

第 6 章 張工の設計・施工

第6章 張工の設計・施工

6.1 目的および一般的留意事項

張工の目的は斜面の風化、侵食および軽微な剥離、崩壊等を防止することであり、その種類としては、コンクリートブロック張（あるいは石張）工、コンクリート版張工とコンクリート張工がある。張工はその目的からいっても土圧に対抗するものではないので、設計においても一般的には土圧を考慮しない。

土砂斜面においては、地山の土質が硬質土や中硬質土でのり勾配が1:1.0より緩いような比較的良好的な土質の場合には、一般に植生工もしくはプレキャスト枠工と植生工を組み合わせた工法が用いられる。しかし粘着力のない土砂、風化泥岩および崩れやすい粘土などに対して前記の工法では不十分と考えられる場合にはコンクリートブロック張（あるいは石張）工、コンクリート版張工が用いられる。この工法は単独で用いられるほか、のり枠の中詰めとしても用いられる。この工法の適用に関して、湧水の多い所では張工背面に水圧が生じたりするので十分な排水対策を実施したうえで適用する必要がある。また寒冷地では凍結・凍上が生じないように、裏込め土厚を増すなどの対策も必要となる。

コンクリートブロック張（あるいは石張）工、コンクリート版張工は練張りを原則とし、また直高は土質や湧水の有無にも関係するが5mを限度とし、またのり長は7mを限度とする。特に石張工においては石材の緊結が難しいので、極力緩勾配で用い直高はあまり高くしないほうがよい。

コンクリート張工は、比較的勾配の急な節理の多い岩盤の剥離や、風化による軽微な崩落を防止するため、吹付工では不十分と考える場合に用いられる。また緩い崖錐層などでの軽微な崩落を防止するために、プレキャスト枠工では不安と思われる場合にも用いられる。さらには凍結・凍上が予想され、吹付工では不安な場合にもこの工法が用いられる。この工法においても湧水が多い所ではコンクリートと地山との一体化が望めず、かつ水圧が発生し安定が損なわれるので十分な排水対策を実施したうえで適用する必要がある。一般に1:1.0程度の勾配には無筋コンクリート張工が用いられ、1:0.5程度の勾配には鉄筋あるいは鉄骨コンクリート張工が用いられるが、断面内における急激な勾配変化は避けなければならない。コンクリート張工の機能はコンクリート吹付工ともたれ擁壁工の中間的な機能が期待されるわけであり、その適用にあたってはコンクリート吹付工やもたれ擁壁工の機能や経済性等を十分に比較検討したうえで採用する必要がある。

コンクリート張工の施工厚はのり面高、風化の状況や気候などをもとに決定すべきであるが、等厚で20～80cmが一般的である。

またコンクリート張工の規模が大きくなると、張工部分の自重でのり面に沿ってずり落ちる方向の力が働くので、最下端には基礎を計画する場合がある。また張工の中間部でも地山のり面を切り込んで階段式のすべり止めの突起を計画するが、すべり止め鉄筋などを用いて地山と緊結させることが必要となる場合もある。

コンクリート張工に地山補強土工やグラウンドアンカー工を併用することもあるが、この場合抑止力を期待するので、張工の応力計算を行い、応力に応じた鉄筋や鋼材を配置すると同時に張工の強度、厚さなどの構造も検討する必要がある。

6.2 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設計・施工

6.2.1 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設計

(1) のり勾配およびのり高

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は、のり勾配が 1 : 1.0 より緩い場合に用い、原則として直高は 5m 以内、のり長は 7m 以内とするが、石張工においては、石材の緊結が難しいので、極力緩勾配で用い、直高はあまり高くないほうがよい (図 6-1 参照)。

