工時の動態観測については、「切土補強土工法設計・施工指針 H14年7月」を参照すること。



*) 簡易足場工とは、作業員1人が作業できる程度の簡易的な足場工をいう。

図9-1 施工手順

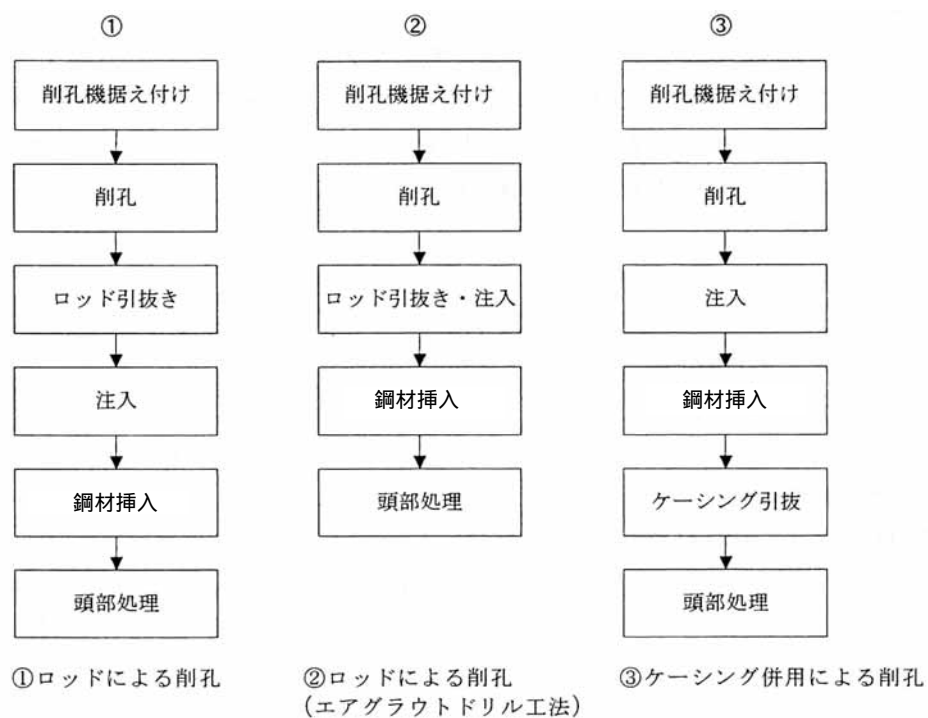
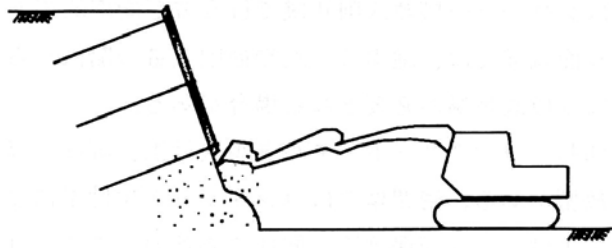


図9-3 本工法の標準的施工手順

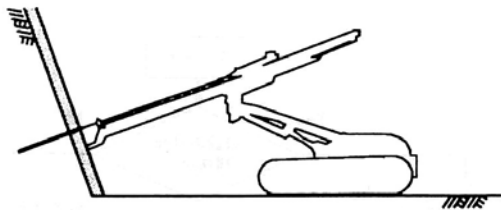
(1) 所定の高さの掘削



(2) 仮設のり面工施工



(3) 地山の削孔



(4) グラウト注入



(5) のり面での頭部締め付け

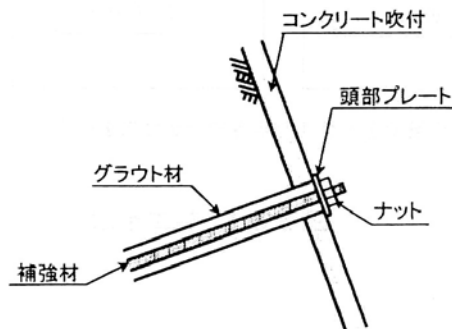


図 9-2 施工手順の例

10 . 落石対策工

(1) 落石予防工

1) 根固工

コンクリートの打設に際しては、石の表面の泥や砂などの付着物を除去し、コンクリートの付着なじみを良くするように十分注意して施工する。

(2) 落石防護工

1) 落石防護網工

施工にあたっては、次の点に留意する。

支持用のアンカーは信頼できる層に固定する。

網の張り方は、落石を跳ねさせず網に沿って落とそうとする場合と、浮石を押しさえつける場合とによって若干異なるが、斜面の下部では余裕をもたせて落石の堆積に備える。

ネット内に土石が堆積したらときどき取り除いてやる必要がある。

2) 擁壁工の併用される落石防護柵工

落石防護柵の建込みは、箱抜きによる施工の場合、擁壁天端にクラックが生じる恐れがあるため擁壁と一体的に打設することを原則とする。

第2節 労働安全衛生規則

「道路土工 - のり面工・斜面安定工指針 (社)日本道路協会 平成11年3月」より抜粋

付録4. 労働安全衛生規則 (抄)

(昭和47年9月30日 労働省令第32号)

労働安全衛生法(昭和47年法律第57号)および労働安全衛生法施行令(昭和47年政令318号)の規定にもとづく労働安全衛生規則。

(掘削面のこう配の基準)

第356条 事業者は、手掘り(パワー・ショベル、トラクター・ショベル等の掘削機械を用いないで行う掘削の方法をいう。以下次条において同じ。)により地山(崩壊または岩石の落下の原因となる亀裂がない岩盤からなる地山、砂からなる地山および発破等により崩壊しやすい状態になっている地山を除く。以下この条において同じ。)の掘削の作業を行うときは、掘削面(掘削面に奥行きが2m以上の水平な段があるときは、当該段により区切られるそれぞれの掘削面をいう。以下同じ。)の勾配を、次の表の左欄に掲げる地山の種類および同表の中欄に掲げる掘削面の高さに応じ、それぞれ同表の右側に掲げる値以下としなければならない。

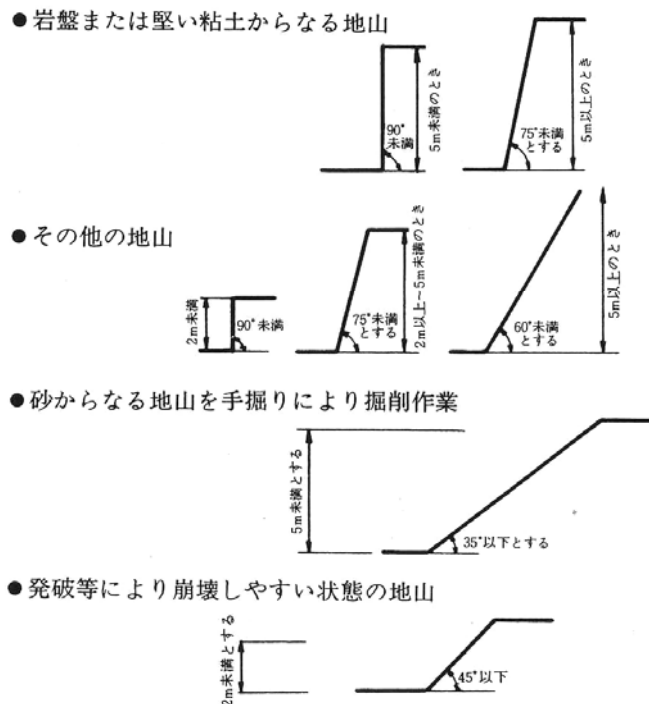
地山の種類	掘削面の高さ (単位・m)	掘削面の勾配 (単位・度)
岩盤または堅い粘土からなる地山	5未満	90
	5以上	75
その他の地山	2未満	90
	2以上5未満	75
	5以上	60

- 2 前項の場合において、掘削面に傾斜の異なる部分があるため、その勾配が算定できないときは、当該掘削面について、同項の基準に従い、

それよりも崩壊の危険が大きくないように当該各部分の傾斜を保持しなければならない。

第 357 条 事業者は、手掘りにより砂からなる地山または発破等により崩壊しやすい状態になっている地山の掘削の作業を行なうときは、次に定めるところによらなければならない。

1. 砂からなる地山にあつては、掘削勾配を 35° 以下とし、または掘削面の高さを5 m未満とすること。
 2. 発破等により崩壊しやすい状態になっている地山にあつては、掘削面の勾配を 45° 以下とし、または掘削面の高さを2 m未満とすること。
- 2 前条第 2 項の規定は、前項の地山の掘削面に傾斜の異なる部分があるため、その勾配が算定できない場合について、準用する。



付図 4-1 地山の掘削面と勾配 (切取工事の安全より)

第3節 試験

(1) グラウンドアンカー工の試験

「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説(社)地盤工学会 平成12年3月」より抜粋

第8章 試 験

8.1 一般

(1) 試験の種類

アンカーの設計および施工にあたって実施する試験を以下のように分類する。

1) 基本調査試験

① 引抜き試験：

アンカーの極限引抜き力およびその挙動を把握し、アンカーの設計に用いる諸定数などを決定するために行う試験

② 長期試験：

アンカーの長期的挙動を把握し、アンカーの設計に用いる諸定数などを決定するために行う試験

2) 品質保証試験

① 多サイクル確認試験：

実際に使用するアンカーに多サイクルで所定の荷重まで載荷し、その荷重-変位量特性から、アンカーの設計および施工が適切であるか否かを確認するために行う試験

② 1サイクル確認試験：

実際に使用するアンカーに1サイクルで所定の荷重まで載荷し、アンカーが設計アンカー力に対して安全であることを確認するために行う試験

③ その他の確認試験：

アンカーの用途に応じて実施する定着時緊張力確認試験や残存引張り力確認試験など

3) その他の試験

特殊な目的あるいは特殊な条件で使用するアンカーについて、必要に応じて、そのアンカーの挙動を把握し、安全性を確認するために行う試

験

繰返し試験，群アンカー試験，テンドンやグラウトなどの材料の強度試験など

(2) 試験の計画

1) 試験計画書

試験の実施にあたっては，その目的を満足するように十分な検討を行い，試験計画書を作成する。

2) 安全管理

- ① 試験は責任技術者の管理のもとに安全が確保できるように十分に留意して行う。
- ② 試験荷重はテンドンの強度特性などを考慮して定める。

(3) 試験装置

試験に使用する装置は以下に定める条件に適合したものとする。

1) 加力装置

- ① 加力装置のうちジャッキは，計画最大荷重の1.2倍以上の載荷が可能で，アンカーの変形と反力装置の変位に追従できる十分なストロークを持ち，所定の時間，荷重を一定に保ちうるものとする。
- ② 加力装置は，計画荷重段階に応じた荷重の増減が可能なものとする。

2) 反力装置

反力装置は，計画最大荷重に対して十分な強度と剛性を有すものとする。

3) 計測装置

試験時の計測装置である荷重計，変位計，時計などは，事前に所定の精度をもつことを確認する。

【解説】

極限アンカー力は，設置地盤の強度のばらつきや地層厚さの変化，また，施

工条件によっても大きな影響を受けることが知られており、アンカーの使用目的に対して設計および施工が適切に行われているかどうかの確認をアンカーの試験によって調査する。

この試験は、事前にアンカー設計のための基礎資料を得る「基本調査試験」、実際に施工されたアンカーが所定の性能を有しているかを確認する「品質保証試験」、および特殊な目的や条件下で使用するアンカーを対象にする「その他の試験」の三つに大別される。

(1) 試験の種類

アンカーの設計および施工に際して行う試験は下記のとおりである。

- 1) 基本調査試験
 - ① 引抜き試験
 - ② 長期試験
- 2) 品質保証試験
 - ① 多サイクル確認試験
 - ② 1サイクル確認試験
 - ③ その他の確認試験
- 3) その他の試験

