

## 交差フレーム型溝用土止めシステムの抵抗性能に関する遠心模型実験

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

溝掘削工事中に小規模な崩壊が発生し溝内で作業していた労働者が被災する災害が多く見受けられる。筆者らは、仮設の機材として利用しやすい手段を提供するため、簡易な機材（土砂ガード）を開発した<sup>1)</sup>。本稿では、土砂ガードの小型模型を製作して、遠心模型実験により土砂崩壊時に部材に作用する力や残存空間等について調査した結果を述べる。

### 2. 遠心実験用モデルの製作

土砂ガードはアルミ合金製の斜材と鋼製の梁材を矩形に結合した2組のフレームによって構成されており、これらのフレームは回転可能に結合されている<sup>1)</sup>。実物の土砂ガードの1/10スケール模型をアルミの角材を用いて製作した。図1に製作した土砂ガード模型を示す。模型の斜材の寸法は2.5×5×150mm、梁材の寸法は5×4×140mmである。土砂崩壊時の土圧により部材に作用する応答ひずみを計測するため、梁材と斜材にひずみゲージを2アクティブゲージ法で貼り付けて曲げひずみを計測した。曲げによる極性は図1に示すとおりである。図2に斜材1の検定結果を示す。載荷荷重と応答ひずみには、直線的な関係が確認できる。

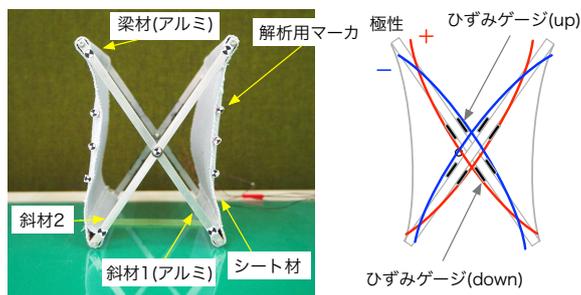


図1 遠心実験用土砂ガード模型

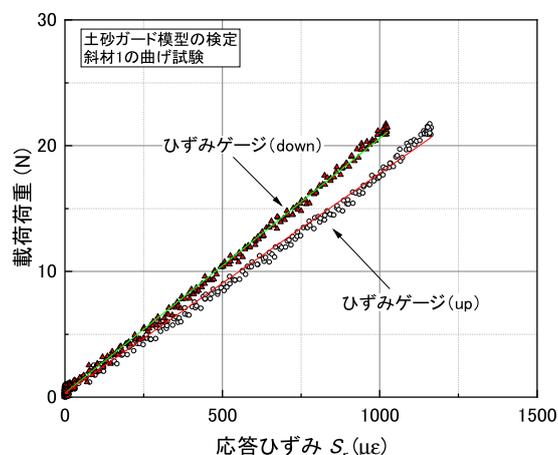


図2 検定結果の一例(斜材1)

### 3. 実験条件

模型地盤は関東ロームを締め固め圧  $\sigma = 15\text{kPa}$  で静的に締め固めて作製した。締め固め後に、所定の寸法に成形した。その際、溝の幅  $W_m$  は90mm(実大換算0.9m)とした。溝の深さについては、深さ1.5mの溝掘削工事で土砂ガードを使用することを想定し、深さ  $H_m = 150\text{mm}$ (実大換算1.5m)を「標準」設置とした。図3に遠心模型実験の概要を示す。遠心模型実験は、遠心加速度  $g_n$  を2分毎に1gずつ段階的に増加させて地盤を崩壊させた。

### 4. 実験結果

図4に応答ひずみ  $S_r$  と換算高さ  $H_p$  の関係を示す。ここで換算高さとは、溝の深さ  $H_m = 150\text{mm}$  と遠心加速度  $g_n$  の積である。図より、 $H_p = 1.710\text{m}$  ( $g_n = 11.4\text{g}$ ) の時に値が大きく変動している。これは溝の左側が崩壊(1次崩壊)したためである。その後、 $H_p = 1.98\text{m}$  ( $g_n = 13.2\text{g}$ ) で値が変動し、溝の右側崩壊(2次崩壊)した。図中には、梁材が受けた曲げモーメントの概念図を示す。1次崩壊により、崩土がシートに衝突し、斜材1はマイナス、斜材2はプラスの応答を示した。

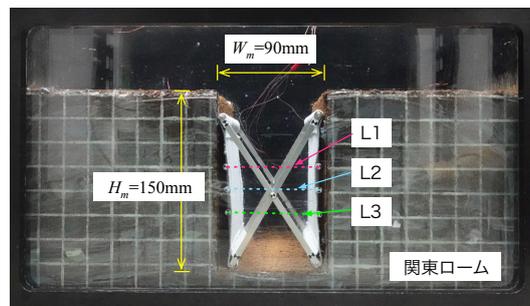


図3 遠心模型実験の概要

キーワード 溝工事, 土砂崩壊, 仮設機材, 労働災害, 遠心模型実験

連絡先 〒204-0024 東京都清瀬市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 042-491-4512(代)