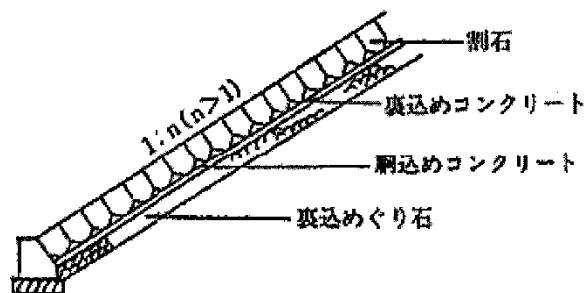


図 6-1 石張工の断面

特に、雑石張りを行う場合は勾配 1 : 1.5 より緩やかにし、直高 5m 程度までが望ましい。

(2) 控長、裏込めおよび基礎

斜面に沿ってずり落ちる方向の力が働くから、基礎工や必要に応じてすべり止め杭を設ける。

石張工に用いる石材は割石あるいは雑割石とし、控えは 30~40cm を標準とする。また石張工は原則として練張りとする。

コンクリートブロック張工において控えの小さいブロックを使用する場合は、胴込めコンクリートにより補強しなければならない。

コンクリート版張工は RC 版がほとんどである。重量があるので、布設時、裏込め材などを平坦に仕上げ、隣接の版、枠などを破損させないように注意する。また隣接版、枠などに空間が生じないように、間詰めコンクリートなどを施工する。大きな版を使用する場合は温度変化を考慮して目地材を隣接部に設けるなどの配慮が必要である。なお、胴込めコンクリートとは、ブロック表面から控え長の間に入れるコンクリートをいう。裏込めコンクリートの厚さは 5~10cm を標準とする。現地の状況に応じて下敷材が必要な場合は、下敷材料として切込み砕石と栗石 (裏込め栗石) を使用し、厚さは 10~24cm とする。

張工の基礎をかねて、張工の最下端をブロック積擁壁にのせる場合があるが、往々にして張工のずれを生じるとともに、ブロック積擁壁の転倒やはらみ出しなどの被害を生ずることがある。したがって張工の基礎とブロック積擁壁とは小段などで絶縁して計画するのが望ましい。

湧水や浸透水のある場合には、裏面の排水を良好にするため栗石または切込砂利で裏込めをしなければならない。また水とともに土の細粒分が流出するおそれがあるときにはフィルターを設けなければならない。

石材、ブロックの抜け落ち、はらみ出しは排水不良に起因することが多いので、排水路、水抜き孔等の処理は確実にしなければならない。水抜き孔は直径 40～50mm 程度で、2～4m²に 1 個以上設けるものとするが、湧水がみられる場合、透水性の地山の場合等においては必要に応じ張工下部に増やすものとする。

(3) 隔壁

のり面の縦方向に 10m 間隔で隔壁工あるいは継目を設けることが望ましい。事故の例としても、部分的な陥没と斜面の不整形、水処理の不十分さから、浸透水などの影響を受けて不等沈下や吸出現象を起こし、陥没破壊の原因となっている。のり面長が長い（5m 以上）場合には水平方向にも隔壁工を設けることが望ましい（図 6-2 参照）。

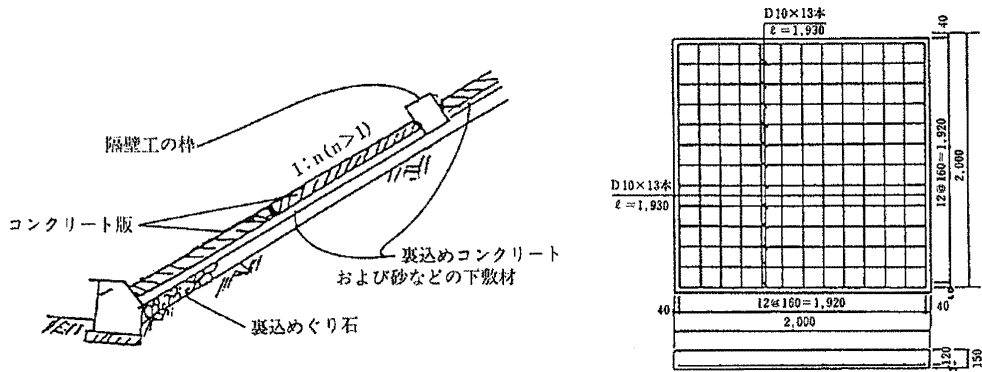


図 6-2 コンクリート版張工の施工断面例とコンクリート版の一例

6.2.2 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

石張工、コンクリートブロック張工、コンクリート版張工の施工にあたっては、のり面の不陸の整正、浮石の除去等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。下敷材に栗石を用いる場合は切込み砕石等により目潰しを行わなければならない。下敷材の表面に裏込めコンクリートを打設することにより、下敷材が一時的に安定し、次の段階の作業が容易になる。

