溝工事用の簡易な土砂遮断システムの部材強度に関する実験的考察

日本スピードショア(株)正会員 〇菊田亮一

(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

1. はじめに

溝掘削工事では作業者が土砂の生き埋めとなる労災事故が 後を絶たない.筆者らは安全対策が省かれがちな深さ 1.5m 未 満の溝工事に着目し交差フレーム型の簡易な土砂遮断システ ム(以下,「土砂ガード」と言う)の開発を行っている¹⁾.土砂 ガードとは崩土を遮断して溝内部に生存空間を確保するため の仮設機材である.本研究ではこれまでの実大模型実験による 検証を重ねて、その構造と強度を最適化している.本稿では土 砂ガードを構成する交差フレームの必要強度について,一連の 実験から得られた曲げモーメントの実測値から考察する.

2. 実大模型実験

実大模型実験では深さ 1.5m の溝壁を崩壊させ、その崩土を 土砂ガードに衝突させた.実大実験に用いた土試料の物理特性 や含水量の調整方法及び模擬溝と地山の作製方法の詳細は既 報²⁾に譲る. 高さ 1.5m の鉛直な溝壁を作製後, 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 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る(図-2). ここで, 交差フレームの上部が溝壁側に接する側を斜材 A, L型擁壁側へ接するフレームを斜材Bとする.実大実験は7ケ ース(Cs1~7)にわたって実施した. 各実験ケースで使用した土砂







図-2 模擬溝と土砂ガード設置状況

ガードの基本的な構造は同じであるが細部において異なっている. 各実験で使用したモデルの諸元を表-1 に示す. なお、受圧シートには高強度なポリプロピレン性シート材(引張強さ 50kN/m)を使用したがその強度的検証について は別報を参照されたい³⁾. 本実験ではドラグ・ショベルを用いて土試料を地山の天端に盛土して溝壁を不安定化さ せた²⁾. 崩土の荷重は受圧シートに作用し、受圧シートに生じた張力は両端に取り付けられた梁材を介して斜材に 作用する.両斜材にはひずみゲージを貼り付け,発生する曲げモーメントを実測した.図-1内にその貼り付け位置 と曲げ方向の極性を示す.ひずみゲージは斜材1本あたりに4ヵ所貼り付け,下から順にSG-1~4とした.実験ケ ースごとの斜材に作用した曲げモーメントのピーク値を表-2に示す. Cs3においては2度にわたって同程度の規模 の崩壊が時間差で発生したため、2 つの値を示した.本研究ではこれまでの実験的な検討を重ねて構造と強度を最 適化したモデル Type III(図-1)を製作した.そして,一連の実験で実測した交差フレームの曲げモーメントの値を Type III に与えて部材の安全率を求めた. 具体的には, Cs1~4の4ケースは Type III よりも前の Type Iと II による

教── 実験ゲースことの工物カート料材の主な諸元										
実験 ケース	使用 モデル	部材 (mm)	材質	耐力 (N/mm²)	引張強度 (N/mm²)	断面積 (cm ²)	質量 (kg/m)	断面二次 モーメント (cm⁴)	断面 係数 (cm ³)	縦弾性 係数 (kN/mm ²)
Cs1	Type I	φ 48.6×t2.3	A6N01-T5	205	245	3.23	0.87	8.29	3.41	70
$Cs2\sim3$	Type II-a	\Box -80×40×t3.0	A6063-T6	175	205	6.84	1.85	55.9	14.0	70
Cs4	Type II-b	\Box -70 \times 30 \times t3.0	A6063-T6	175	205	5.64	1.52	33.3	9.52	70
Cs5~7	Type III	\Box -60×30×t3.0	A6061S-T6	245	265	4.73	1.28	19.80	6.60	70

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

© Japan Society of Civil Engineers

実験であったため、両モデルで得られた曲げモーメントの実測値を Type III に代入する方法で安全率を間接的に求めた. Cs5~7 の 3 ケースについては Type III を用いており直接的に得た値である.

3. 交差フレームの必要強度の検討

表-2 に示す Cs1~4の実験結果において斜材の曲げモーメント M が最大で あった Cs1 の 1.06kN・m を基準に Type III の構造と強度を検討した. なお, Cs2~4 に比較して Cs1 の曲げモーメントが大きくなった理由は模擬溝の崩 壊機序が異なったためである. 具体的には,地山に載荷した盛土の一部が溝

壁と土砂ガードの間に落下し,堆積した土が溝壁の崩壊を抑止 した.しかし,崩壊まで盛土をさらに継続した結果,崩壊は大 きな規模で再現され,崩土荷重も大きく作用したと考えられる ²⁾.交差フレーム部の設計では土止め先行工法⁴⁾のアルミ製土留 支保工に用いられる「安全率2以上」を参考に,本研究ではさ らに大きな 2.5 で設計した. Type III の主な部材性能を表-1 に 示す.交差フレーム部については SS400 鋼相当の耐力を有する 高強度な A6061S-T6 材を使用した.本部材における引張破壊ま での曲げモーメントの最大抵抗値 *M*bは 2.6kN・m である.本部 材で構成する Type III の総重量は 20kg 以下となり,取扱いが容 易な仮設機材を提案することができた.

4. 安全率による斜材の強度検証

Type III モデルを使用した Cs7 における斜材 A と B(図-2)の 曲げモーメント M と経過時間 t_e の関係を図-3 に示す. 段階的 に盛土した結果,崩壊は二度にわたって発生した. 一次崩壊は t_e =743 秒から小規模に発生し,二次崩壊は 971 秒から再現され ている. M の最大値は t_e =974.2 秒の時に崩土受圧側の斜材 A で 0.27kN・m が記録されている. ここで,マイナス極性は図示し たように外側への曲げであったことを意味する. 図-4 は Type III の M_b (=2.6kN・m)を実測した曲げモーメントの最大値 M_{max}

斜材の曲げモーメント							
実験ケース	斜材の曲げモーメント						
天秋 / 八	(kN·m)						
Cs1	1.06						
Cs2	0.41						
Cs3	0.60, 0.52						
Cs4	0.73						
Cs5	0.22						
Cs6	0.23						
Cs7	0.27						

表-2 各実験ケースにおける



で除した斜材の安全率 F_s(=M_b/M_{max})を示す. F_sは 2.5 から 11.9 と広く分布するが,特に Type III で直接計測した Cs5 ~7 では 9 を超えている.これらの F_sが高くなった理由は,実大実験を繰り返すことで崩壊再現の手法に習熟したことに加え,モデルの改善に伴って部材の荷重負担が平均化されたためと考えられる.

5. まとめ

小規模な溝工事で作業者が土砂の生き埋めとなる労災事故を無くすことを目的に,崩土を遮断して溝内部に生存 空間を確保するための土砂遮断システムを検討した.この検討では実大模型実験を重ねて機材の構造と強度を最適 化した.一連の実験から得られた最大曲げモーメントの実測値(*M*_{max})とフレーム材の曲げモーメントの最大抵抗値 (*M*_b)の比較から安全率を解析的に求めたところ,少なくても 2.5 以上であることがわかった.さらに直接実機で求 めたケースでは安全率が9を超えており崩土を遮断する上で十分な強度を有することがわかった.今後は実際の工 事への普及を進めるとともに機能的な高度化を図る予定である.

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, pp.1951-1952, 2019. 2)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 工学研究発表会講演概要集, pp.1953-1954, 2019. 3)菊田亮一, 玉手聡, 堀智仁:溝工事用被災防止システムの部材強度に関する 実験的検討, 第56回地盤工学研究発表会講演概要集, 2021(投稿中). 4)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.