各試験の目的、確認項目および実施時期などの概要を解説表-8.1に示す。

(2) 試験の計画

アンカーの試験実施に先立ち、下記項目について検討・調査し、円滑に試験が行われるよう試験計画書を作成する。

1) 試験計画書の主な記載項目

アンカーの試験計画書には、まず、対象工事の概要と地盤条件、当該アンカーの使用目的、試験の目的と試験の種類、ならびに試験の実施位置を記述する。

次に、試験アンカーの種類と施工方法を述べるが、これには試験アンカーの削孔径や設置地盤との深さ関係などの仕様や諸元、使用機械、使用材料、削孔方法・注入方法・加圧方法など具体的な方法を示した施工手順、施工管理、仮設計画などが含まれる。

試験方法の記述項目には、試験装置、載荷計画、計測項目と計測装置、およ

解説表-8.1 アンカー試験の概要比較

項目	試験の種類		基本調査試験		品質保証試験	
	引抜き試験	長期試験	多サイクル確認試験	1サイクル確認試験		
1) 目的	供用するアンカーの諸元を決定する	供用期間中の残存引張り力推定のための定数を求める	アンカーの設計と施工が適切であったかどうかを確認する	1サイクル確認試験 設計アンカー力に対して安全かどうかを確認する		
2) 実施時期	実施設計を行う前	施工前	施工時の初期段階	施工時		
3) 計測値の主な関係	極限引抜き力に至るまでの荷重～変位量関係	長期間における残存引張り力～時間関係	多サイクル載荷時の荷重～変位量関係	1サイクル載荷時の荷重～変位量関係		
4) 試験の対象アンカー	試験用アンカー	供用アンカーと同じ仕様の試験アンカー	供用するアンカー	供用するアンカー		
5) 試験本数	1本 (一般に) ※設置地盤、施工方法ごと、供用アンカーと同じが望ましい	1本 (一般に) ※設置地盤、施工方法ごと	施工本数×5%かつ3本以上	多サイクル確認試験分を除くその他のアンカー全数		
6) 計画最大荷重 (T_p) ²⁾	$T_p \geq T_{ug}$ 場合によっては、 $T_p \geq T_0$	$T_p = 1.1T_0$	永久: $1.2T_0$ (常時) $\leq T_0 \leq 1.5T_0$ (常時), $T_p = T_0$ (地震時)のうち大なる荷重 仮設: $1.1T_0 \leq T_p \leq 1.2T_0$	永久: $1.2T_0$ (常時) $\leq T_p$ かつ T_0 (地震時) $\leq T_p$ 仮設: $1.1T_0 \leq T_p$		
7) サイクル数	5～10サイクル	1サイクル	5サイクル以上	1サイクル		
8) 各サイクルの最大荷重	$0.2T_p, 0.4T_p, 0.6T_p, 0.8T_p, 1.0T_p$ 抜けない場合 ($1.2T_p$)-(一例)	$1.1T_0$ (先行の1サイクル載荷時) $1.1T_0$ (長期試験時)	$0.3T_0, 0.6T_0, 0.9T_0, 1.2T_0, 1.5T_0$ (永久(常時)の一例)	$1.2T_0$ (永久(常時)の一例)		
9) 荷重保持時間	5～10min以上 (設置地盤によって異なる)	60minの後、7～10日間	10min以上	計画最大荷重時のみに5min以上		
10) 計測時期	履歴内荷重		1～2 min以上 (設置地盤によって異なる)			
	変位の安定		クリープ係数 $\Delta c < 1mm$	(1mm/3min)以下		
			各新規荷重段階で1 minごと	各新規荷重段階で1 minごと		
11) 判定項目	極限引抜き力 (参考) 摩擦損失量、テント・自由長	引張り力の低下係数 供用期間中における残存引張り力の推定値 (クリープ試験に近い)	設計と施工が適切 弾性変位量 クリープ係数	設計アンカー力が安全 弾性変位量		
12) ほぼ該当する前基準	基本試験		適性試験	確認試験		

*1) 記号: T_0 (計画最大荷重), T_p (設計アンカー力), T_{ug} (極限アンカー力), T_0 (アンカーの極限引抜き力), T_p (テントの降伏引張り力: PC鋼材), F_0 (保証耐力: 連続繊維補強材)

*2) 計画最大荷重 T_p は、どのアンカー試験においても $T_0 \leq 0.9T_p$ (PC鋼材), $T_p \leq 0.7F_0$ (連続繊維補強材) とする。

*3) 初期荷重 T_0 は、 $T_0 = 0.17T_p$ もしくは $T_0 = 0.17T_{ug}$ を目安とする。場合によっては、 T_0 の大きさを、左記値より大きくしても可。

*4) 各荷重段階間の荷重速度は、増荷重時 ($T_p / (10 \sim 20) kN/min$), 減荷重時 ($T_p / (5 \sim 10) kN/min$) を目安とする。

び試験結果の判定基準，判定方法を示すデータ整理法などがある。

そのほか，試験を円滑に進められるよう試験要員の配置体制や安全管理体制についても記しておく。

2) 施工管理と仮設計画

試験アンカー施工時の主な管理項目には，作業能率やタイムスケジュール管理のほかに，テンドン構成部材の仕様の確認，グラウトの注入圧力と注入量，コンシステンシー，ブリージングおよび圧縮強度の調査がある。

また，試験アンカーの施工に先だって，下記事項についても検討しておく。

- ① 電力設備，給水設備，排水設備の能力
- ② グラウトなどの混練りプラント設置スペース
- ③ 削孔用の作業スペースと作業盤の支持力
- ④ テンドンの組立・加工スペース

3) 安全管理

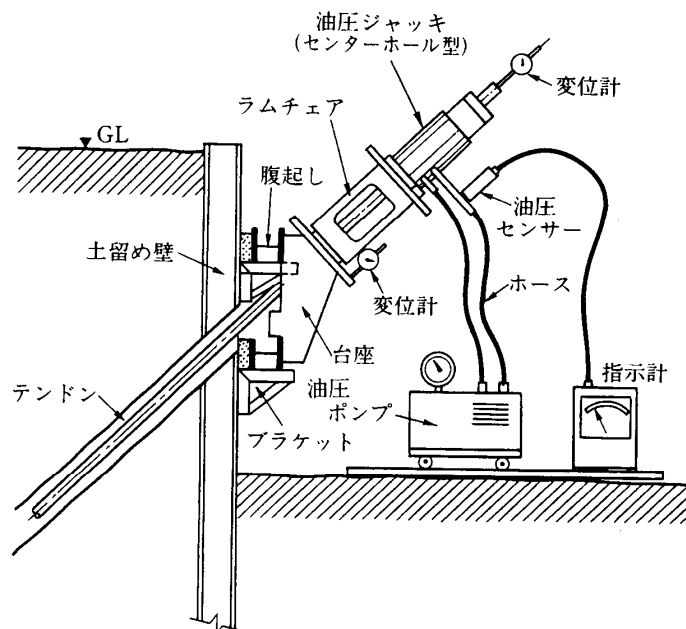
アンカーの試験は，テンドンを構成する材料の降伏荷重近くまで載荷し，場合によっては試験場所が他作業区域と近接し，同時施工ということもある。このため，アンカーの試験では，荷重係，記録係のほかに安全管理を行う保安係を含む試験要員を配置する。このうち，保安係は，試験装置や試験場所周辺の安全点検のほかに，試験装置周辺に部外者が立入らないよう配慮する。

(3) 試験装置

解説図-8.1は試験装置の一例を示したもので，加力装置，反力装置，および計測装置からなる。この試験装置は，試験の種類，目的，計画最大荷重，現場の状況などに応じて適切なものを選定する。

1) 加力装置

加力装置には，通常，センターホール型の油圧ジャッキと油圧ポンプが用いられる。油圧ジャッキは，その容量とストロークに余裕のあるものを選び，計画最大荷重の1.2倍まで載荷可能なものを用意しておく。油圧ジャッキの性能は，荷重の増減が一定の速度でスムーズに行え，かつ一定荷重の保持が容易にできるものとし，使用に先だちキャリブレーションを行っておく。

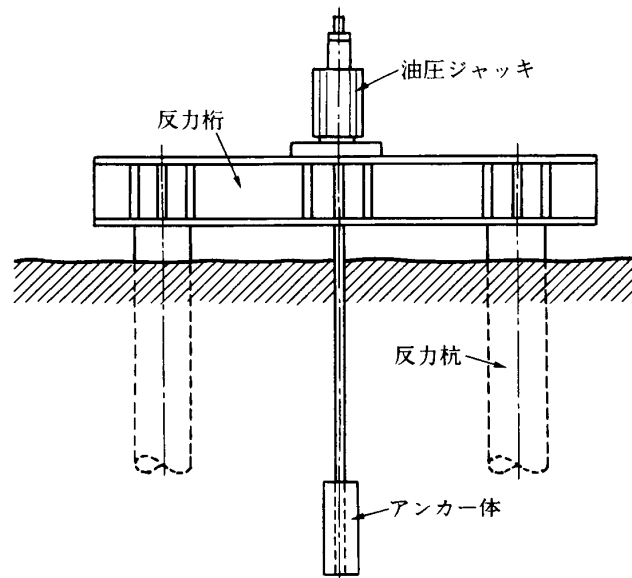


解説図-8.1 試験装置の一例

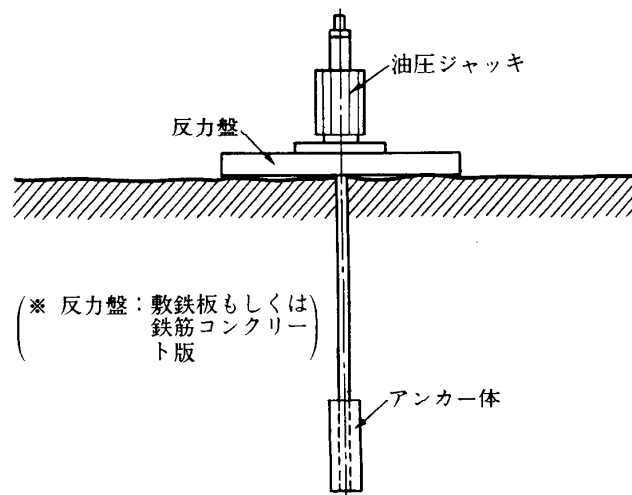
2) 反力装置

引抜き試験の反力装置には、**解説図-8.2(a)**に示すように試験アンカーの浮上りの影響範囲を避けた位置に設置した反力杭を用いて試験を行う場合と、**解説図-8.2(b)**の反力盤を用いて反力盤背面の地盤に反力を期待して行う場合の2種類ある。このうち、反力盤を用いる試験でアンカー体の設置深さが浅い場合には、反力が押さえ荷重として作用したり、反力盤の背面の地盤が破壊して、真の極限引抜き力や極限拘束力が求まらないことがある。しかし、押さえ荷重の影響を無視できるような十分な土被りがあり、また背面地盤に破壊が生じないように反力盤の大きさ、強度、剛性を適切に選べば、極限引抜き力や極限拘束力を正確に把握することができる。

実施工アンカーに対して行う品質保証試験の多サイクル確認試験や1サイクル確認試験を行う場合、腹起こしや構造物を反力装置として用いることがある。このような場合には、試験時の最大荷重は設計アンカー力以上となるので、反力装置の応力や変形について事前に十分な検討を行う。



(a) 反力杭方式



(b) 反力盤方式

解説図-8.2 基本調査試験時の反力装置

3) 計測装置

・荷重計 試験荷重の確認には、加力装置に組み込まれたブルドン管圧力計や電気式の油圧センサー、もしくはロードセルを用いる。このうち、ロードセルは、セッティングの仕方によっては計測精度が低下することがあるため、支

圧面を滑らかにして偏心荷重とならないようにセットする。

・変位計 アンカーの試験に用いる変位計の最小目盛は、通常、基本調査試験と品質保証試験の多サイクル確認試験では0.1 mm、1サイクル確認試験では0.5 mm程度である。テンドンの伸びやクリープなどのアンカーの伸びに対して、十分なストロークがない変位計では、試験の途中で盛替えが必要となり、所定の保持時間をオーバーし、計測精度が確保されなくなる場合がある。このため、最大変位量を試験前に予測し、これに対応できる変位計を用意する。