石張工においては施工に先立ち石に付着したごみ等を清掃し、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。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。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。

6.3 コンクリート張工の設計・施工

6.3.1 コンクリート張工の設計

(1) コンクリート厚

コンクリート張工は、岩盤斜面やのり面にコンクリートを打設し、岩盤の風化を防ぐとともに補強する保護工であり、厚さは50cmを標準とする（図6-3参照）。厚さの決定は地山の状態、のり高、のり勾配および凍結の有無等を考慮して決定すべきであるが、非常に厚くしなければならないような地山の条件が悪い場合には、土圧を考慮したもたれ擁壁工および地山補強土工やグラウンドアンカー工の併用などとの適否を十分に検討することが必要である。コンクリートの打設に際してはよく締まったものを用い、1回の打設高さ2～3m程度までとする。

(2) のり勾配およびのり高

のり勾配は1:0.5より緩い勾配が標準であるが、地山の状態がよい場合には1:0.3まで計画できる。しかしのり勾配が1:0.5より急なのり面に対しては不陸整正や型枠設置等施工上に不利な面もあるので、コンクリート吹付工の選択を検討したほうがよい場合がある。

断面内における勾配変化は避けなければならない。やむを得ず大きな勾配変化をさせなければならないときは、小段をはさんで変化させるものとする。この場合、小段の幅は1.0m以上が望ましい。なお斜面下部が上部に比して風化や節理が多く切取面と一体化しにくく斜面下部での支承効果が十分期待しにくい場合には、斜面下部を補強する意味で裏勾配をつけることを考えてもよい。この場合の鉄筋は単一に入れ、上部から裏勾配に平行に入れる。

のり高の限度は20m程度である。ただし多段に設置する場合は1段ののり高は15m程度を限度とする。直高が5m以上の場合には適切な基礎を設置することが望ましい。

(3) 配筋および補強

一般に1:1.0程度の勾配には無筋コンクリート張工が用いられ、1:0.5程度の勾配には鉄筋あるいは鉄骨コンクリート張工が用いられる。また、地山との一体化を図るためにすべり止め鉄筋あるいはすべり止めのリブを設けることもある。すべり止め鉄筋は原則として1～4m²に1本、打込深さはコンクリート厚の1.5～2倍が多い。またリブを設置する場合、横リブは直高5m以内に1ヶ所の割合で設け、水平になるようにすることが望ましい。

型枠の取り付けがむずかしい場合や急勾配（1:0.5～0.3）のとき、土圧などが作用しない条件で、溝形鋼や山形鋼、H形鋼等を用いて型枠を固定することがある。地山補強土工やグラウンドアンカー工を併用する場合は、張工に応力が作用するので、構造計算を行って、厚さ、鉄筋の配筋などを決定する必要がある。

