

豪雨に伴う災害履歴の分析とこれらに基づく模型実験での雨水浸透特性の検討

長崎大学工学部 学生会員 ○猿渡 敏明 長崎大学大学院 フェロー会員 蔣 宇静
 長崎大学大学院 正会員 大嶺 聖 長崎大学大学院 正会員 杉本 知史
 長崎大学大学院 学生会員 石田 純平 長崎大学大学院 学生会員 池田 翔

1. はじめに

近年、異常気象や梅雨期における集中豪雨が多発し、それに伴う土石流やがけ崩れなど数多くの土砂災害が発生している。そして、土砂災害が発生するたびに調査研究が行われ報告書がまとめられている。これらの報告書から土砂災害の特徴を見出し、崩壊前の斜面内の挙動を予測可能ならば、事前に適切な対策をとることができ、防災の面で大きな社会貢献ができると考えられる。

そこで本研究では過去に発生した土砂災害の調査報告書を基に地形・地質・降雨特性といった災害因子に着目した分析と特徴的な傾向に基づく模型実験を行い、斜面内の挙動と雨水浸透特性を明らかにし、降雨時の崩壊予測に役立てる。

2. 九州地域の災害履歴の分析

過去の調査報告書¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾から特徴を見出すために文献調査を行った。調査地域を表-1に示す。これらを基に最大時間降水量・傾斜・地質との関係をグラフ化した。図-1を見てみると、最大時間降水量が80mm/h前後のときに発生頻度が高いことが分かる。よって、降雨強度の違いが斜面崩壊の発生頻度に影響しているのではないかと考え、これを基に以下の模型実験の雨量条件を設定した。

3. 斜面模型実験の概要

雨水浸透が地盤に与える影響を把握するため、斜面模型実験を実施し、降雨の浸透挙動および崩壊形態を確認する。模型の概要を図-2に示す。表-2の突固めの条件により斜面模型を作製する。透水係数を基礎実験によって決定し、模擬斜面を作成する。実験の試料は含水比を約10%に調整した豊浦砂を用いる。給水方法は降雨強度を調節した流量の雨水を模型上部から給水する。実験は調査報告書による傾向を基に斜面の斜度を45°と一定にし、降雨強度を25, 50, 100mm/hと変化させそれぞれ実験を行った。

表-1 調査地域の傾斜と降雨

発生年度	場所	傾斜(°)	最大時間降水量(mm/h)	地質
1990年	長崎県松浦市石倉山木場地区	40	52	火山岩類(玄武岩)
	八女市立花町松尾地区	20	32	変成岩類
	八女市高田町原地区	40	32	変成岩類
	阿蘇(古里川流域)	40	49	黒ぼく・赤ぼく
2003年	熊本県水俣市宝川内集地区	32	121	火山岩類(安山岩)
	鹿児島県出水市境町釘原地区	25	67	火山岩類(安山岩)
	福岡県篠栗町Aブロック	25	84	変成岩類・花崗岩類
	福岡県篠栗町Bブロック	33	84	変成岩類・花崗岩類
2009年	福岡県篠栗町Cブロック	39	84	変成岩類・花崗岩類
	福岡県篠栗町	30	98	変成岩類・花崗岩類
	奄美大島龍郷町浦地区	40	87	堆積岩類
	奄美大島住用町石原地区	40	131	堆積岩類
2010年	名瀬浦上町国道58号	35	100	堆積岩類
	沖縄県大宜村横路路	40	59.5	国頭マージ
	八女市星野村鹿里地区	30	87	黒ぼく・赤ぼく
	八女市星野村柳原地区	20	87	変成岩類
2012年	八女市星野村尾迫地区	60	87	火山岩類
	八女市星野村志谷川地区	26(17~35)	87	火山岩類
	八女市星野村西地区	25	87	火山岩類
	八女市上膳町舟本地区	40	87	変成岩類
	八女市上膳町久木原字倉園	40	87	変成岩類
	八女市上膳町久木原字葛平1	40	87	変成岩類
	八女市上膳町久木原字葛平2	30	87	変成岩類
	八女市黒木町田代地区	30	87	火山岩類(安山岩)
	八女市黒木町田代谷地区	-	87	火山岩類
	八女市黒木町四条野谷地区	40	87	黒ぼく・赤ぼく
	八女市黒木町下名地区	35	87	変成岩類
	八女市黒木町橋原地区	25	87	変成岩類
	熊本県南阿蘇村新所地区	40	106	黒ぼく・赤ぼく
	熊本県阿蘇市三久保地区	30	106	黒ぼく・赤ぼく
	熊本県阿蘇市手野地区	-	106	火山岩類
	熊本県阿蘇市坂原地区	40	89	火山岩類
	熊本県阿蘇市岳周辺地域	-	89	黒ぼく・赤ぼく
	大分県竹田市菅生地区	30	54.5	火山岩類(安山岩)
	大分県日田市釜ヶ瀬地区	30	79.5	火山岩類(安山岩)
	大分県中津市穂坂地区	45	69.5	火山岩類(安山岩)

