

## 急傾斜地の崩壊に伴う土石等の移動及び堆積により、待受壁に作用する力

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

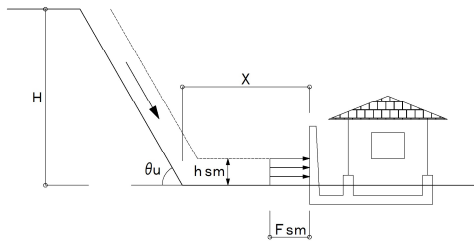
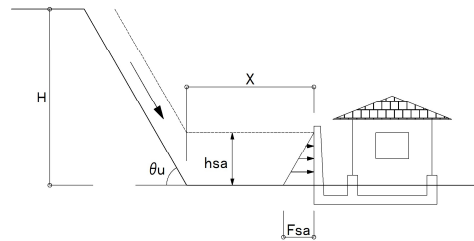
$$F_{sa} = \frac{\gamma \cdot h_{sa} \cdot \cos^2 \phi}{\cos \delta \{1 + \sqrt{(\sin(\phi + \delta) \cdot \sin \phi / \cos \delta)}\}^2}$$

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:

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

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]                   | 11.50   | 11.50   | 11.50   | 11.50   | 5.89    | 6.12    |
|           | X               | : 急傾斜地の下端から当該建築物までの水平距離                                          | [m]                   | 6.00    | 6.00    | 6.00    | 6.00    | 1.00    | 1.00    |
|           | θ <sub>u</sub>  | : 急傾斜地の傾斜度 atan(H/L)                                             | [°]                   | 40.0    | 30.0    | 42.0    | 40.0    | 46.7    | 40.6    |
|           | θ <sub>d</sub>  | : 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    |
|           | ρ <sub>m</sub>  | : 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> ]  | 20.0    | 20.0    | 20.0    | 20.0    | 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> ]     | 4.084   | 4.084   | 4.084   | 4.084   | 2.632   | 2.632   |
|           | V               | : 崩壊土量                                                           | [m <sup>3</sup> ]     | 80.0    | 80.0    | 80.0    | 80.0    | 40.0    | 40.0    |
|           | W               | : 最大崩壊幅 3.94V <sup>0.366</sup>                                   | [m]                   | 19.6    | 19.6    | 19.6    | 19.6    | 15.2    | 15.2    |
| 移動による力の算出 | h <sub>sm</sub> | : 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              | ρ <sub>m</sub> ・g・h <sub>sm</sub>                                |                       | 17.6    | 17.6    | 17.6    | 17.6    | 17.6    | 17.6    |
|           | C2              | bu/a                                                             |                       | 16.1    | 10.0    | 17.2    | 16.1    | 19.9    | 16.4    |
|           | C3              | θ <sub>u</sub> -θ <sub>d</sub>                                   | [°]                   | 40.0    | 30.0    | 42.0    | 40.0    | 46.7    | 40.6    |
|           | C4              | bd/a                                                             |                       | (9.24)  | (9.24)  | (9.24)  | (9.24)  | (9.24)  | (9.24)  |
|           | k1              | 2a・H/(h <sub>sm</sub> ・sin θ <sub>u</sub> )                      |                       | 0.994   | 1.278   | 0.955   | 0.994   | 0.450   | 0.522   |
|           | k2              | 2a・X/h <sub>sm</sub>                                             |                       | 0.333   | 0.333   | 0.333   | 0.333   | 0.056   | 0.056   |
|           | a               | 2・fb/((σ-1)・c+1)                                                 |                       | 0.028   | 0.028   | 0.028   | 0.028   | 0.028   | 0.028   |
|           | bu              | cos θ <sub>u</sub> {tan θ <sub>u</sub> -(σ-1)c・tan φ/((σ-1)c+1)} |                       | 0.446   | 0.278   | 0.478   | 0.446   | 0.552   | 0.456   |
|           | bd              | cos θ <sub>d</sub> {tan θ <sub>d</sub> -(σ-1)c・tan φ/((σ-1)c+1)} |                       | (0.257) | (0.257) | (0.257) | (0.257) | (0.257) | (0.257) |
|           |                 | sin θ <sub>u</sub>                                               |                       | 0.643   | 0.500   | 0.669   | 0.643   | 0.728   | 0.651   |
|           |                 | cos θ <sub>u</sub>                                               |                       | 0.766   | 0.866   | 0.743   | 0.766   | 0.686   | 0.759   |
|           |                 | tan θ <sub>u</sub>                                               |                       | 0.839   | 0.577   | 0.900   | 0.839   | 1.061   | 0.857   |
|           |                 | cos θ <sub>d</sub>                                               |                       | 1.000   | 1.000   | 1.000   | 1.000   | 1.000   | 1.000   |
|           |                 | tan θ <sub>d</sub>                                               |                       | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|           |                 | tan φ                                                            |                       | 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)                                                         |                       | 0.370   | 0.279   | 0.385   | 0.370   | 0.638   | 0.593   |
|           |                 | cos <sup>2</sup> (C3)                                            |                       | 0.587   | 0.750   | 0.552   | 0.587   | 0.470   | 0.576   |
|           |                 | exp(-k2)                                                         |                       | 0.717   | 0.717   | 0.717   | 0.717   | 0.946   | 0.946   |
| 堆積による力の算出 | F <sub>sm</sub> | : 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> ]  | 28.9    | 22.2    | 27.8    | 28.9    | 47.7    | 55.4    |
|           | h1              | : 水平に土石等が堆積するときの堆積高さ                                             | [m]                   | 0.640   | 0.624   | 0.642   | 0.640   | 1.529   | 1.433   |
|           | h <sub>sa</sub> | : 土石等が堆積勾配をもって堆積するときの堆積高                                         | [m]                   | 0.61    | 0.59    | 0.61    | 0.61    | 1.33    | 1.25    |
|           |                 | tan(90-θ <sub>u</sub> )                                          |                       | 1.192   | 1.732   | 1.111   | 1.192   | 0.942   | 1.167   |
|           |                 | tan φ                                                            |                       | 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   |
|           |                 | cos δ                                                            |                       | 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   |
|           |                 | sin φ/cos δ                                                      |                       | 0.532   | 0.532   | 0.532   | 0.532   | 0.532   | 0.532   |
|           | F <sub>sa</sub> | : 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> ]  | 3.6     | 3.5     | 3.6     | 3.6     | 7.1     | 6.7     |

