

## 第4章 切土工の設計・施工

## 第4章 切土工の設計・施工

### 4.1 総説

#### 4.1.1 目的および一般的留意事項

斜面崩壊防止工事のなかでも、切土工は最も基本的で重要な工法である。斜面を構成している不安定な土・岩塊を切り取ってしまうこと、あるいは斜面を安定な勾配まで切り取ることは、崩壊を防止するうえで最も確実な工法と言える。

切土部の斜面の表面は、侵食、落石、崩壊が再発しないように現場の状況をよく考慮して、裸地状態で放置することなく、表層の侵食防止、風化防止を目的としたのり面保護工を施工する。これらに用いる工種としては、植生工、コンクリート張工、コンクリートブロック張工、石張工、のり砕工、モルタル吹付工、コンクリート吹付工、連続長繊維補強土工などがある。ただし、これらののり面保護工の単独施工においては原因地対策として効果のある施設として評価されないものがあるため留意すること。(R1.12.18 付治山砂防課長通知参照)

以下に原因地対策として評価されないのり面保護施設の例を記す。

- ・安定勾配切土工
- ・植生工
- ・モルタル吹付工
- ・連続長繊維補強土工

また、例えば用地上の制約から、切土工のみで安定を確保することが困難な場合や環境・景観への配慮から安定勾配より急な切土工を行って、緑化ブロック擁壁等を行うこともある。これらの場合には、安定度を確保するために切土工と他の抑止工（グラウンドアンカー工や地山補強土工等）との併用（複合）工法が採用される。

#### 4.1.2 安定の検討

自然斜面は不均一な地質で成り立っているため、計算のみによって安定の検討を行うことは困難である。現在の安定計算では、たとえ、いくら精密な土質試験を行ったとしてもなお多くの仮定、未解決の不確定要素が含まれている。

これらのことから、安全率の計算がそのまま安定の検討であると考えすることは早計であり、安定計算はあくまでもその検討の一手段として取り扱っていくべきものである。

切土のための安定の検討は、調査結果をもとにして周辺の斜面での切土の施工例や周辺斜面の崩壊の実態および安定計算結果を総合的に検討し、最終的には過去の経験・資料を加味して技術者が技術的判断（engineering judgment）を行う。

ただし、次のような条件が満たされる場合には、安定計算による安定の検討が比較的有効である。

- ① 地質調査により斜面を構成する地質・土質が比較的均質で、単純な地質構造を呈していることが判明した場合。
- ② 土質試験（室内試験、原位置試験）が可能な場合
- ③ 調査、および過去の実績等からすべり面の位置、形状等が判別できる場合

特に、急傾斜地崩壊防止工事の対象となる斜面は、勾配が急で人家が上下部に密集しており、作業条件が極めて悪い場合が多い。したがってこの工法が採用される箇所は、施工にあたって細心の注意を要するほか、人力施工に頼らざるを得ないなどの制約を受けることが多い。また、切土工施工中の新たな崩壊の発生により工法の変更を余儀なくされる場合もあり、工事に従事する作業員のみならず周辺の人家などへの被害を未然に防ぐことも、切土工の計画にあたっては特に重要である。

斜面崩壊防止工事の計画・調査・設計の段階では十分徹底した調査成果が得にくいという理由もあって、一般には施工して初めて土質・地質・地下水の状況が明らかになる場合も多い。それらが当初の予想と大きく異なった場合、その変化の対応には十分熟練した技術者があたり、適切な判断を下すとともに、必要に応じて設計を変更しつつ施工にあたることが望ましい。

#### 4.1.3 切土工の調査

切土工のための調査では必要に応じて、特に斜面周辺の環境（がけと上下の人家の接近、土地利用状況等）、地質、湧水、地下水、土砂搬出ルートおよび土捨場位置などを重点的に調べる。

調査は、段階に応じて、予備調査、本調査、施工時の調査、完成後の調査に分類される。まず、予備調査において、切土工が斜面状況および周辺の環境から必要かつ可能かを検討する。斜面の安定度が既往の調査などで推定できるとき、あるいは比較的均質な地質のときには、標準切土のり勾配（表 4-1）を参考に計画切土のり勾配を決定する。

もし地質（地質分布、地質構造）が複雑であると判断された場合には、地質条件に応じて本調査として、ボーリング、テストピットの観察、弾性波探査（簡易弾性波探査）、電気探査、サウンディング、室内土質試験等から適宜選択して調査・試験を行う。斜面の状況によっては、動態観測を行う必要がある。

施工にあたって、地質、地下水等の条件の設計時点からの変化は避けられないが、その乖離をできるだけ少なくするよう、設計、施工に先立ち、十分な調査を実施することが望ましい。

## 4.2 切土工の設計

### 4.2.1 一般的留意事項

斜面崩壊防止工事を実施する斜面は、勾配が急で作業条件が悪い等の制約を受けるため、切土工の設計にあたっては、現地の状況に応じて地形、地質、地下水、人家の配置等を十分考慮し、総合的な検討を行う。また、施工中に明らかになった条件の変化についてもたえず検討を加え、より合理的な工事が行われるよう処理していく。