変位計を取り付ける基準梁や基準杭は、載荷の影響で試験中に変位を生じないように設置する。

・時計 標準時刻を表示する時計と、試験開始からの経過時間を計測する時計の二つあれば便利である。

8.2 基本調査試験

(1) 引抜き試験

1) 試験アンカー

引抜き試験に用いる試験アンカーは、極限拘束力で終局限界状態の破壊が生じることなく、極限引抜き力が確認できるようにアンカーの諸元を定める。なお、極限拘束力の大きさは室内試験で定めてもよい。

2) 載荷方法と計測項目

- ① 初期荷重は、計画最大荷重の約0.1倍とする。
- ② 荷重段階は初期荷重から計画最大荷重までの間を5～10段階にわけ、荷重制御による多サイクル方式で載荷する。計画最大荷重まで載荷しても、終局限界状態の破壊が確認できない場合は、初期荷重まで除荷した後、再び引き抜けるまで載荷する。ただし、この場合の最大荷重はテンドンの強度特性などを考慮して定める。
- ③ 各サイクルの載荷では、アンカー体を設置する地盤の種別、荷重段階に応じた一定の時間、荷重を保持できることを確認する。
- ④ 各荷重段階における計測は、荷重、変位量、時間などについて行

う

3) 試験結果の整理と判定

- ① アンカー頭部における荷重-変位量曲線，荷重-弾性変位量曲線，荷重-塑性変位量曲線を作成する。
- ② 荷重-弾性変位量曲線から，テンドン自由長とテンドンの摩擦損失量を求める。
- ③ 荷重-変位量曲線から極限引抜き力を求める。ただし，終局限界状態の破壊に達しない場合には，最大荷重をもって極限引抜き力とみなす。

(2) 長期試験

1) 試験アンカー

長期試験に用いる試験アンカーは，実際に供用されるアンカーと同様な方法で作成されたアンカーとする。

2) 載荷方法と計測項目

- ① 長期試験に先だって，試験アンカーの見掛けのばね定数を求めるための載荷を行う。
- ② 長期試験の荷重は設計アンカー力の1.1倍とし，残存引張り力を測定する。
- ③ 計測項目は，荷重，変位量，時間などとする。

3) 試験結果の整理と判定

経過時間と残存引張り力，アンカー頭部と反力装置の変位量，気温の関係をまとめる。

【解説】

基本調査試験は，構造物に対するアンカー工法の適用の可否，アンカー体の設置を予定している地盤の性状，および設計に用いる諸定数を求め，設計アンカー力を満足する供用アンカーの諸元と許容アンカー力を決めるために行う。

基本調査試験の実施は，アンカーの計画・設計前が望ましいが，実際には現場の状況などにより実施が困難で，試験の実施時期は本体工事が開始されてか

らになることも多い。しかし、このような場合であっても基本調査試験の結果に基づいて最終的に設計の見直しができる態勢を整えておく。

仮設アンカーで、設置地盤の土質性状が十分に把握できていて施工数量が少ない場合や岩盤、硬い粘性土、締まった砂地盤に設置する場合には、基本調査試験を省略することができる。基本調査試験を省略してアンカーを設計する場合には、類似地盤における試験データや解説表-6.5の極限周面摩擦抵抗の値を参考にして設計することになるが、施工後なるべく早期に多サイクル確認試験を行って設計の妥当性を確認しなければならない。

なお、仮設アンカーであっても、設置地盤として有機質土層、液性限界(w_L)が50%以上の粘性土層、および N 値が15未満の砂質土層を採用せざるをえない場合には、基本調査試験を実施したほうがよい。

(1) 引抜き試験

引抜き試験は、事前の設計で定めたアンカーの諸元や設計用諸定数に基づいて設定した試験アンカーの極限引抜き力を調査するとともに、必要に応じてアンカーの諸元の修正を行うための基本データを得る目的で行う。

本基準では、極限アンカー力(T_u)の大きさを、テンドンの極限引張り力(T_{us})、テンドンの極限拘束力(T_{ub})およびアンカーの極限引抜き力(T_{ug})のうちの最も小さい値と規定している。このうち、テンドンの極限引張り力は、テンドンを構成するPC鋼材などが工場で生産されていて品質的なばらつきが少なく信頼性も高く、その大きさは使用するテンドン部材の種類とサイズで決まる。

次に、テンドンの極限拘束力は、テンドンとアンカー体間の極限付着応力、テンドンに取り付けた拘束具とアンカー体間に生じる極限付着応力、極限摩擦応力、あるいは極限支圧応力によって決まる。このうち、単位面積当たりの極限付着応力度(τ_{bu})の値は、これまで土木学会コンクリート標準示方書を参考にして設定した値を使ってきて、特に問題は起きていない。また、テンドンに取り付けられる拘束具については、地上あるいは実地盤内での開発実験によって十分にその効果、すなわちテンドンの極限拘束力が確かめられていると考えられる。

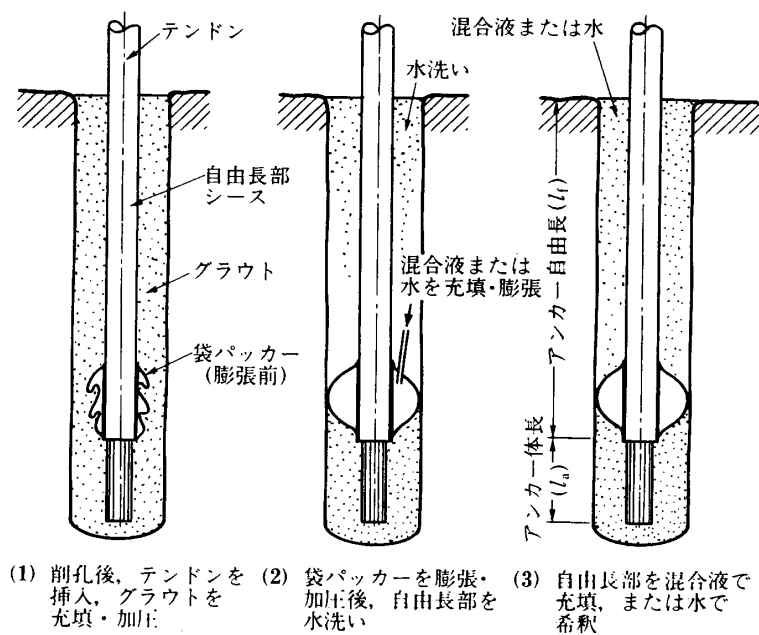
以上から、本項で述べる引抜き試験は、アンカーの極限引抜き力を求めるた

めの試験とした。この試験結果からアンカー体の単位面積当たりの極限周面摩擦抵抗(τ_u)あるいは極限支圧抵抗(q_u)を算出することができる。

1) 試験アンカーと計画最大荷重

アンカーの極限引抜き力は、アンカーの種類や施工方法などによって大きく異なることがあるので、引抜き試験に用いる試験アンカーは供用するアンカーと同じ方法で施工する。なお、同一工事場であっても、アンカー体が2種類以上の設置地盤にまたがる場合や、アンカーの種類や削孔径が異なる場合には、それぞれについて引抜き試験を行う。

試験アンカーの形状は供用アンカーと同じほうがよいが、供用アンカーと同じ形状では、アンカー体より上方の地盤の周面摩擦抵抗も働くので、アンカー体部分だけの極限周面摩擦抵抗あるいは極限支圧抵抗を正確に調べることができない。**解説図-8.3**は、試験アンカーの設置方法の一例を示したもので、アンカー体頭部に袋パッカーを取り付けて自由長部分の引抜き抵抗を除く処置を講じている。



解説図-8.3 引抜き試験用アンカーの設置例

引抜き試験では、計画最大荷重までの荷重段階で、試験アンカーが極限状態、すなわち地盤とアンカー体との間に終局的な破壊が生じて引き抜けるよう計画する。しかし、試験の安全性を確保する意味から、テンドンにPC鋼材を用いる場合の計画最大荷重はテンドン降伏引張り力の0.9倍、テンドンが連続繊維補強材の場合にはその保証耐力の0.7倍以下としなければならない。

計画最大荷重の決め方は、

- (i) 設計アンカー力、削孔径、アンカー体長など、供用アンカーの仕様の概要が決まっていて、その極限引抜き力を調査するために引抜き試験を行う場合
- (ii) 設置地盤でのアンカーの極限引抜き力が比較的大きいと予想され、アンカー体の単位面積当たりの極限周面摩擦抵抗あるいは極限支圧抵抗を求めるために引抜き試験を行う場合

とでは異なる。すなわち、供用アンカーの仕様が決まっている(i)の場合には、設計アンカー力もしくは設計アンカー力より10~20%大きめの荷重に所定の安全率を乗じて得られる荷重を計画最大荷重とする。このとき、計画最大荷重がテンドン降伏引張り力の0.9倍あるいは保証耐力の0.7倍を超える場合には、試験アンカーのアンカー体長を設計アンカー体長よりやや短くするなどの対策をとる。これに対して極限引抜き力が大きいと予想される(ii)の場合は、アンカーが完全に引き抜けるよう、アンカー体長を数mと短くしたり、テンドンの断面積をできるだけ大きくする。

なお、「6.3 アンカーの長さ (3)アンカー体長(l_a)」の項にあるように、主に支圧により抵抗する方式のアンカーや、アンカー体長が3m未満あるいは10mを超える主に摩擦により抵抗する方式のアンカーについては、供用アンカーと同一仕様の試験アンカーを造成する。

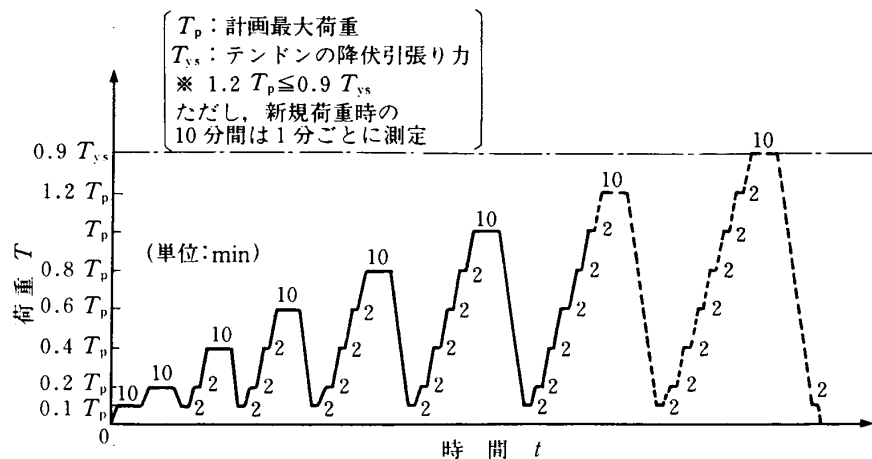
以上、引抜き試験時の試験アンカーの仕様と計画最大荷重の大きさについて述べたが、アンカー体長の短い試験アンカーの極限周面摩擦抵抗は、アンカー体長の長い極限周面摩擦抵抗より数10%大きいという引抜き試験結果も報告されている。したがって、引抜き試験の結果を試験アンカーより長いアンカー体長のアンカーに適用する場合には、周面摩擦抵抗の大きさをアンカー体長の

長さに応じて低減する必要がある。また、試験アンカーのテンドンの断面積を大きくすると、アンカー体部の変位量が小さくなって、供用アンカーに働く周面摩擦抵抗の発現状況と異なるので、供用アンカーの極限引抜き力を推定する上で問題がある。

2) 載荷方法と計測項目

載荷は解説図-8.4 に示すように、荷重と塑性変位量および弾性変位量の関係を求めることのできる多サイクル方式で行う。この多サイクル方式による弾性変位量と塑性変位量から後述の摩擦損失量や見掛けの自由長を算出する。

初期荷重(T_0)は、一般的に、計画最大荷重の10%程度としている。しかし、計画最大荷重が300~400 kNと小さく、解説図-8.1 に示すような状態で、本文の規定を適用すると初期荷重は30~40 kNとなり、試験装置の加力方向をテンドンの中心軸方向に一致させることができなくなる場合がある。このような場合には、初期荷重の大きさを、試験装置の自重が保持できる荷重まで増やしてもよい。



