

**急傾斜地の崩壊に伴う土石等の移動及び堆積により、建築物に作用する力**

元式

$$F_{sm} = \rho_m \cdot g \cdot h_{sm} \left[ \frac{bu}{a} (1 - \exp(-2a \cdot H / (h_{sm} \cdot \sin \theta_u))) \cos^2(\theta_u - \theta_d) \exp(-2a \cdot X / h_{sm}) + bd/a (1 - \exp(-2a \cdot X / h_{sm})) \right]$$

分解式

◆ 移動による力 (F<sub>sm</sub>)の算出

$$F_{sm} = C1 \left[ \{C2 (1 - \exp(-k1)) \cdot \cos^2(C3)\} \exp(-k2) + C4 (1 - \exp(-k2)) \right]$$

◆ 堆積による力 (F<sub>sa</sub>)の算出

$$F_{sa} = \frac{\gamma \cdot h_{sa} \cdot \cos^2 \phi}{\cos \delta \{1 + \sqrt{(\sin(\phi + \delta)) \cdot \sin \phi / \cos \delta}\}^2}$$

水平に土石等が堆積するときの堆積高さ：

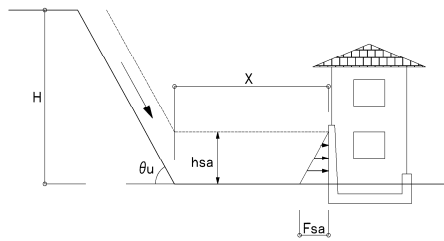
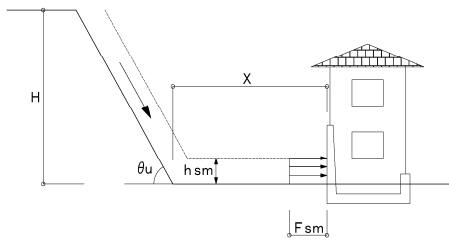
$$h1 = \frac{-X + \sqrt{X^2 + 2S \cdot \tan(90 - \theta_u)}}{\tan(90 - \theta_u)}$$

土石等が堆積勾配をもって堆積するときの堆積高さ：

$$h_{sa} = 0.5 \left( \sqrt{W^2 \cdot \tan^2 \phi + 4W \cdot h1 \cdot \tan \phi} - W \tan \phi \right)$$

