

土砂埋没時の圧迫軽減に関する実験的考察

(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

1. はじめに

工事中に崩壊した溝の深さを調べると 1.5m 未満での浅い掘削時に多い¹⁾。これは掘削後に自立していたために安定と見誤って立ち入り被災したものである。しかしながら、たとえ浅い溝であっても低い姿勢での作業中に崩土の下敷きとなれば重篤な被害をもたらす。実際、被災者の死因を見ると窒息や圧迫等がその半数以上を占め²⁾、胸部を強く圧迫されている。災害防止には崩壊そのものを防ぐことが第一であり、土止め支保工を設置すべきである。しかしながら、深さ 1.5m 未満では必ずしも設置を義務づけておらず¹⁾、また自立するケースも多いため未補強な溝内に入ることが少なくない。そこで本研究では胸部から下の部分が土砂に浅く埋没するようなケースにおいて人的被害を軽減する可能性を検討している。本報告では鋼製フレームを汎用プロテクタに追加して試作した器具の保護効果について考察する。

2. 浅い土砂埋没時の推定作用土圧

図 1 に示すような高さ 4m のコンクリート壁で三面が囲まれた部分に土試料を盛土して模型斜面を作製した。土試料には最適含水比(約 90%)に調整した関東ローム³⁾を使用し、高さ 3m まで盛土して土の自重で締め固めた(盛土 1)。締め固め終了後に前面を掘削し

て高さ 2m の垂直な壁を作製した。その後、奥側の天端に盛土して上載荷重(盛土 2)を与えて崩壊させた。

詳細は既報⁴⁾に譲るが、人型供試体の胸部に圧力センサーを埋め込んで計測した崩土の作用圧力 p_h は崩壊機序に大きく左右されることが明らかとなった。具体的には、溝壁が脆性的に崩落するケースでは経過時間 t_e に対して p_h は明確なピークを示し、その後、残留値に収束する。一方、延性的なケースでは土の堆積に従って p_h は増加した。一連の実験から 1m 以下の埋没深さでは p_h の残留値が概ね 17kPa、ピーク値は 40kPa が上限であることがわかった。

3. 試作した胸部保護具の構造

図 2 は実験用に試作した胸部保護具を示す。これはライダー用の汎用プロテクタに鋼製フレームを追加して試作したものである⁵⁾。汎用プロテクタの表面は硬質のポリプロピレン樹脂であり、内側に低反発クッション材が備わる。したがって、集中的に作用した荷重は分散することで圧力は減少し、さらに材料自体の減衰効果で衝撃は緩和される。しかしながら、これ単体は荷重を支持する構造は有しない。すなわち、樹脂面は単に載荷板であって荷重は胸部に伝わる。これでは胸部が反力を負担することになるため圧迫に対する保護効果はない。そこで圧迫に抵抗するための鋼製フレームをプロテクタに

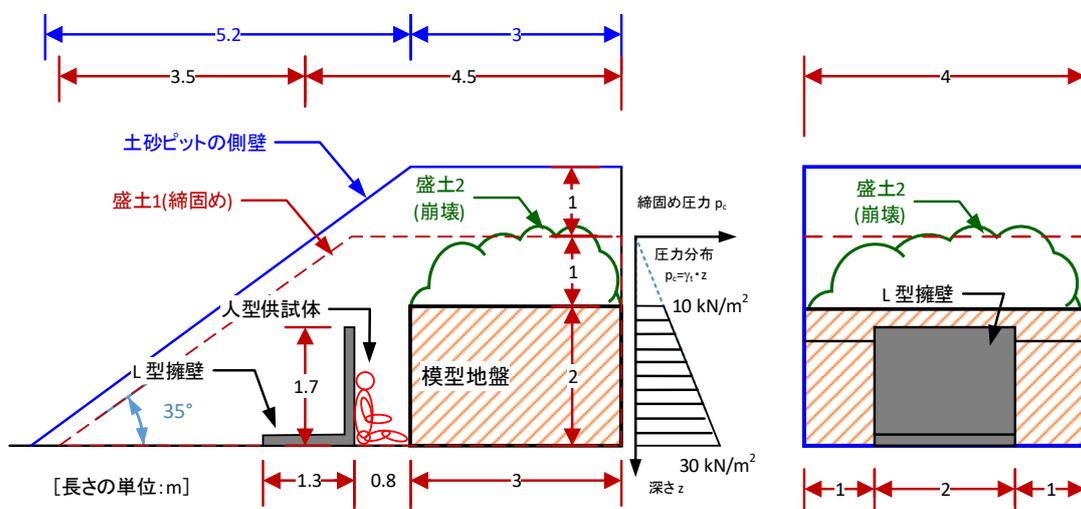


図 1 土砂埋没時の圧迫軽減に関する実大模型実験の方法

キーワード 溝工事, 土砂崩壊, 労働災害, 圧迫防止, 保護具

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)