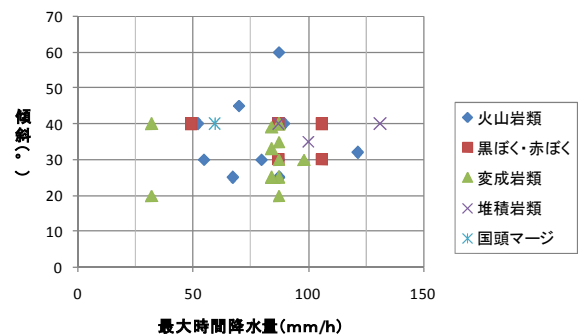


図-1 最大時間降水量-傾斜-地質

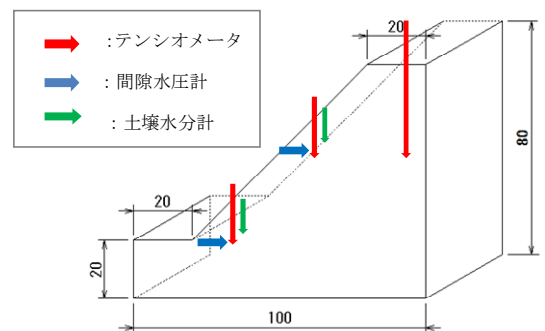


図-2 斜面模型概要

単位(cm)

表-2 三軸・透水・締固め試験結果

含水比 (%)	締固めエネルギー (kJ)	乾燥密度 (g/cm ³)	粘着力 (kN/m ²)	せん断抵抗角 (°)	透水係数 (m/sec)
10	336.9	1.5	1.27	36.9	1.0×10 ⁻⁴

4. 実験結果と考察

まず、豊浦砂が飽和したときの土壌水分率を求める。含水比 10%の豊浦砂を斜面模型作製時と同様の条件でモールドに突き固め、上から霧吹きで給水を行い、飽和するまでの土壌水分率とサクシジョンの関係を図-3 にまとめた。この実験からサクシジョンが消失した時間に供試体が飽和したものとし、その結果から土壌水分率が 36%から上は飽和したものとする。

降雨強度 100mm/h の崩壊形態を図-4 に示す。法尻から徐々に崩壊が進み、斜面中央まで崩壊した。降雨強度 25, 50mm/h でも同様の崩壊形態を示した。土壌水分率の変化を図-5 に示す。法尻と斜面中央での初期値の違いは締固めによって水分が下方へ移動したためであると考えられる。斜面中央における間隙水圧の変化を図-6 に示す。間隙水圧の初期値にばらつきがあるが、これは含水比の違いによるためであると考えられる。降雨強度が増えるにつれ間隙水圧の上昇が急になる。また、目視では降雨強度 100mm/h の場合、約 3000 秒後に崩壊した。2500 秒後に飽和して 500 秒後に崩壊したことになる。降雨強度 50mm/h の場合は約 6000 秒後に崩壊した。4500 秒後に飽和してから 1500 秒後に崩壊したことになる。降雨強度 25mm/h の場合は約 14400 秒後に崩壊した。10000 秒後に飽和してから 4400 秒後に崩壊したことになる。飽和してから崩壊するまでの時間は徐々に長くなる傾向がある。この結果より間隙水圧の上昇が急になるにつれ斜面崩壊を引き起こしやすくなるのではないかと考えられる。

