

盛

土

8

三重県

8章 盛土

目次

8-1	原地盤の把握	8-1
8-2	盛土のり面の勾配	8-2
8-3	盛土のり面の安定性の検討	8-3
8-4	盛土のり面の形状	8-8
8-5	盛土全体の安定性の検討	8-10
8-6	地下排水排除工	8-12
8-7	盛土内排水層	8-14

8. 盛 土

8-1 原地盤の把握

盛土の設計に際しては、地形・地質調査等を行って盛土の基礎地盤の安定性を検討することが必要である。特に、盛土の安定性に多大な影響を及ぼす軟弱地盤及び地下水位の状況については、入念に調査するとともに、これらの調査を通じて盛土のり面の安定性のみならず、基礎地盤を含めた盛土全体の安定性について検討することが必要である。

【解 説】

都市計画法施行令第28条においては、第4項に「盛土をする場合においては、盛土をした後の地盤に雨水その他の地表水または地下水（以下「地表水等」という。）の浸透による緩み、沈下、崩壊または滑りが生じないように、おおむね30cm以下の厚さの層に分けて土を盛り、かつ、その層の土を盛る毎に、これをローラーその他これに類する建設機械を用いて締め固めるとともに、必要に応じて地滑りの抑止ぐい等の設置その他の措置を講ずること。」と規定されており、更に第5項においては、「著しく傾斜している土地において盛土をする場合には、盛土をする前の地盤と盛土とが接する面が滑り面とならないように段切りその他の措置が講ぜられていること。」と規定されている。また、第7項において、「切土または盛土をする場合において、地下水によりがけ崩れまたは土砂の流出が生じるおそれがあるときは、開発区域内の地下水を有効かつ適切に排出することができるように、国土交通省令で定める排水施設が設置されていること。」と規定されている。

また、都市計画法上の開発許可基準としては、都市計画法第33条第1項第7号において「地盤の沈下、がけ崩れ、出水その他による災害を防止するため、開発区域内の土地について、地盤の改良、擁壁または排水施設の設置その他の安全上必要な措置が講ぜられるように設計が定められていること。」と規定されている。

したがって、盛土の設計に際しては、地形・地質調査等を十分に行い、基礎地盤を含めた盛土全体の安定性について検討するものとする。盛土に関する地形・地質調査の一般的な内容を表1に示す。

本章では、原地盤が軟弱地盤あるいは高い地下水位を有するかどうかにより盛土の安定性が大きく異なるため、地盤調査の重点をここに置くこととした。なお、軟弱地盤か否か判定及びその対策については、宅地防災マニュアルの「第IX章 軟弱地盤対策」等による。

表1 盛土に関する地形・地質調査の一般的な内容

調査項目	調査目的	調査手法
資料調査	盛土箇所の原地盤に関する大まかな地形、地質条件の把握（特に軟弱地盤について）	地質図、航空写真、地形図、既存ボーリング資料等の収集・解析
概略調査	地盤の性状、問題箇所の把握、構造物の配置計画、盛土材料の性状把握	現地踏査、物理探査、サウンディング試験、ボーリング調査、土質試験等
詳細調査	詳細な地盤特性の把握、構造物及び対策工の詳細設計に必要な調査	物理探査、標準貫入試験、ボーリング調査、土質試験等

8. 盛土

8-2 盛土のり面の勾配

盛土のり面の勾配は、のり高、盛土材料の種類等に応じて適切に設定し、原則として30度以下とする。

なお、次のような場合には、盛土のり面の安定性の検討を十分に行った上で勾配を決定する必要がある。

- 1) のり高が特に大きい場合
- 2) 盛土が地山からの湧水の影響を受けやすい場合
- 3) 盛土箇所の原地盤が不安定な場合
- 4) 盛土が崩壊すると隣接物に重大な影響を与えるおそれがある場合
- 5) 腹付け盛土となる場合

【解説】

盛土のり面の勾配が、30度を超える場合には、都市計画法施行規則第16条第4項で定義している「がけ」となるので、できるだけがけを生じさせないため、原則として30度以下とする。また「がけ」は同規定により、擁壁の設置が必要となる。

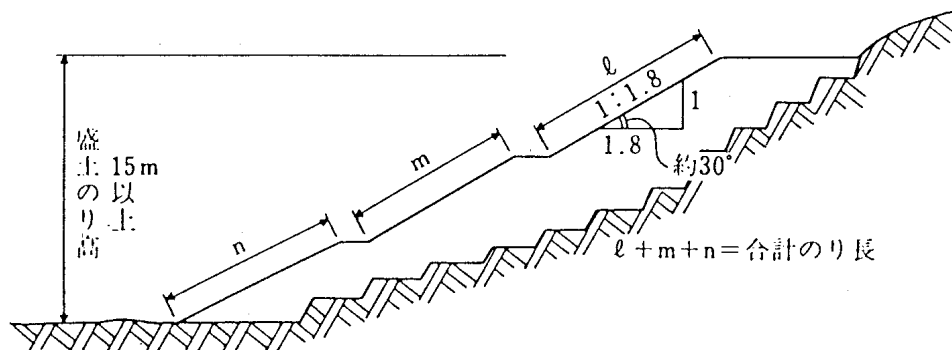
ただし、盛土のり面の勾配が30度を超える「がけ」となっても、都市計画法施行規則第23条第3項の規定により、土質試験等に基づき地盤の安定計算をした結果、がけの安定を保つために擁壁の設置が必要でないことが確かめられた場合については、擁壁の設置義務は解除される。

また、擁壁によって覆わないがけは、必ずり面保護工を施さなければならない（都市計画法施行規則第23条第4項）。のり面保護工の工法については宅地防災マニュアルの「第VII章 のり面保護」を参考にすること。