環境・景観に対する配慮から、また、用地上の制約等から安定勾配より急な切土のり面をつくるときは、基本的には安定計算によるのり勾配の設定や必要な抑止工の設計を行うこととする。

のり面が岩石からなる場合は、風化の程度、層理・節理・片理などの発達程度およびそれらの不連続面の方向とのり面の方向との関連性を考慮して、のり勾配を決めなければならない。

#### 4.2.2 切土のり勾配

切土高および切土後ののり勾配は、表 4-1 を標準とする。表 4-1 は一般的な土質・地質に対する標準値を示したものであり、現地の地形・地質、安定した斜面ののり勾配、土質調査結果等から総合的に判断し、適切に設定する。

下記の斜面については特に注意して安定度の検討を行い、のり勾配を決定する。ただし、施工中の切土のり勾配については労働安全衛生規則第 356 条、第 357 条を参考とする。

切土のり勾配の決定にあたって注意を要する斜面は以下のとおりである。

- ① 崩積土、強風化帯、旧地すべり地、崩壊跡地などの崩壊を生じやすい斜面
- ② シラス、マサ土などの侵食に弱い土砂からなる斜面
- ③ 膨張性岩、新第三紀泥岩、蛇紋岩および風化に対する耐久性が弱い岩からなる斜面

表 4-1 切土に対する標準のり面勾配

| 地 山 の 土 質      |                      | 切土高    | 勾 配         |
|----------------|----------------------|--------|-------------|
| 硬 岩            |                      |        | 1:0.3~1:0.8 |
| 軟 岩            |                      |        | 1:0.5~1:1.2 |
| 砂              | 密実でない粒度分布の悪いもの       |        | 1:1.5~      |
| 砂 質 土          | 密実なもの                | 5m以下   | 1:0.8~1:1.0 |
|                |                      | 5~10m  | 1:1.0~1:1.2 |
|                | 密実でないもの              | 5m以下   | 1:1.0~1:1.2 |
|                |                      | 5~10m  | 1:1.2~1:1.5 |
| 砂利または岩塊まじりの砂質土 | 密実なもの、または粒度分布のよいもの   | 10m以下  | 1:0.8~1:1.0 |
|                |                      | 10~15m | 1:1.0~1:1.2 |
|                | 密実でないもの、または粒度分布の悪いもの | 10m以下  | 1:1.0~1:1.2 |
|                |                      | 10~15m | 1:1.2~1:1.5 |
| 粘 性 土          |                      | 10m以下  | 1:0.8~1:1.2 |
| 岩塊または玉石まじりの粘性土 |                      | 5m以下   | 1:1.0~1:1.2 |
|                |                      | 5~10m  | 1:1.2~1:1.5 |

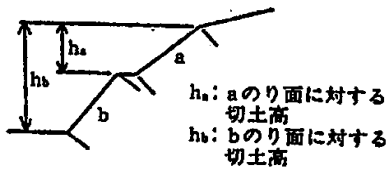
注) ①上表の標準勾配は地盤条件、切土条件等により適用できない場合があるので本文を参照すること。

②土質構成などにより単一勾配としないときの切土高および勾配の考え方は下図のようにする。

③シルトは粘性土に入れる。

④上表以外の土質は別途考慮する。

⑤のり面の植生工を計画する場合には表 3-10 も考慮する。



- ・勾配は小段を含めない。
- ・勾配に対する切土高は当該切土のり面から上部の全切土高とする。

- ④ 破碎帯、亀裂の多い岩からなる斜面
- ⑤ 流れ盤の斜面
- ⑥ 地下水が多い斜面
- ⑦ 積雪地、寒冷地の斜面

上記のような「崩壊性要因をもつ地質のり面」の切土のり勾配については、「新・斜面崩壊防止工事の設計と実例」参考編の資料「標準的なり面勾配と崩壊性要因をもつ地質のり勾配の比較」を参考にして検討することができる。本資料の崩壊性要因をもつ地質のり勾配（境界勾配値）は、「過去の事例を参考に、最大公約数的判断にもとづき求めたものであり……」とされているので、資料の内容をよく理解し、画一的に判断することのないように留意する必要がある。

**(1) 崩積土、強風化帯、旧地すべり地、崩壊跡地などの崩壊を生じやすい斜面**

崖錐、風化斜面、火山泥流、その他旧崩壊地などでは固結度の低い崩積土等が堆積し、自然斜面の傾斜が地山の限界安定傾斜角を示していることがある。このような箇所では図 4-1 のような崩壊が発生することがあり、安定計算を行うことができる。

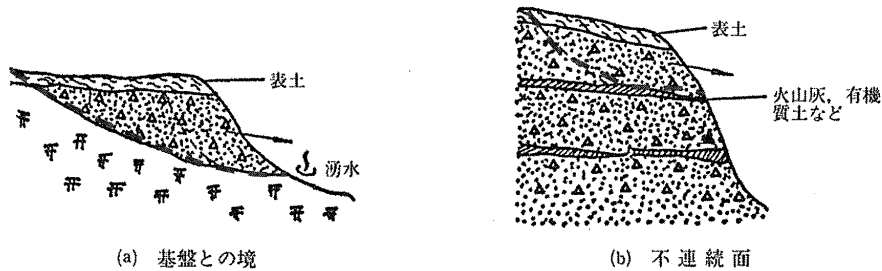


図 4-1 崩積土の崩壊模式図

これらの斜面の安定を左右する主な要因は次に述べる項目である。

- ① 切土前の地下水位より深く切土するか否か
- ② マトリックス（礫間充填物）の固結度、粒度
- ③ 基盤線がのり面と同じ方向に傾斜しているか否か（流れ盤か否か）
- ④ 崩壊の履歴があるか

