

# 若年技術者のための基礎知識

## 土工事 盛土編

坂田建設株式会社 技術部長  
鈴木 正司

### はじめに

土工事の盛土に関して、管理というと締固め曲線から土の含水比と締固め度を想像してしまいがちですが、現場に必要な施工管理となると意外に「何だろう？」と考えてしまうのではないのでしょうか？

盛土工事は、構造物工事と違って、日々変化して同じ状態の時はありません。そこで、若い技術者に必要なことは、現場を「毎日、歩いて、見て回る」ことなのです。さらに、天候を読んで段取りを考え、盛土の法面に雨水が流れ出さない対策を講じておくことが大切なのです。特に、雨が降る前に行った対策が、降雨中に適切であるかを確認することや、降雨後に法面の状態や湧水の発生などを見て回る癖をつけておくことなのです。土工事は雨との闘いなので、「雨ふりが楽しい」と心の切り替えができれば、現場管理に余裕が生まれます。

今号は、若い技術者が土工事である盛土の施工ポイントを理解し、高品質な土構造物を創造する入門編として活用していただければと思います。

### 1 盛土の敵は「水」である (図1)

土工事の盛土で問題が起こる原因は、すべて

水です。雨水や地下水などの水処理の良し悪しが、土構造物の品質を左右します。自然の山間部においても、台風による集中豪雨や突然のゲリラ豪雨が、法面の深層崩壊や表層崩壊を引き起こします。ましてや施工した盛土は、土を切り崩し、運搬し、敷き均し、転圧して作り上げたものなので、数万年も前からある自然の山々よりも、確実に水に弱いのです。つまり、水は盛土の大敵なのです。

しかし、その水の怖さを知ることが、土構造物の品質を向上させる施工のポイントとなります。

例えば、盛土の安定を易しくシンプルに考えてみると

$$\text{安全率} = \frac{\text{抵抗する力}}{\text{滑らす力}} \geq 1.0$$

となれば、盛土が安定します。

滑らす力は、分母で、

$$\text{滑らす力} = \text{スベリ面から上の土の重量} \times \sin$$

(円弧中心とスベリ面を結ぶ線が鉛直となす角度)