なお、本文1)～5)の事項に該当する場合は、「8-3 盛土のり面の安定性の検討」により、のり面の安定性を検討することが必要である。

- ① 盛土のり高が特に大きい場合とは15m以上の高盛土をいう（図1参照）。
- ② 盛土が地山からの湧水の影響を受けやすい場合とは、片切り・片盛り、腹付け盛土、斜面上の盛土、谷間を埋める盛土などである。
- ③ 盛土箇所の原地盤が不安定な場合とは、原地盤が軟弱地盤や地滑り地などの場合をいう。
- ④ 隣接物に重大な影響を与えるおそれがある場合とは、住宅等の人の居住する施設が隣接しているなどの場合をいう。
- ⑤ 腹付け盛土となる場合とは、勾配が15度（約1:4.0）程度以上の傾斜地盤上に盛土を行う場合をいう。

なお、前記②～⑤については、地域によって状況が異なるため、各々個別に判断するものとする。



盛土のり高とは、のり肩とのり尻の高低差をいう。

図1 盛土のり高

8-3 盛土のり面の安定性の検討

盛土のり面の安定性の検討に当たっては、次の各事項に十分留意する必要がある。ただし、安定計算の結果のみを重視してのり面勾配を決定することは避け、近隣または類似土質条件の施工実績、災害事例等を十分参照することが大切である。

1) 安定計算

盛土のり面の安定性については、円弧滑り面法により検討することを標準とする。また、円弧滑り面法のうち簡便式（スウェーデン式）によることを標準とするが、現地状況等に応じて他の適切な安定計算式を用いる。

2) 設計強度定数

安定計算に用いる粘着力（ C ）及び内部摩擦角（ ϕ ）の設定は、盛土に使用する土を用いて、現場含水比及び現場の締固め度に近い状態で供試体を作成し、せん断試験を行うことにより求めることを原則とする。

3) 間げき水圧

盛土の施工に際しては、透水層を設けるなどして、盛土内の間げき水圧が発生しないようにすることが原則である。しかし、開発事業区域内における地下水位または間げき水圧の推定は未知な点が多く、また、のり面の安全性に大きく影響するため、安定計算によって盛土のり面の安定性を検討する場合は、盛土の下部または側方から浸透水による水圧を間げき水圧（ u ）とし、必要に応じて、雨水の浸透によって形成される地下水による間げき水圧及び盛土施工に伴って発生する過剰間げき水圧を考慮する。

また、これらの間げき水圧は、現地の実測によって求めることが望ましいが、困難な場合は他の適切な方法によって推定することも可能である。

4) 最小安全率

盛土のり面の安定に必要な最小安全率（ F_s ）は、盛土施工直後において、 $F_s \geq 1.5$ であることを標準とする。

また、地震等の安定性を検討する場合の安全率は、大地震時に $F_s \geq 1.0$ とすることを標準とする。なお、大地震時の安定計算に必要な水平震度は、0.25とする。

【解説】

① 安定計算

盛土のり面の安定検討の一般的なフローを図2に示す。

i) 常時の安定性の検討（簡便法）

盛土の安定計算式は、一般的に用いられ、容易に計算できる簡便式（スウェーデン式）によることを標準とするが、他の安定計算式に比べて安全率の差異が大きくなる時は、土質定数等を十分吟味して、より解析精度の高い手法を採用することが重要である。

また、円弧滑り面法においては有効応力法（式1）または全応力法（式2）のどちらかを選択する。

<有効応力法による場合>

$$F_s = \frac{M_R}{M_D} = \frac{\sum \{C' \cdot l + (W \cos \alpha - U \cdot l) \tan \phi'\}}{\sum W \sin \alpha} \dots \dots \dots \text{(式1)}$$

<全応力法による場合>

$$F_s = \frac{M_R}{M_D} = \frac{\sum \{C \cdot l + W \cos \alpha \cdot \tan \phi\}}{\sum W \sin \alpha} \dots \dots \dots \text{(式2)}$$

ここに、 F_s ：安全率

M_R ：土塊の抵抗モーメント（ $\text{kN} \cdot \text{m}/\text{m}$ ）

M_D ：土塊の滑動モーメント（ $\text{kN} \cdot \text{m}/\text{m}$ ）

8. 盛土

W : 各分割片の単位長さ重量(kN/m)

U : 各分割片の滑り面上に働く間げき水圧(kN/m²)

α : 各分割片の滑り面の midpoint と滑り面を円弧とする円の中心とを結ぶ直線が鉛直線となす角度(°)

l : 各分割片の滑り面の長さ(m)

ϕ : 盛土の内部摩擦角(°)

ϕ' : 有効応力に関する盛土の内部摩擦角(°)

C : 盛土の粘着力(kN/m²)

C' : 有効応力に関する盛土の粘着力(kN/m²)

本計算法は、図3に示すような円弧滑り面を用いている。この方法は、滑り面上の土塊を適当な幅に分割し、分割片のせん断力と抵抗力をそれぞれ累計して、その比率によって安全率を求めるものである。