このため、地下水位およびN値（ボーリング調査）、粒度分布および組成（土質試験）、基盤線の形状（ボーリング、弾性波探査、地表踏査等）などを的確に把握しておくことが望ましい。

## (2) シラス、マサなどの侵食に弱い土砂からなる斜面

風化花崗岩（マサ土）、砂質火山灰層（シラス）、第四紀洪積世の砂質土（山砂）等で代表される固結度の低い砂質土は、表面水による侵食に弱く、図 4-2 のような崩壊が生じることが多い。このような土砂を切土する場合、マサ土を除けば、従来は、のり勾配を急にすることで対処することが多かった。しかし、垂直なのり面は侵食を受けにくい、逆に引張破壊を起こして崩壊する危険性が高くなり、かつ、植生等による表面保護が困難であるので、風で砂が飛ばされたり、凍上や剥落も発生しやすく、また、地震にも弱い等の構造を呈している。

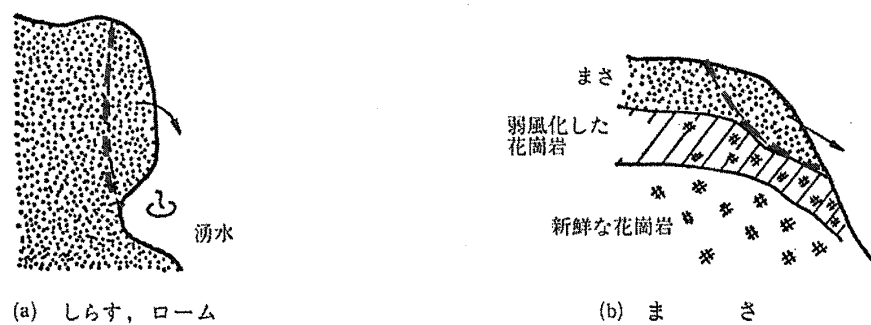


図 4-2 侵食に弱い土砂の崩壊模式図

したがって、このような土質の場合、のり勾配は固結度や粒度に応じて、一般に、1 : 0.8 ~ 1.5 程度（小段を含まない勾配、ただし、硬質および中硬質シラスを除く）の範囲で決定する。

なお、切土のり勾配の検討に先立って、次のような項目について調査・検討を行っておくとよい。

- ① 硬さ：ボーリング調査時のN値、または、踏査時に近隣ののり面で測定した土壌硬度。
- ② 侵食されやすさ：土質試験による粒度分布から求められる砂、シルト分の含有量、または、近隣ののり面で調査した侵食の程度。

これらの値はのり勾配の決定的な条件とはなり得ないが、過去の事例と合わせて総合的に決定する際の参考資料となる。

シラスについては、山中式土壌硬度計を用いた硬度による地山シラスの分類と、切土のり勾配の関係について、鹿児島県シラス対策研究会の「シラス地帯における土工設計施工指針」がある（表 4-2 参照）。また、これとは別に、土質工学会基準（JSF 規格 M2-81）の「硬さによる地山シラスの判別分類法」がある。（「新・斜面崩壊防止工事の設計と実例」参考編第 5 章参照）。

表 4-2 シラスの切土のり勾配

| 土質の区分  | のり勾配       | 摘 要                 |
|--------|------------|---------------------|
| 硬質シラス  | 1:0.3 より緩い | 植生困難                |
| 中硬質シラス | 1:0.5 より緩い | 硬度おおよそ 27mm 以上で植生困難 |
|        | 1:0.6 より緩い | 〃 27mm 以下で植生可能      |
| 軟質シラス  | 1:0.8 より緩い | 〃 25mm 以下で植生可能      |

注 1) ただし、直高 2m 以上に適用。

注 2) 硬質シラス：硬く締まり、硬度はおおよそ 30mm 以上で岩的性状のものまでをいう。

中硬質シラス：硬質シラスと軟質シラスの中間的なもので、硬度がおおよそ 25～30mm の範囲のものをいう。

軟質シラス：比較的軟らかく、水に対して弱く、硬度がおおよそ 25mm 以下のものをいう。

### (3) 膨張性岩、新第三紀泥岩、蛇紋岩、風化に対する耐久性が弱い岩からなる斜面

新第三紀の泥岩、頁岩、固結度の低い凝灰岩、蛇紋岩などは、切土による応力開放、その後の乾燥湿潤の繰り返しや凍結融解の繰り返し作用などによって、のり面表層から次第に土砂化して図 4-3 のような崩壊が発生することが多い。

