

模型斜面崩壊実験に用いる降雨装置の検討

山口大学大学院 学生会員 ○猪俣 陽平
山口大学大学院 正会員 中田 幸男

1. はじめに 近年、日本は地震や豪雨による地滑りや土石流などの自然災害が増加傾向にある。こうした災害の対策には斜面崩壊機構を明らかにする必要がある。解明法の一つに模型斜面崩壊実験の実施がある。この実施において崩壊の誘因である降雨の再現が重要となるため、本研究では降雨装置に注目した。ここでは降雨装置の主要パーツであるノズルの降雨特性を把握することを目的としている。

2. 降雨装置概要 豪雨など雨の再現をする降雨装置にも様々な形態がある。例えば貯水タンクの底部に取り付けた注射針から降雨させる装置¹⁾や、農業用スプリンクラーを改良した装置²⁾など様々な工夫が施されている。今回、開発する降雨装置の概要としてはポンプから供給される水が配管を通り、先端に取り付けたノズルから降り注ぐ装置を考えている。ポンプの圧力(低压 0.7kPa, 中圧 2.1kPa, 高压 3.5kPa)と、ノズルの種類を変えることで降雨を変化させることができる。ノズルはいけうち 006(平均雨滴径:130μm), いけうち 012(平均雨滴径:190μm), いけうち 020(平均雨滴径:200μm), SS3001(平均雨滴径:280μm)と平均雨滴径が異なる 4 つのノズルを用いる。ノズルから充円錐型に噴出され、噴出角はいけうち 006, 012, 020 では低压時に 60°, 中圧時に 40°, 高压時に 35° と高压になるほど狭まり、SS3001 では狭角ノズルのため常時 35° と一定である。各ノズルの噴出時の様子と噴出角を写真 1 に示す。各ノズルの噴出量や、ある一定の高さに設置した時の降雨範囲と降雨分布、降雨強度、降雨が浸透する様子を実験で明らかにする。これを基に降雨装置に適切なノズルの選定や、必要個数および配置間隔などを考察し、装置開発の検討を行う。

3. 降雨装置に取り付けるノズルの検討実験

3-1. 噴出量測定実験 ノズル噴出口に容器を設置し、1 分間あたりの噴出量を測定する。各ノズルにおいて圧力ごとに測定した噴出量を表 1 に示す。いずれのノズルにおいても圧力を上げていくと噴出量は増加する。また、いけうち 006 が最少量のノズルで、SS3001 は最多量のノズルという特徴を持っている。

3-2. 降雨範囲および降雨分布測定実験 ノズルをある一定の高さに設置した時の降雨範囲と降雨分布を測定する。高さは地面から 80cm, 100cm, 120cm に調節し、圧力ごとに実験を行った。ノズルの真下に容器を設置し、中心から半径 10cm 間隔で並べていく。降雨前後の容器の質量を測り、質量変化しなかった地点では降雨範囲外とする。各ノズルの実験結果を図 1~4 に示す。どのノズルでも低压時の

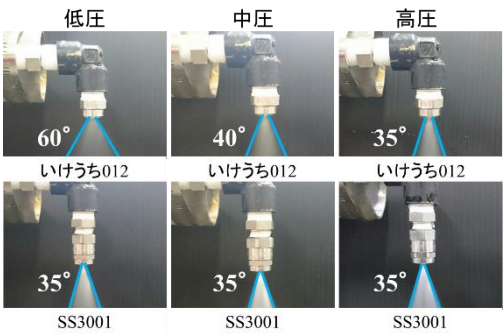


写真 1 各ノズル噴出時の様子と噴出角

表 1 各ノズルの噴出量(ml/min)

いけうち006			いけうち012		
低圧	中圧	高压	低圧	中圧	高压
95.58ml	175.94ml	211.36ml	199.58ml	323.3ml	385.86ml
いけうち020			SS3001		
低圧	中圧	高压	低圧	中圧	高压
311.96ml	492.14ml	611.66ml	657.2ml	1164.03ml	1303.83ml