となります。この滑らす力以上の抵抗する力があれば安定します。

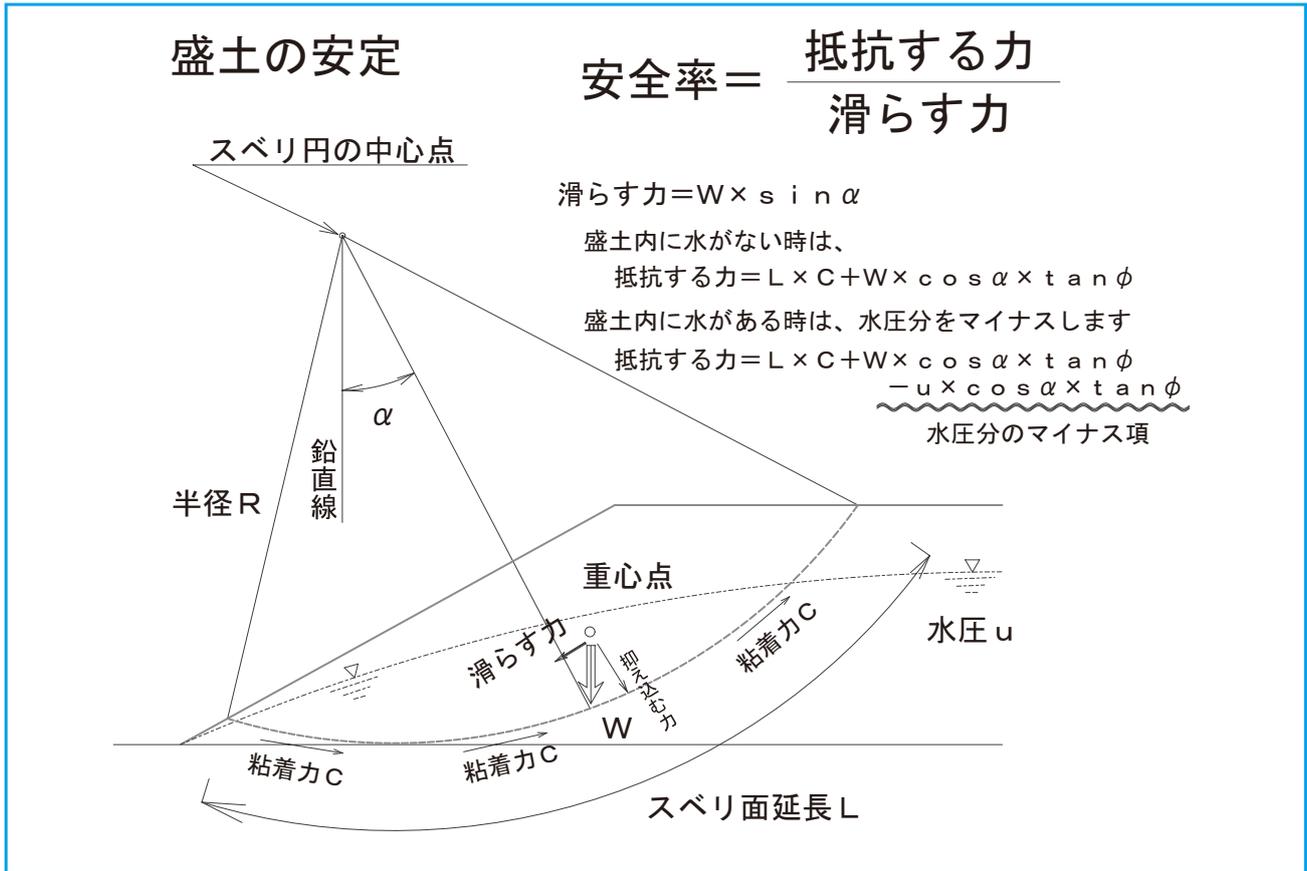


図1 盛土内の水は安定に悪い

抵抗する力は、分子で

抵抗する力 = スベリ面の長さ × 粘着力 + スベリ面から上の土の重量 ×  $\cos$  (円弧中心とスベリ面を結ぶ線が鉛直となす角度) ×  $\tan$  (せん断抵抗角)

となります。

ここで、盛土内に水があると抵抗する力から、水圧分をマイナスする必要がありますので、安全率の分子となる抵抗する力が小さくなり盛土の安全率は低くなります。したがって、盛土が不安定になってしまいますので、水は盛土にダメージを与えることとなります。

## 2 ● 盛土の安定は地下排水工で (図2)

盛土内に水がなければ、盛土は永遠に安定す

ると考えられます。一般に、盛土直後が斜面安定の安全率が一番低い状態であり、時間が経てば経つほど安全率は高くなりますが、盛土内に水が浸入しないという条件が付きます。では、盛土内への水の浸入を防ぐには、どうすれば良いのでしょうか？

その答えは、簡単です。盛土をする前の地盤に地下排水工を設けることで、水の浸入を防ぐことができます。多分、新たに盛土する所は、田んぼや畑地であったと考えられます。そこには、水路が張り巡らされており、水の供給ができるようになっています。そのような水路は盛土した後でも水の通り道となり、盛土内に水が浸入する経路になってしまうと考えられます。したがって、必ず地下排水工を設置して、盛土への水の浸入を防止しましょう。都合の良いことに、その水路は水が流れる勾配となっていますので、地下排水工から流れ出る水をその下流