その後、2次崩壊（右側の崩壊）では極性が逆転し、斜材2はマイナスの応答を示した。また、1次崩壊における応答ひずみ  $s_r$  の最大値は  $333\mu\epsilon$ 、最小値は  $-210\mu\epsilon$  であり、2次崩壊における  $s_r$  の最大値は  $329\mu\epsilon$ 、最小値は  $-295\mu\epsilon$  であった。なお、斜材1（図2）および斜材2の検定結果から、 $S_r=1000\mu\epsilon$  においても  $F-S_r$  は弾性関係を示すことから、斜材は土砂の崩壊に対して十分な強度を有していた。

次に、実験の動画を解析して、溝崩壊後の残存空間を求めた。具体的には、解析用マーカをまち針で製作して、シート材の中央と上下等間隔(20mm)に設置し、図3に示す解析用マーカ間距離  $L1\sim L3$  を画像解析で求めた。図4にマーカ間距離の結果を示し、表1に実大換算した結果を示す。崩壊前に  $0.767\sim 0.783\text{m}$  の残存空間が、1次崩壊後の最小値で  $0.708\text{m}$  となり、2次崩壊後の最小値で  $0.637\text{m}$  まで減少した。産業技術総合研究所のAIST/HQL人体寸法・形状データベース<sup>2)</sup>によれば男性の腹部厚径の平均は  $206.6\text{mm}$ 、腰骨幅の平均は  $322.1\text{mm}$  であり、両側の溝が崩壊した場合においても十分生存可能な空間が確保できることがわかった。

次に、実大実験用の土砂ガードの作製にあたり、部材の断面形状について検討した。模型のたわみを実物の  $1/n$  で再現するためには、式(1)を満足させれば良い。

$$E_m \cdot I_m = \frac{1}{n^4} \cdot E_p \cdot I_p \quad (1)$$

ここで、 $E$  は弾性係数、 $I$  は断面二次モーメント、 $n$  は縮尺、添え字の  $m$  は模型を示し、 $p$  は実大を意味する。実大の土砂ガードをアルミで作製する場合、弾性係数は  $E_m=E_p$  となる。式(1)から、土砂ガードの断面二次モーメントは式(2)により求まる。

$$I_p = n^4 \cdot I_m = 10^4 \cdot \frac{b_m \cdot h_m^3}{12} = 10^4 \cdot \frac{2.5 \times 5^3}{12} = 26.04 \times 10^4 \quad (\text{mm}^4) \quad (2)$$

以上の結果から、アルミ合金で斜材を作製する場合、部材の断面二次モーメントを  $26.04 \times 10^4 \text{mm}^4$  ( $26.04 \text{cm}^4$ ) 以上にすることで、深さ  $1.5\text{m}$  以下での土砂崩壊から労働者を保護できると考えられる。

## 5. まとめ

土砂ガードの遠心模型実験用の模型を製作し、遠心模型実験による検証を行った。その結果、当該実験条件では、両側の溝が崩壊した場合でも、十分な残存空間を確保することが可能であることがわかった。また、土砂ガード模型に生じた曲げモーメントの値から実規模換算して部材の必要断面を求めた。

## 参考文献

- 1) 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公園概要集, pp. 1953-1954, 2019.
- 2) 河内まき子, 持丸正明: AIST/HQL 人体寸法・形状データベース 2003, 産業技術総合研究所 H18PRO-503, 2006.

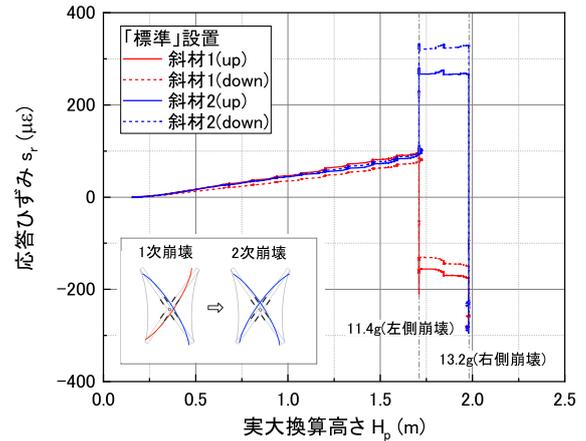


図4 応答ひずみと実大換算高さの関係

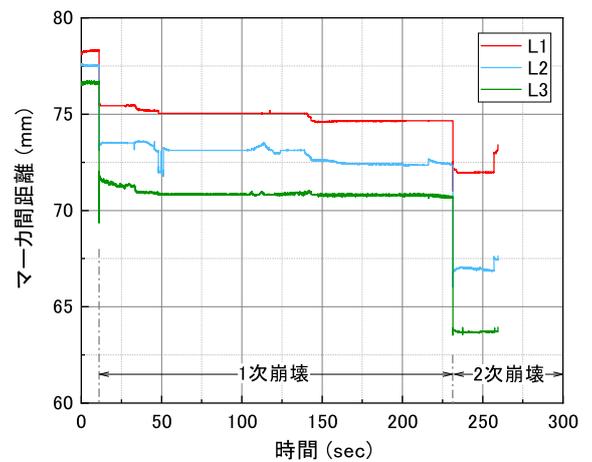


図5 マーカ間距離

表1 画像解析結果（実大換算）

	崩壊前 (m)	1次崩壊 (m)	2次崩壊 (m)
L1	0.783	0.747	0.720
L2	0.775	0.725	0.670
L3	0.767	0.708	0.637