

国土技術政策総合研究所 ○岩男忠明, 寺田秀樹
アジア航測株式会社 中島達也

1. はじめに

より精度の高い土砂災害警戒区域等の設定や、待受け式擁壁等、崩土の衝撃力が作用すると想定される構造物の計画・設計手法の高度化を行うためには、崩土の到達距離や衝撃力をより適切に推定する手法を確立する必要がある。そのためには、斜面の状況や崩土の性質に応じた流下速度を精度よく算定する手法を確立することが重要である。本研究では、特に勾配急変点での崩土の挙動に着目し、模型実験により勾配急変点において生じている土砂の堆積とそれを乗り越えた土砂の移動状況を確認するとともに、勾配急変点で鉛直下方に作用している土圧の計測を行った。

2. 実験装置の概要

実験は、実験装置の水路模型（幅 0.4m、斜面部長さ 7m、下流部長さ 5m）の上に設けられている土砂供給装置（幅 0.4m、奥行き 0.6m、高さ 0.6m）から土砂を流下させることにより実施した（図 1）。このとき、土砂の挙動や流速を測定するために高速ビデオカメラを用いて水路内の土砂流動状況の撮影を行うとともに、勾配急変点直下流および堆積部の底面に作用する土圧をロードセルにより計測した。ロードセルの設置位置を図 2 に示す。実験装置の水

路模型には粗度板を設置した。粗度板は厚さ 8.5mm、幅 390mm のラワン材の片面に、実験用土砂を建材・コンクリート用ボンドで貼り付けて作成した。貼り付けた実験用土砂の厚さは土粒子の約 1 層分である。実験用土砂の代表粒径 (D_{60}) は 10mm である。また、1 回の実験で流下させる土砂の量は 0.1m^3 である。今回の実験では、実験用土砂は自然乾燥状態のものを用いた。実験は斜面勾配 $35^\circ \sim 50^\circ$ の間ににおいて 2.5° 刻みで行った。また、各勾配 2 ケース計測した。

3. 実験結果

勾配急変点上流側および勾配急変点下流側における土砂先頭部通過後 0.2 秒経過時点の流速を表 1 に示す。土粒子の速度は、高速ビデオカメラにより撮影された画像の画面上を通過する土粒子の移動距離を移動時間で除することで計測できる。移動時間は 1/250 秒単位の画像 5 コマ分とした。土粒子は 1 回の計測につき鉛直方向に均等な分布となるよう 9 個選定した。流動土砂の鉛直方向の速度分布を見た場合、摩擦の影響により水路底面に近づくほど流速が遅くなる。これを考慮して、それぞれの土粒子間の鉛直方向の差を基に 9 個の土粒子の速度を平均したものを流速とした。ケースによりばらつきはあるが、勾配急変点上流側の流速は勾配が大きくなるにつれて増加する。一方、下流側は傾向が顕著でない。これは、上流側の勾配が大きくなると勾配急変点前後の流速低減比が大き

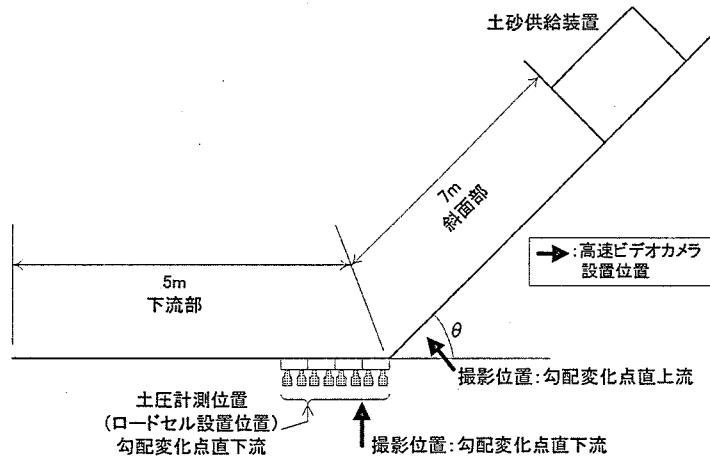


図 1 実験装置（水路模型）模式図（側面図）

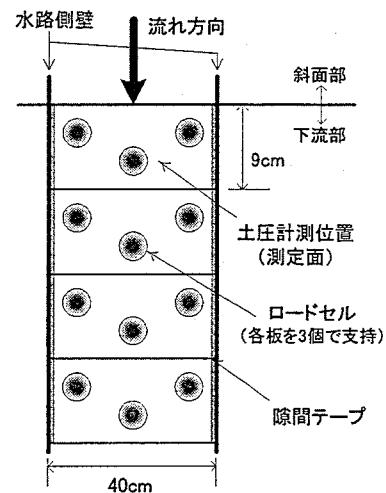


図 2 ロードセルの配置

表1 勾配急変点前後の流速

勾配	流速(m/s)		下流側/上流側	$\cos \theta$	流速低減比/ $\cos \theta$
	上流側	下流側			
35.0	2.64	1.90	0.72	0.82	0.88
35.0	3.24	1.64	0.51		0.62
37.5	3.14	1.84	0.59	0.79	0.75
37.5	2.95	1.83	0.62		0.78
40.0	3.89	1.89	0.49	0.77	0.64
40.0	3.63	1.76	0.48		0.62
42.5	4.03	2.05	0.51	0.74	0.69
42.5	4.12	1.94	0.47		0.64
45.0	5.07	3.35	0.66	0.71	0.93
45.0	4.09	2.34	0.57		0.80
47.5	4.50	2.06	0.46	0.68	0.68
47.5	4.46	2.08	0.47		0.69
50.0	4.66	1.64	0.35	0.64	0.55
50.0	5.02	2.32	0.46		0.72