このような斜面では、たとえ掘削時点では硬く安定したのり面でも、切土後時間の経過とともに土砂化しやすく、このため、設計時点から次の点に注意が必要である。

- ① 雨水が流れ込まないように処置する。
- ② 風化をできるだけ抑制するための保護工を行う。

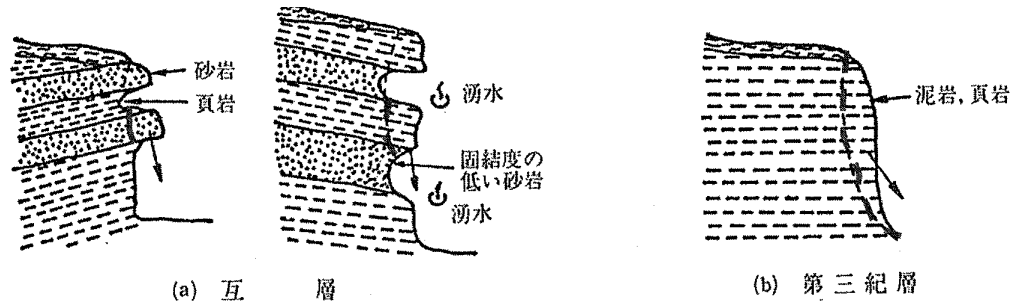


図 4-3 風化に対する耐久性が弱い岩の崩壊模式図

例えば新第三紀の泥岩の場合、岩の状態の良いものは小段を含まない勾配で 1 : 0.8～1.0、比較的悪いもので 1 : 1.2 の勾配が多い。蛇紋岩の場合、条件の良いものと悪いものに差があるため高さ 10 m 以上ののり面では 1 : 0.5～1.2 の間の広い範囲でのり勾配が採用されている。しかし、切土中に何らかの変状を起こしたものは、結果的に 1 : 1.5～2.0 となっているものが多い。

### (4) 破碎帯、亀裂の多い岩からなる斜面

断層破碎帯や風化を受けた岩盤地帯では、地山に多くの亀裂や弱線が発達している。この傾向は中・古生代の堆積岩や古い火成岩等、長期間地殻変動を受けた岩盤地帯に特に顕著に見られる。

このような地山を切土すると、のり面は亀裂や弱線に沿って崩壊を起こすことが多い(図 4-4 参照)。

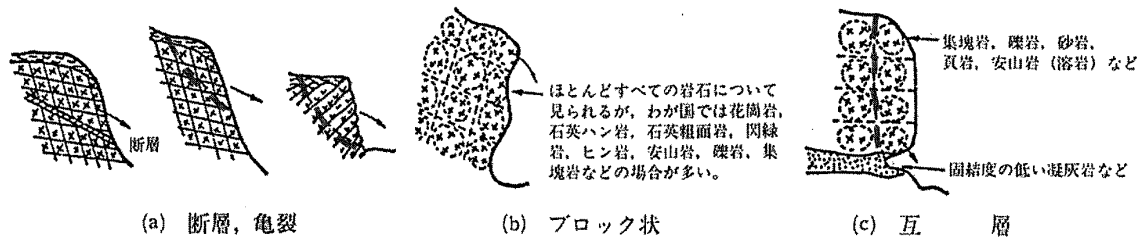


図 4-4 破碎帯、亀裂の多い岩の崩壊模式図

亀裂等が発達しているか否かを客観的に評価する方法としては、次のようなものが考えられる。

- ① RQD (rock quality designation) : これはボーリングにおける一種のコア採取率(掘進長 1m 当りの長さ 10 cm 以上のコアの採取総延長と掘進総延長の比(%))である。亀裂が多ければ当然コア採取率は低くなる。しかし、掘削機械および技術者の技能などにより誤差が生じることがあるので、判定に際しては注意を要する。
- ② 亀裂の平均間隔 : 亀裂が多ければ亀裂間隔は小さくなる。しかし、判定頻度、測定位置の違いなど調査技術者の個人差が出る要素を多分に残している。
- ③ 弾性波探査による地山の伝播速度 (P波速度) : 弾性波速度は地山を構成している岩自体の硬さと亀裂の発達程度等によって左右される。特に中・古生層や火成岩類のようにもともと硬い岩の場合は、亀裂の多少が弾性波速度を大きく左右する。

なお、弾性波速度、RQD、亀裂の状況による岩質区分の例を図 4-5 に示す。

|      |                 | 弾性波速度 (km/sec)        | コア採取率RQD(%)          | 亀裂の状況              |
|------|-----------------|-----------------------|----------------------|--------------------|
|      |                 | 0 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 | 0 20 40 60 80 100    |                    |
|      |                 | 土壌硬度指数                | シュミットハンマー反バツ度        |                    |
|      |                 | 10 20 30 40           | 10 20 30 40 50 60 70 |                    |
| 岩質区分 | A               | 弾性波                   |                      | 密 着<br>間隔20~50cm   |
|      | B               |                       | RQD                  | 一部 開口<br>5 ~ 15 cm |
|      | C <sub>II</sub> |                       |                      | 開口部 に<br>一部 粘土     |
|      | C <sub>M</sub>  |                       |                      | 開口部 に<br>粘土 5 cm   |
|      | C <sub>L</sub>  |                       |                      | 土砂状・割れ<br>目周辺粘土化   |
|      | D <sub>H</sub>  |                       | シュミットハンマー<br>反バツ度    | 粘土化進行のため<br>クラックなし |
|      | D <sub>L</sub>  |                       |                      | 黄カッ色<br>ま ざ 化      |
| 土質区分 | 土-2             |                       | RQD=0                | ま ざ 土              |
|      | 土-1             | 土壌硬度                  |                      | ま ざ 土              |