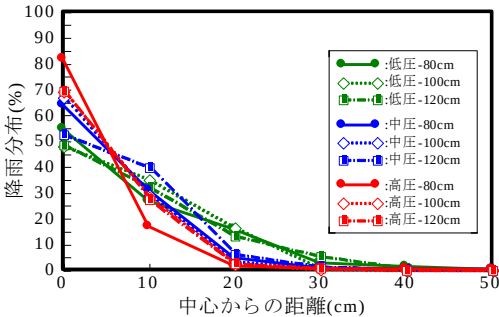


図 1 いけうち 006 の降雨分布

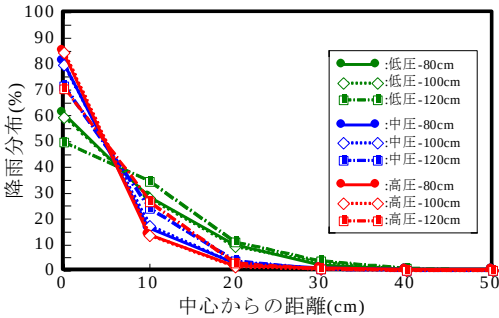


図 2 いけうち 012 の降雨分布

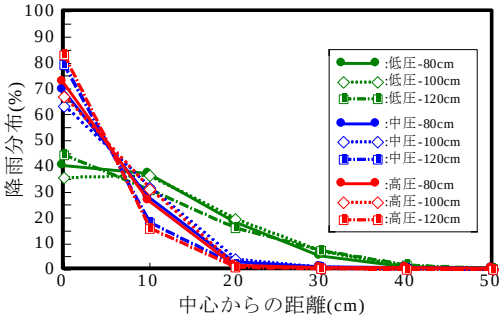


図 3 いけうち 020 の降雨分布

キーワード 模型斜面崩壊実験, 降雨装置, ノズル

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院創成科学研究科 TEL 0836-85-9300

噴霧範囲は半径 30~40cm で、高圧時は半径 20cm に縮小する。これは高圧になるほど噴出角が狭まるためである。また高さによる降雨範囲の変化は小さく、高さ 80cm に設置した時点で全ての雨滴が鉛直下方向に降下していると考えられる。降雨分布は円の中心部が最も高く、離れるほど低くなる傾向にある。高圧時は中心部の分布が大半であり、低圧時は幅広く分布する傾向にある。

3-3. 降雨強度測定実験 表面積 1053m²(27×39cm)の容器に降り注ぐ降雨強度を測定する。容器に約 160ml/min の降雨量のが貯まった場合、想定した降雨強度 90mm/hr となるため、近い値となるように高さと圧力を調整した。この結果を表 2 に示す。SS3001 は過剰な降雨量で降雨強度 90mm/hr の再現は難しく、最も近いノズルはいけうち 006(高圧)か、いけうち 020(低圧)であった。

3-4. 含水比実験 上記の容器に対し、乾燥密度が 1.45g/cm³ となるよう含水比 10%のまさ土を突き固めた。ノズルの設置高さを 100cm に固定し、降雨時間を調整することでノズル種類や圧力が異なっても 1000ml の雨がまさ土に降り注ぐようにした。この時の結果を図 5 に示す。ここで 1000ml の雨がまさ土に全て浸透した場合の含水比は 20.9%となる。いけうち 006(低圧)の含水比は 20.1%とほとんどの降雨が浸透したことに対し、いけうち 006(高圧)は 17.8%と低下した。実験中にも高圧時は噴出の勢いが強いいため雨が空気中に飛散する様子が確認できたが、まさ土に全てが浸透されてないと考えられる。このような高圧時に含水比が低下する傾向は他のノズルにも見られた。

4. 降雨装置の検討 降雨装置を検討するにあたって、広範囲かつ均等に降雨させることができ、降雨強度 90mm/hr の実現が可能かつ土に対し浸透しやすい圧力およびノズルを適切と判断する。仮の降雨装置として、2つのノズルを平行に設置した。この装置を高さ 100cm に設置かつ低圧で降雨させた。図 6, 7 は設置間隔 20cm および 30cm の時の降雨分布である。設置間隔 30cm 時の方がより広範囲に均等に分布している。この傾向はノズルを 3つ設置した時も同等と考えられる。模型斜面崩壊実験で想定する降雨範囲(30×90cm)に対して、設置間隔 30cm で3つのノズルを配置すれば均等に降雨でき、降雨強度で見てもいけうち 020 を3つ配置する装置が最適と判断できた。