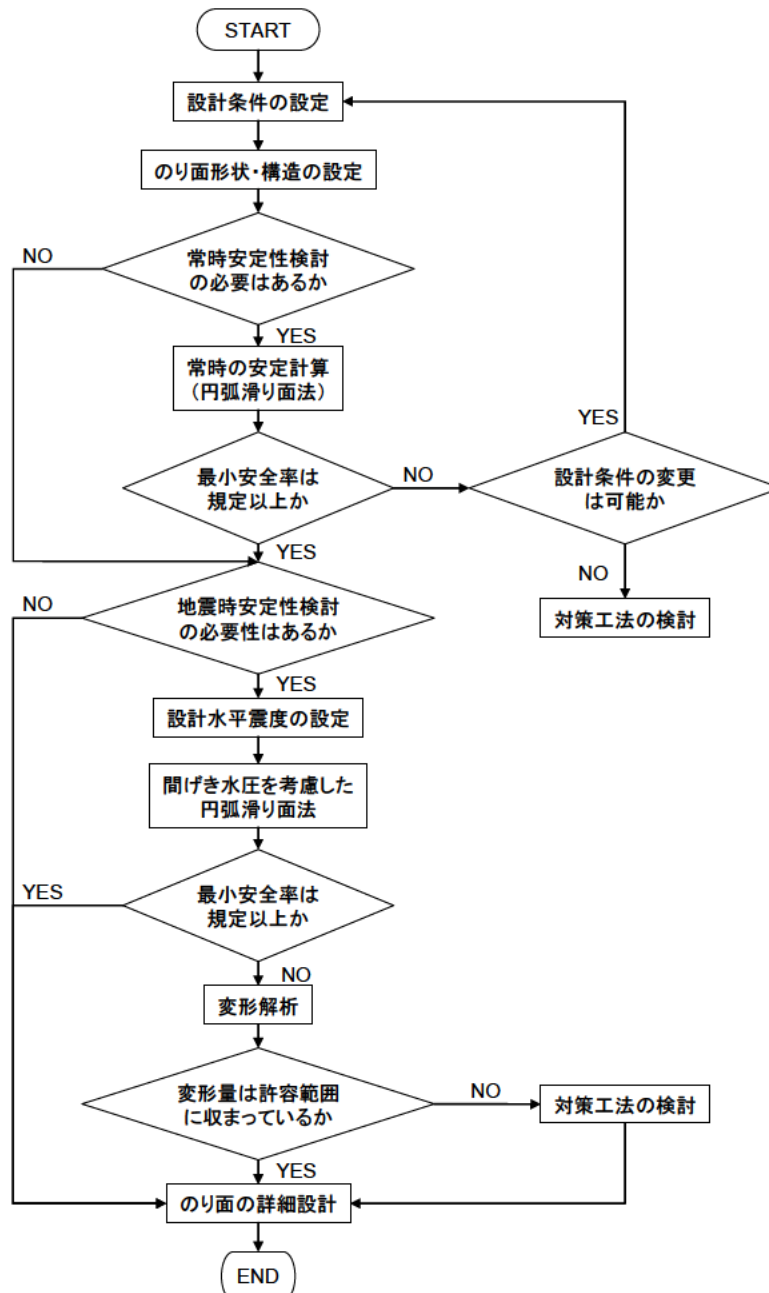


図2 盛土のり面の一般的安定検討フロー

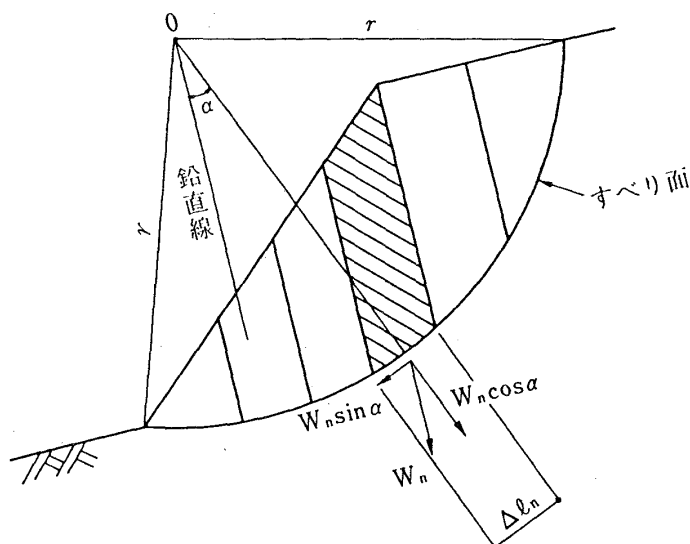


図3 円弧すべり面法における各分割片に働く力

盛土のり面の安定検討は、円弧滑り面法によるのが一般的であり、これは盛土のり面の滑り面形状が一般に円弧で近似できることによるものであるが、勾配の緩い谷地形（凹地形）に腹付け盛土する場合などは、滑り面の形状が非円弧となる場合があるので、このような場合は、実状に応じた適切な滑り面を設定する必要がある。

有効応力法と全応力法の使い分けとしては、施工後、長期間経過した盛土の安定は、有効応力法によって計算し、細粒土で急速に盛土する場合、施工中及び施工直後の安定性などについては全応力法によって検討するのが一般的である。

なお、有効応力法による場合と全応力法による場合とでは、調査時の土質試験が異なるので注意する必要がある。

ii) 地震時の安定性の検討（簡便法）

地震時の安定性の検討を行うかどうかは、地域の状況等に応じて適切に判断するものとするが、一般的には8-2の本文1)～5)のいずれかが該当するときは、地震時（大地震時）の検討も行うものとする。

地震時の安定性の検討は、常時の場合と同様に円弧滑り面を仮定した震度法による安定計算式が用いられるのが一般的である。

・安定計算の考え方

震度法により地震荷重を求め、滑りの安定性を評価する場合においては、

- ① 滑り面形状の取り方
- ② 安定計算の計算式の選定法
- ③ 震度の設定方法及び地震力の作用位置の取り方
- ④ 地震時の土の強度定数の変化

について確立された設計法は存在しないが、ここでは最も一般的である円弧滑り面を仮定した震度法による安定計算式（式3、式4、式5）について説明する。ただし、予想される滑り面が円弧でない場合には、複合滑り面を設定して計算することが必要である。