解説図-8.4 載荷計画の一例(粘性土の場合)

引抜き試験では、通常、各サイクルに1~2の新規荷重を含ませ、5~10サイクルとすることが多い。サイクル数をできる限り多くとれば、荷重-弾性変位量曲線や荷重-塑性変位量曲線を作成する際、プロット点数が多くなるので

試験の精度をあげることができる。計画最大荷重まで載荷してもアンカーの極限状態を確認できない場合には、サイクル数と荷重段階数を増やしてアンカー体が引き抜けるまで載荷するが、試験の安全性を確保する意味から、テンドン降伏荷重の0.9倍あるいは保証耐力の0.7倍以下の載荷とする。解説表-8.2は、各サイクルにおける荷重保持時間の目安を示したもので、責任技術者の判断によって、同表の保持時間を多少増減してもかまわない。

解説表-8.2 荷重保持時間の目安 (引抜き試験)

設置地盤 荷重種別	粘性土	砂質土、岩盤	備考
新規荷重段階	10min 以上の一定時間	5 min 以上の一定時間	ただし、変位量が安定しない場合は、安定するまで荷重を保持する
履歴内の荷重段階 (含、初期荷重時)	2 min 以上の一定時間	1 min 以上の一定時間	

各荷重間の増荷重速度と減荷重速度の制御は重要で、荷重の増減を急激に行わないように、増荷重速度と減荷重速度をほぼ一定とする。増荷重時と減荷重時、それぞれの載荷速度の目安を解説表-8.3に示しておく。

各荷重段階で変位が安定したか否かは、1 min ごとの変位量をプロットして判断する。これまでの試験結果からみて、一般には、荷重保持時間の最後の3 min 間の変位量の変化が1 mm 以下になった時点を、変位が安定したとみなすことが多い。

なお、各新規荷重段階におけるアンカー頭部の変位量と反力装置の変位量は、1 min ごとに計測する。

解説表-8.3 載荷速度

載荷種別	載荷速度
増荷重時	計画最大荷重 10~20
	kN/min の一定速度
減荷重時	計画最大荷重 5~10
	kN/min の一定速度

3) 試験結果の整理と判定

試験の結果は、荷重(T)-変位量(δ)曲線の形で**解説図-8.5**に示すように整理する。さらに、変位量(δ)を弾性変位量(δ_e)と塑性変位量(δ_p)に分けて、荷重-弾性変位量曲線と荷重-塑性変位量曲線の形で図示する。ここで、 δ_p は初期荷重まで除荷した時点における塑性変位量であり、 δ_e は各荷重サイクルにおける最大荷重時の変位量(δ)から δ_p を差し引いたものである。

摩擦損失量(R_v)は、**解説図-8.5**の荷重-弾性変位量(δ_e)曲線の直線部分を延長して荷重軸(T 軸)との交点を求め、交点の荷重値と初期荷重との差として求める。

テンドン自由長(l_{sf})は、荷重-弾性変位量曲線の直線部分の勾配($\Delta\delta_e/\Delta T$)、テンドンの断面積(A_s)、テンドンの弾性係数(E_s)から求める。

$$l_{sf} = KE_s A_s = \frac{\Delta\delta_e E_s A_s}{\Delta T} \quad (8.1)$$

ここに、 l_{sf} : テンドン自由長

K : 荷重-弾性変位量曲線の直線部分の勾配(kN/mm)

E_s : テンドンの弾性係数(kN/mm²)

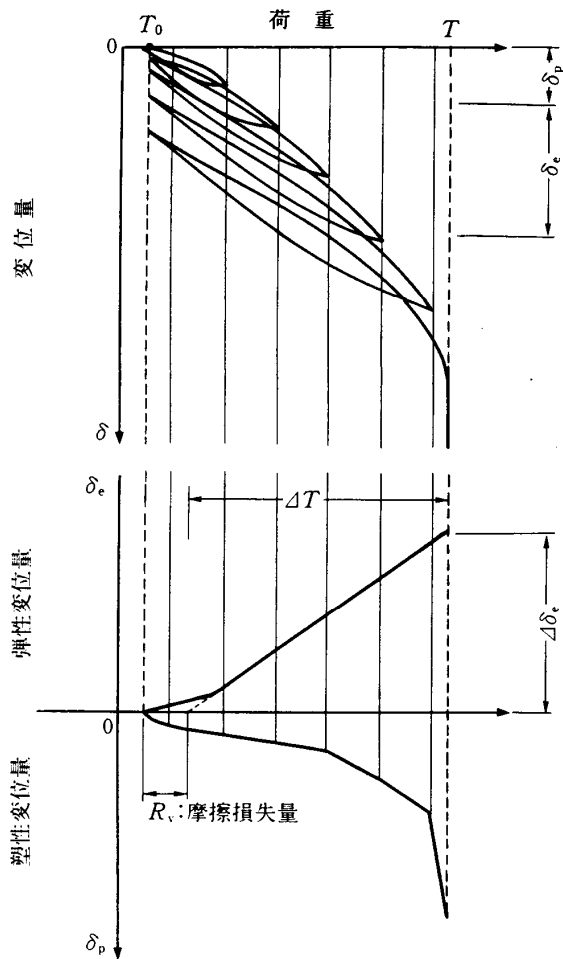
A_s : テンドンの断面積(mm²)

$\Delta\delta_e$: 荷重-弾性変位量曲線の直線部分における変位量(mm)

ΔT : 荷重-弾性変位量曲線の直線部分における荷重(kN)

極限引抜き力(T_{ug})は、**解説図-8.5**の荷重-変位量曲線が完全に下向きになった時点、もしくは、荷重-塑性変位量曲線の勾配が急激に下向きになった時点の荷重値とする。計画最大荷重まで載荷しても極限状態に達しない場合には、計画最大荷重を極限引抜き力とみなす。

また、引抜き試験結果における極限状態までの塑性変位量と弾性変位量から求めたアンカー自由長部の摩擦損失量とテンドン自由長の値は、供用アンカー設計時のアンカーばねの評価や自由長部の設計・施工時の検討資料とする。



解説図-8.5 荷重～変位量曲線の一例（引抜き試験）

(2) 長期試験

長期試験は、アンカーの供用中に作用しているテンドンの残存引張り力が時間の経過とともに減少する大きさを求め、構造物の安定をはかるアンカーの設計におけるプレストレス力の大きさを決定するデータを得るために実施する。

アンカーの長期試験には、時間経過に伴って定着時緊張力が低下していく過程を調査する「リラクセーション方式」と、同一荷重を保持させてアンカーの変位量が時間経過とともに増加する過程を調査する「クリープ方式」の2種類が考えられる。本基準の基本調査試験で行う長期試験は、試験の実施

が比較的容易なリラクゼーション方式とした。

1) 試験アンカー

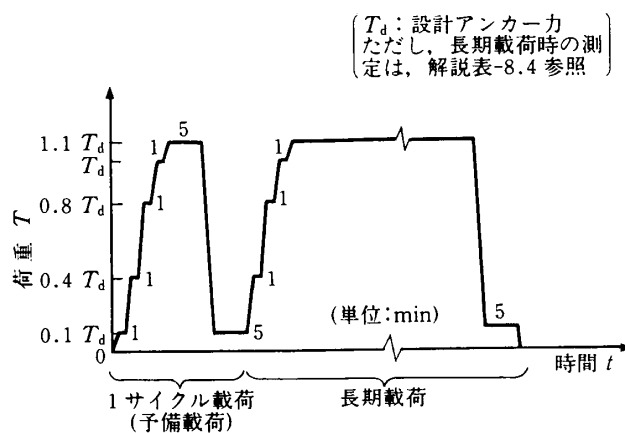
長期試験に用いる試験アンカーは、一般に、実際に供用されるアンカーと同一の仕様のものとする場合が多い。

2) 載荷方法と測定項目

アンカーを構造物に定着すると、残存引張り力は時間の経過とともに定着時緊張力から徐々に低下していく。この緊張力低下の主な原因として、アンカー体と地盤間のクリープ、テンドンとグラウト間のクリープ、ならびにテンドンのリラクゼーションなどが考えられる。

長期試験は、基本調査試験の一環として行われるため、試験用の反力盤が比較的軟弱な地盤に設置されることが多い。このため、長期試験における残存引張り力には、この反力盤の沈下量による影響が含まれ、前述のアンカーの挙動に起因する引張り力の減少を正確に評価することができない。この反力盤の沈下量による荷重低下を評価するために、長期載荷に先だって1サイクル方式で、設計アンカー力の1.1倍まで載荷し、試験アンカーの見掛けのばね定数(K'_a)を求めておく。なお、このときの荷重段階は、品質保証試験のうちの1サイクル確認試験に準じる。

長期試験における荷重段階の一例を解説図-8.6に示しておいた。長期試験における計画最大荷重(T_p)は設計アンカー力(T_d)の1.1倍で、解説表-8.4に



解説図-8.6 載荷計画の一例(長期試験)

解説表-8.4 長期試験における計測時期

計測時期
0,1,2,5,10,15,30,60min 経過時, 以後, 30min 間隔で 7~10 日間

示す測定時間で残存引張り力, アンカー頭部と反力盤の変位量, 気温および時間などを測定する。

3) 試験結果の整理と判定

反力盤の沈下による引張り力の低下を評価, すなわち, 見掛けのばね定数を求めるために行った1サイクルの載荷試験結果は, 「1サイクル確認試験」に記述されている方法に準じて整理する。

長期試験の測定結果は, 解説図-8.7に示すように, 対数目盛の横軸に経過時間(t), 普通目盛りの縦軸に残存引張り力(P), アンカー頭部の変位量, 反力盤の沈下量, 反力盤の沈下による荷重低下量, 気温の関係をまとめる。なお, 時間経過に伴う気温の変化が大きく, アンカー頭部の変位量への気温の影響が無視できない場合には, 無加力時のアンカー頭部変位量の変化量と気温の変化量の関係を基にして, アンカー頭部の変位量を補正する。

以上の測定結果から, 反力盤の沈下量による影響を取り除いたアンカー分の残存引張り力の低下係数を下記のように求める。

$$R_0 = -\frac{P_2 - P_1}{\log t_2 - \log t_1} \quad (8.2)$$

$$R_g = K'_a \times \frac{S_2 - S_1}{\log t_2 - \log t_1} \quad (8.3)$$

$$R_a = R_0 - R_g \quad (8.4)$$

ここに,

R_0 : 時間 $t_1 \sim t_2$ における残存引張り力の低下係数 (kN/min)

