

溝工事用の土砂ガードに働く崩土荷重の実験的考察

日本スピードショア(株) 正会員 ○菊田亮一, 前田英樹

(独)労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 国際会員 玉手 聡, 堀 智仁

1. はじめに

溝掘削工事中の労災事故は後を絶たないが、特に小規模工事における事故の占有率が近年増加している¹⁾。その要因には安全基準等²⁾で深さ 1.5m 未満の溝工事に必ずしも土止めの設置を義務づけていないことや老朽化した埋設管の更新が増加する中でこのような浅い掘削が多くなっていることが考えられる。そこで本研究では深さ 1.5m 未満の小規模な溝工事を対象とする新たな仮設機材を検討している。本論文では第一段階として試作した「土砂ガード」を紹介し、これを用いた土砂崩壊実験から計測された崩土荷重について考察する。

2. 土砂ガードの構造

図-1 に実験用に試作した「土砂ガード¹⁾」を示す。土砂ガードは一对のフレームが X 字状を呈し、連結部で回転する。これを溝内に吊り降ろして設置すると自動的に開いて張り出す機序³⁾を有する。したがって、作業者が溝内に入って設置する必要がなく、土止め先行工法²⁾の考えが実現されている。

土砂ガードの上部梁材には鋼製単管を用い、また斜材と下部梁材にはアルミ合金製の単管(φ48.6mm)を用いて矩形状のフレームを形成させた。単管の長さは梁材、斜材ともに 1.5m である。上下の梁間にはポリプロピレン性の高強度な建築用のシート材(質量 295g/m, 引張強さ 1470N/3cm 以上)を張設した。このシート面積は横幅 1.1m, 縦 1.35m を有し、この部分が崩土を受け止める。下部梁材に樹脂製のローラーを備えた本土砂ガードの総重量は約 250N である。

本実験ではシート材に作用した土砂荷重を上部梁材で実測した。その方法は梁材の中央部にひずみゲージ(SG)を貼り付けてその出力を計測するものである。図-1 内にその貼り付け位置を示す。4 枚のひずみゲージを円周上に 90 度間隔で配置し、向かい合うゲージ同士をブリッジ接続した。SG1-3 は斜材と同軸方向であり SG2-4 は直交方向である。曲げモーメントに対する各ひずみゲージ出力の関係は別の載荷試験から求めた。

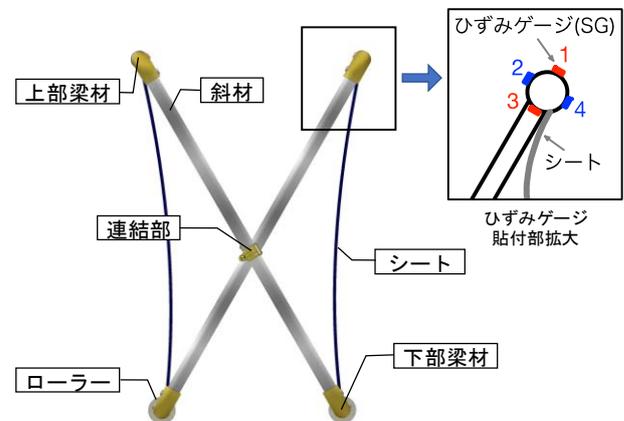


図-1 土砂ガードの概要

得られた両方の曲げモーメントの 2 乗の和を平方して合力を計算し、さらに土砂荷重は等分布に作用するものと仮定してシートの平均張力 T を求めた。

3. 溝崩壊の実大模型実験

3-1. 模擬溝と模型地盤の作製

土砂ガードに対する作用荷重とその被災防止効果(生存空間の確保)を調べるために溝崩壊の実大模型実験を行った⁴⁾。本実験で用いた土試料は関東ロームであり、耕運機で細かく砕いた後に散水して含水比を調整した。模型地盤の作製過程は以下の通りである。はじめに、三方をコンクリート側壁に囲まれた空間内に、ドラグ・ショベルを用いて土試料を 2.5m の高さに盛土した。約 12 時間自重で締め固めた後に切土掘削し、高さ 1.5m の鉛直な掘削壁(以下「溝壁」と言う)を有する奥行き長さ 3.0m, 幅 3.0m の地山を作製した。地山の密度は 10kN/m^3 であり平均の土被り厚が 1.75m であった。したがって、土の自重による締め固め圧力 P_c の平均値は 17.5kN/m^2 と計算される。さらに、一軸圧縮試験から求めた強度増加率(dP_c)は約 0.2 であったことから、土の平均粘着力 c は 3.5kN/m^2 程度と推定される。

掘削による溝壁の作製後、そこから 0.8m 離れた位置に L 型擁壁(幅 2.0m, 高さ 1.75m, 奥行き長さ 1.3m)を設置した。この擁壁と溝壁で囲まれた部分が模擬溝であり、最後にこの部分に土砂ガードを設置した。

キーワード 土砂崩壊, 溝工事, 労働災害, 仮設機材, 実大実験, 土砂ガード

連絡先 〒575-0013 大阪府四條畷市田原台 8-2-5 日本スピードショア株式会社 TEL 0743-78-9000

3-2. 土砂ガードに作用した崩土荷重

図-2 に模擬溝内に設置した土砂ガードと盛土した地山の断面を示す。盛土にはドラグ・ショベルを用い、バケツ 2 杯分の土試料を盛土の一段階と定義した。土試料は天端の奥側から均等に分散させて配置し、各段階では天井クレーンに取り付けたレーザー変位計によって盛土高を計測した。各盛土間には 5 分以上のインターバルを与え、地山のクリープ的な動きを観察した。盛土の継続に際しては動きの収束を確認した。本実験では第 16 段階後にやや緩慢的な崩壊が再現された。

