

溝工事用の土砂ガードに働く崩土荷重の簡易推定

(独)労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 正会員 ○玉手 聡, 堀 智仁
日本スピードショア(株) 正会員 菊田亮一, 前田英樹

1. はじめに

作業者が土砂の生き埋めとなる事故は後を絶たないが近年深さ 1.5m 未満の小規模な溝工事で頻発している。そこで本研究では溝工事における労災事故の現状を整理した上でその防止手段として現在開発中の簡易な「土砂ガード」を紹介する。そして、溝が崩壊した際に土砂ガードに作用する荷重について、直線すべりを仮定した簡易なモデルから推定する。

2. 生き埋め事故と掘削深さ

土砂崩壊による労災死亡事故は2003年を境に大きな減少を遂げた¹⁾。この要因の一つに厚生労働省が2003(平成 15)年 12 月 17 日に発出した厚生労働省基発第 1217001 号「土止め先行工法に関するガイドライン」²⁾(以下、「ガイドライン」と呼ぶ)において未補強な溝内に作業者を進入させないよう指導したことが挙げられる。しかしながら、その後は年間 10 から 20 名の間でほぼ横ばいで推移している。これに加えて、今後は老朽化した埋設管の更新工事が増加することから新たな災害防止対策を検討する必要がある。

労働安全衛生規則(以下、規則という)第 356 条では手堀り掘削時の地山の高さとの勾配の関係を示している。一般の施工では「その他の地山」として計画される場合が多く、深さ 2m が垂直掘削の上限となる。加えて、規則第 361 条では同時に「地山の崩壊等による危険の防止」として、崩壊のおそれがある場合の防止措置を義務付けており、この場合は深さに関係なく土止め等の対策を講じなければならない。

先に述べたとおりガイドラインでは「小規模な溝」の深さを「概ね 1.5m 以上 4m 以下」と定義することで、従来の最低基準であった 2m よりも浅い 1.5m から土止め支保工が設置されるよう改善された。ところが一方では 1.5m 未満の溝は土止め無しで発注されることも多くなった。言うまでも無く「崩壊のおそれ」がある場合は深さに関係なく土止めを設置しなければならないが実際には設置されず被災している。

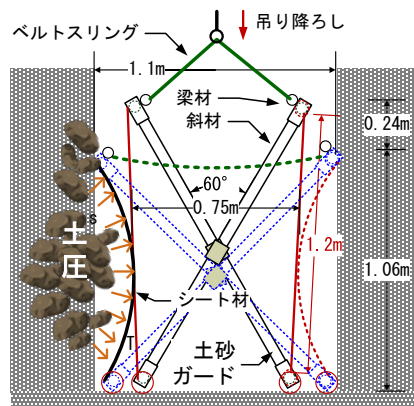


図1 土砂ガードの吊り降ろし設置と崩土への抵抗機序

3. 溝内の作業者を保護する土砂ガードの開発

本研究では工期と工費がともに限られた小規模な溝工事の安全に有効な手段を提供するため、簡易かつ安価な土砂ガードを検討している。土砂ガードは崩壊を防止する従来の土止めとは異なり、人的被害を防止する保護具に類する。すなわち、これを溝内に挿入して作業すれば万一崩壊しても作業者に危害は及ばない機能を追求している。

図1は土砂ガードを溝内に設置し、さらにこれを崩土に抵抗させる機序を示す。試作した土砂ガードは長さ 1.5m 程度のパイプ材を矩形状に結合させた2組のフレームによって構成され、その詳細は別報に譲る³⁾。両フレームは斜材の部分で交差し、ここで回転可能に結合されている。交差させたフレームにおいて同一面側となる上下の梁材間に高強度なシート材が帆を張るように取り付けられている。このシート材に崩壊した土砂は作用する。この土砂ガードの抑止効果については、関東ローンを盛土した実大規模の模擬溝において崩壊実験し、確認している³⁾。

4. 崩土からの作用荷重の推定

事故に見られるタイムラグを伴ったクリープ的崩壊は、見方を変えれば壁は直前まで自立しており力の不釣り合いは僅かであったと言える。この考えを前提とすれば崩土に抵抗するために必要な力もさほど大きくないことになる。土砂ガードに働く作用荷

キーワード 溝工事, 土砂崩壊, 労働災害, 仮設機材, 土砂ガード

連絡先 〒204-0024 東京都清瀬市梅園 1-4-6 (独)労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 TEL 042-424-4512(代)

重(設計外力)を最適化できれば従来の土止めと比較して構造を大幅に簡易化できる可能性がある。この仮定に基づいて以下では崩土の作用荷重を考察する。

土の一軸圧縮強さ q_u と N 値の関係⁴⁾には式(1)が知られ、また、式(2)は土の内部摩擦角 ϕ がゼロの鉛直な壁の限界自立高さ h_c として知られる。

$$q_u = 12.5N \quad (1) \quad h_c = \frac{4c}{\gamma_t} \quad (2)$$

ここで、 γ_t は土の単位体積重量であり、 c は土の粘着力である。

c は q_u の 1/2、また実験条件³⁾から h_c は 1.5m、 γ_t が 10kN/m³ と仮定して計算すると N 値は 0.6 と求まる。この結果は 1.5m の溝は N 値が 1 程度もあれば軟弱な地山でも自立し、そう簡単には崩れないことを示唆する。しかしながら、実際には労災事故が多く発生しており、その原因には埋め戻し土の存在や湧水の発生など浅い地盤特有の土質と地盤条件の問題が見られる。