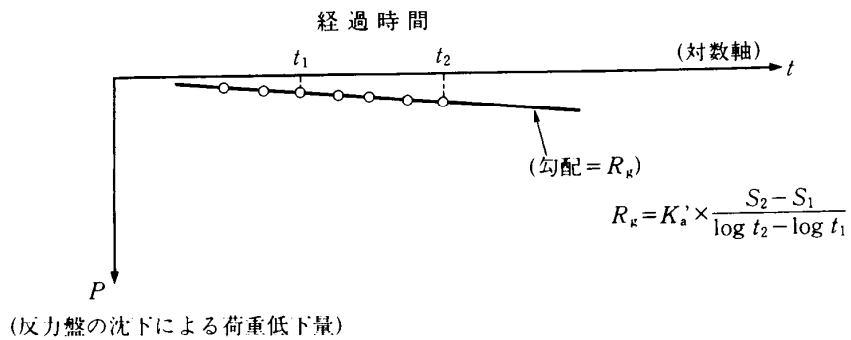
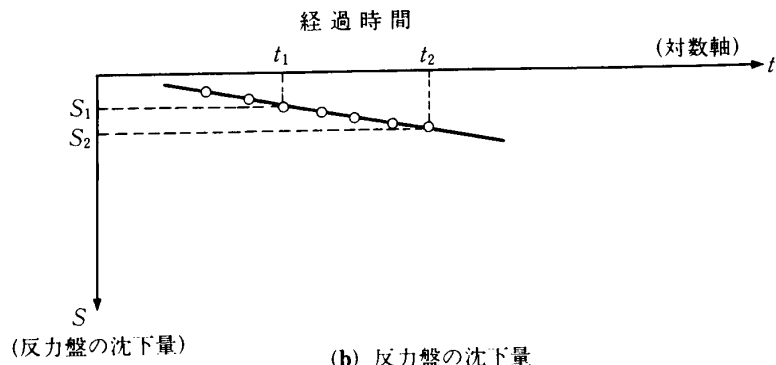
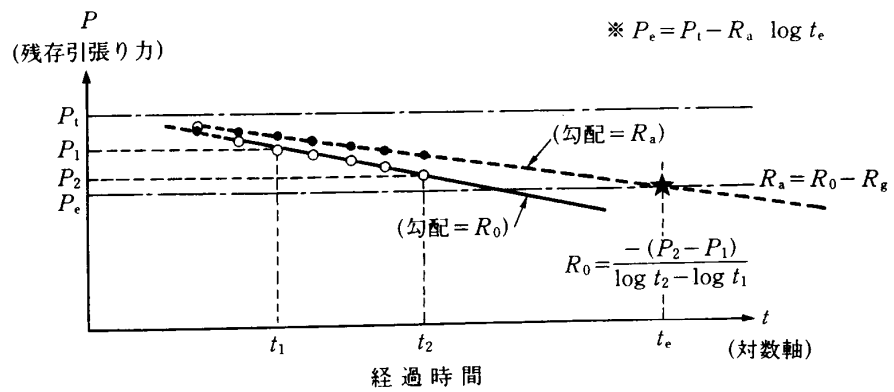
R_g : 反力盤の沈下による残存引張り力の低下係数 (kN/min)

R_a : アンカーに起因する残存引張り力の低下係数 (kN/min)

P_1, P_2 : 時間 t_1 , 時間 t_2 における残存引張り力 (kN)

S_1, S_2 : 時間 t_1 , 時間 t_2 における反力盤の沈下量 (mm)

K'_a : 試験アンカーの見掛けのばね定数 (kN/mm)



解説図-8.7 長期試験結果の一例

$$K'_a = \frac{E_s A_s}{l'_{sf}} \quad (8.5)$$

E_s : テンドンの弾性係数 (kN/mm^2)

A_s : テンドンの断面積 (mm^2)

l'_{sf} ：テンドン自由長(mm)，算定法は，式(8.1)を参照

実供用期間(経過時間 t_e 後)における残存引張り力の補正值(P_e)は，以下のようにして求める。

$$P_e = P_t - R_a \log t_e \quad (8.6)$$

ここに，

P_e ：補正残存引張り力(kN)

P_t ：定着時緊張力(kN)

長期試験では，アンカー頭部と反力盤の変位量を7～10日間計測するが，試験終了時の残存引張り力が所要の残存引張り力を下まわる場合には，設計アンカー力を低減するなどの処置をとる。

また，式(8.6)で求められる補正残存引張り力には，供用期間中のアンカーの挙動変化による低下量，すなわち「6.7 プレストレス力」の項の解説にある「2)地盤のクリープ」のうちのアンカー体周辺地盤の変位，「3)テンドンのリラクセーション」，「4)アンカー自由長部シースとテンドンの摩擦」の応力発生状況の変化による低下しか見込まれていない。したがって，アンカー体と構造物の間に圧密粘性土層などの圧縮性が大きな地盤がある場合には，その地盤変形による引張り力の低下も考慮する必要がある。

8.3 品質保証試験

(1) 試験アンカー

多サイクル確認試験に用いるアンカーは，実際に用いるアンカーの一部から選定し，アンカー体を設置した地盤，アンカーの諸元，打設方法などを考慮し，施工数量の5%かつ3本以上とする。

1サイクル確認試験に用いるアンカーは，多サイクル確認試験に用いたアンカーを除くすべてとする。

(2) 多サイクル確認試験

1) 載荷方法と計測項目

- ① 計画最大荷重はテンドンの強度特性などを考慮して定める。ただし次に示す荷重を超えないものとする。

i) 永久アンカー：設計アンカー力（常時）の1.5倍，または設計アンカー力（地震時）の1.0倍のうち大なる荷重

ii) 仮設アンカー：設計アンカー力の1.2倍

② 初期荷重は計画最大荷重の約0.1倍とし，引抜き試験に準じた方法で載荷と除荷を繰り返す。

③ 計測項目は引抜き試験に準じる。

2) 試験結果の整理と判定

試験結果は引抜き試験に準じて整理し，設計アンカー力に対して十分に安全であることを確認する。

(3) 1サイクル確認試験

1) 載荷方法と計測項目

① 計画最大荷重はテンドンの強度特性などを考慮したうえ，以下のとおりとする。

i) 永久アンカー：設計アンカー力（常時）の1.2倍以上，かつ設計アンカー力（地震時）の1.0倍以上

ii) 仮設アンカー：設計アンカー力の1.1倍以上

② 載荷は次のように行うものとする。

初期荷重は計画最大荷重の約0.1倍とし，計画最大荷重まで載荷した後，初期荷重まで除荷する1サイクル方式とする。

③ 計測項目は，荷重，変位置，時間などとする。

2) 試験結果の整理と判定

アンカーの荷重-変位置の関係を多サイクル確認試験の結果と比較して，アンカーが設計アンカー力に対して十分に安全であることを確認する。

(4) その他の確認試験

所定の緊張力が導入されているかを確認する，緊張定着直後の定着時緊張力確認試験，また，定着後ある時間経過後に行う残存引張り力確認試験などがある。

【解説】

品質保証試験は設計で要求される性能に対して、実際に造成されたアンカーがこれを満足する品質を有するかどうかを判定するために行う。設計で要求される性能とは、設計アンカー力に対して十分に安全であることであり、具体的には設計アンカー力以上の大きさの力に耐えられること、適性な荷重-変位置量関係を有することなどである。

試験は使用した材料の品質、施工の品質、造成されたアンカーの品質を確認し、当該アンカーを供用して良いかどうかを判定する行為である。

ここでは、「性能」、「品質」の用語を以下のように定義して使い分けている。

「性能」：人間の目的または要求に応じて、使用される材料や建設される構造物が発揮する能力を指す。定量化できるもの。「高性能」「要求性能」

「品質」：使用される材料や造られた構造物が実際に持っている特性を指す。

定量化できるもの。人間の目的または要求に関係なく、物体が有している特性。「高品質」

(1) 試験アンカー

1) 多サイクル確認試験に用いる試験アンカー

基本調査試験の引抜き試験で用いられる試験アンカーは、アンカー傾角、アンカー水平角、アンカー体長が実際に供用されるアンカーと異なることが多い。そこで、実際に供用されるアンカーを用いて多サイクル確認試験を行い、アンカーの設計および施工が適切であるか否かを判定する。

造成されるアンカーの品質を大きく左右する、設置地盤、アンカーの諸元、打設方法が異なる場合には、それぞれに対して多サイクル確認試験を行う必要がある。また、アンカーの品質に影響を及ぼすと考えられる周辺環境条件が変化した場合や、グラウトの配合の変更など施工条件を変えた場合にも、それぞれに対して試験アンカーを選定し、多サイクル確認試験を行うことが望ましい。

試験アンカー数は施工数量の5%かつ3本以上と規定しており、施工数量が60本未満の場合には施工数量の5%で算出すると3本未満となるが、この場合には3本が最低本数となる。ただし、施工数量が20本未満でこれによりがたい場合には、解説表-8.5を参考とし、責任技術者の判断で本数を適切に

定めてよい。

解説表-8.5 設置地盤とアンカー分類ごとの最低本数の目安

(施工本数が20本未満の場合)

設置地盤 分類	岩盤	締まった砂質土 硬い粘性土	ゆるい砂質土 粘性土
仮設アンカー	1本	1本	2本
永久アンカー	1本	1本	3本

多サイクル確認試験の試験結果は、1サイクル確認試験の判定基準ともなるので、試験は施工時の初期段階で行うことを基本とする。

2) 1サイクル確認試験に用いる試験アンカー

アンカーは設置地盤や施工のわずかな差異により、その品質が大きく変化しやすい。そこで、多サイクル確認試験に用いたアンカーを除く、すべての供用されるアンカーに対して1サイクル確認試験を行い、設計アンカー力に対して安全かどうかを判定する。

(2) 多サイクル確認試験

1) 載荷方法と計測項目

載荷方法は基本調査試験の引抜き試験に準じ、載荷と除荷を繰り返す。計測項目も基本調査試験の引抜き試験に準じる。

解説表-8.6 に載荷方法、解説表-8.7 に計測時期、解説図-8.8 に載荷計画の一例を示す。

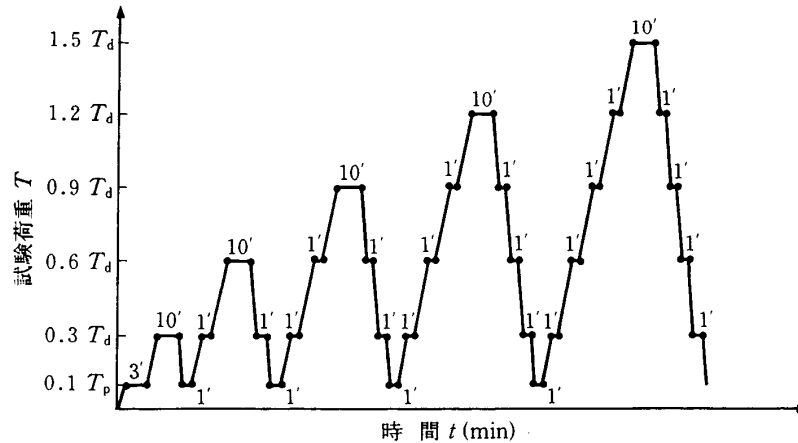
解説表-8.6 載荷方法 (多サイクル確認試験)

荷重段階数	5段階以上	
サイクル数	5サイクル以上	
初期荷重	計画最大荷重の約0.1倍	
載荷速度 (目安)	増荷重時： $\frac{\text{計画最大荷重}}{10\sim 20}$ kN/min の一定速度	
	減荷重時：増荷重時の2倍程度	
荷重保持時間 (目安)	新規荷重段階	10min 以上の一定時間
	履歴内の荷重段階	粘性土：2 min 以上の一定時間 岩盤・砂質土：1 min 以上の一定時間

注) 変位が安定しない場合には、荷重保持時間を安定するまで延長する。安定の目安はクリープ係数 Δc が1 mm 未満(1~10min)とする。

解説表-8.7 計測時期 (多サイクル確認試験)

新規荷重段階	0,1,2,5,10min 後
履歴内の荷重段階	粘性土 : 0,1,2 min 後 岩盤・砂質土 : 0,1 min 後



ここに T_d : 設計アンカー力, T_p : 計画最大荷重

解説図-8.8 載荷計画の一例

① 計画最大荷重

計画最大荷重は可能な限り大きい方が望ましいが、テンドンの強度特性などから定まる値と、永久アンカーと仮設アンカーの別や荷重状態に応じて設計アンカー力に基準で規定する 1.0 以上の係数を乗じた値を比較し、小さい方を計画最大荷重として採用する。

前者のテンドンの強度特性などから定まる値とは、試験における載荷（緊張）作業中におけるテンドンの許容引張り力の制限値や、テンドンの加工方法による強度低下などの影響を考慮したものである。以下、テンドン材質ごと、緊張作業中におけるテンドンの許容引張り力の制限値を示す。

- i) PC 鋼材：降伏引張り力の 0.9 倍
- ii) 連続繊維補強材：4.3. テンドン(2), 6.9 による。

後者の永久アンカーと仮設アンカーの別や荷重状態に応じて設計アンカー力に 1.0 以上の係数を乗じた値とは、設置地盤の不均一性、地盤調査の信頼性、荷重算定の不確実性、設計の不確実性、施工のばらつきを考慮し、この程度の

