

# 降雨による土壌侵食と浸透へのソイルセメントの効果

## Effects of Soil Cement to Erosion and Infiltration due to Rainfall

○日比 絹子\*, PHENG Sokline\*, 堀 俊和\*\*, 向後 雄二\*  
 HIBI Kinuko, PHENG Sokline, HORI Toshikazu, KOHGO Yuji

### 1. はじめに

東南アジア地域の灌漑施設は、その多くが土構造物であることから、降雨と表面流による土壌侵食が深刻な問題となっており、農業生産力の低下を招く可能性がある。ソイルセメントは、微量なセメントを混合することで土の強度を増加させる<sup>1)</sup>が、土壌侵食の要因となる表面流の発生に関する研究は十分ではない。本研究では、時間降雨 50 mm/h 以上の強い降雨に対して、ソイルセメントによる土壌侵食の防止に関する効果および表面流出や浸透への影響を検討することを目的として、斜面模型を用いた降雨侵食抵抗試験を行った。

### 2. 実験方法

土層内に所定の土を締め固め、斜面型模型を作製した。模型は、長さ 200 cm、幅 50 cm、高さ 30 cm であり、盛土層 20 cm と表層 10 cm の二層から構成されている。斜面の勾配は 20 度に設定し、法先に砕石を詰めたネットを設置することで、実験中の模型内部からの流出を可能にした。試料は DL クレイと普通ポルトランドセメントであり、表層のソイルセメントにはこの二つを混合して用いた。盛土層と表層はどちらも含水比 17%、乾燥密度 1.3 g/cm<sup>3</sup> で締め固めた。セメントを混合した場合は、7 日間の養生期間を設けた。実験は、表層ソイルセメントのセメント混合率および降雨強度を条件として設定し、計 6 ケース行った。セメント混合率  $C_c$  は乾燥質量比で 0, 3, 5% とし、降雨強度は 50 mm/h または 100 mm/h とした。降雨の継続時間は、無処理土で 210 分、セメント混合土で 240 分とした。実験中は、模型内部に埋めた間隙水圧計から 10 秒毎にデータを計測した。間隙水圧計は、模型の中心に等間隔となるように、Case 1~3 で 7 個、Case 4~6 で 13 個埋設し、その位置は図 1 に示すとおりである。間隙水圧計はセラミックカップと間隙水圧計から構成されるテンシオメータを用いることで、負圧から正圧まで測定した。また、表面流と浸透流を模型下部で回収し、流出土と流出水量を計測し、侵食量を求めた。

表 1 実験条件  
 (Table 1 Tests condition)

Case	$C_c$	降雨強度	センサー数
Case 1	0 %	50 mm/h	7
Case 2	3 %	50 mm/h	7
Case 3	5 %	50 mm/h	7
Case 4	0 %	100 mm/h	13
Case 5	3 %	100 mm/h	13
Case 6	5 %	100 mm/h	13

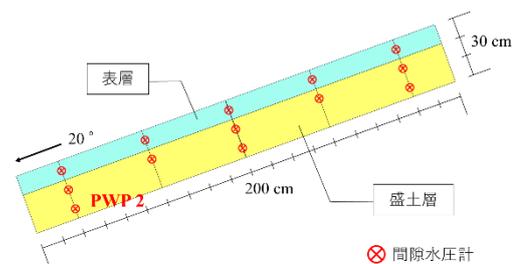


図 1 模型断面と間隙水圧計の位置  
 (Fig.1 Sensors position on side view of model)

\* 東京農工大学 Tokyo University of Agriculture and Technology 土壌侵食, 浸透, 模型実験

\*\* 農業・食品産業技術総合研究機構 National Agriculture and Food Research Organization

### 3. 実験結果

表 2 に、降雨開始から 210 分までに生じた土壌侵食量を示す。模型実験より、降雨強度が大きいほど激しい侵食が生じ、無処理土における土壌侵食量は降雨強度 100 mm/h の場合、50 mm/h 時の 16 倍となった。一方で、セメント混合土は、降雨強度が大きい場合においても、侵食量は抑制された。この時、セメント混合率が大きい 5 %においては、3 %の場合よりも 10 倍近い土壌侵食量を生じた。