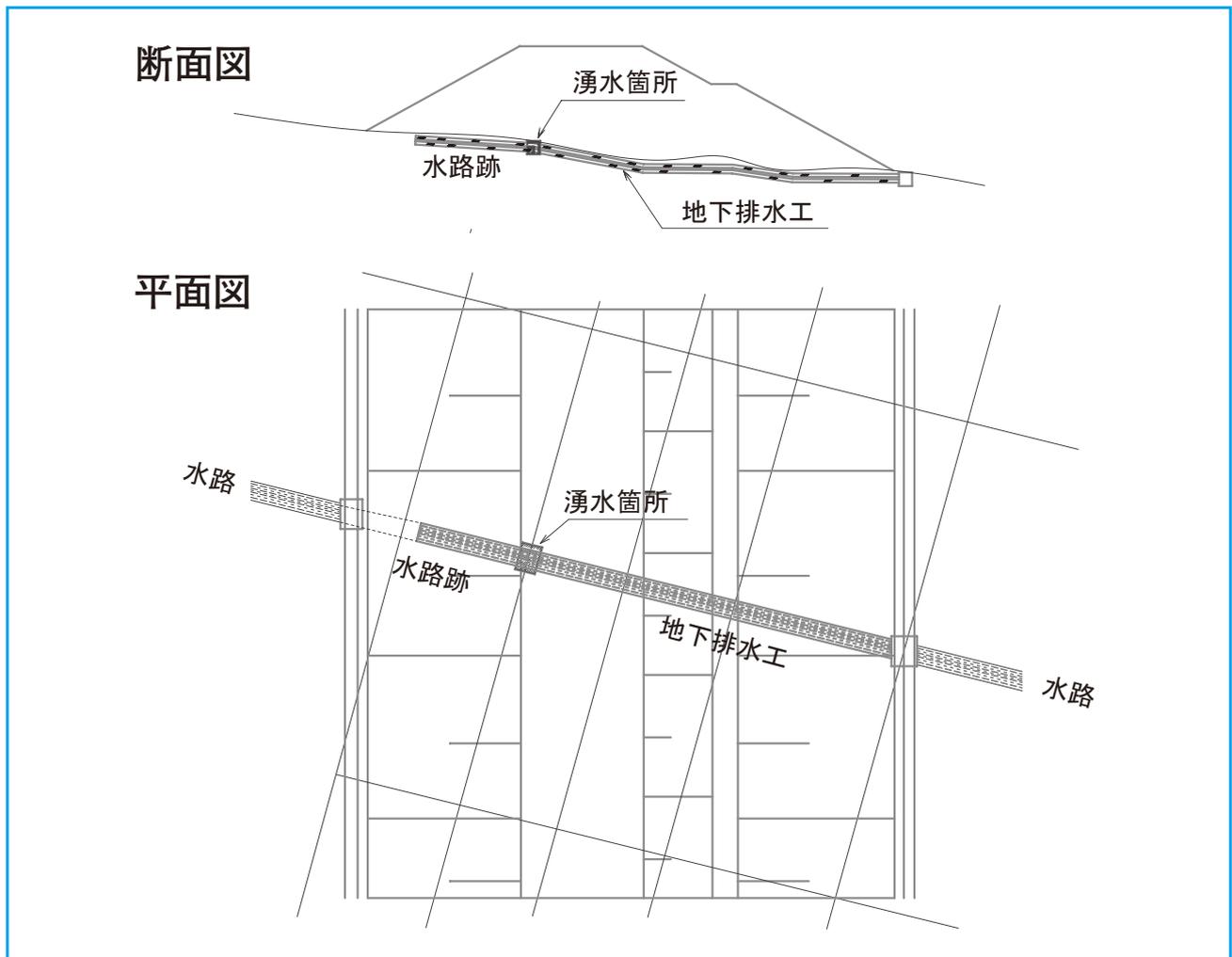


図2 盛土の安定は地下排水工で

で盛土の外へスムーズに排水させることができます。

また、水が流れていたところは、湧水が存在することがありますので注意して観察をしましょう。

以上の事をまとめると、水路は長年の利用から水の通り道となっており、その流れを妨げると盛土内に水が浸入してしまうので、設計図書に計画されていない場所に、湧水や水路があった場合には、必ず発注者と協議して地下排水工を追加しておきましょう。湧水なんか盛土してしまえば、水が止まるだろうなんて考えているのは、地震で簡単に崩壊してしまうことになり、品質の良い土構造物を創造することはできません。