図 4-5 弾性波速度,RQD,露頭観測による岩質区分 (花崗岩)「設計要領第一集」による。

### (5) 流れ盤の斜面

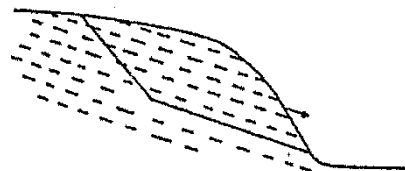
堆積岩に発達した層理、片岩・片麻岩に発達した片理、火成岩に発達した柱状・板状節理など、一定方向に規則性をもった亀裂が発達している場合で、この亀裂の傾斜の方向とのり面の



傾斜の方向が同じ方向となった場合、これはのり面に対して流れ盤の関係になり、図 4-6 のような崩壊が起こることがある。

流れ盤か否かの判定は、現地踏査によって亀裂の走向・傾斜を詳細に測定して、それらとのり面の走向（のり尻の方向と考えてよい）との関係から判定する。

道路の切土のり面の実態調査では、流れ盤の場合、一般に、直高 10m 以上のり面では 1 : 0.8 未満の急な勾配は採用しないほうがよいという結果が報告されている。



なお、流れ盤の判定方法および亀裂等の傾斜角から適正のり勾配を決定する資料を参考編第 5 章に示す。

図 4-6 流れ盤斜面の崩壊模式図

## (6) 地下水が多い斜面

のり面の崩壊の大部分には直接、間接に地下水が影響していることは言うまでもない（図 4-7 参照）。したがって、地質条件を問わず湧水が多い地点や地下水位の高い地点を切土する場合、そのり面は不安定な要素をもっており、のり勾配もそれだけ緩くする必要がある。しかし、地下水の多少を評価する方法が定まっていない。評価できたとしてものり勾配に結び付ける資料がない。そのようなことから地下水については、現在のところ安定計算の間隙水圧（地下水位から推定）として考慮する程度にとどめられている。このような地下水の多い地域の切土は、のり勾配の検討以上に排水工の検討を優先的に考える必要がある。

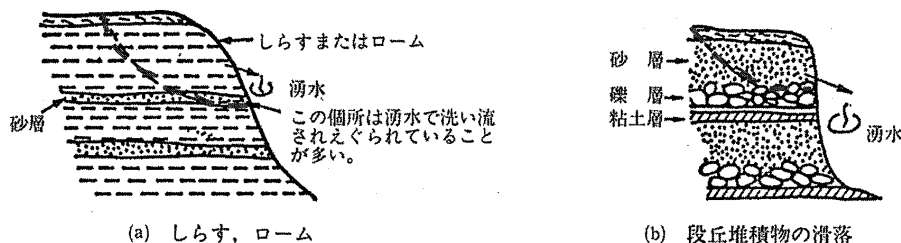


図 4-7 地下水が多い斜面での崩壊模式図

## (7) 積雪・寒冷地の斜面

豪雪地帯の斜面では、融雪時の雪崩と融雪水による崩壊が、また寒冷地では凍結・融解による表層剥離や落石が問題となる。

### (i) 雪崩

一般に雪崩の発生しやすい斜面勾配は 1 : 1.0 前後とされている。しかし、雪崩対策のためのり勾配を緩くすることは、特殊な場合を除いてほとんど行われていない。

### (ii) 融雪時の崩壊

融雪時における表面水の流量は豪雨時のそれに劣らない。しかもこの場合、地山はほぼ飽和していることが多く、特に飽和すると強度が低下するシルト分の多い土砂（崩積土、火山泥流、火山灰土、山砂など）における切土のり勾配は一般の標準より緩くなる。このような場合、地下水排除工を十分検討しておくとともに、排水機能を有する擁壁等の他の施設との併用を検討する必要がある。

(iii) 凍結・融解による表層剥離、落石

凍結・融解によって起こる表層剥離や落石のためにのり勾配を緩くすることは一般に少なく、のり面保護工等で対処される。

#### 4.2.3 切土のり面の形状

##### (1) のり面の形態

切土のり面の形状には一般に次のようなものがある。

①単一勾配のり面

②勾配を土質および岩質により変化させたのり面

地質・土質が深さ方向、縦横方向ともにほぼ等しい場合には一般に①を採用する。地質・土質が異なっても、最も緩い勾配を必要とする土質に合わせれば、図 4-8 のように単一のり勾配としてもよい。一般に地山は深くなるほど硬くなり、のり勾配はそれに応じて急にすることも可能である。この場合、②を採用することになるが、勾配の変換点には(2)に述べる小段を設けるのが一般的であり、安定性、施工性からいっても得策である。また、土と岩との境界には小段を設け、必要に応じて土層中に排水工を設ける。

ただし、以上述べたことは切土のみの場合であって、実際は防止工の種類、組み合わせ、施工性により決まることが多く、例えば現場打コンクリート砕工の場合は現場打コンクリート砕工の範囲を単一勾配のり面とし、その上部の勾配を緩くしてプレキャスト砕工と砕内を植生工にするような工法が実際に用いられることになる。