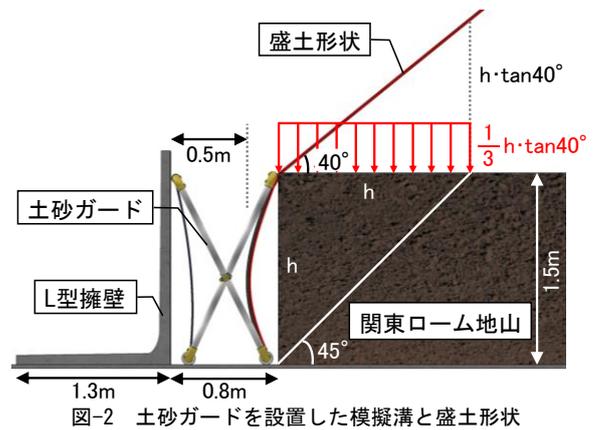


図-2 土砂ガードを設置した模擬溝と盛土形状

図-3 は上部梁材に「作用した力」 q と経過時間 t_e の関係を示す。曲線は SG1-3 成分と SG2-4 成分及びその合力成分(シート張力 T)を示す。SG1-3 の荷重成分は SG2-4 よりも約 5 倍大きい。その理由は、斜材に直交する SG2-4 成分は溝壁側と力がつり合って荷重は小さくなったために平行する SG1-3 成分が卓越したと考えられる。 T の値は t_e が 4960 秒の時にピーク値 q_{max} は 2.63kN/m を示し、その後、緩やかに減少して 2.45kN/m に収束した。なお、 $t_e < 4920$ 秒の崩壊前に T が 0.8kN/m 程度の値を示している理由は盛土の際に天端からこぼれ落ちた土がシートと溝壁の間に堆積したためである。

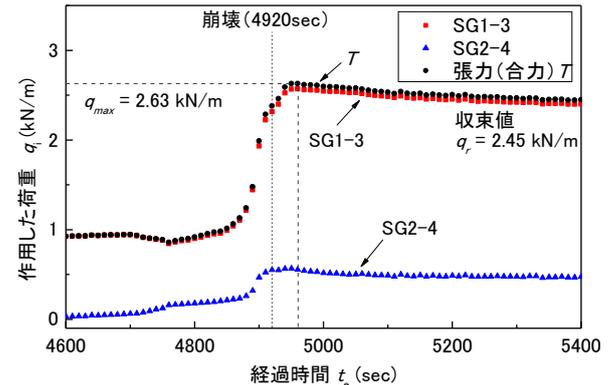


図-3 土砂ガードに作用した荷重

今回再現された崩壊は深さ 1.5m の溝としては摩擦などの影響により規模は大きめ目のもの 4) となったが、実験後の観察では土砂ガード自体に変形や破損は見られなかった。また、 q_{max} の 2.63kN/m はシート材の引張強さの約 1/20 のレベルであり十分小さな値であった。

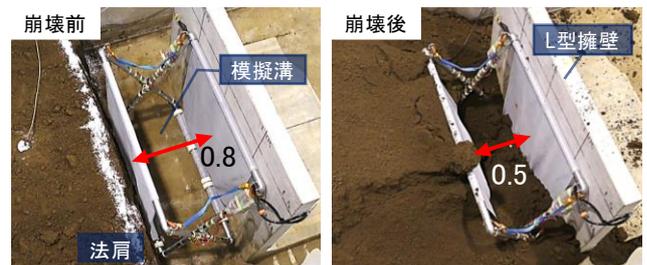


図-4 溝壁崩壊前後の状況 (単位 m)

さらに、別報 5) で議論した主働土圧と直線すべり法の 2 つの方法から求めた「作用する力」(それぞれ P_a と D_f) と q_{max} を比較すると実測値に対応する高さ比(z/h_c)は D_f では 1.26, P_a では 1.19 となる。ここで、盛土による高さ増加を z に考慮して高さ比を計算すると 1.28 である。したがって、直線すべりを仮定した方法では実測値により近い作用荷重を推定できることがわかった。

シート材で張設した軽構造物であるが崩土に抵抗して内部に空間を確保し、人的被害を軽減できる可能性が明らかとなった。また、直前まで自立した地山がクリープ的に崩壊して作用する崩土荷重はさほど小さくなく、その実験値は直線すべりを仮定した釣り合いから求めた計算値とよく一致することがわかった。

崩壊後の様子を図-4 に示す。崩壊後のガード内に確保された残存空間を画像解析して求めたところ最小幅は 0.5m(=0.8-0.3)程度であった。したがって、土砂ガードは万一溝壁が崩壊しても人的被害を防ぐ手段となり得ることが実験的に確かめられた。

謝辞：本研究ではキョーワ株式会社の梶原幸治様から土砂ガードのシート材に用いた「ライトネス」をご提供頂いた。この場をお借りして深くお礼申し上げます。

4. まとめ

掘削溝の崩壊から作業員を守るための簡易な土砂ガードを試作し、実大実験による検証を行った。土砂ガードはアルミパイプによる軽量フレーム構造に高強度な

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)土止め先行工法に関する手順と留意事項 土止め先行工法とは：建設業労働災害防止協会，p.1，2006. 3)特許第 6431239 号，土砂遮断装置，2018. 4)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. 5)玉手聡，堀智仁，菊田亮一，前田英樹：溝工事用の土砂ガードに働く崩土荷重の簡易推定，土木学会第 74 回年次学術講演会論文集，2019(投稿中)