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」等を参考に実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   |
|             |                |                      | 第三紀層分布域           | 19   |
| 土石等の内部摩擦角   | $\phi$         | [°]                  | 洪積層分布域            | 30   |
|             |                |                      | 第三紀層分布域           | 30   |
| 土石等の流体抵抗係数  | f <sub>b</sub> | [－]                  | 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<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | 内部摩擦角<br>[°] |
|---------|-------|--------------------------------|--------------|
| 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<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | 内部摩擦角<br>[°] | 地表の状況                                                      | 地盤の状況                                                                                                                       |
|----------------|--------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 砂及び砂礫<br>(砂礫土) | 18                             | 35           | ・風化、亀裂が発達していない岩<br>・風化亀裂が発達した岩<br>・亀裂が発達、開口しており転石・浮石が点在する。 | ・硬岩<br>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<br>・軟岩<br>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<br>・段丘堆積物                                    |
| 砂質土            | 17                             | 30           | ・れき混じり土、砂質土                                                | ・硬岩<br>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<br>・軟岩<br>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<br>・強風化岩<br>マサ・温泉余土等<br>・火山砕屑物<br>風化集塊岩・擬灰角礫岩等<br>・崩積土 |
| 粘性土            | 14                             | 25           | ・粘質土                                                       | ・火山砕屑物                                                                                                                      |

・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】

- 1：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。
- 2：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。
- 3：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に示す全国のが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<br>[m] | 崩壊土量<br>V[m <sup>3</sup> ] | 崩壊幅<br>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 ( $W=3.94V^{0.366}$ ) に崩壊土量を代入することにより算出した値である。