ここでは、地震力の作用位置は各分割片の重心としている（図4）。

8. 盛土

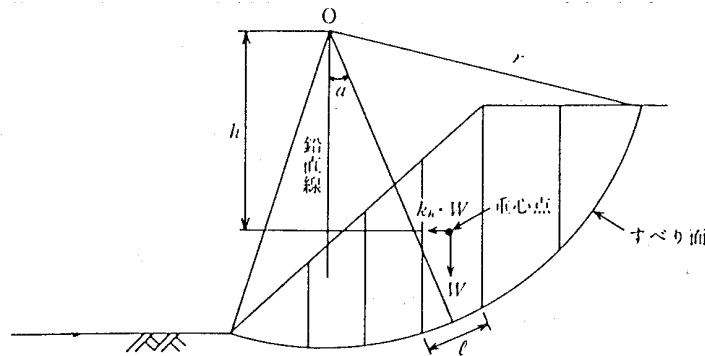


図4 円弧すべり面法における各分割片に働く力（地震時）

地震と豪雨が重なることは少ないので、地震時には豪雨による浸透水を考慮しないのが一般的である。しかし、盛土内に地下水が存在する等の場合、常時のみでなく地震時においてものり面の安定性を著しく損なう恐れがあるため、地下水位の設定には十分注意する必要がある。

地震時の安定計算も全応力法または有効応力法により行うことができる。全応力法で解析する場合には、地震時に土中に発生する間げき水圧を考慮しないで土の透水性に見合った排水条件による静的試験から求めた強度定数を用いる。有効応力法で解析する場合には地震時に土中に発生する間げき水圧を考慮する。地震時に土中に発生する間げき水圧は、測定を伴う繰返し三軸試験などから求めることができる。

<有効応力法による場合>

$$F_s = \frac{M'_R + \Delta M'_R}{M'_D} = \frac{r \sum [C' \cdot l + \{W \cos \alpha - U \cdot l - k_h \cdot W \sin \alpha\} \tan \phi'] + P \cdot r'}{\sum (r \cdot W \sin \alpha + k_h \cdot W \cdot h)} \dots\dots (式3)$$

間げき水圧の測定を伴う繰返し三軸試験による場合には、式4を用いることができる。

$$F_s = \frac{M'_R + \Delta M'_R}{M'_D} = \frac{r \sum (C_u \cdot l) + P \cdot r'}{\sum (r \cdot W \sin \alpha + k_h \cdot W \cdot h)} \dots\dots (式4)$$

<全応力法による場合>

$$F_s = \frac{M'_R + \Delta M'_R}{M'_D} = \frac{r \sum [C \cdot l + (W \cos \alpha - k_h \cdot W \sin \alpha) \tan \phi] + P \cdot r'}{\sum (r \cdot W \sin \alpha + k_h \cdot W \cdot h)} \dots\dots (式5)$$

ここに、 F_s ：安全率（地震時）

M'_R ：地震時の土塊の抵抗モーメント（ $kN \cdot m/m$ ）

$\Delta M'_R$ ：抵抗モーメントの増分

M'_D ：地震時の土塊の滑動モーメント（ $kN \cdot m/m$ ）

P ：対策工の抵抗力（抑止力）（ kN/m ）

注）地滑り抑止杭、グラウンドアンカー工、地下水排除工等の対策によって異なる。

r ：滑り面の半径（ m ）

r' ：対策工の工法により決まるモーメントの腕の長さ

W ：各分割片の単位長さ重量（ kN/m ）

U ：各分割片の滑り面上に働く間げき水圧（ kN/m^2 ）

k_h ：設計水平震度（地震力の作用位置は分割片の重心位置）

α ：各分割片の滑り面の中心と滑り面を円弧とする円の中心とを結ぶ直線が鉛直線となす角度（ $^\circ$ ）

- h : 各分割片の滑り面を円弧とする円の中心と各分割片の重心との鉛直距離 (m)
 l : 各分割片の滑り面の長さ (m)
 ϕ : 盛土の内部摩擦角 (°)
 ϕ' : 有効応力に関する盛土の内部摩擦角 (°)
 C : 盛土の粘着力 (kN/m^2)
 C' : 有効応力に関する盛土の粘着力 (kN/m^2)
 C_U : 各分割片の滑り面の非排水せん断動的強度

である。

② 設計強度定数

i) 常時の設計強度定数

土の安定を計算によって検討する際は、盛土の原地盤及び盛土材について、土のせん断特性を調べる必要があるため、せん断試験を行うことが必要である。盛土材のせん断特性を求めするためには、予定された盛土材料を用い、現場の施工条件（現場含水比、現場締固め度等）とできるだけ同じ条件で作成された供試体についてせん断試験を実施する。

土のせん断強度定数は、せん断時の応力の取り方（全応力、有効応力）によって異なるので、解析方法にあわせて土質定数を選定しなければならない。通常、飽和した盛土の強度定数は、有効応力に関しては $C' = 0$ 、 $\phi' = \text{一定}$ と考えてよいが、全応力法による場合は、締固め後の含水比に応じて C 、 ϕ が変化するので、実況に応じて適切な値を設定する。

ii) 地震時の設計強度定数

円弧滑り面法に用いる土の地震時強度は、原則として、基礎地盤については原位置で採取した不攪乱試料による室内試験結果に基づき、盛土については現場の施工条件とできるだけ同様の条件で締固めた試料による室内試験結果に基づき設定するものとする。この他、地震時には飽和した緩い砂質土での過剰間げき水圧の発生に伴う強度減少や、地震荷重の速度効果や繰返し効果による粘性土の強度変化等を考慮する必要がある。

円弧滑り面法に用いる土の強度定数 C 、 ϕ 及び間げき水圧は、表 2 によることを標準とする。飽和粘性土や盛土材料等の不飽和土の強度定数は、透水性に応じて圧密非排水 (C_U) 三軸圧縮試験ないしは圧密排水 (C_D) 三軸圧縮試験により求めることができるが、別途、動的な載荷を伴う試験により、常時よりも粘着力の割増しが期待できることが確認できればこれを見込んでよい。また、飽和砂質土の強度定数は、 C_U 試験時に間げき水圧測定を行う C_U 試験により求めることができる。

表 2 安定計算に用いる強度定数及び間げき水圧

地震時	全応力法		有効応力法
	透水性が低い場合	C_{CU} 、 ϕ_{CU} 、 u_s	C' 、 ϕ' 、 u_s 、 u_e
透水性が高い場合	C_d 、 ϕ_d 、 u_s		