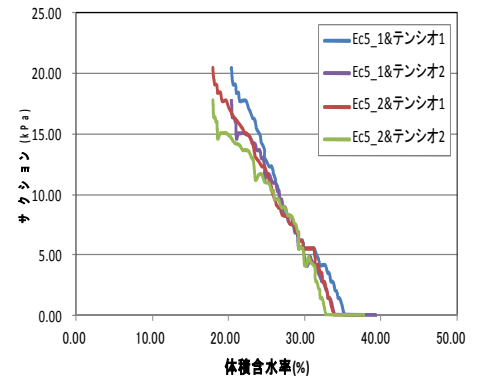


図-3 土壌水分率とサクシジョンの関係

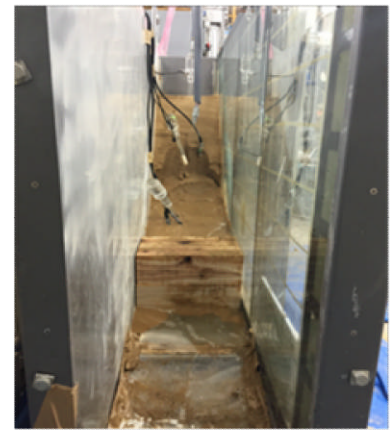


図-4 崩壊形態

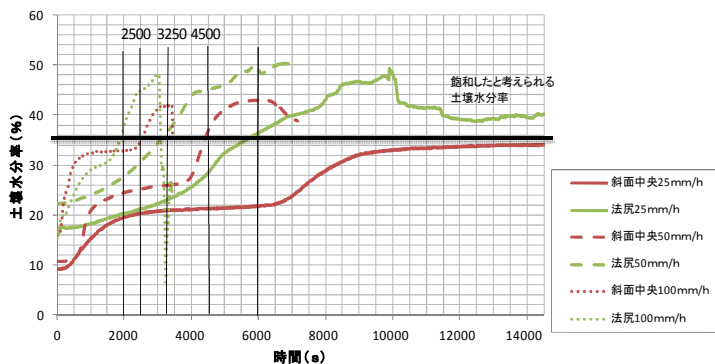


図-5 模型実験における土壌水分率の変化

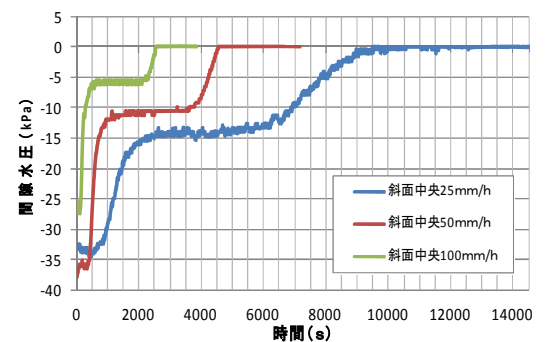


図-6 斜面中央における間隙水圧の変化

5. おわりに

本研究では降雨強度の違いによる間隙水圧の変化率が斜面崩壊に影響していると考察した。降雨強度が大きくなるにつれ間隙水圧の上昇は急になる。さらにこの間隙水圧の上昇が急なほど斜面崩壊を引き起こしやすくなると考えられる。今後は斜面の斜度や地質による斜面崩壊の発生頻度や間隙水圧の変化の様子についても分析を進めていきたい。

【参考文献】1) (社) 地盤工学会：平成 24 年 7 月九州北部豪雨による地盤災害調査報告書, 2)九州大学奄美大島豪雨災害調査団：平成 22 年 10 月鹿児島県奄美大島地区豪雨災害調査報告書, 3) (社) 地盤工学会：平成 21 年 7 月九州北部豪雨による土砂災害調査報告書, 4)橋本晴行ほか：2003 年 7 月九州豪雨災害に関する調査研究, 5)平野宗夫ほか：1990 年 7 月九州中北部豪雨による災害の調査研究