アンカー筋は異形棒鋼φ22mm、打ち込み深さ1.0mを1本/1～2m²を標準とする。

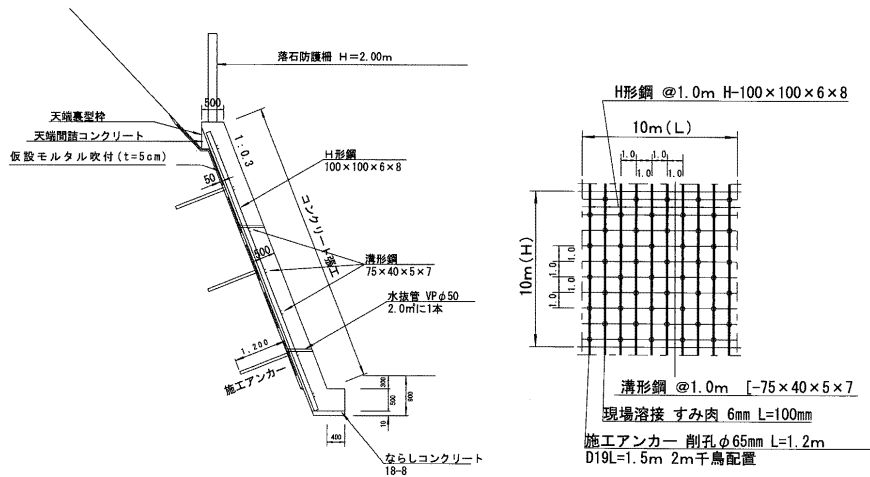


図 6-3 コンクリート張工の例 (単位 : mm)

【参考 1】

張コンクリートでのアンカー筋は、応力計算を行うアンカー筋ではなく、地山と一体化することが目的である。すなわち接面のずれからの風化を防止するものである。

参考として異形棒鋼のせん断耐力からアンカーピッチを検討すると下表のようになる。

表 6-1 アンカー間隔 1本/m²

張コンクリート厚 (cm)	張コンクリート重量 (t/m ²)	鉄筋径とアンカー間隔			備考
		D16	D19	D22	
t=30	W=0.71	1.5	2.0	3.0	D16 S=As・Tsa=1.608
t=50	W=1.18	1.0	1.5	2.0	D19 As=2.272
t=80	W=1.88	—	1.0	1.5	D22 As=3.040

As : 鉄筋断面積 τ sa (許容せん断応力度) = 800kg/cm² とする。

$$\frac{S}{W} \geq \text{アンカー間隔}$$

また、引張耐力からアンカー長 (l) を検討すると

D22mm の場合 引張耐力 T=As・σ sa=6,080kg
(σ sa=1,600kg/cm²)

鉄筋とモルタルとの付着応力度 τ oa=14kg/cm² とすると

$$To = U \times \tau oa = 6.91\text{cm} \times l \times 14 = 96.74 \times l \text{ (kg)}$$

モルタルと軟岩の付着応力度 τ oa'=10kg/cm²、削孔径を 35mm とすると

$$T_o' = U \times \tau o a' = 11.0 \text{ cm} \times l' \times 10 = 110 \times l' \text{ (kg)}$$

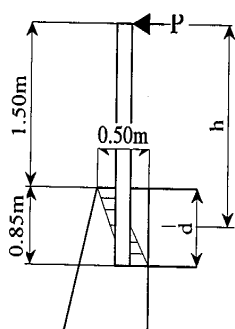
$$T_o = T \text{ から } l = 63 \text{ cm}$$

$$T_o' = T \text{ から } l' = 55 \text{ cm}$$

よって、70cm 程度が最少となる。

【参考2】

- ① 主鉄筋の間隔は、コンクリート標準示方書のスラブとしての最大鉄筋間隔を準用し40cm と決定する。
- ② 落石については、急傾斜事業では直接対処するのが原則である。なお予期せぬ落石、および小規模の落石に対して待受頭部にストーンガードを設けるのが通常である。また、頭部の検討は、鋼材の降伏応力度（変形する値）をもって行うこと。



$$H-150 \times 150 \times 7 \times 10 - 2.350 \text{ m}$$

左図のような標準タイプで検討すると、 $Z=219 \text{ cm}^3$ であることから、こ

の鋼材の降伏点応力度の時のモーメント M_r は $\sigma = \frac{M_r}{Z}$

$$M_r = 2,400 \times 219 = 525,600 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

これをアーム長 1.925m で割って P を求める。

$$P = \frac{525,600}{192.5} = 2,730 \text{ kg} = 2.73 \text{ t} \text{ となる。}$$

③ コンクリート応力度の検討

i 圧縮応力度の検討

$$Q \text{ (せん断力)} = 2.73 \text{ t} \quad M = P \cdot h = 5.25 \text{ t} \cdot \text{m}$$