移動による力：F<sub>sm</sub>

堆積による力：F<sub>sa</sub>



|            |                                | 単位                                  | A-A                   | B-B         | C-C         | D-D         | E-E         | F-F         |            |
|------------|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| 土質定数等      | H                              | : がけの高さ                             | [m]                   | 6.00        | 6.00        | 6.00        | 6.00        | 6.00        | 6.00       |
|            | X                              | : 急傾斜地の下端から当該建築物までの水平距離             | [m]                   | 1.00        | 1.00        | 1.00        | 1.00        | 1.00        | 1.00       |
|            | θu                             | : 急傾斜地の傾斜度 atan(H/L)                | [°]                   | 35.0        | 40.0        | 45.0        | 50.0        | 55.0        | 60.0       |
|            | θd                             | : 急傾斜地下端に隣接する急傾斜地以外の土地の傾斜度          | [°]                   | 0.00        | 0.00        | 0.00        | 0.00        | 0.00        | 0.00       |
|            | σ                              | : 急傾斜地の崩壊に伴う土石等の比重                  |                       | 2.60        | 2.60        | 2.60        | 2.60        | 2.60        | 2.60       |
|            | c                              | : 急傾斜地の崩壊に伴う土石等の容積濃度                |                       | 0.50        | 0.50        | 0.50        | 0.50        | 0.50        | 0.50       |
|            | ρm                             | : 土石等の密度                            | [t/m <sup>3</sup> ]   | 1.80        | 1.80        | 1.80        | 1.80        | 1.80        | 1.80       |
|            | g                              | : 重力加速度                             | [m/sec <sup>2</sup> ] | 9.80        | 9.80        | 9.80        | 9.80        | 9.80        | 9.80       |
|            | γ                              | : 土石等の単位体積重量                        | [kN/m <sup>3</sup> ]  | 18.0        | 18.0        | 18.0        | 18.0        | 18.0        | 18.0       |
|            | φ                              | : 急傾斜地の崩壊に伴う土石等の内部摩擦角               | [°]                   | 30.0        | 30.0        | 30.0        | 30.0        | 30.0        | 30.0       |
|            | δ                              | : 建築物の壁面摩擦角 φ・2/3                   | [°]                   | 20.0        | 20.0        | 20.0        | 20.0        | 20.0        | 20.0       |
|            | fb                             | : 急傾斜地の崩壊に伴う土石等の流体抵抗係数              |                       | 0.025       | 0.025       | 0.025       | 0.025       | 0.025       | 0.025      |
|            | S                              | : 土石等の断面積 V/W                       | [m <sup>2</sup> ]     | 2.632       | 2.632       | 2.632       | 2.632       | 2.632       | 2.632      |
|            | V                              | : 崩壊土量                              | [m <sup>3</sup> ]     | 40.0        | 40.0        | 40.0        | 40.0        | 40.0        | 40.0       |
| W          | : 最大崩壊幅 3.94V <sup>0.366</sup> | [m]                                 | 15.2                  | 15.2        | 15.2        | 15.2        | 15.2        | 15.2        |            |
| 移動による力の算出  | hsm                            | : 崩壊による移動高さ (当面は1.0mとする)            | [m]                   | 1.00        | 1.00        | 1.00        | 1.00        | 1.00        | 1.00       |
|            | C1                             | ρm・g・hsm                            |                       | 17.6        | 17.6        | 17.6        | 17.6        | 17.6        | 17.6       |
|            | C2                             | bu/a                                |                       | 13.1        | 16.1        | 18.9        | 21.6        | 24.2        | 26.6       |
|            | C3                             | θu-θd                               | [°]                   | 35.0        | 40.0        | 45.0        | 50.0        | 55.0        | 60.0       |
|            | C4                             | bd/a                                |                       | (9.24)      | (9.24)      | (9.24)      | (9.24)      | (9.24)      | (9.24)     |
|            | k1                             | 2a・H/(hsm・sinθu)                    |                       | 0.581       | 0.519       | 0.471       | 0.435       | 0.407       | 0.385      |
|            | k2                             | 2a・X/hsm                            |                       | 0.056       | 0.056       | 0.056       | 0.056       | 0.056       | 0.056      |
|            | a                              | 2・fb/((σ-1)・c+1)                    |                       | 0.028       | 0.028       | 0.028       | 0.028       | 0.028       | 0.028      |
|            | bu                             | cosθu{tanθu-(σ-1)c・tanφ/((σ-1)c+1)} |                       | 0.363       | 0.446       | 0.526       | 0.601       | 0.672       | 0.738      |
|            | bd                             | cosθd{tanθd-(σ-1)c・tanφ/((σ-1)c+1)} |                       | (0.257)     | (0.257)     | (0.257)     | (0.257)     | (0.257)     | (0.257)    |
|            | sinθu                          |                                     |                       | 0.574       | 0.643       | 0.707       | 0.766       | 0.819       | 0.866      |
|            | cosθu                          |                                     |                       | 0.819       | 0.766       | 0.707       | 0.643       | 0.574       | 0.500      |
|            | tanθu                          |                                     |                       | 0.700       | 0.839       | 1.000       | 1.192       | 1.428       | 1.732      |
|            | cosθd                          |                                     |                       | 1.000       | 1.000       | 1.000       | 1.000       | 1.000       | 1.000      |
|            | tanθd                          |                                     |                       | 0.000       | 0.000       | 0.000       | 0.000       | 0.000       | 0.000      |
|            | tanφ                           |                                     |                       | 0.577       | 0.577       | 0.577       | 0.577       | 0.577       | 0.577      |
|            | (σ-1)c                         |                                     |                       | 0.800       | 0.800       | 0.800       | 0.800       | 0.800       | 0.800      |
|            | exp(-k1)                       |                                     |                       | 0.559       | 0.595       | 0.624       | 0.647       | 0.666       | 0.681      |
|            | cos <sup>2</sup> (C3)          |                                     |                       | 0.671       | 0.587       | 0.500       | 0.413       | 0.329       | 0.250      |
|            | exp(-k2)                       |                                     |                       | 0.946       | 0.946       | 0.946       | 0.946       | 0.946       | 0.946      |
| <b>Fsm</b> | : 急傾斜地の崩壊に伴う土石等の移動による力         | [kN/m <sup>2</sup> ]                | <b>55.8</b>           | <b>54.8</b> | <b>50.5</b> | <b>43.8</b> | <b>35.6</b> | <b>26.6</b> |            |
| 堆積による力の算出  | h1                             | : 水平に土石等が堆積するときの堆積高さ                | [m]                   | 1.343       | 1.424       | 1.503       | 1.582       | 1.663       | 1.749      |
|            | hsa                            | : 土石等が堆積勾配をもって堆積するときの堆積高さ           | [m]                   | 1.18        | 1.25        | 1.31        | 1.37        | 1.43        | 1.49       |
|            | tan(90-θu)                     |                                     |                       | 1.428       | 1.192       | 1.000       | 0.839       | 0.700       | 0.577      |
|            | tanφ                           |                                     |                       | 0.577       | 0.577       | 0.577       | 0.577       | 0.577       | 0.577      |
|            | cos <sup>2</sup> φ             |                                     |                       | 0.750       | 0.750       | 0.750       | 0.750       | 0.750       | 0.750      |
|            | cosδ                           |                                     |                       | 0.940       | 0.940       | 0.940       | 0.940       | 0.940       | 0.940      |
|            | sin(φ+δ)                       |                                     |                       | 0.766       | 0.766       | 0.766       | 0.766       | 0.766       | 0.766      |
|            | sinφ/cosδ                      |                                     |                       | 0.532       | 0.532       | 0.532       | 0.532       | 0.532       | 0.532      |
|            | <b>Fsa</b>                     | : 急傾斜地の崩壊に伴う土石等の堆積による力              | [kN/m <sup>2</sup> ]  | <b>6.3</b>  | <b>6.7</b>  | <b>7.0</b>  | <b>7.3</b>  | <b>7.7</b>  | <b>8.0</b> |

