

間隙空気が崩壊に及ぼす影響の実験的研究

筑波大学大学院生命環境科学研究科　○関英理香
恩田裕一
古谷麻美
国土技術政策総合研究所　内田太郎
防災科学技術研究所　福岡輝旗
University of South Carolina　Raymond Torres

1. 研究目的

崩壊発生メカニズムを解明するための研究の多くは、土質工学的もしくは水文学的アプローチから行われている。しかしながら、土壌三相の残りの一つ、空気に着目した研究は少ない。近年では間隙空気が地下水流出に何らかの影響を及ぼす可能性を示唆する研究例はあるものの、実際に空気の挙動を観測した例はほとんどない。また、過去に大気と水位変動（Weeks 1979）や間隙空気と地下水位の関係に着目した研究はあったが、間隙空気が崩壊に及ぼす影響については触れられていない。

地中でも降雨などにより間隙空気が封入され圧縮されれば、崩壊の原因の一つとなりうる可能性がある。Hamam & McCorquodale (1982)は、ポンプの不具合や流入量の増加などにより下水道管内に波が発生し、その波が下水道上部まで達する高さになると空気が閉じ込められ、行き場を無くした空気が逃げようとし、エアーハンマーとしてマンホールを押し上げたり、水流に大きなエネルギーを与えウォーターハンマー現象を引き起こすとしている。

また、新家ら（2003）や Araya & Kawanishi（1984）は土層に犁を差し込んで直接的に空気を送り込むことにより、人工的に土層中に空洞を作るという研究を行った。彼らの実験では土壌や水分条件により土層に亀裂が生じたり、空洞が生じたりした。このように人工的な空気が直接土砂の動きに関与する研究報告はあるが、崩壊や水文プロセスへの影響など現地空気の影響を見た報告はない。そこで本研究では、間隙空気の変移が崩壊にどのように寄与するかを検討することを目的とし、大型降雨実験を行った。

2. 方法

実験には、防災科学技術研究所にある大型斜面装置（斜面長 625 m、水平部長 300 cm、幅 150 cm、深さ 60 cm、傾斜角 30°）を用い、装置の斜面部に岩盤に見立てた空気量を制御するための空気層を設置した（写真 1）。この空気層は園芸パネルとゴムマットを用いて幅 1 m、長さ 5 m、厚さ 10 cm の大きさを作っており、上から不織布を被せて層からは空気のみが行き来できるようにした。その空気層の上に透水係数 2.1×10^{-2} cm/s の土砂を厚さ 50 cm になるように盛った。斜面に穴をあけ、穴を通して層に空気を圧送し、降

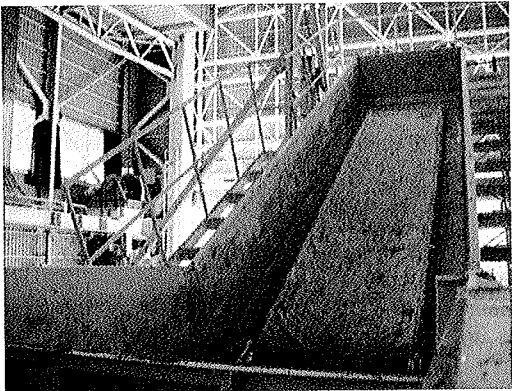


写真 1 実験装置

表 1 実験条件

	降雨量 (mm/h)	降雨時間 (min)	空気押入	
			時間(min)	量(Mpa) 押入地点(cm)
Run7	30	300	240~242	0.1
			250~252	0.2
			260~262	0.3
			270~272	0.4
Run8	80	200	130~132	0.1
			140~142	0.2
			150~152	0.3
			160~162	0.4
			170.5~172.5	0.2
			180.5~182.5	0.4
Run9	100	140	70~72	0.1
			80~82	0.2
			90.5~92.5	0.2
			100~102	0.3
			110~112	0.3
Run10	100	174	120.5~122.5	0.4
			140~142	0.8
			155~157	0.8

雨量と圧送する空気量を変えて全 10 回人工降雨実験を行った (表 1)。各実験において流出量・圧力水頭・空気層内部の圧力を測定した。また、空気押入れ時の土砂の動きの観察を行った。