大きさの力に対してはアンカーの品質を保証しておきたいことから規定したものである。ただし、多サイクル確認試験の試験結果は1サイクル確認試験の判定基準となるので、1サイクル確認試験の計画最大荷重以上とする。永久アンカーの常時を例にとると、設計アンカー力の1.2倍以上、1.5倍以下となる。

基準で規定する計画最大荷重は上限値であり、試験は実際に供用されるアンカーを用いて行うことから、現場の実状に即して責任技術者の判断で、これ以下に定めてよい。

② 初期荷重

初期荷重はアンカー引張り力の地盤への伝達方式やテンドンの長さを考慮し、適切に決定すべきである。値としては荷重-変位量関係、特に塑性変位量を正確に把握するためには極力小さい方が望ましいことから、計画最大荷重の約0.1倍とした。計画最大荷重の約0.1倍より大きくすると、荷重-変位量関係を正確に把握できなくなるおそれがあるためである。ただし、計画最大荷重が小さく、初期荷重を計画最大荷重の約0.1倍とすると荷重が小さくなりすぎ、試験装置の加力方向がテンドンの軸中心方向と一致しなくなる場合には、一致できる値まで大きくしてよい。

アンカー引張り力の地盤への伝達方式の違いや台座の構造により、初期荷重を計画最大荷重の約0.1倍とすることができない場合は、責任技術者がこれを適切に定めてよい。ただし、アンカー引張り力の地盤への伝達方式の違いによる場合は、初期荷重の値のみならず、荷重-変位量関係の判定を含めた検討が必要となる。

③ 荷重保持時間

基本調査試験の引抜き試験の試験結果によっては、試験における荷重保持時間を**解説表-8.6**に示す値より短くしてもよい。

④ その他

i) 仮設アンカーなどで基本調査試験の引抜き試験を省略した場合には、施工後なるべく早期に多サイクル確認試験を行い、アンカーの設計および施工が適切であるか否かを判定することが望ましい。

ii) 試験においては設計アンカー力以上の荷重を載荷するため、載荷時に

反力装置，例えば仮設アンカーにおける土留めの腹起し，台座，支圧板が変形し，計画最大荷重まで載荷できないといった事態が生じないようにしなければならない。このためには，計画最大荷重に対してこれらの部材の検討（発生応力度、変形量）を行い，必要により補強しておくことが大切である。

2) 試験結果の整理と判定

① 試験結果の整理

- i) 試験結果は基本調査試験の引抜き試験に準じて，以下の項目について整理する。
 - a. アンカーの概要(施工場所，使用目的，設計者，責任技術者，地盤概要，アンカー諸元)
 - b. 試験概要（多サイクル確認試験，試験日時，試験装置）
 - c. 試験アンカーの施工実績（試験位置，施工日時，施工機器，材料，施工者）
 - d. 計測項目と計測装置（ジャッキのブルドン管，変位計，応力計，時計，計測装置組立図）
 - e. データ整理法（判定基準を含む）
 - f. 載荷計画（荷重－時間サイクル関係図）
 - g. 1本ごとの試験結果（試験アンカーの諸元，試験結果のグラフ）
 - h. 試験結果一覧表
 - i. その他特記事項（試験結果の考察，試験時の問題点，安全管理）
 - j. 数値データ集
- ii) データ整理は以下の形で行う。
 - a) 荷重(P)-変位量(δ)曲線，荷重(P)-弾性変位量(δ_e)曲線，荷重(P)-塑性変位量(δ_p)曲線に整理する（解説図-8.9参照）。
 - b) 時間($\log t$)～変位量(δ)曲線を作成したのち，設計アンカー力に対して，次式によって定義するクリープ係数(Δc)を算出する。

$$\Delta c = \frac{\delta_{t_2} - \delta_{t_1}}{\log(t_2/t_1)} \quad (8.7)$$

ここで， δ_{t_2} ， δ_{t_1} ： t_2 ， t_1 における頭部変位量(mm)

t_2, t_1 : 設計アンカー力時の荷重保持時間(min)

t_2/t_1 は 10 になるように設定する

② 判定

設計および施工が適性であるか否かの判定は、以下の項目に対し次の判定基準により行う。

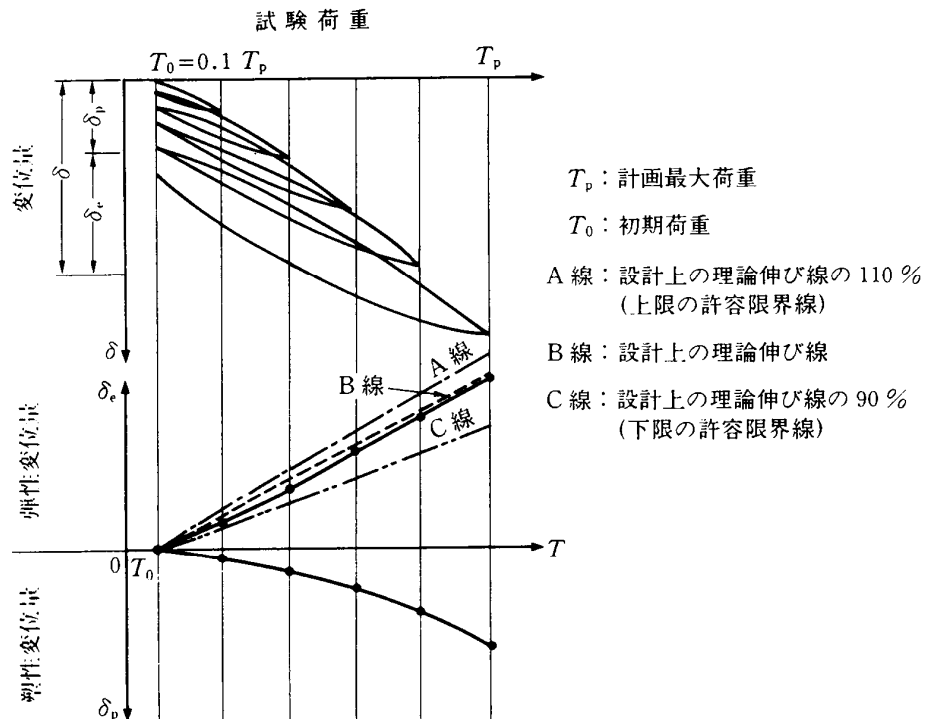
i) 設計アンカー力に対して安全かどうか。

計画最大荷重は設計アンカー力より大きく設定されており、これに耐えられれば設計および施工が適性であると判定する。

ii) 荷重-変位置関係が適性かどうか。

解説図-8.9 の荷重-弾・塑性変位置曲線において、図中に示す許容範囲に入っていれば設計および施工が適性と判定する。許容範囲は設計上の理論伸び量に対し、 $\pm 10\%$ とする。

この範囲から外れた場合には、そのアンカーを供用しないものとする。この範囲から逸脱した場合の対処として BS¹⁾ では、さらに計画最大荷重まで 2 サイクルの載荷試験を行い、その荷重-変位置曲線、荷重-弾性変位置曲線、荷重-



解説図-8.9 荷重-変位置曲線、荷重-弾性変位置曲線、荷重-塑性変位置曲線

塑性変位量曲線によって、当該アンカーが「弾性的な性質を有している」と責任技術者が判断した場合、あるいは、計画最大荷重を載荷したのち 15 min 間で荷重の低下が 5 %以内（もし 5 %以上のときには 2 サイクル繰り返していても 5 %以下）である場合には、これを供用して差し支えないとしている。イギリスと日本では地盤種類が異なるが、対処の際の参考になると思われる。

iii) クリープ係数(Δc)が適性かどうか。

クリープ係数(Δc)が大きいと、6.7 に記述されているように、プレストレスを与えた後の残存引張りが小さくなり、構造物の安定が保てない恐れがある。短い荷重保持時間の試験結果でこの値を評価することは多少大胆ではあるが、短い時間内でもクリープ挙動は現れると考えた。

クリープ係数(Δc)の判定の目安を以下に示す。載荷の初期段階において頭部変位量が安定しない場合は、安定してからのデータで評価するとよい。

1~10 min: $\Delta c < 1 \text{ mm}$

これを満足できれば、設計および施工が適性と判定する。

$\Delta c < 1 \text{ mm}$ を満足できない場合には、クリープ係数(Δc)が 1 mm 未満になるまで試験を継続する。試験時間が長時間になると予想される場合には、試験を継続するかどうか、試験アンカーの品質をどう判定するかは責任技術者の判断によるものとする。また、判定基準を満足できない場合の計画、設計の見直しも責任技術者の判断による。

(3) 1 サイクル確認試験

1) 載荷方法と計測項目

載荷方法は、多サイクル確認試験結果と比較するという観点から、塑性変位量も把握できるよう、**解説図-8.10** に示すように 1 サイクルの載荷と除荷を行い、その後、初期緊張力で定着する。計測項目は、多サイクル確認試験に準ずる。計画最大荷重も多サイクル確認試験と同様、テンドンの緊張作業に対する制限値などを考慮して設定し、台座、支圧板等の反力装置の検討（発生応力度、変形量等）や補強も多サイクル確認試験と同様とする。

解説表-8.8 に載荷方法、**解説表-8.9** に計測時期、**解説図-8.10** に載荷計画の一例を示す。

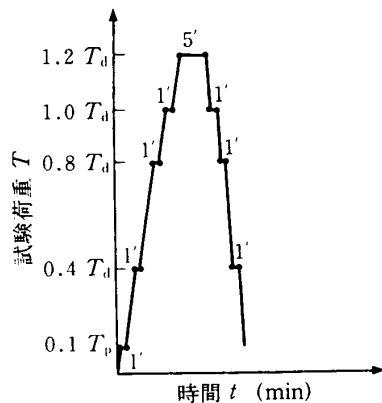
解説表-8.8 載荷方法 (1サイクル確認試験)

荷重段階数	4段階以上	
サイクル数	1サイクル	
初期荷重	計画最大荷重の約0.1倍	
載荷速度 (目安)	増荷重時:	$\frac{\text{計画最大荷重}}{10\sim 20}$ kN/min の一定速度
	減荷重時:	増荷重時の2倍程度
荷重保持時間 (目安)	新規荷重段階	1 min 以上の一定時間
	計画最大荷重時	5 min 以上の一定時間

注) 変位が安定しない場合には、荷重保持時間を安定するまで延長する。
 安定の目安は、最後の3 min 間の変位量が1 mm 以下とする。

解説表-8.9 計測時期 (1サイクル確認試験)

新規荷重段階	0, 1min 後
計画最大荷重時	0, 1, 2, 3, 4, 5min 後



ここに T_d : 設計アンカー力, T_p : 計画最大荷重

解説図-8.10 載荷計画の一例

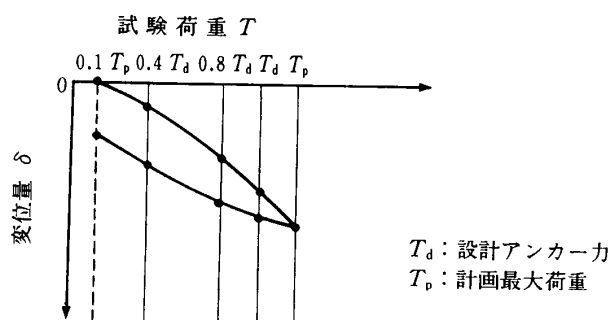
1) 試験結果の整理と判定

① 試験結果の整理

試験結果は多サイクル確認試験に準じて整理する。

データ整理は以下の形で行う。

- i) 荷重(P)-変位量(δ)曲線に整理する (解説図-8.11 参照)。
- ii) 塑性変位量を求める。



解説図-8.11 荷重-変位量曲線

② 判定

計画最大荷重は設計アンカー力より大きく設定されており、これに耐えられれば適性と判定する。加えて、多サイクル確認試験の結果と対比して、荷重-変位量関係（計画最大荷重時の変位量，初期荷重まで除荷したときの塑性変位量）に大きな差異のないことをもって適性と判定する。許容範囲は設計上の理論伸び量に対し，±10 %とする。