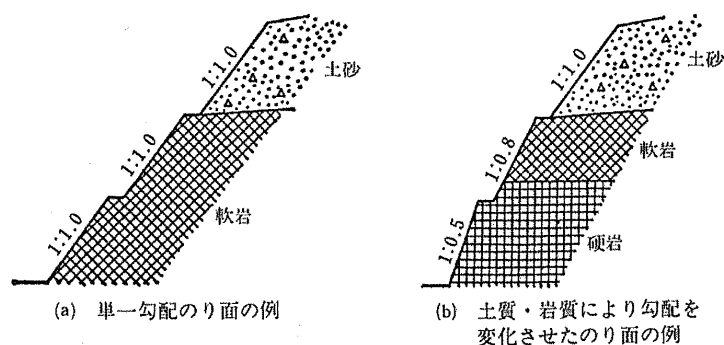


図 4-8 地山状態とのり面形状の説明図

##### (2) のり面のラウンディングおよび小段

###### (i) のり肩処理

切土のり肩付近は植生も定着しにくく侵食を受けやすいので、後背地より地表水の集まる地形では排水路を設け、のり面への流水を排除することが大切である。

切土のり肩には原則として適当な余裕幅をとって、切土のり面の保護のための緩衝地にあてる。一般にはこの位置に排水路を設け後背地からの地表水を処理し、フェンス等の防護柵を設置している(図 4-9 参照)。また、切土のり肩部にある立木も有害な場合、伐採する必要がある。

(ii) ラウンディング

切土のみで設計する場合、のり肩部は自然地形と施工面とのなじみをよくするためラウンディングを行い、のり面保護工を施工する。小段にも必要に応じてラウンディングを考慮することもある。

なお、ラウンディングは図 4-10(a)のようにのり面上部から外周縁部にかけて土砂(表土)が比較的厚く存在する場合、最上段のり肩のみでなく、図 4-10(b)のようにのり肩部を巻き込むように行うことが望ましい。

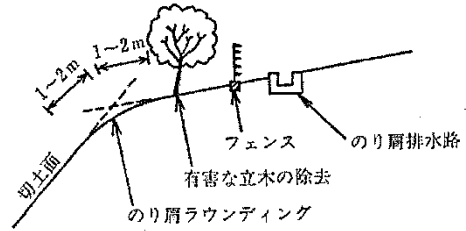


図 4-9 のり肩部処理

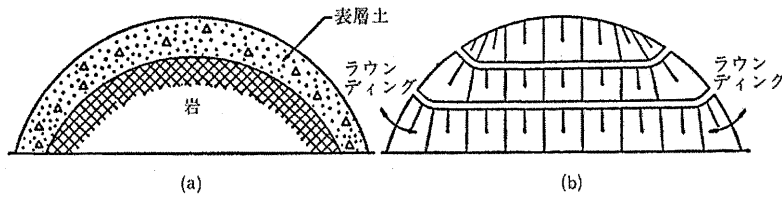


図 4-10 縦断方向のラウンディング図

(iii) 小段

小段は以下のとおりとする。

- ① 小段はのり高、地質の変化を考慮し設置するものとするが、標準として直高 5～10m 間隔とする。
- ② 小段の幅は 1～2m を標準とする。ただし管理用道路として使用する場合は、必要に応じて多少に拡幅を図る。
- ③ 小段には原則としてのり面保護工(コンクリート張工・モルタル吹付工事)を施工する。
- ④ 小段上の横排水路の断面は溢水することのない十分余裕のある断面、形状とする。
- ⑤ 小段の横断勾配は一般に図 4-11(a)の方向につけるのが普通であるが、この場合は小段から水が全く浸透しないことが保証されるか、あるいは小段から多少水が浸透してものり面の安全に重大な影響がないと判断されることが必要である。このような条件が満たされない場合は、のり表面が流水により侵食されないようにのり面保護工を施工するか、あるいは、のり面保護工を施工しなくても侵食されにくいことを確認のうえ、図 4-11(b)に示すように、斜面と同じ方向に勾配をつける。

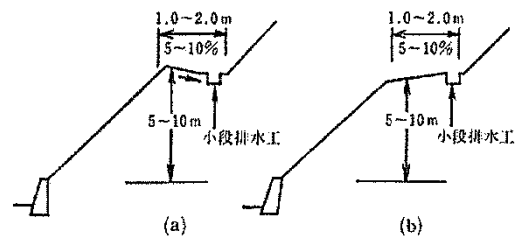


図 4-11 小段の設計

## 4.3 切土工の施工

### 4.3.1 一般的留意事項

#### (1) 安全施工

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。

施工中の事故防止のため、次の事項に留意する。これらの留意点には切土工のみでなく、他の工種にも適用されるものが多い。

- ① 作業能力を考慮して無理のない工程とする。
- ② 仮設防護柵を設置する。
- ③ 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。
- ④ 安全監視員を配置して危険な作業を未然に防止、並びに第三者災害に留意する。
- ⑤ 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。
- ⑥ 危険を察知した場合の笛、警鐘、サイレンなどによる住民や作業員への伝達方法、および避難方法をあらかじめ定めておく。
- ⑦ 必要に応じてあらかじめ住民を避難させる等の処置を講じる。
- ⑧ 作業員は必ず安全帽を着用し、2m 以上の高所の切土を行う場合には命綱を着用する。
- ⑨ 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。
- ⑩ 必要に応じ短区間施工を行う（一般に延長 10～20m ごと）。
- ⑪ のり面上およびのり肩付近の緩んだ岩塊、樹根、不安定な土塊等はのり面から取り除く。
- ⑫ 事故の形態としては、転落事故、岩塊・転石等の落石事故、機物類の落下事故、重機類との接触事故等が予測されるので、安全管理を徹底させる。
- ⑬ 必要に応じて無人化施工機械の使用を検討する。