くなる傾向にあることが考えられる。ただし、勾配 45° のケースは前後のケースと比較して流速低減の割合が小さい。また、勾配 35° 、 40° 、 45° 、 50° における勾配急変点直下のロードセル 3 個により計測された土圧の合計ならびにそのとき鉛直下方に作用していると考えられる土砂重量を算出した結果を図 3 に示す。土砂重量は次の式により算出した。

$$W = (\text{堆積土砂重量} + \text{流動土砂重量})$$

$$W = m \cdot g = C_* \cdot \sigma \cdot g (h_z \cdot dw \cdot dx)$$

$$+ C_d \cdot \sigma \cdot g (h_d \cdot dw \cdot dx)$$

m : 土砂の質量、 g : 重力加速度、 C_* : 堆積土砂濃度、 σ : 土砂

の密度、 h_z : 堆積土砂の高さ、 dw : 水路の幅、 dx : 測定区間長、 C_d : 流動中の土砂濃度、 h_d : 流動している土砂の高さ
土圧は、勾配 35° のケースでは単調に増加しているが、勾配が大きくなるにつれて立ち上がりが速くなりかつピーク値が大きくなる傾向にある。また、土砂重量と土圧を比較すると、勾配 35° では土圧と土砂重量はほぼ一致しているが、勾配が大きくなると、土砂重量以上の力が作用していることがわかる。

4. まとめ

崩土の勾配急変点での挙動に着目し、自然乾燥状態の土砂を用いて水路模型実験により流速や土圧等の計測を行った。その結果、斜面勾配が大きくなると土砂の流速が増すとともに、勾配急変点突入後に鉛直下方へ作用する土砂重量以上の力が計測された。今後は計測された力についての考察を行い、到達距離や衝撃力を精度よく算出できる手法として改良を加えていく。

(参考文献)

浅井健一・寺田秀樹・中島達也・福住真仁(2001):斜面勾配変化点での崩土の挙動を考慮した崩土の流下・堆積モデルの検討, 平成 13 年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 228-229.

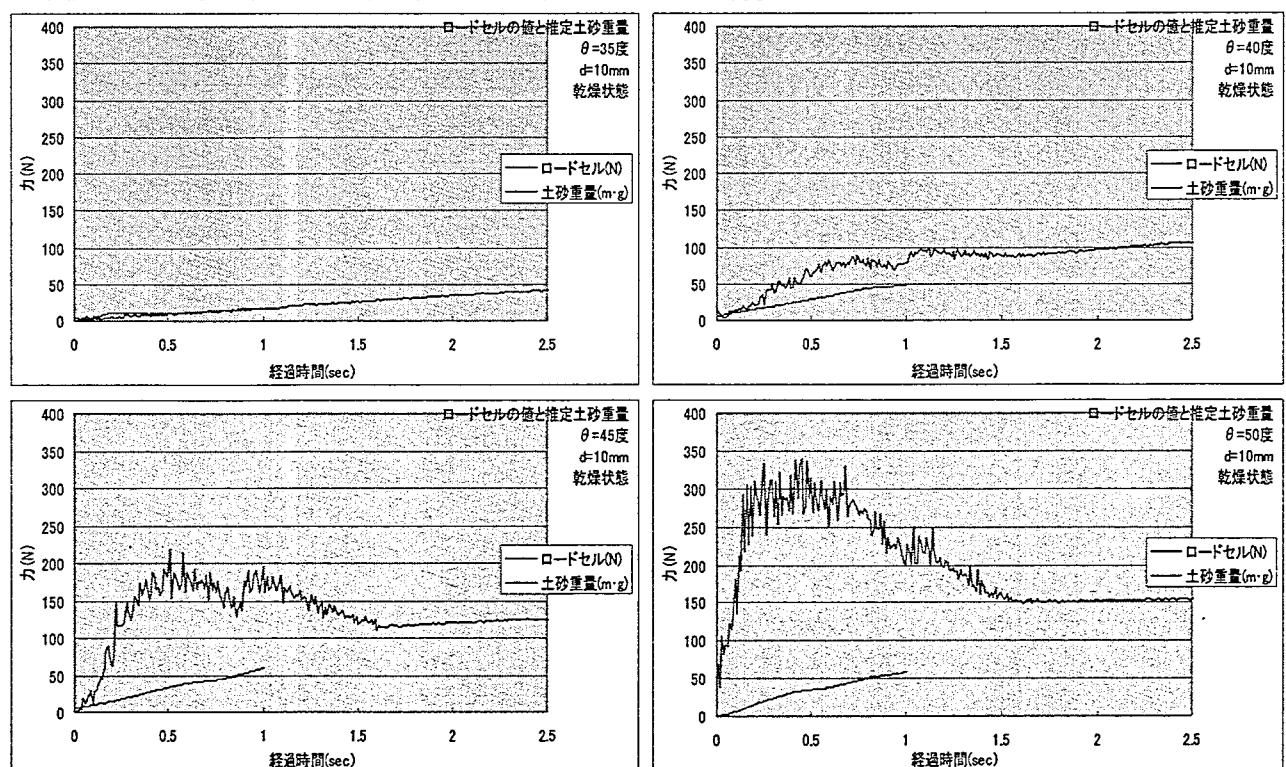


図3 勾配急変点直下における土圧と土砂重量