この判定基準を満足できない場合の対処は，責任技術者の判断による。

(4) その他の確認試験

定着直後を含むアンカー供用期間に，所定の緊張力が保持されているかどうかを確認するための試験であり，定着時緊張力確認試験，残存引張り力確認試験，リフトオフテスト（9.2点検などの項目および方法参照）がある。

1) 定着時緊張力確認試験

① 試験アンカー

定着時に所定の緊張力を保持できないアンカー，多サイクル確認試験においてクリープ係数(Δc)1 mm 未満を満足できないアンカー，1サイクル確認試験においてクリープ挙動に疑問のあるアンカーを対象とし，試験アンカー数は判断に必要な本数とする。

② 載荷方法と計測項目

載荷は定着直後から引き続いて実施する。計測項目は荷重と変位量とし，計測時期は定着後，5 min 後，15 min 後，50 min 後とする。

③ 試験時期

施工を開始した後、早い時期に行う。

④ 試験結果の整理と判定

荷重(P)-時間(t)曲線に整理する。荷重減少の主な原因は、6.7 プレストレス力に記述されている地盤のクリープである。BS¹⁾では計測時期間隔ごとの荷重の減少量が1%未満であれば、そのアンカーは適性と判定し供用してよいとしている。もし、減少量が1%以上の場合には、**解説表-8.10**を参考にさらなる計測期間を設定するとともに荷重の減少量の許容値を定めてよい。イギリスと日本では地盤種類が異なるが、判定の際の参考になると思われる。この判定基準を満足できない場合の対処は、責任技術者の判断による。

解説表-8.10 継続計測時期と許容荷重減少量の目安

継続計測時期	許容荷重減少量
150min	4%
500min	5%
1日	6%
3日	7%

2) 残存引張り力確認試験

この試験は、供用期間において所定の大きさの残存引張り力が保持されないような不安のある地盤に設置したアンカー、荷重が増大するような条件下に設置したアンカー、および維持管理において疑問を生じたアンカーに対して行う。

① 試験アンカー

施工したアンカー全数の中から代表的なものを選定する。その選定にあたっては、全体を代表するものであるとともに、試験器材の搬入の利便性を考慮するのがよい。

② 載荷方法と計測項目

載荷はアンカー頭部の定着に使用したジャッキあるいは適当なジャッキによって行い、定着具と支圧板の接触が緩んだときの荷重をもって、残存引張り力とする。

この方法は、頭部キャップの防錆油を除いた後、頭部キャップを取り外して実施するため多くの作業を伴うが、試験と同時に残存引張り力を定着時緊張力

に調整することができる。

もう一つの方法に定着具と支圧板の間にロードセルを設置する方法があり、この方法を用いれば上記のような多くの作業を行うことなく、常時残存引張力を測定することができる。ロードセルを利用する方法は、常時、構造物の安定を管理できると同時に、地震直後の異常や地すべりの発生を即時に発見できることが可能である。また、多くのデータから設計時に設定した残存引張り力の大きさが適正であったかどうかの見直しをすることができる利点がある。

しかし、ロードセルが信頼をもって使用できる期間はアンカーの供用期間より短く、一般に5～10年といわれている。このため、ロードセルの耐用期間を過ぎる前に、ロードセルを交換するカリフトオフテストに切り替える必要がある。

③ 試験時期

試験は、あらかじめ定められたアンカーに対しては維持管理で定められた時期、あるいは地震後など構造物の安全性に疑問が生じた時に実施する。

8.4 その他の試験

その他、上記以外の試験は、責任技術者のもとで、その目的に応じて、試験アンカー、試験装置、載荷方法、計測項目などについて十分な検討を行い、試験計画をたてて実施する。

【解説】

その他の試験は使用目的または対象構造物の重要性を考慮して、基本調査試験および品質保証試験に加えて行う特殊な試験であり、主なものとして①繰返し試験、②群アンカー試験、③テンドン、グラウトなどの材料の強度試験、④高被圧地下水下における試験がある。

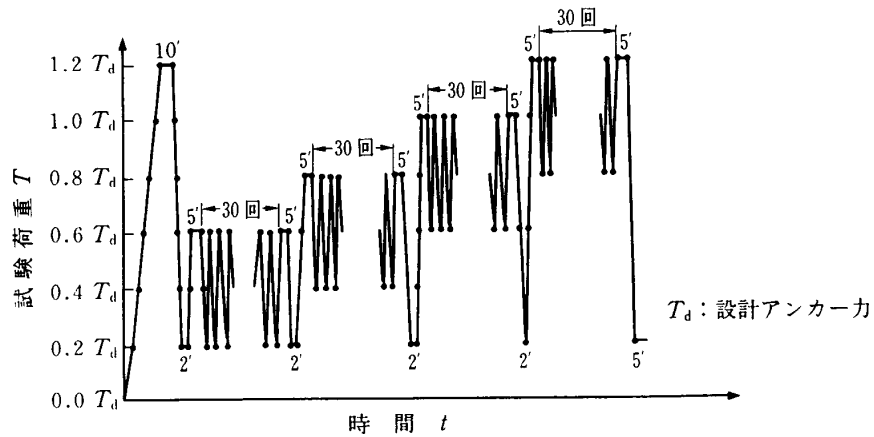
これらは、通常的设计手法では対処できない設計に対して、設計前に行うべき試験、あるいはテンドン、グラウト、拘束具など供用前に室内試験などにより強度などを確認する試験である。

試験にあたっては、試験アンカー、試験装置、載荷方法、計測項目、試験結果の整理方法、判定基準などについて十分な検討を行い、試験計画をたてて

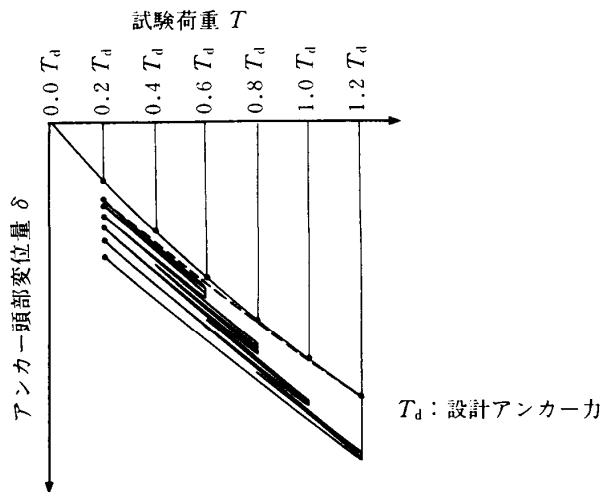
から実施することが重要である。

(1) 繰返し試験

風力、波力を受けるアンカーや索道のステーとしてのアンカーなどには、繰返し荷重が作用する。繰返し荷重を受けるアンカーは、その設置地盤によっては繰返し荷重により地盤性状が変化して、アンカーの極限引抜き力が減少したり、想定していた以上の変位が発生する恐れがある。このような場合には繰返し試験を行い、その結果を反映させて設計することが必要となる。繰返し試験の方法については、荷重条件などによって一律に決めることはできない。こ



解説図-8.12 荷重サイクル例



解説図-8.13 荷重-変位量曲線例(繰返し試験)

では、繰返し試験の一例を解説図-8.12, 13 に示す。繰返し回数は許容アンカー力以下では大体 15~20 回で安定している実例から一応 30 回としたが、荷重が大きい場合、あるいは地盤条件によって 30 回でも安定性が見受けられないときは、さらに回数を増やすことや破壊に至る挙動を把握することも必要となる。

(2) 群アンカー試験

2 本以上のアンカーのアンカー体設置間隔が、ある程度以下になると地中に発生する応力が互いに干渉し、極限引抜き力がアンカー 1 本の場合の本数倍よりも小さくなることが考えられる。これをグループ効果というが、やむを得ずアンカー体の設置間隔を狭くして計画せざるを得なくなった場合には、このグループ効果による低減量を考慮した設計が必要になる。

アンカーのグループ効果はアンカーの種類、アンカー体長、地盤の性状などによってその効果は異なると考えられるが、実験によって確かめられたという報告は見あたらない。

したがって設計の際に、このような現象が生じないように配慮するが、アンカー体の設置間隔を狭くせざるを得なくなった場合には、責任技術者のもとで試験計画をたて群アンカー試験を実施し、このグループ効果による低減量を事前に検討しておくことが望ましい。試験には以下に示す 2 とおりの方法がある。

1) 隣接する 2 本以上のアンカーをそれぞれ単独に緊張した場合と、同時に緊張した場合とを比較することにより、グループ効果を把握する。

2) 1 本のアンカーを緊張・定着した状態で、隣接するアンカーを緊張することにより、先に定着したアンカーの残存引張り力からグループ効果を把握する。

(3) テンドン、グラウトなどの材料の強度試験

テンドン、グラウトなどの材料に用いる素材は、一般に他の分野で使用されており、それぞれの品質が保証されている。しかしながら、アンカーに用いる場合には、他の分野に比べて異なった仕様で使用されることがある。例えばテンドンでは、通常のプレストレストコンクリートの場合よりも小さな曲率半径で素線の加工が行われることがある。このような場合には、そのような状態に

において試験を実施し、強度を確認しておく必要がある。

また、グラウトに関しては、地下水のある孔中に注入されることから、地下水の化学成分によってはグラウトの強度発現に不安が残ることがある。このような場合には、その地下水を用いてテストピースを作成し、その地下水中で養生を行い、強度試験あるいは耐久性を調査する試験を行う必要がある。

以上のようなことが他の材料についても考えられるので、そのような場合には使用状況を勘案し試験を実施する。

(4) 高被圧地下水下における試験

近年、高被圧地下水下という条件でのアンカー使用へのニーズの高まり、施工技術の進歩、改良などにより、施工実績も増加しつつある。しかし、まだ完全に確立された技術ではないこと、実績の供用期間が短いことなどから、適用にあたっては、止水試験を含む施工試験を実施することが望ましい。

(2) 切土補強土工の試験

「切土補強土工設計・施工要領 JH 日本道路公団 平成10年10月」より抜粋

5.2.9 試験工

本工法の試験は、次の2種類を行うものとする。

(1) 引抜き試験

引抜き試験とは、地盤の極限引抜き力や設計に使用した諸定数の妥当性を確認する目的で実施される極限状態までの試験である。試験時期は、調査計画段階や実施工の早い時期に行われることが望ましい。

(2) 確認試験

確認試験とは、施工された補強材の引張り耐力が設計引張り力を満足するものであるかどうかを確認する目的で実施される設計上の引張り荷重レベルまでの試験である。

【解説】

(1) 引抜き試験

引抜き試験は、地盤の極限引抜き力を調べる目的で実施され、その実施時期として、調査段階において本工法が計画され、その設計定数を決定する目的で行われる場合と、実施工に先立って、設計に使用した諸定数が妥当であったかどうかを確認する目的で実施される場合の2種類がある。

引抜き試験は、その目的から、調査計画段階に実施されることが最も望ましいが、実際には困難な場合が多いため、一般的に地盤の極限引抜き力は、地盤に対応した推定値や近くで使われた実績値等が用いられることが多い。したがって、その設計値の安全性や妥当性についての確認のためにも、実施工段階で、設計変更が可能な早い時期に引抜き試験が実施されることが望ましい。

引抜き試験の基本的な方法としては、設計上で考えている定着地盤すなわち引抜き抵抗を期待している地盤に、規定長さで定着された補強材を、引き抜けるまで載荷することを標準とする。

その試験方法を図 5.2.8 に示す。

1) 試験本数

試験本数は設計上の地質毎に3本を標準とする。

なお、これを最低本数として、必要に応じて試験本数を増やすことができる。

また、実施工に先立って実施する場合は、本施工とは別に試験用補強材を打設する。

2) 定着長

引抜き試験用の補強材の定着長を1m程度とする。これは、本工法がグラウンドアンカー工とは異なり、単に引抜き抵抗力のみを求める目的で実施されるものであり、補強材の定着長さも比較的短いためである。