#### (2) 雨水および湧水の処理

切土工の施工に先立って斜面の状態を注意深く調査して、後背地からの地表水の流入経路、湧水箇所について把握し、その対策として、のり肩部付近すなわち切土工斜面の上方で仮排水路（恒久的な施設でもよい）の設置や、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。また、降雨後は必ず斜面を踏査して、新たな流水や湧水、新しい亀裂の発生等の斜面の変化について点検し、しばらく掘削は見合わせる。

降雨に備えて施工中の斜面を保護することも大切である。樹木の伐開や表土を剥いだ状態は雨水等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等を用意しておき、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、樹枝や割り竹等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、地下水状況等の変化への対応

施工前に十分な調査を行うことは一般に不可能であるので、当初の予想と異なる状況が生じることが多い。状況の軽微な相違に対しては、切土のり勾配、切土範囲等の変更で対応できるが、顕著な相違については、当初の設計を全般的に見直さざるを得ないこともある。よく現れる状況としては、次のものがある。

- ① 表土層の厚さや、その分布が変化する。
- ② 断層等による破砕の規模、程度が変化する。
- ③ すべり面の位置が変化する。
- ④ 流れ盤構造で剥離・崩壊が発生する。

また、切土中に予期せぬ亀裂や崩壊の発生に遭遇することもある。

このような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(4.3.3「施工管理」参照)。

### (4) 隣接地との接合

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。端口の処理を怠ったためその部分から新たな崩壊を起こしている事例は多い(図4-12参照)。

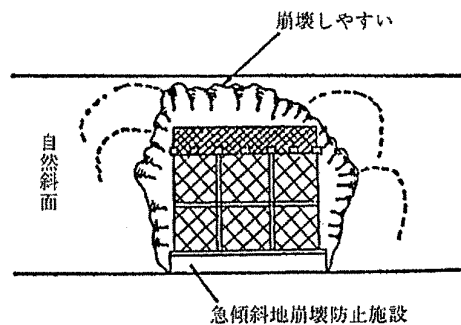


図 4-12 端口から崩壊を誘発する例

### (5) その他

その他の留意事項としては次のものがある。

- ① 切土作業は主として人力による場合が多いが、機械を用いる場合は、地山に過度の衝撃や振動を与えないよう適切な機種を選定する。

- ② 切土作業に先立ち正確な丁張を設け、設計された勾配で切り取り、切りすぎや切り不足のないように施工する。
- ③ 切土にあたっては、切土施工部分以外の地山や周辺の地山をいためないよう十分注意する。
- ④ 抑止工併用の逆巻き施工の場合、切土高さ（施工基面位置）に留意する。

#### 4.3.2 施工計画

##### (1) 施工計画作成の目的

斜面の切土工は足場が不安定であり、特に急傾斜地崩壊防止工事にあつては人家が斜面の上下に近接していることが多いため、安全施工が要求される。斜面条件（勾配、地形、地質、周辺人家の配置状態等）は個々の斜面によってすべて異なるものであり、安全で経済的な施工を行うための十分な施工計画を作成する。

また、工事開始にあたっては地元住民に工事の内容、安全管理体制等の十分な説明を行い、工事に対する理解と協力を得ることが大切である。

##### (2) 施工計画をたてるための基本的事項

施工計画をたてるにあたって考慮すべき基本的な事項としては次のようなものがある。

- ① 工事の規模
- ② 現地の地形、地質、湧水、地下空洞等の状態
- ③ 施工時期（梅雨あるいは台風期をはさむか否か等）
- ④ 周辺の人家の配置状況、工事スペース、搬入路の有無等

以上のような諸要素を事前に検討して、最も適切な施工計画をたてる。

##### (3) 施工計画の内容

施工計画の内容としては次のようなものがある。

- ① 仮設防護柵の構造と設置位置
- ② 機械等の搬入・搬出ルート
- ③ 切土の方法、手順
- ④ 掘削土の搬出方法、土捨場
- ⑤ 降水・湧水・地下水対策
- ⑥ 安全管理体制（安全管理組織、掲示板、安全ロープ、安全柵、警報装置、照明設備、安全監視員・交通整備員の配置等）

### 4.3.3 施工管理（安全管理）

#### (1) 安全管理の必要性

切土工事は自然斜面に手を加えることであり、斜面の安定性を低下させる場合もあるので、施工中においては斜面の挙動を監視する体制をたて、崩壊の可能性についてチェックし、事故防止に役立てることが望ましい。急傾斜地崩壊防止工事においては斜面状況や施工条件から斜面の挙動調査が困難な場合も多く、必ずしもここに記述するような安全管理が可能なのではない。しかしながら、限られた条件の下でできる限りの安全管理を行う必要がある。