### 3 腹付け盛土は段切と湧水処理を (図3)

腹付け盛土は、崩壊の危険がいっぱいです。それは、以下の2つの理由からです。

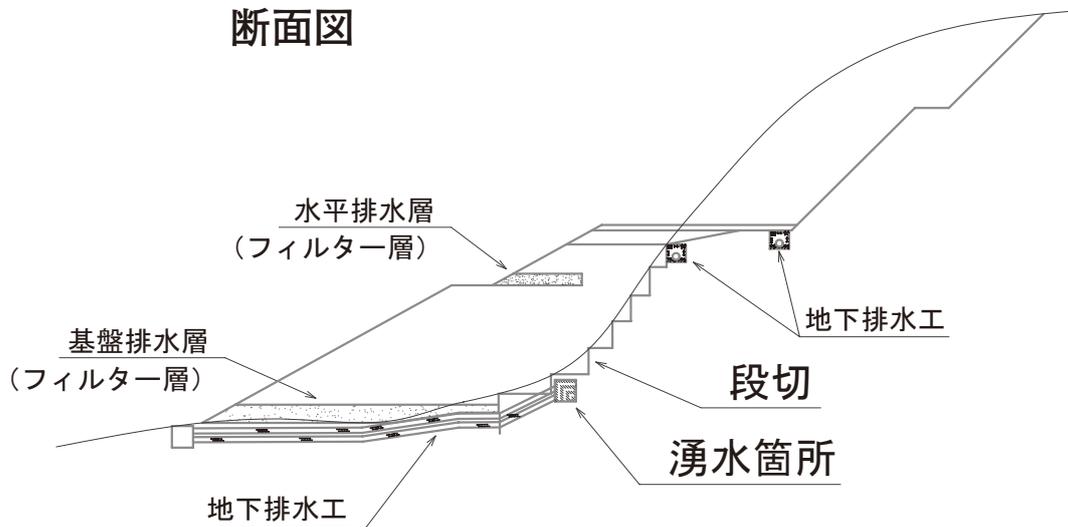
- ① 地山と盛土の境が一体とならない
- ② 湧水が盛土内に浸入しやすい

施工のポイントは、①地山と盛土が確実に咬み合える様に「段切り」をすること、②「切り盛りする境目」に縦断的・横断的に地下排水工を設置すること、③「湧水箇所」を特定して地下排水工を設置することです。

湧水箇所は現場踏査をしっかりとやらなくてはなりません。普段は出ていない湧水もあり、降雨後に湧いてくるものもありますので、雨上がりにも必ず現場を歩いて観察をしましょう。

## 盛土施工中は、降雨中や降雨後に 現場踏査をしましょう

### 断面図



湧水箇所や法面に雨水が流れ出ているかを観察して、  
湧水を見つけたら、必ず地下排水工で盛土の外へ導きましょう

図3 腹付け盛土は段切と湧水処理を

## 4 ● 盛土法面には水を流さない (図4)

盛土は、1層30cm程度毎に土砂を敷き均し、転圧をして締固めます。そのため、盛土を完成させるには、数か月かかることになります。当然、盛土の施工期間内には、台風や集中豪雨がやってきます。その降雨時には、盛土工事を行うことができません。もし、法面に向かって排水勾配を取って施工をしていると、雨水はすべて法面に流れてしまいます。法面に水が流れると、砂分が多く含まれる土は大きく法面が崩壊してしまいますし、粘性分が多く含まれる土はエロージョン崩壊やガリ浸食が起こります。いずれにしても盛土の法面に、雨水を流してしまうと盛土の品質は確保できません。では、どのように排水をしたら良いのでしょうか？

法肩に高さ50cm・天端幅50cm程度の小堤防を設けて、延長50m～70mに1箇所程度に縦排水溝を設けて盛土上の雨水を外に排水します。法

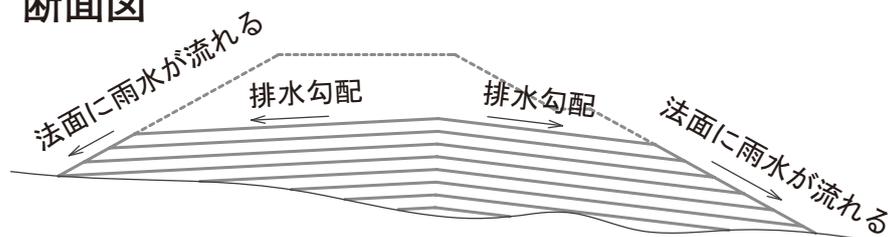
面に水を流してはいけない理由は、流された法面に土砂を充填して法面を修復する際に締固めが十分にできないため、本体盛土と一体にならず弱点となり、降雨の度に法面が崩壊するようになるからです。