C_{CU} 、 ϕ_{CU} : 圧密非排水試験 (C_U) より求められる強度定数

C_d 、 ϕ_d : 圧密排水試験 (C_D) より求められる強度定数

C' 、 ϕ' : 間げき水圧測定を伴う圧密非排水試験 ($\overline{C_U}$) より求められる強度定数

u_s : 常時の地下水による間げき水圧

u_e : 地震時に発生する過剰間げき水圧

8. 盛土

③ 間げき水圧

間げき水圧は実測によっても精度よく求めることは困難な場合が多いため、実際の設計時には「道路土工—盛土工指針」に示された方法によって求めてもよい。

ただし、盛土内の地下水位の上昇が考えられないような場合には、間げき水圧を無視してもよい。

盛土下部に液状化のおそれのある土層が分布する場合は、土質試験あるいは動的強度試験を実施し過剰間げき水圧を求めることを原則とする。

地震動によって発生する過剰間げき水圧の値は直接的に繰返し三軸試験等を行って求めることができる。

④ 最小安全率

i) 常時の最小安全率 (F_s)

盛土材のせん断特性を求めるため、予定された盛土材料を用いて土質試験を行うが、締固めた土はその施工条件によって強度定数が増減するので、現場の施工条件に対して求められた強度定数による盛土のり面の安全率は、必ずしも種々の条件下における盛土のり面の最小安全率を与えない場合があることに注意しなければならない。

通常、盛土のり面の安定に必要な理由から安全率 (F_s) は、常時において1.2~1.5に定められている場合が多いが、以上のような理由から、本基準では $F_s \geq 1.5$ とした。

ii) 地震時の最小安全率 (F_s)

地震時ののり面の安定に必要な最小安全率は1.0以上を標準とする。

円弧滑り面法に用いる標準設計水平震度 k_0 は大地震時0.25とする。

8-4 盛土のり面の形状

盛土のり面の形状は、気象、地盤条件、盛土材料、盛土の安定性、施工性、経済性、維持管理等を考慮して合理的に設計するものとする。

なお、のり高が小さい場合には、のり面の勾配を単一とし、のり高が大きい場合には、のり高5メートル程度毎に幅1~2メートルの小段を設けるのが一般的である。

また、この場合、二つの小段にはさまれた部分は単一勾配とし、それぞれの小段上面の排水勾配は下段ののりと反対方向に下り勾配をつけて施工する。

【解説】

盛土材料は一般に、数種類の土質が混合されて施工される場合が多いが、全体としてはほぼ均質な材料といえるため、のり面の形状は原則として単一勾配とする。

のり高の大きい盛土では、一般にのり高5m程度毎、幅1~2mの小段を設け、盛土材料が粘着性に乏しい礫、砂などである場合は、のり面が降雨による浸食を受けやすいので、排水勾配を下段ののり面と反対方向に2~5%程度の下り勾配を付けて施工し、排水溝を設置するなどのり面の保護に配慮する必要がある。

なお、小段の基本的な考え方は次の通りである。

① 低い盛土を除いて、施工中及び施工後の降雨による浸食防止のために盛土小段には、排水溝を設ける。また、小段はのり長にもよるが、管理用通路として利用される場合がある。

- ② 土構造物は、当初設計に修正補足を加えつつ築造せざるを得ないものであるが、小段はそのための余裕（構造物によるのり面保護工の基礎の設置場所、雨水の流速の緩和など）の機能を有している。
- ③ 必要に応じて、維持補修用の足場（築造後の災害復旧、部分的なりのり面の補強など）等の機能を果たす。
- ④ のり面の下部では、表面水の流量・流速が増加して洗掘が大きくなるため、のり面の途中に小段を設け、流速を低下させる。

なお、全体の盛土の最高高さが15mを超える場合は、高さ15.0m毎に3.0～5.0m以上の幅広の小段を設けるのが一般的である。

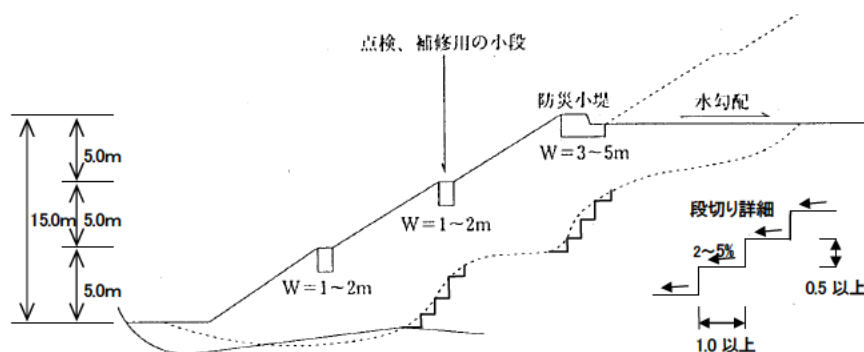


図5 高盛土における小段の設置例

8. 盛土

8-5 盛土全体の安定性の検討

盛土全体の安定性を検討する場合は、造成する盛土の規模が、次に該当する場合である。

1) 谷埋め型大規模盛土造成地

盛土をする土地の面積が $3,000\text{m}^2$ 以上であり、かつ、盛土をすることにより、当該盛土をする土地の地下水位が盛土をする前の地盤面の高さを超え、盛土の内部に侵入することが想定されるもの。

2) 腹付け型大規模盛土造成地

盛土をする前の地盤面が水平面に対し 20 度以上の角度をなし、かつ、盛土の高さが 5 メートル以上となるもの。

検討に当たっては、次の各事項に十分留意する必要がある。ただし、安定計算の結果のみを重視して盛土形状を決定することは避け、近隣または類似土質条件の施工実績、災害時例等を十分参照することが大切である。