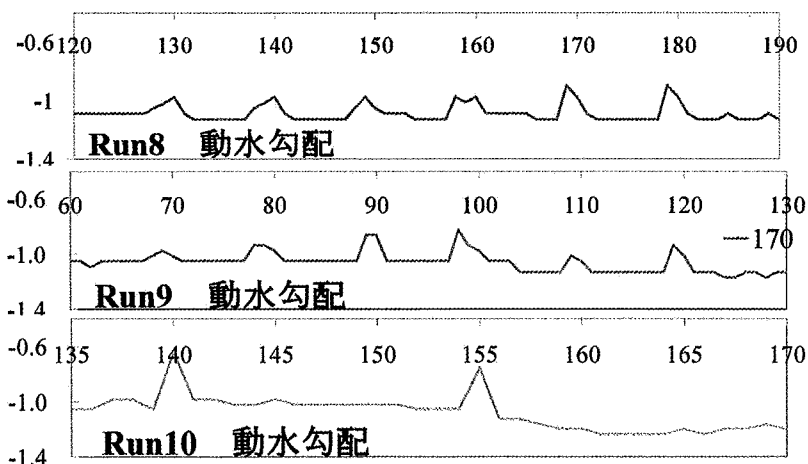
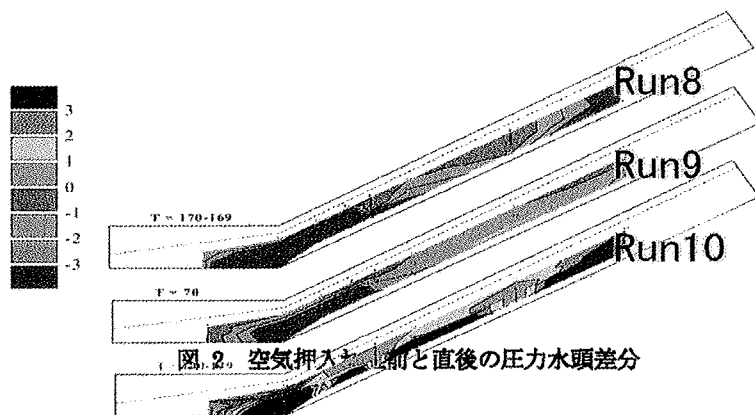
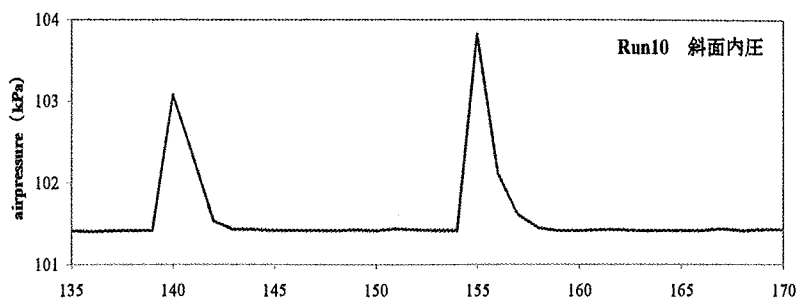
3. 結果と考察

空気押入れ時の土砂の動きを観察したところ、Run10 では、空気押入れ一回目で斜面基部から斜面距離で約 130cm 地点、二回目で 170 cm 地点を冠頂とした崩壊が見られた。これに対し、Run8 や Run9 では、空気を押し入れることによる流出量の増加や小規模な地すべり性崩壊が発生したが、Run10 ほどの規模の崩壊は見られなかった。

圧送する空気量を変えた場合、とくに Run10 のように 0.8 MPa という多量の空気を押し入れても、斜面内部で計測される空気圧は 1 ~ 2 kPa の小さな変化しか見られなかった (図 1)。しかし、動水勾配と圧力水頭では、Run10 と他の実験とでは明瞭な違いが見られた。圧力水頭に関しては、Run10 のみ斜面下部で空気押入れ直前よりも圧力水頭が上昇するという現象が見られた (図 2)。鉛直方向の動水勾配では、より多くの空気を押し入れることによって、大きな動水勾配の変化が見られた (図 3)。

また、本研究は空気を直接土層に押し入れるのではなく空気層を通して空気を入れているため、新家ら (2003) で報告される、空気が直接土粒子を動かす現象は見られなかった。

以上の結果より、間隙空気は、空気自身が土砂に亀裂をあけるなど直接崩壊に作用するよりも、地中水の動水勾配を増大させることで間接的に崩壊に作用する可能性が示唆された。



文献

- 新家 憲, 郭 桂芬, 渋谷義樹 (2003) *J. of Environ. Sci. Lab., Enshu Univ.*, 10, pp. 53-66.
 Edwin P. Weeks (1979) *Water Resources Research*, Vol. 15, No. 5, pp. 1167-1176.
 M. A. Haman, J. A. McCorquodale (1982) *National Research Council of Canada*, Vol. 9, pp. 189-196.
 Araya, K., Kawanishi, K. (1984) *Transactions of the ASAE*, 27(5), pp. 1292-1297.