3)自由長部の処理

自由長部の周辺の注入材は、引抜き抵抗として作用するので、注入後直ちに洗い流す必要がある。

4)最大試験荷重

最大試験荷重は、使用する鋼材の降伏強度の90%以下とする。もし極限引抜き力が大きいと予想される場合には、最大試験荷重を大きくとる必要がある。

したがって、そのような場合には、鋼材にPC鋼棒を使用するとよい。

5)載荷サイクル

地盤のクリープ特性等の極限引抜き抵抗以外の項目の調査を必要としないことから、単サイクルで最大試験荷重まで載荷することとした。

6)載荷方法

ジャッキの精度等を考慮して、原点荷重を5.0kNとし各段階の増加荷重のきざみを10.0kNとする。また各段階での荷重保持時間は5分とし、載荷速度については10.0kN/min. とする。

7)反力装置

反力装置は、最大試験荷重載荷時においても反力装置および地盤が有害な変形を生じない構造のものを使用する。たとえば、十分な支圧面積を有したコンクリートブロックを打設したり、H鋼を組み立てたりする方法等がある。

8)計測項目

計測は、最低次に示す4項目について行う必要がある。

- ・ 載荷荷重
- ・ 試験時間
- ・ 補強材変位
- ・ 反力装置変位

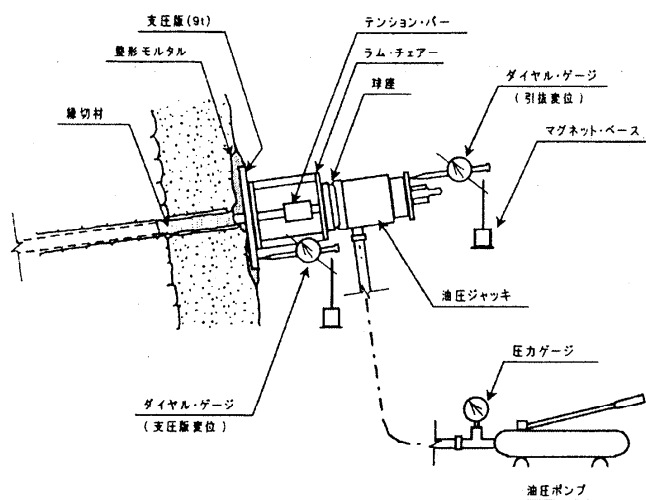


図 5.2.8 引抜き試験模式図

(2) 確認試験

確認試験は、施工された本工法が、設計を満足するものであるかどうかを確認することを目的としている。しかし、本工法は全面接着式であり、鋼材を引っ張ることがそのまま設計耐力の確認になっているとは言えない。したがって、全数について試験を実施することは、いたずらに現場作業を増やし、工費を増大させるだけであるので、これを全数の3%程度にとどめ、その代わり日常の施工管理でこれを補うものとする。

標準的試験方法を次に示す。

1) 試験本数

上でも述べたとおり、全数を確認する意義は小さいので、任意抽出で全数の3%について実施するものとする。なお、最低試験本数を3本とする。

2) 最大試験荷重

本工法は全面接着式であり、過大に引張り荷重を頭部に与えると本来生じるところでない付着部の破壊を引き起こす恐れがある。したがって、最大試験荷重は設計荷重とする。

3) 载荷サイクル

設計耐力の確認が目的であるので単サイクルで最大試験荷重まで载荷する。

4) 载荷方法

ジャッキの精度等を考慮して、原点荷重を5.0kNとし各段階の増加荷重のきざみを10.0kNとする。また各段階での荷重保持時間は5分とし、载荷速度については10.0kN/min. とする。

5) 反力装置

反力装置としては、最大試験荷重载荷時においても壊れず、また、のり面工や地盤に有害な影響を与えないものを使用する。

6) 計測項目

計測は、最低次に示す4項目について行う必要がある。

- ・ 载荷荷重
- ・ 試験時間
- ・ 補強材変位
- ・ 反力装置変位

(3) 試験結果のまとめ方

1) 引抜き試験

試験結果については、荷重－変位置曲線の形で図 5.2.9 のように整理し、これより極限引抜き力を求める。一般には、試験荷重の最大値を極限引抜き力とみなしてよい。これによって求めた極限引抜き力より、地盤と注入材の極限摩擦抵抗力を逆算する。

引抜き試験における弾性変位置量は、テンションバーの伸びと見かけの自由長の伸びの和であり、見かけの自由長には、引張り力によって付着切れを生じた定着長部の長さが含まれる。

2) 確認試験

確認試験も引抜き試験と同様に、荷重－変位置曲線の形で図 5.2.10 のように整理する。

本工法は全面接着式であるので、同図のうち弾性変位置量 δ_e は、理論的にはテンションバーの伸びとなる。しかし、引張り力によって頭部付近で付着切れが生じるので理論値よりも多少伸び量が大きくなる傾向にある。

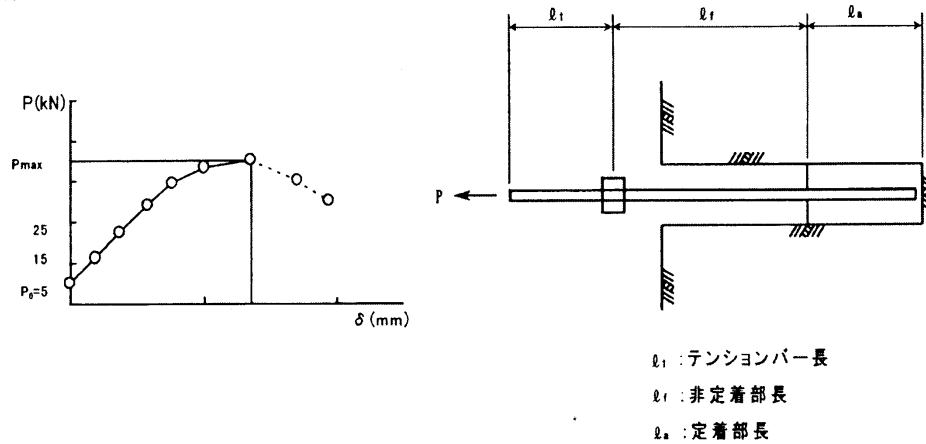


図 5.2.9 荷重・変位置曲線（引抜き試験）

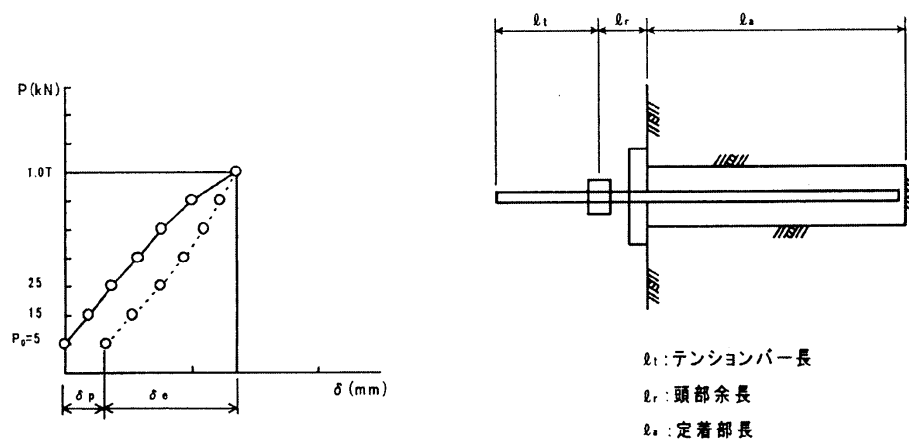


図 5.2.10 荷重・変位置曲線（確認試験）

(3) 植生工のための測定と試験

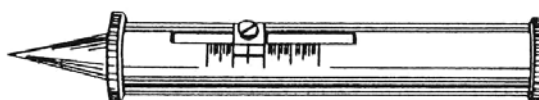
「道路土工 - のり面工・斜面安定工指針 (社)日本道路協会 平成11年3月」より抜粋

付録6. 植生工のための測定と試験

6-1 土壌硬度

施工前にのり面の土壌硬度を測定し、それらが設計図書に示された植生工の適用範囲にあるかどうかを調べる。適用範囲外となる場合は、工法の変更等を検討する。その他、凹凸の程度もあわせて調べる。

一般に土壌の硬さを測定するには、山中式土壌硬度計が用いられる(付図6-1参照)。山中式土壌硬度計は、長さ20cm、径3cm、重さ6.3N(0.64kgf)の円錐体を土中に挿し込み、その時の抵抗を強さ8kgのバネの縮む長さによって測るものである。軟らかい土壌では指数が小さく、硬い土壌では大きな値となる。



付図6-1 山中式土壌硬度計

6-2 土壌酸度

泥岩、頁岩およびそれらの風化土、また火山・温泉地帯では、施工前に土質の変化により適当な間隔で土壌酸度の測定を行う。

測定用の試料土は、のり表面の空気にさらされたものと、のり表面下10cmの土を採取して下記の方法で測定し、そのpHの差が1以上の場合には、採取土を1週間程度空気にさらして再度測定する。酸度の低下がみられる場合には、pH(H₂O₂)により測定を行い、pH4以下の場合には酸度矯正等の対策を検討する。

土壌酸度試験(pH(H₂O)法)は以下の手順で行う。

- (1) 土壤酸度は、土質別に土壤を採取し、ガラス電極式 pH 計で測定する。
- (2) 土壤20g に蒸留水を50cc 加えて懸濁液を作り、上澄液を取り pH を測定する。各土壤について2回測定し、その差が0.2以内の場合には、両者の平均値をその土壤の値とする。差が0.3以上の場合には、改めて試料を採取し再測定を行う。

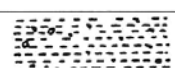




6-3 土性 (国際法)

土性 (国際法) とは、礫 (径 2 mm 以上) を除いた細土の粒径組成、すなわち、砂、シルト、および粘土の割合により分類するものであるが、同時に、礫の含有率も調査するとよい。土性区分には、このほかに、日本農学会法や土木分野で用いられる J I S による方法があり、それぞれ粒径区分の方法が異なる。

土性判定は、室内での篩い分け試験及び沈降試験による粒径分析にもとづいて行う。室内試験には原土500g 程度が必要である。

土性は土壤の保水性や通気性、透水性等の物理的性質を総合的に把握する指標として重要であり、特に、保水性に関しては、シルト分が多くなるほど有効水分が増加することが知られている。なお、礫は保水性や保肥力等の機能を有しないので、礫含有率はなるべく小さいことが望ましい。含有率40%以下であれば保水性の低下等の問題が生じにくい。

なお、日本農学会法については現場での指頭法による簡易な方法があるので、その方法および判定基準を付図 6-2 に示す。この場合、壤土または砂壤土に分類される土壤であればよい。

土 性	基 準	紐状にした場合の試料の形状
砂 土	転がしても粒状のまま固まらない。	
砂壤土	多少固まりになるが、転がして紐状に伸ばすことができない。 転がして伸すと太紐 (> 3 mm) になるが、さらに細くしようとすると切れてしまう。	
壤 土	転がして伸すと紐 (3 mm) になるが、さらに伸したり、曲げたりすると切れてしまう。	
埴壤土	転がして伸すと細い紐 (< 3 mm) になるが、さらに伸したり曲げたりすると切れてしまう。	
埴 土	転がして伸すと細い紐 (< 3 mm) になり、曲げるときれいに輪になる。	

付図6-2 日本農学会法による土性判定¹⁾

6-4 発芽試験

入荷した種子について発芽試験を行う。表3-15の発芽率と著しく異なる場合（誤差±30%を目安とする）は、取り換えるか、増量または減量して施工する。

発芽試験は以下の手順で行う。

- (1) 清潔なシャーレの底一面に密着するように、ろ紙2枚を敷き、その上に種子を並べ水で浸す。
- (2) 通常、定温の場合20~25℃、変温の場合18~28℃で行う。
- (3) 毎日、正常な幼芽の発生した種子を数えて取り除き、28日（外来草本類については14日）でしめきり、発芽率を算定する。
- (4) シャーレの中が乾かないように水を補給する。
- (5) 試験は、各種子について3組以上行い、平均値をその種子の発芽率とする。