① 安定計算

谷埋め型大規模盛土造成地の安定性については、二次元の分割法により検討することを標準とする。

腹付け型大規模盛土造成地の安定性については、二次元の分割法のうち簡便法により検討することを標準とする。

② 設計強度定数

安定計算に用いる粘着力 (C) 及び内部摩擦角 (ϕ) の設定は、盛土に使用する土を用いて、現場含水比及び現場の締固め度に近い状態で供試体を作成し、せん断試験を行うことにより求めることを原則とする。

③ 間げき水圧

盛土の施工に際しては、地下水排除工を設けるなどして、盛土内に間げき水圧が発生しないようにすることが原則である。

しかし、開発事業区域内における地下水位または間げき水圧の推定は未知な点が多く、また、盛土全体の安全性に大きく影響するため、安定計算によって盛土全体の安定性を検討する場合は、盛土の下部または側方からの浸透水による水圧を間げき水圧 (u) とし、必要に応じて、雨水の浸透によって形成される地下水による間げき水圧及び盛土施工に伴って発生する過剰間げき水圧を考慮する。

また、これらの間げき水圧は、現地の実測によって求めることが望ましいが、困難な場合はほかの適切な方法によって推定することも可能である。

④ 最小安全率

盛土の安定については、常時の安全性を確保するとともに、最小安全率 (F_s) は、大地震時に $F_s \geq 1.0$ とすることを標準とする。

なお、大地震時の安定計算に必要な水平震度は、 0.25 とする。

【解説】

① 盛土全体の安定性の検討を要する大規模盛土造成地

宅地造成に伴い谷や沢を埋めたために盛土内に水の浸入を受け易く形状的に盛土側面に谷部の傾斜が存在することが多い谷埋め盛土、また傾斜地盤上の高さの高い腹付け盛土などの、「谷埋め型大規模盛土造成地」及び「腹付け型大規模盛土造成地」について盛土全体の安定性の検討を行う必要がある。

② 安定計算

i) 谷埋め型大規模造成盛土の安定性の検討

谷埋め型大規模盛土造成地の滑り面については、複数の円弧または直線に近似できることを想定している。この場合、安定計算は、下記の二次元の分割法により検討することを標準とする。

二次元の分割法は、土塊の表面が曲線であっても滑り面が複雑であっても適用できるので極めて実用性の高い計算法である。地震力及びその土地の自重による当該盛土の滑り出す力及びその滑り面に対する最大摩擦抵抗力その他の抵抗力は、以下の通り計算する。

滑り面が複数の円弧または直線の場合、盛土の滑り面に対する最大摩擦抵抗力その他の抵抗力は、地盤の特性に応じ全応力法または有効応力法により求めることができる。全応力法で解析する場合には、地震時に土中に発生する間げき水圧を考慮しないで土の透水性に見合った排水条件による静的試験から求めた設計強度定数を用いる。有効応力法で解析する場合には地震時に土中に発生する間げき水圧は、間げき水圧の測定を伴う繰り返し三軸試験などから求められる。

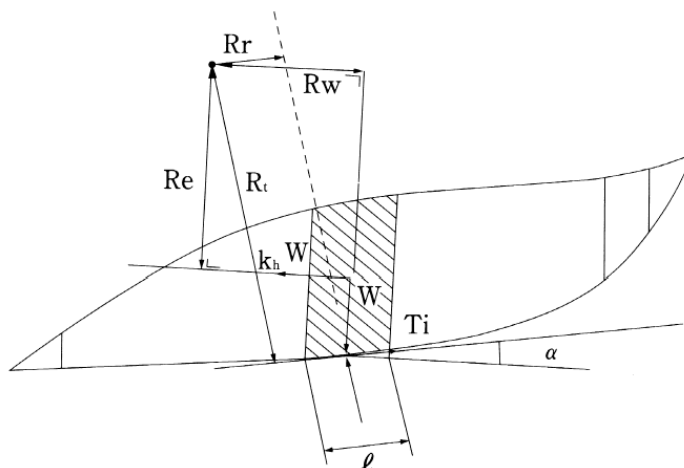


図6 二次元の分割法における各分割片に働く力（地震時）

<有効応力法による場合>

$$F_s = \frac{M'_R + \Delta M'_R}{M'_D} = \frac{\sum [(C' \cdot 1 + \{W(\cos \alpha - k_h \cdot \sin \alpha) - U \cdot 1\} \tan \phi) \cdot R_t] + P \cdot R_t'}{\sum W \cdot R_w - \sum W(\cos \alpha - k_h \cdot \sin \alpha) \cdot R_r + \sum k_h \cdot W \cdot R_e} \quad \dots(\text{式6})$$

間げき水圧の測定を伴う繰り返し三軸試験による場合には、式7を用いることができる。

$$F_s = \frac{M'_R + \Delta M'_R}{M'_D} = \frac{R_t \sum (C_u \cdot 1) + P \cdot R_t'}{\sum W \cdot R_w - \sum W(\cos \alpha - k_h \cdot \sin \alpha) \cdot R_r + \sum k_h \cdot W \cdot R_e} \quad \dots(\text{式7})$$

<全応力法による場合>

$$F_s = \frac{M'_R + \Delta M'_R}{M'_D} = \frac{\sum \{ [C + 1 + W(\cos \alpha - k_h \cdot \sin \alpha) \tan \phi] \cdot R_t \} + P \cdot R_t'}{\sum W \cdot R_w - \sum W(\cos \alpha - k_h \cdot \sin \alpha) \cdot R_r + \sum k_h \cdot W \cdot R_e} \quad \dots(\text{式8})$$

ここに、 F_s : 安全率（地震時）

M'_R : 地震時の土塊の抵抗モーメント (kN・m/m)

$\Delta M'_R$: 抵抗モーメントの増分

M'_D : 地震時の土塊の滑動モーメント (kN・m/m)

R_w : 各分割片の滑り面上の自重によるモーメントの腕の長さ (m)