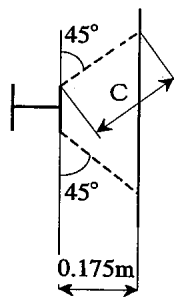
$$Z = \frac{bd^2}{6} = \frac{15 \times 85^2}{6} = 18,062 \text{ cm}^3$$

$$A = bd = 15 \times 85 = 1,275 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{Q}{A} \pm \frac{M}{Z} = \frac{2,730}{1,275} \pm \frac{5.25 \times 10^5}{18,062} = 2.14 \pm 29.1$$

$$= 31.2 \text{ kg/cm}^2 \text{ or } -26.9 \text{ kg/cm}^2 < 53 \text{ kg/cm}^2 \times 1.5 \text{ (短期)}$$

ii せん断応力度の検討



$$\tau = \frac{Q}{2 \times C \times d} = \frac{2,730}{2 \times 24.7 \times 85} = 0.65 \text{ kg/cm}^2 < 7 \text{ kg/cm}^2 \times 1.5 (\text{短期})$$

(4) 排水処理

天端および小口部は背後に水が回らないように地山に十分巻き込み、雨水等の浸透を防止しなければならない。

横方向の水路は天端、小段および下部に設け、縦方向の水路は張コンクリート表面に切り欠きをつくる形とし、その分の厚さを張コンクリートの裏側に増すものとする。縦水路の切り欠きは水路深さを浅くし幅を広げるようにする。張工下部や小段付近では勾配の変化等により飛び散ったりあふれたりしないような構造としなければならない。

水抜き孔は原則として直径 40～50mm 程度で、2～4 m²に 1 個以上設けるものとするが、湧水のみられる場所や透水性の地山等の場合は必要に応じて増やすものとする。

湧水が広範囲にみられる場合には、防水シートを使用するなど暗渠排水を行い、のり尻や小段で処理することが望ましい。

(5) 落石防護柵の併設

小規模な落石や崩落のおそれのある斜面の下部に設置したコンクリート張工には、その下部または小段に、原則として落石防護柵（ストーンガード）を設置するものとする。

張工天端には、上方に斜面が続く場合は落石防護柵（ストーンガード）を、上方が平坦な場合は侵入防止柵を設けることが望ましい。落石防護柵を設ける場合には防護柵と張コンクリートが一体となるように配筋して補強する。

6.3.2 コンクリート張工の施工

コンクリート張工は、比較的急勾配で施工するため、切土あるいは表面整正後、斜面を長期間風雨にさらすことは極めて危険である。したがって、ある一定区間（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ものとする。

コンクリート張工においてはのり面の草木、土砂、浮石等を完全に取り除き、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。また、鉄筋あるいは鉄骨のかぶりが正しく保てるよう注意しなければならない。型枠の設置はコンクリートののはらみ出しがないようにしっかりと固定して設置しなければならない。

コンクリートの打設にあたっては、施工継目以外のコンクリート打継目をつくらないように

する。このためにコンクリートの搬入および打設能力等を考慮のうえ、適当な打設計画を作成しなければならない。

コンクリートの打継ぎを行う場合、その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ことが望ましい。また打継部には打継鉄筋(φ9～22mm、長さ50cm程度)を設置することが望ましい。横方向には縦の伸縮継目を10～20mに1ヶ所設置する。

コンクリート張工は一般の構造物と比べ断面が薄く締固め作業が困難であり締固めが不足しやすいので、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。なお方法としては内部からだけでなく型枠表面からも振動を与える方法もある。また打設に際しては水抜き孔、鉄筋等に悪影響を及ぼさないよう注意しなければならない。

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。

地山補強土工やグラウンドアンカー工を併用する場合、張工の施工後に打設することが多いので、あらかじめその部分に打設空間を塩ビ管やボ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。

[第6章 参考文献]

- 全国治水砂防協会：新・斜面崩壊防止工事の設計と実例 本編、令和元年5月