## 5 ● 大規模盛土は中央排水工法で工程を進める (図5)

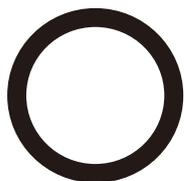
トンネルを抜けた盛土箇所では、トンネルの離隔距離が必要となり、盛土全体の仕上がり幅員が70m以上もあるような大規模盛土になります。そのような幅員が大きい盛土には、雨水の排水に気を付けなければなりません。集水面積が大きくなり、ちょっとした雨でも大量の雨水が法面に流れるようになるので、あっという間に法面が崩壊します。前節で述べたように、法面には水を流してはいけないので、盛土の中央に水が集まるようにします。つまり、中央排水工法による排水計画とします。この利点は、①盛土法面の崩壊の心配がないこと、②将来にわたっ



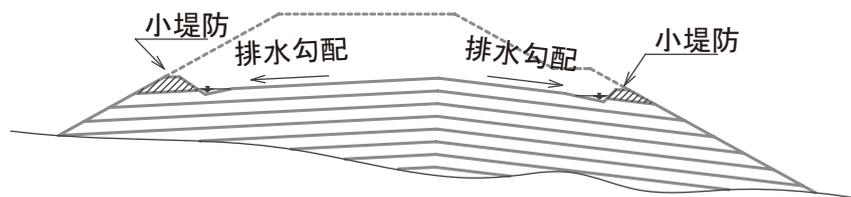
### 断面図



法面は水に弱く、一度崩壊すると何度も繰り返します



### 断面図



法面には雨水を流さない

50m~70m毎に1箇所、縦排水溝で排水する

小堤防は法肩に高さ50cm・天端幅50cm程度の大きさ

### 小堤防の概要図

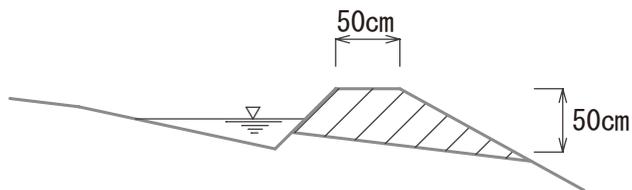


図4 盛土法面には水を流さない

### 断面図

大規模盛土に有効な中央排水工法  
完成後も盛土内の間隙水を排水する

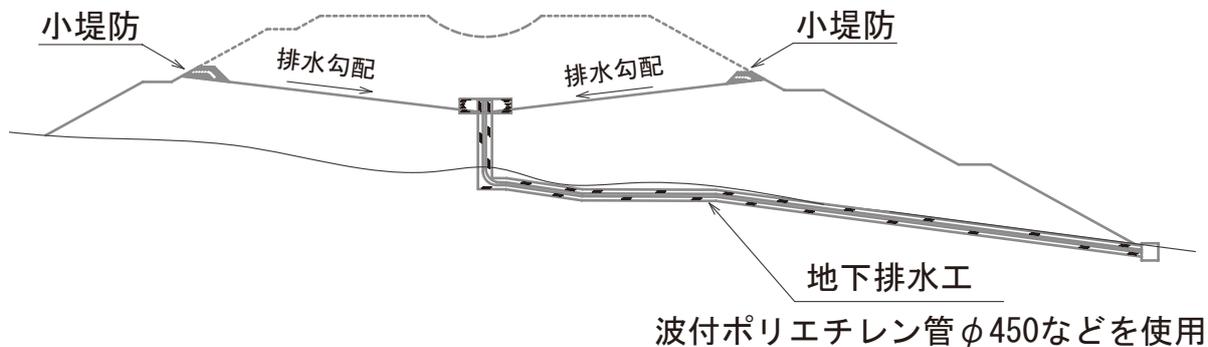


図5 中央排水工法

て盛土内に浸入してきた水を排水してくれる地下排水工となることです。

盛土の施工は、当初から排水計画を詳細に検討しておく、台風や集中豪雨でも工程が遅れることなく、安全に工程を進めることができます。

## 6 ● 高盛土はフィルター層を設ける (図6)

盛土の崩壊には、①盛土幅員の1/3程度からの円弧スベリ崩壊、②盛土法肩から薄く円弧スベリする崩壊、③法面表層の崩壊、④法面途中からの小崩壊の4種類あります。①、②については、盛土材料にも問題はありますが、これらの崩壊のすべて水が原因と考えられます。