図 2 に PWP 2 の位置 (図 1 中に示す) において計測した間隙水圧の降雨中の変化の様子を示す。降雨開始前 0 分の時点において間隙水圧は、無処理土のケースで -16 ~ -17 kPa、セメント混合土のケースで -19 ~ -22 kPa 程度であり、ソイルセメントを施した場合の方が小さい値を示した。降雨強度を比較すると、強度が大きい場合間隙水圧は降雨開始から短時間で減少を開始しており、その差は 30 分程度である。また、降雨の強度に関わらず、間隙水圧の減少は、ソイルセメントを用いた実験ケースにおいて無処理土のケースよりも早く開始し、その速度は大きくなった。

表 3 に、Case 5 と Case 6 における降雨終了時点での累積流出量を示す。表面流として生じた流出量は Case 6 の方が Case 5 より多いが、一方で土中に浸透しその後流出したものは Case 5 が Case 6 の 2 倍近い。Case 6 におけるセメントの水和反応に、より多くの土中水分が使用され、表層の不飽和透水係数が低下したことが原因の一つと考えられる。Case 6 では多く降雨が表面流として流下したことから、大きなせん断力が発生し、Case 5 より侵食量が増加した可能性が示唆された。また、降雨量から流出量として回収したものを引くと模型内部に保持されている残量が推定され、セメント混合率が小さい方が多い。表層のセメント混合率により下層への浸透が異なることが示された。

### 4. おわりに

土壌侵食の防止対策と降雨の浸透におよぼすソイルセメントの効果を検討することを目的として斜面型模型を用いた降雨侵食抵抗実験を行った。セメントを混合することにより、斜面表面の土壌侵食は降雨強度が大きい場合においても、大幅に抑制された。また、ソイルセメントにより斜面内部への浸透は促進され、表層のセメント混合率の違いは下層への浸透に異なる影響を及ぼした。本研究は科研費 (18H02296) の助成を受けて実施した。

### 参考文献

- 1) Pheng, S., Kohgo, Y. (2015). *Scour and Erosion*, London, Taylor & Francis Group, 435-440.

表 2 土壌侵食量  
(Table 2 Amount of eroded soil)

Case	Cc	侵食量 [kg]	
50 mm/h	Case 1	0 %	12.3
	Case 2	3 %	0.2
	Case 3	5 %	1.6
100 mm/h	Case 4	0 %	193.4
	Case 5	3 %	0.3
	Case 6	5 %	3.1

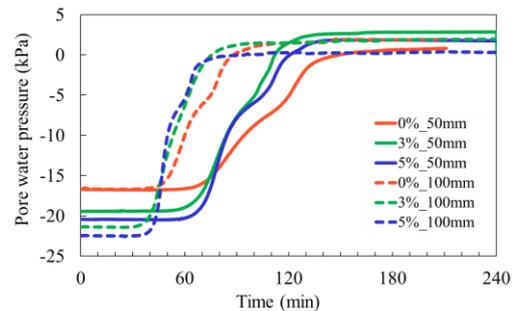


図 2 間隙水圧の時間変化  
(Fig.2 PWP change by time)

表 3 累積流出量 (Case 5 と 6)  
(Table 3 Cumulative amount of flow)

Case	Cc	降雨量 [m <sup>3</sup> ]	流出量		模型内残量 [m <sup>3</sup> ]
			表面 [m <sup>3</sup> ]	浸透 [m <sup>3</sup> ]	
Case 5	3 %	379.8	132.1	125.6	122.1
Case 6	5 %	379.8	218.2	62.9	98.7