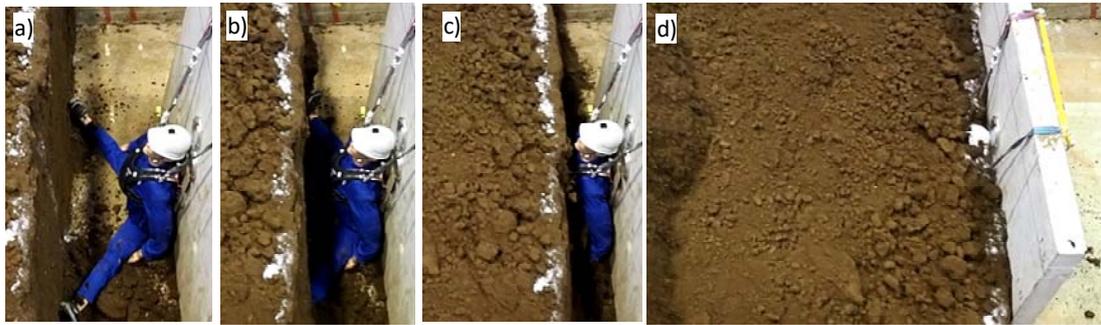


写真1 崩壊した土砂が保護具を装着した人型供試体に衝突する様子



図2 試作した胸部保護具の構造(左:正面, 右:背面)

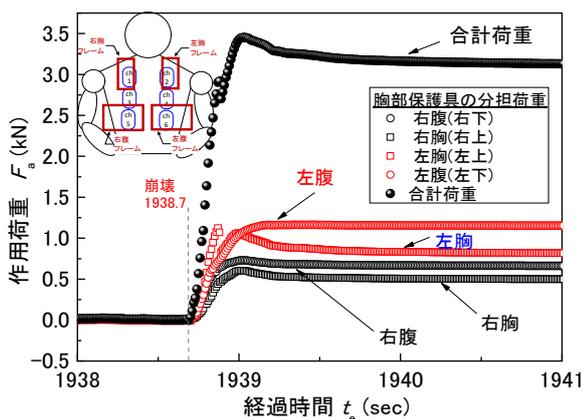


図3 崩壊土砂の衝突時に保護具が支持した作用荷重

追加した。このフレームは両肩部と両脇腹部の4つの部分から構成され、各部が曲げ変形して土圧に抵抗する。各フレームはプロテクタ背部の樹脂材に固定されている。樹脂自体は柔軟性があり容易に変形するため脱着は容易である。また、人体胸部との間には50mm以上のクリアランスが設けられているため作業性を妨げない。一方、埋没時には堅固な保護効果を発揮する。この堅固さは背面のフレーム部を挟圧して固定点化し、曲げで抵抗させる構造⁵⁾によるものである。4つの独立したフレームが荷重を分担して支持するとともに、低反発クッション材は衝撃的な作用を緩和する。

4. 保護効果の実験的検証

写真1は人型供試体に胸部保護具を装着しておこなった埋没実験の連続写真である。溝壁部はほぼ垂直を

保ったまま崩土ブロックが平行移動して人型供試体に衝突している。埋没深さは約1.1mであり人型供試体はほぼ完全埋没している。先に述べたとおり、本研究では胸部から下の浅い埋没を保護対象とすることから、本実験では想定よりも規模が大きく再現された。胸部保護具の各フレームにはひずみゲージを貼り付けて作用荷重を計測した。図3は経過時間 t_e に対する保護具への作用荷重 F_a の関係を示す。崩壊は $t_e=1938.7$ 秒付近で発生し、これに伴って合計荷重は増加している。値は約0.3秒で最大値の3.45kNに達し、その後、3.1kN程度に収束する。この最大値は先に述べた衝撃荷重の推定値($40\text{kPa} \times 0.3\text{m} \times 0.3\text{m} = 3.6\text{kN}$)とほぼ一致しており、崩土の作用荷重は4つのフレームで分担して支持された。

5. まとめ

浅い土砂埋没に遭遇した際の圧迫軽減の可能性を実験的に検討した。4つの独立したフレーム構造を有する胸部保護具を試作し、人型供試体に装着させて崩土に埋没させたところ土砂荷重を支持して圧迫を軽減することがわかった。受圧時に背部が固定点化して曲げ抵抗する構造は常時の作業性を損なわない一方、崩壊時には堅固となって保護機能を発揮することがわかった。謝辞

本研究はJSPS科研費16K01306の助成を受けたものである。関係各位にお礼申し上げます。

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講演概要集DVD, pp. 1951-1952, 2019.
- 2)伊藤和也, 豊澤康男, 堀井宣幸. 切土掘削工事現場における斜面崩壊による労働災害の調査・分析. 労働安全衛生総合研究所特別研究報告. JNIOSSH-SRR-NO.35 (2007), pp7-18, 2008.
- 3)玉手聡, 堀智仁, 三國智温, 末政直晃: 施工時斜面における浅い部分のせん断ひずみ計測による崩壊監視の検討, 土木学会論文集C(地圏工学), Vol.70 No.2, pp.213-225, 2014.
- 4)玉手聡, 堀智仁(2016) 人型供試体を用いた土砂埋没時の圧力計測. 日本学術会議, 安全工学シンポジウム2016講演予稿集, pp. 452-455, 2016.
- 5)玉手聡, 堀智仁, 菊田亮一(2019) 土砂埋没時における胸部圧迫の軽減に関する実大模型実験. 日本学術会議, 安全工学シンポジウム2019講演予稿集, pp. 238-241.