すべてのパターンに最も有効な対策は、小段ごとにフィルター層を設けることです。その理由は、順次盛土されて重さが増すことで、締固められた土砂が徐々に圧縮され空隙が少なくなってきます。土砂内の空隙全体が水で満たされる飽和した状態となる

と、土砂内に止まることができなくなった水が、余剰水として外に出てきます。すると、間隙水圧となり盛土の安定を脅かすようになります。そこで、透水性の良い材料によるフィルター層を設置しておく、発生した余剰水を盛土の外に排水してくれる役目を担ってくれます。余剰水は、毛細管現象により、圧力の少ないフィルター層へ移動していきますので、盛土内には間隙水圧が発生することはありません。これで、地震が起こっても崩壊しない安定な盛土を造成することができます。

時々見かけますが、法面の植生が等間隔に水が滲んでいて植生の勢いの良い箇所があります。これは、不織布フィルターを敷き排水層とした盛土です。工事が完成した後までも、盛土内の余剰水を排水していることがよくわかります。

## 7 ● 構造物との境の盛土は沈下する (図7)

高速道路を走行していると、橋梁の手前と渡り

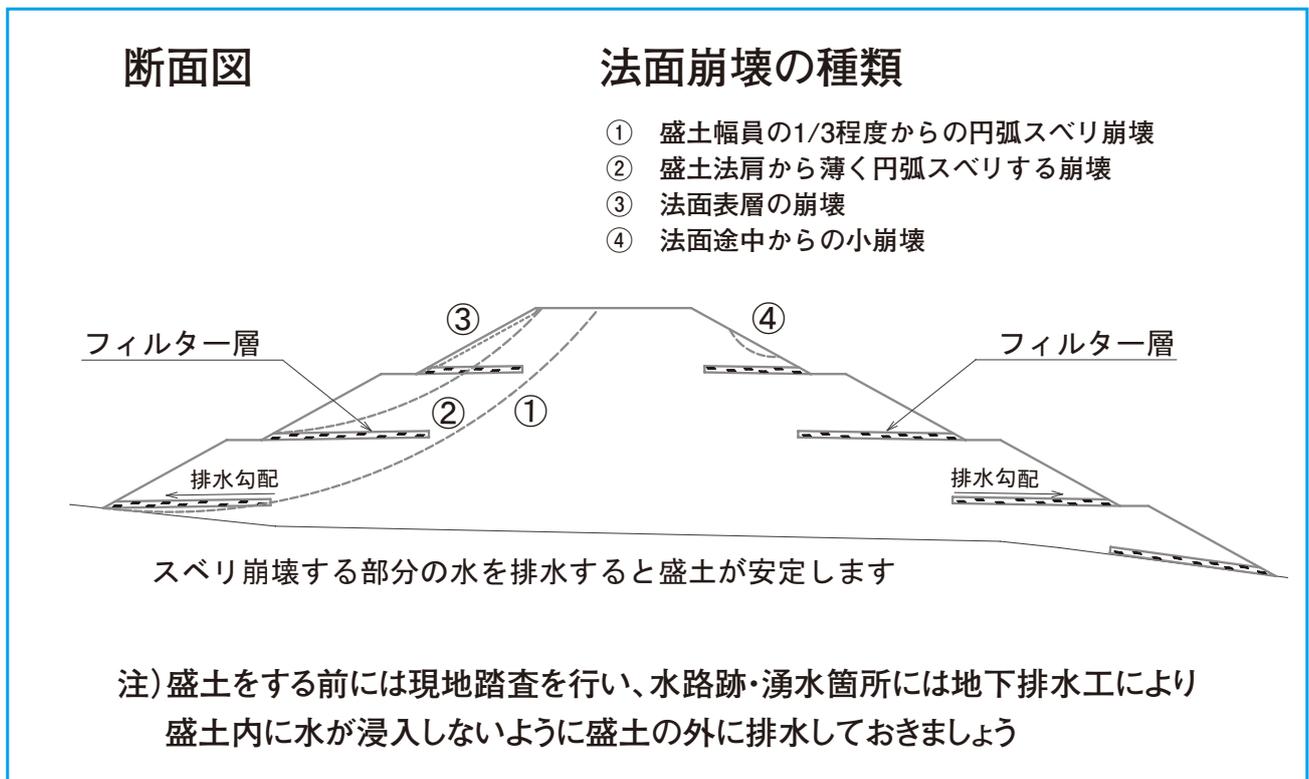


図6 高盛土はフィルター層を設ける

### 構造物の背面は沈下するので転圧に注意する

構造物の際約1 m程度は、タンパ（60～80 kg）で転圧する  
さらに、ハンドガイド振動ローラーで良く転圧する

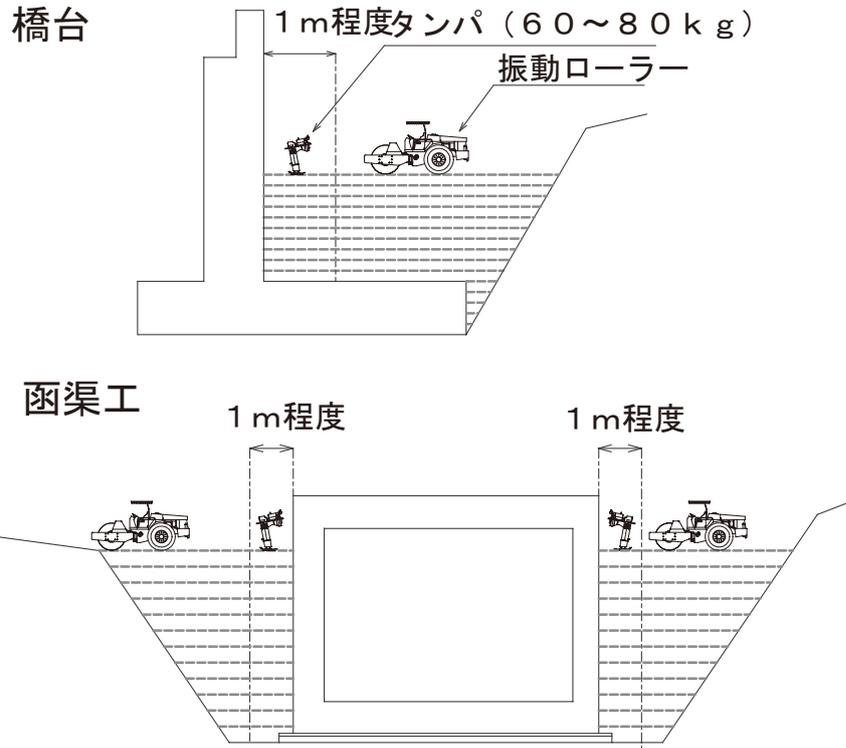


図7 構造物との境は締固めを入念に

きた所で、段差による衝撃を受けることがあります。また、段差をカバーするように、舗装で摺りつけている状況をよく見かけます。これは、橋梁の橋台背面の土砂が沈下してしまうという現象の結果です。

段差を発生させない予防処置として、橋台背面に踏掛版を施工している軟弱地盤上の橋台や高さのある橋台がありますが、一般的な橋台では良質材を使用して裏込め工とします。裏込め材料が切込砕石や硬岩などで、転圧をしてもスレーキングが起きない材料であれば、沈下はほとんど発生しないと考えられます。しかしながら、裏込め材料として、スペックを満足していれば使用することができますの