R_r : 各分割片の滑り面上の底面反力によるモーメントの腕の長さ (m)

R_e : 各分割片の滑り面上に作用する地震力によるモーメントの腕の長さ (m)

R_t : 分割されたそれぞれの滑り面のモーメントの腕の長さ (m)

R_t' : 対策工の工法により決まるモーメントの腕の長さ (m)

P : 対策工の抵抗力（抑止力） (kN/m)

注) 地滑り抑止杭、グラウンドアンカー工、地下水排除工等の対策によって異なる。

8. 盛土

W：各分割片の単位長さ重量 (kN/m)

U：各分割片の滑り面上に働く間げき水圧 (kN/m²)

k_h ：設計水平震度 (地震力の作用位置は分割片の重心位置)

α ：次の式によって計算した各分割片の滑り面の勾配 (ラジアン)

$$\alpha = \tan^{-1} (H/L)$$

この式においてH及びLは、それぞれ次の数値を表すものとする。

H：各分割片の滑り面の最下流端と最上流端の標高差を計測した数値 (m)

L：各分割片の滑り面の標高差を計測した二地点間の水平距離を計測した数値 (m)

l：各分割片の滑り面の長さ (m)

ϕ ：盛土の内部摩擦角 (°)

ϕ' ：有効応力に関する盛土の内部摩擦角 (°)

C：盛土の粘着力 (kN/m²)

C'：有効応力に関する盛土の粘着力 (kN/m²)

C_U ：各分割片の滑り面の非排水せん断動的強度

ii) 腹付け型大規模造成盛土の安定性の検討

腹付け型大規模盛土造成地の滑り面については、単一の円弧で構成されていることを想定している。この場合、安定計算は、「8-3 盛土のり面の安定性の検討」①安定計算 ii) 地震時の安定性の検討 (簡便法) に準じて二次元の分割法のうち簡便法により検討することを標準とする。

③ 設計強度定数

設計強度定数は、「8-3 盛土のり面の安定性の検討」②設計強度定数に準ずることとする。

④ 間げき水圧

間げき水圧は、「8-3 盛土のり面の安定性の検討」③間げき水圧に準ずることとする。

⑤ 最小安全率

最小安全率は、「8-3 盛土のり面の安定性の検討」④最小安全率に準ずることとする。

⑥ 滑動崩落防止対策工

地滑り抑止杭やグラウンドアンカー等の滑動崩落防止対策工を実施する際は、「宅地防災マニュアル (及びその解説)」、「河川砂防技術基準 (案)」、「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説」等を参照の上、適切に設計すること。

8-6 地下水排除工

地下水によりがけ崩れまたは土砂の流出が生ずるおそれのある盛土の場合には、盛土内に地下水排除工を設置して地下水の上昇を防ぐことにより、盛土の安定を図るものとする。

【解説】

① 地下水の各構成成分

降雨時も含めて、盛土内の地下水は次のような成分で構成される。

i) 降雨浸透水

ii) 地山からの浸出水

iii) 地盤・盛土の圧密排水

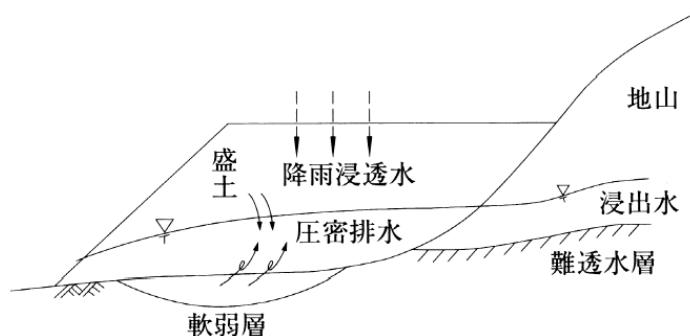


図7 地下水の各構成成分

したがって、3成分の合計量が、地下水排除工が処理すべき地下水量である。

盛土施工以前には、地下水排除工は準備排水として地山からの浸出水相当分が処理水量となるが、地下水排除工は盛土の施工前後にわたって機能しそれに対処した設計が必要となるため、処理水量は降雨浸透水と地盤・盛土の圧密排水も含めたものとなる。

② 地下水排除工の役割

地下水排除工は盛土施工前の原地盤に設置され、宅地造成工事の各段階において排水機能を発揮し、多様な役割をはたす。

その主なものは次の2点である。

- i) 施工性を高めるための準備排水
- ii) 盛土地盤全体の安定確保となる基底排水

これらも含めて、宅地造成工事に際し、防災及び施工性の促進などを目的として設置される排水工は、工事の各段階で次のようなものがある。

(1) 工事に入る前の準備排水

丘陵地及び台地等における宅地造成工事は、一般に沢部を盛土し周辺部を切土することによって行われる。したがって、沢部に土工用重機を搬入させるためには、湿地となっている原地盤に対してあらかじめ排水を行い搬入路をつくりやすくしたり、トラフィカビリティを確保する必要が生じる地区が多い。このような排水を準備排水とよぶ。

準備排水工としては、一般に敷砂工や本マニュアルの対象となる地下水排除工が用いられる。

(2) 土工施工中の排水

造成工事において、土工施工中は雨水による侵食が著しく、それが集中水として流出するときは大量の土砂を伴う場合がある。

したがって、土工施工中は素掘り排水溝を設けたり、のり肩部分に防災小堤を設けたりして、雨水がのり面や盛土表面を自由に走らないようにする他、盛土表面の排水は、縦排水工法をとることがある。縦排水工法は、縦渠を盛土下の暗渠に接続するもので、この暗渠には表流水を排水する他、施工前の準備排水や宅盤完成後の基底排水の役割をもたせることが多い。