#### (2) 情報化設計施工

都市土木における大深度掘削、あるいはトンネル工事等では、情報化設計施工として設計、施工の各段階における各種の情報、観測値等を適時突き合わせ、フィードバックさせつつ、安全かつ合理的な設計・施工を行っている。切土工においてはこのような試みがなされ始めた段階であり、研究開発の余地が残されており、切土工における情報化設計施工は今後の課題と言える。

一例として、切土施工中に亀裂が発生した場合、地盤伸縮計や地盤傾斜計を設置して地表面の変位状況をリアルタイムで計測し、斜面の危険度や崩壊時期を予測して安全管理として役立て、関係者に計測状況をネット配信して情報共有する事例もある。

また、斜面掘削の施工および管理において、UAV（無人航空機）、LS（レーザースキャナー）等を導入するとともに、ICT建機の活用により生産性向上に取り組んでいる事例もある。

#### (3) 斜面の挙動調査

斜面の挙動調査は、斜面の変状を事前にキャッチするとともに、計測値の変化状況から斜面の危険度や崩壊時期を予測し、あるいは、すべり面の位置等を確認するために行われる。それらの情報は、工事の安全管理（災害の未然防止）にも役立つものである。しかし、観測計器類で斜面全体を網羅することはきわめて困難であり、また、機器類の計測と解析・判断との間にはタイムラグが生じるので、これまでに行われてきた目視的な調査・点検（経験則）による手法もあわせて危険予知を行う必要がある。

斜面の挙動調査については、第2章「調査・計画」の項をあわせて参照されたい。

##### (i) 計測機器による動態観測（計測管理）

切土工の施工に関して動態観測に用いられる一般的な計測機器類には次のようなものがある。

地表変位測定・・・変位杭、地盤伸縮計、地盤傾斜計など

地中変位測定・・・孔内傾斜計、パイプひずみ計など

水圧測定・・・・・・・・地下水位計、間隙水圧計など

以上の機器類から斜面の特性に適したものを選定・設置・観測して、施工管理と安全管理の一助とする。なお、降水量についても同時に観測するのが望ましい。

地盤伸縮計については斜面の特性に見合った管理基準値を設定し、警戒避難体制に役立てたい。伸縮計の計測データをもとに、ひずみ速度の変化から崩壊の時期を予測する各種の

予測式も提案されており、その有効性も高いと言われている。自動警報機付きとするなど、現場で即応可能なように準備しておくことが望ましい。

(ii) 目視的な方法による危険予知

一般的な崩壊発生の諸現象に係る調査の対象・要点は次のとおりである。

- ① のり肩部より上方斜面における亀裂発生の有無確認
- ② 切土面の肌落ち等局所的な崩落の有無確認
- ③ のり面の地質変化部などの状況確認
- ④ 浮石の状況確認
- ⑤ 湧水の発生有無、または湧水量の変化確認
- ⑥ 湧水の濁り状態の確認
- ⑦ 各種のり面保護工の変状・変形の有無確認

以上の項目については常時点検・監視が必要であるが、特に留意して実施しなければならない時期は、次のとおりである。

- ① 作業の開始前
- ② 作業の終了後
- ③ 降雨の後、特に大雨の後あるいは日照りの続いた後の降雨時
- ④ 地震後、特に震度4以上の地震の後
- ⑤ 融雪期

#### (4) 安全管理の留意事項

切土工のみでなく、他ののり面工事（吹付工、植生工等）にも共通する安全管理の具体策について記す。4.3.1(1)「安全施工」の項も参照されたい。

(i) 安全面に影響する要因・条件と事故の形態

- ① 急傾斜地での高所作業となることが多く、転落事故が発生しやすい。
- ② 落石や崩落の危険性が大きい場所での作業が多いので、転落事故等が発生しやすい。
- ③ 多工種の組み合わせとなることが多く、各種の作業および機械類が錯綜するため接触事故等が発生しやすい。
- ④ 短期間の工事も多いため労働時間が不定となりやすく、作業員の疲労による事故が発生しやすくなる。
- ⑤ 切土の手順によっては斜面が一時的に不安定な状態となる場合がある。

(ii) 具体策

- ① 安全な足場・通路の確保と点検（命綱、ロープ、ライフライン等含む）、不安全行動の防止
- ② 浮石や崩落の危険性のある土砂・岩塊等の除去、目視点検を含む斜面の挙動調査の実施
- ③ 機械類の固定、あるいは機器類の安全な取り扱いの徹底、作業員同士の注意喚起、および資機材運搬時の安全確保



- ④ 作業員の作業訓練と安全教育の徹底
- ⑤ 適切な工程管理
- ⑥ 安全施設の設置（標識、バリケード、保護柵、安全標語等）
- ⑦ 緊急時の連絡、避難体制の設備と確認
- ⑧ 一時的に不安定化が懸念される場合、仮設モルタル吹付、金網張り、仮設補強土工等の実施

#### 〔第4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