で、材料に不安がある場合に注意が必要です。

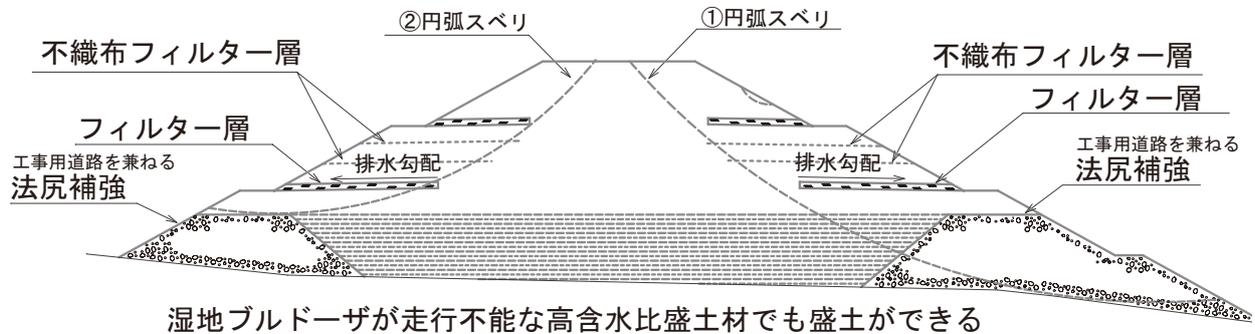
裏込め工の施工において、構造物の際については、転圧機械が十分に寄ることができず転圧不足になってしまいます。転圧不足を補うために、国土交通省の土木工事標準積算基準書によれば、橋台や擁壁の背面の転圧は、振動ローラーとタンパ(60 kg～80 kg)を使用する歩掛となっております。構造物の際には特にタンパ(60 kg～80 kg)で転圧をするようになっています。したがって、施工担当技術者は、締固め度を担保するために、構造物から1 m程度については、規定の撒き出し厚を守り、タンパ(60 kg～80 kg)による転圧を入念に行うようにしましょう。

## 断面図

安定解析結果から法尻補強高さを決定する

① 円弧スベリ崩壊線 (安全率  $f < 1.0$ )

② 円弧スベリ崩壊線 (安全率  $f > 1.05$ )



注) 工場用道路を兼ねた透水性がある良質材を盛土の法尻に先行盛土します  
法尻補強の内側に高含水比粘性土を盛土します  
不織布フィルターが盛土内の間隙水を排水してくれます

図8 高含水比粘性土は法尻補強で盛土する

## 8 ● 法尻を補強すれば盛土できない材料はない(図8)

礫混じり粘土には、盛土ヤードに運搬し、敷き均してみると、湿地ブルドーザが動けなくなるような高含水比の盛土材料があります。土取り場では地山にトレンチを掘り排水しているものの、法面からの湧水もあり、土の含水比が下がらず盛土材料に適さないものがあります。そのような盛土材料を使用して10mを超える盛土を行う時に、斜面の安定を検討すると、安全率が1.0以下となり盛土が崩壊する危険な状態となることがわかります。この場合、工事用道路を兼ねた透水性がある良質材を盛土の両側の法尻に先行盛土します。そして、その先行盛土の内側に高含水比の礫混じり粘土を盛土します。

この施工方法のメリットは、法尻補強された高さの分だけ円弧スベリの半径が上にあがり、円弧スベリ半径が短くなることで、盛土の安定を確保することができるようになります。したがって、両側の法尻補強の高さを決める方法としては、斜面の安定解析

を何回かトライアルして、盛土の安定を確保できる高さを見つける手順となります。さらに、前節でふれた高盛土のフィルター層(不織布のフィルター材も可)を最小スベリの円弧の外側の範囲まで敷設し間隙水を排水することで、安全に盛土を行うことが可能になります。

## 最後に

繰り返しになりますが、土工事の盛土の施工に関して、若い技術者に必要なことは、現場を「毎日、歩いて、見て回る」ことなのです。常に、天候を把握して、法面を崩壊させない施工管理を心掛けることなのです。これが、土工事の盛土に関するスキルアップ術となります。「雨ふりが楽しい」と思う心の余裕で、変化していく現場の面白さを実感してください。次回の誌上セミナーでは、土工事の切土編ですが、簡単に天気の達人になる方法を述べたいと考えています。楽しみにしてください。