実験的観察から図 2 のような高さ z の鉛直壁に法先から角度 θ のすべり面を仮定する。崩土がすべり落ちる力 D_f はすべり落ちようとする F とすべりに抵抗する力 R の差と考えると式(3)のように表される。

$$D_f = F - R \quad (3)$$

$$= \frac{1}{2} \gamma_t z^2 \cos \theta - c \cdot \frac{z}{\sin \theta}$$

ここで、 D_f は z が h_c の時にゼロになると仮定して式(3)に代入すると式(4)の関係が導かれる。

$$\frac{1}{2} \gamma_t \left(\frac{4c}{\gamma_t} \right)^2 \cos \theta - c \cdot \frac{4c}{\gamma_t \cdot \sin \theta} = 0 \quad (4)$$

$$\sin 2\theta = 1$$

$0 < \theta < \pi/2$ の条件では $\theta = \pi/4$ の解が得られこの θ を式(3)に代入して再整理すると式(5)のようになる。

$$D_f = \frac{1}{2\sqrt{2}} \gamma_t z^2 - \sqrt{2} c \cdot z \quad (5)$$

図 3 は溝の高さ比(z/h_c)と土砂ガードに作用する力の関係を示し、この力として D_f と主働土圧の合計 P_a を比較する。計算に用いた数値は前述の実験条件と同じ $h_c=1.5\text{m}$ を満足する c と γ_t である。両曲線は類似した関係を示すが同一 z/h_c に対する作用する力には約 1.4 倍の差がある。 $z/h_c < 1.0$ では D_f と P_a は共に負となり崩壊しないことを意味する。 $z/h_c > 1.0$ では作用する力は正の値となって崩壊条件を満足する。

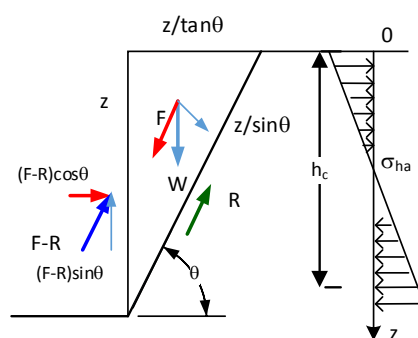


図 2 直線すべりにおける力のつり合いと主働土圧の分布

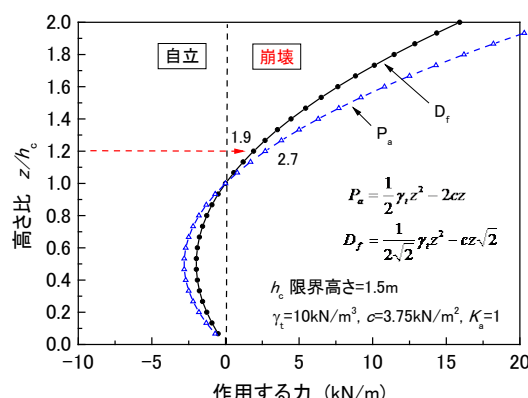


図 3 崩土によって作用する力と溝の高さ比の関係

D_f と P_a はとともに z/h_c の増加に伴って大きくなり、例えば、 $z/h_c = 1.2$ の D_f は 1.9kN/m 程度である。この推定値と実験値の比較は別報⁵⁾に譲る。

5. まとめ

深さ 1.5m 未満の小規模な溝掘削工事で労災事故が頻発しており安全対策は急務な状況である。本研究ではその一つとして溝作業者を保護する土砂ガードを検討した。これは崩壊を防止する従来の土止めとは異なり、崩土からの圧迫(人的被害)を防止するものである。崩壊直前まで自立した壁とその崩壊機序から直線すべりを仮定して作用荷重を求めた。その結果、値は従来の主働土圧に比べて 0.7 程度に小さく導かれた。また、クリープ的に崩壊するケースでは高さ比は僅かに 1 を超える条件と見られることから、実際の崩土荷重は小さくなる可能性を議論した。

参考文献：1)玉手聡，堀智仁，菊田亮一，前田英樹：小規模崩壊に対する被災防止技術の検討，第 54 回地盤工学研究発表会 CD-ROM，2019。2)安衛法便覧 III 平成 30 年度版：土止め先行工法に関するガイドラインの策定について，労働調査会，pp.586-594，2018。3)菊田亮一，前田英樹，玉手聡，堀智仁：溝崩壊に対する簡易ガードの基礎的研究，第 54 回地盤工学研究発表会 CD-ROM，2019。4) Terzaghi, K. and Peck, R.B.: Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley & Sons, 1948。5) 菊田亮一，前田英樹，玉手聡，堀智仁：溝工事用の土砂ガードに働く崩土荷重の実験的考察，土木学会第 74 回年次学術講演会論文集，2019 (投稿中)。