**土質定数の設定**

土質定数については、既存の調査資料がある場合はそれを用いる。既存資料がない場合は、「基礎調査マニュアル」及び「道路土工 擁壁工指針」等を参考に状況に応じて設定するものとする。

表1 移動の力や堆積の力の計算に必要な諸定数の参考値

| 項目          | 記号       | 単位                    | 参考値               |
|-------------|----------|-----------------------|-------------------|
| 土石等の比重      | $\sigma$ | [ - ]                 | 2.6 (*1)          |
| 土石等の容積濃度    | c        | [ - ]                 | 0.5 (*1)          |
| 土石等の密度      | $\rho_m$ | [ t/m <sup>3</sup> ]  | 1.8 (*1)          |
| 土石などの単位体積重量 | $\gamma$ | [ kN/m <sup>3</sup> ] | 不明な場合 20          |
|             |          |                       | 洪積層分布域 18 (*2)    |
|             |          |                       | 第三紀層分布域 19 (*2)   |
| 土石等の内部摩擦角   | $\phi$   | [ ° ]                 | 洪積層分布域 30 (*2)    |
|             |          |                       | 第三紀層分布域 30 (*2)   |
|             |          |                       | 第三紀層分布域 30 (*2)   |
| 土石等の流体抵抗係数  | fb       | [ - ]                 | 0.025             |
| 建築物の壁面摩擦角   | $\delta$ | [ ° ]                 | $\phi \times 2/3$ |

(\*1) (財) 砂防フロンティア整備推進機構 土砂災害防止に関する基礎調査の手引き、2001  
 (\*2) 基礎調査マニュアル (案) 千葉県2005.1