5. まとめ 本研究では降雨装置の主要パーツであるノズルの降雨特性を把握した。各ノズルの噴出量と圧力は比例する関係にあり、低圧時の方が降雨範囲は広く、均等に分布でき、地盤に浸透しやすい降雨であった。さらに2つのノズルを 30cm 間隔で設置し、高さ 100cm かつ低圧で降雨させた時、広範囲に均等に分布することがわかった。以上から模型斜面崩壊実験で想定する降雨範囲(30×90cm)に対し、適した降雨装置は3つのいけうち 020 を 30cm 間隔で配置する装置が最適と判断できた。

参考文献

- 1)猪俣陽平, 中田幸男: 阿武山周辺の溪流に対する地形解析と土砂災害, 土木学会中国支部第 68 回研究発表会発表概要集Ⅲ-9, pp. 187-188, 2016. 5
- 2)八木則男, 矢田部龍一, 山本浩司: 雨水浸透による斜面崩壊, 土木学会論文報告集第 330 号, pp. 107-114, 1983.2

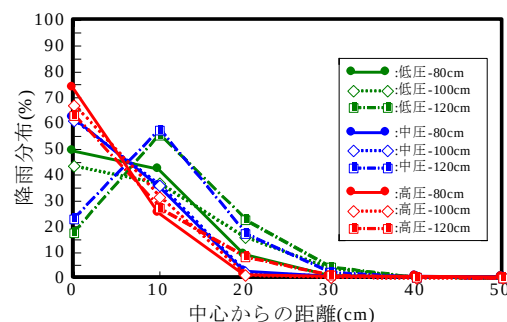


図 4 SS3001 の降雨分布

表 2 各ノズルの容器への降雨量(ml/min)

高さ	いけうち006			いけうち012		
	低圧	中圧	高圧	低圧	中圧	高圧
80cm	74.37ml	137.81ml	178.68ml	113.55ml	256.85ml	312.21ml
100cm	63.56ml	129.73ml	166.73ml	104.82ml	229.62ml	302.49ml
120cm	65.95ml	137.13ml	172.43ml	99.05ml	208.75ml	247.25ml

高さ	いけうち020			SS3001		
	低圧	中圧	高圧	低圧	中圧	高圧
80cm	168.74ml	393.91ml	586.38ml	494.30ml	1061.22ml	1160.22ml
100cm	139.34ml	424.50ml	565.85ml	535.00ml	905.50ml	1237.58ml
120cm	129.20ml	311.95ml	531.67ml	298.44ml	728.26ml	754.72ml

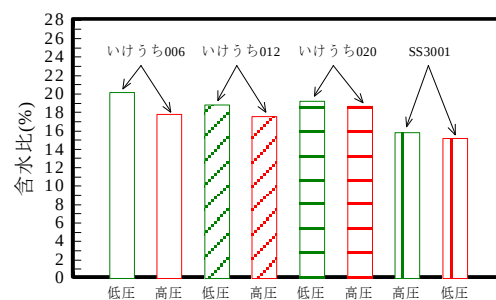


図 5 実験終了時の含水比

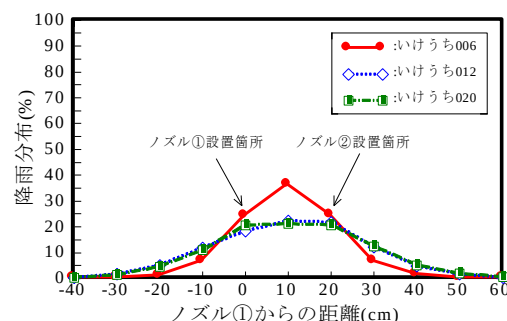


図 6 設置間隔 20cm 時の降雨分布

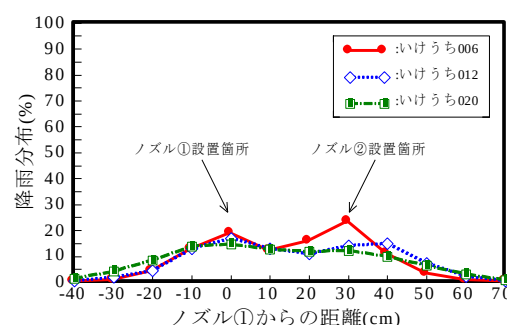


図 7 設置間隔 30cm 時の降雨分布