8. 盛土

(3) 宅盤完成後の排水

宅盤完成後は、表面排水工の他に盛土内部の排水工として、排水する位置に応じて次のようなものがある。

i) 上部排水工

盛土内の地下水位が高く、宅盤上に湿気を発生させたり構造物に悪影響を与えるおそれがあるときに設置するもので、盛土高さに対して比較的浅い場所（宅盤から2～3m程度）に設置される。一般に暗渠が用いられるが局所的なものであり、本マニュアルで対象とする地下水排除工のように盛土地盤全体の安定を目指すものではない。

ii) 中間排水工

一般に盛土のり面は土質に応じてのり面安定に必要な勾配で施工されるが、地下水でのり面付近が飽和されると、せん断応力が減少し滑りに対して抵抗力が弱くなる。したがって、のり面にはサンドマットや土布シート等で積極的な排水工を設け、のり面崩壊を防止する対策がほどこされる。また、この他にものり面の安定性を保つ排水工として、ふとんかごや蛇かごを用いた排水壁が設置されることがある。

本マニュアルで対象とする地下水排除工は、その配置や構造からのり面安定を主要な目的とするものではなく、盛土地盤全体を排水対象として配置するものである。

(4) 地下水排除工

地下水排除工は、一般に盛土最下部に盛土地盤全体の安定を保つ目的で設置される。この場合の地下水排除工は、盛土を施工する前の原地盤にトレンチを掘削して埋設されるもので、暗渠の排出口は、雨水人孔や調整池・水路に接続されるが上流端は盛土されたままである。

地下水排除工の形状は、基本的には管材とそれを取りまくフィルター材等で構成されるが、暗渠の種類によっては、管材を使わず礫、砂、ソダなどの通水性のよい材料のみで構成されるものもある。

8-7 盛土内排水層

地下水によりがけ崩れまたは土砂の流出が生じるおそれのある盛土で盛土内に地下水排除工を設置する場合に、併せて盛土内に水平排水層を設置して地下水の上昇を防ぐとともに、降雨による浸透水を速やかに排除して、盛土の安定を図ることが大切である。

【解説】

盛土の安定を図る目的で、盛土内の含水比を低下させるためにある一定の高さ毎に透水性のよい山砂などで、図8のような排水層を設け、排水層からは有孔パイプなどを用いて水を外に取り出すことが行われる。これを水平排水層という。

この排水層の効果は、以下のようなものがあり、盛土高5m程度（ジオテキスタイルの場合、高さ2～3m毎に入れる場合がある。）毎あるいは小段毎に設けられる場合が多い。

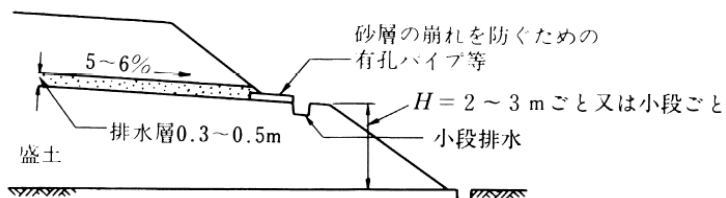


図8 水平排水層の例

- i) 施工中の間げき水圧の低下
- ii) 降雨による浸透水の排水
- iii) 盛土の滑り面に対する安定性の向上

従来、経験的に設置されてきた水平排水層も、近年、良質の砂・礫質材料の確保が難しくなり、ジオテキスタイル系の各種材料が用いられるようになってきた。

以下に、浅層及び深層排水層の設置の目的と事例を示すが、これまで経験的に行われてきたものが多いだけに、ともすればその地域の降雨状況や地質等の性状を十分考慮せずに適用されている事例がなきにしもあらずである。今後は、これらの自然条件を十分考慮して、技術的に合理性のある設計・施工がなされていくことが必要である。

① 浅層排水層

雨水が浸透しやすく、しかもそれによって強度の低下が著しい土質の場合は、のり面の侵食・表層滑り対策を主な目的として浅層排水層が設置される。

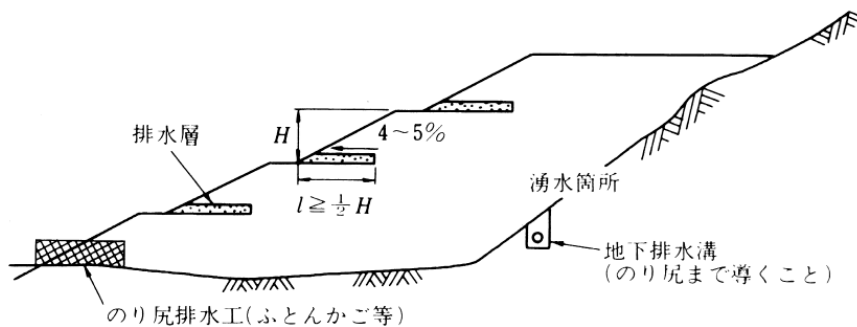


図9 浅層排水層の例（山砂などの場合）

② 深層排水層

高含水比の火山灰質粘性土により高い盛土を行わざるを得ない場合には、盛土のり面内深くまで排水層（フィルター層）を作り、のり面の安定を図る。

排水層としては、透水性のよい砂や礫を使用したり、ジオテキスタイル系のものを用いることが多いが、不透水層の上にふとんかごを並べるなどの工法をとる場合もある。

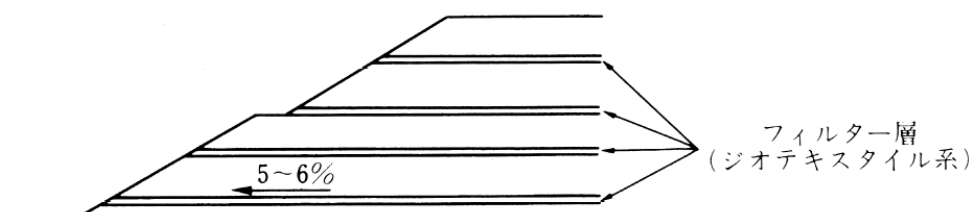


図10 深層水平排水層の例