表2 土質定数設定値 (基礎調査マニュアル)

| 区分      | 地質    | 単位体積重量 [kN/m <sup>3</sup> ] | 内部摩擦角 [°] |
|---------|-------|-----------------------------|-----------|
| 洪積層分布域  | 砂質土   | 18                          | 30※       |
| 第三紀層分布域 | 風化堆積岩 | 19                          | 30        |

※シルト・粘土層主体の地質状況の場合は25°とする。

表3 土石等の単位体積重量設定例

| 土質          | 単位体積重量 [kN/m <sup>3</sup> ] | 内部摩擦角 [°] | 地表の状況                                                                                                                 | 地盤の状況                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------|-----------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 砂及び砂礫 (砂礫土) | 18                          | 35        | <ul style="list-style-type: none"> <li>風化、亀裂が発達していない岩</li> <li>風化亀裂が発達した岩</li> <li>亀裂が発達、開口しており転石・浮石が点在する。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>硬岩                             <ul style="list-style-type: none"> <li>溶岩・集塊岩等も含む斜面中に未風化の部分が露岩している場合</li> </ul> </li> <li>軟岩                             <ul style="list-style-type: none"> <li>第三紀層・頁岩・砂岩等で斜面中に未風化の部分が露岩している場合</li> </ul> </li> <li>段丘堆積物</li> </ul>                                                                                                                                                                                                      |
| 砂質土         | 17                          | 30        | <ul style="list-style-type: none"> <li>れき混じり土、砂質土</li> </ul>                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>硬岩                             <ul style="list-style-type: none"> <li>表層部の風化が進行し斜面中に露岩が認められない場合</li> </ul> </li> <li>軟岩                             <ul style="list-style-type: none"> <li>表層部の風化が進行し斜面中に露岩が認められない場合</li> </ul> </li> <li>強風化岩                             <ul style="list-style-type: none"> <li>マサ・温泉余土等</li> </ul> </li> <li>火山砕屑物                             <ul style="list-style-type: none"> <li>風化集塊岩・擬灰角礫岩等</li> </ul> </li> <li>崩積土</li> </ul> |
| 粘性土         | 14                          | 25        | <ul style="list-style-type: none"> <li>粘質土</li> </ul>                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>火山砕屑物</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

・土質と土石の単位体積重量・内部摩擦角の設定例については「道路土工—擁壁工指針—(平成11年3月)」を参考とした。  
 ・地表の状況・地盤の状況の区分は「急傾斜地崩壊危険箇所等点検要領」に準拠した。

**【参考】**

- 過去の災害からの再現計算による数値  
 当該急傾斜地、および地形、地質条件の類似する近隣傾斜地において過去の災害事例が詳細に記録されている場合は、災害状況の分析を行い、災害状況を正確に再現する土質定数を求め、土質定数として採用する。
- 急傾斜地崩壊対策工事で採用されている数値  
 当該急傾斜地や周辺の類似斜面において行われた急傾斜地対策工事等で採用された土質定数を採用する。
- 他の設計基準要領に記載されている数値  
 「日本道路公団設計要領」等に記載されている値を採用する。

**崩壊土量 (V)・崩壊幅 (W)の設定**

崩壊土量 (V)・崩壊幅 (W)は、表1に示す全国のかけ崩れ災害データから斜面高さごとに区分した崩壊土量の90%値を参考とすることを基本とする。

表1 斜面高さごとの崩壊土量 (90%値)

| 急傾斜地の高さ [m] | 崩壊土量 V[m <sup>3</sup> ] | 崩壊幅 W[m] |
|-------------|-------------------------|----------|
| 5 ≤ H < 10  | 40                      | 14       |
| 10 ≤ H < 15 | 80                      | 17       |
| 15 ≤ H < 20 | 100                     | 19       |
| 20 ≤ H < 25 | 150                     | 21       |
| 25 ≤ H < 30 | 210                     | 24       |
| 30 ≤ H < 40 | 240                     | 25       |
| 40 ≤ H < 50 | 370                     | 29       |
| 50 ≤ H      | 500                     | 32       |

※崩壊幅は、全国の斜面災害データから崩壊土量と崩壊幅の関係について求めた近似式 (W=3.94V<sup>0.366</sup>) に崩壊土量を代入することにより算出した値である。