

大型降雨実験施設を活用した土砂災害研究



水・土砂防災研究ユニット 研究員 石澤友浩

はじめに

日本では、毎年、梅雨前線や台風などがもたらす豪雨によって発生する洪水・土砂災害が、多くの人命を奪い、家屋やライフライン等に大きなダメージを与えています。大型降雨実験施設(図1)は、これらの豪雨を原因とする自然災害の防止・軽減を図ることを主たる目的として建設され、1974年に運用を開始しました。

この施設は、世界最大の規模・能力を有する散水装置で自然の雨に近い状態を再現できます。昨年度、散水システムを改良し、ゲリラ豪雨のような短時間で激しい降雨も再現できるようになりました。

ここでは、新しくなった大型降雨実験施設と当施設を活用した土砂災害研究を紹介します。

ゲリラ豪雨対応型へ施設改修

大型降雨実験施設は様々な機能(表1)を有していますが、以下の2つが大きな特徴です。

- 世界最大の散水面積(散水面積が約3000m²、分割使用が可能)
- 移動式降雨装置(最長375mの実験ゾーンを大きな建屋が1m/分の速さで移動)

近年、ゲリラ豪雨(突発的に起こる局地的な大雨)と呼ばれる短時間での強い雨が多大な被害を及ぼしています。日本における短時間での最大観測雨量は、10分間雨量で50.0mm(1時間雨量で300mm相当)が記録されていますが、既存のシステムの10分間の最大雨量は33.3mmまでしか再現することができませんでした。そこで、短時間での雨の強さと雨滴の大きさを再現するために、既存のシステムを以下のように改良しました。

- 10分間の最大雨量を33.3mm→50.0mm
- 雨滴の最大径を2.2mm→6mm程度

このために行った主な改修内容は、最大雨量の範囲を拡大するために降雨用送水ポンプ及び配管類等の交換、雨滴の最大径を大きくするために4種類の降雨用ノズルを新しい方式への変更です。これらに加えて、ランダムな降雨記録を再現できるプログラム運転機能や、降雨停止時の排水システム、雨量計測システム等も整備し、今までよりもっと自然の降雨に近い様々な状況を再現することが可能となりました。今後



図1 大型降雨実験施設

表1 大型降雨実験施設の諸元

大型降雨実験装置		散水性能	
建屋構造	鋼管トラス鉄筋造	雨滴粒径	φ0.1~0.5mm程度
	W40mm×I75mm×H23mm (突起部除く)	降雨強度	15~300mm/h(0.25~50.0mm/1hour)
実験監視室	床高: G.L.から7.4m	降雨前線	W40mm×I75mm(4分間可能)
	面積: 65.4m ² ×2ヶ所 (主・副監視室)	降雨ノズル数	総数2176個(544個×4)
移動速度	1m/min	ノズル設置高	G.L.から16m
		制御方式	遠隔操作、流量/圧力制御
大規模降雨区	0.5m/min(最大降雨量5.6mm)	散水系統	各系統:全量取水(114量取水)mm/h
貯水槽	増設型準地下式水槽 補助取水井戸: 80m ³ /h	544個	第1系統: 15~45/15~50mm/h
			第2系統: 10~200/40~250mm/h
			第3系統: 126~220/180~240mm/h
			第4系統: 200~300/255~300mm/h
	送水ポンプ	3.0kW×2台(200kW、0.4kg/cm ²)	

*改修工事により既存の諸元と変更した点を赤字で示しています。

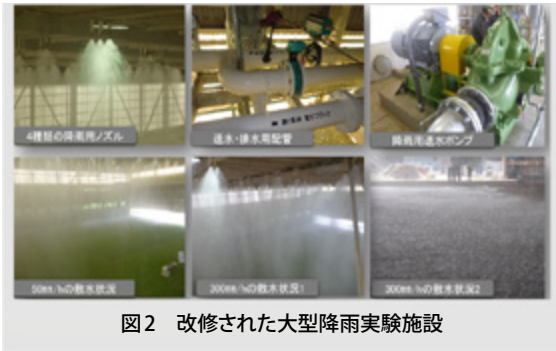


図2 改修された大型降雨実験施設

はこれらの特徴を生かした新しい分野での利用が期待されます。

施設を活用した土砂災害研究

当施設を利用して、土砂崩壊、土壌侵食、洪水現象の解明やレーダ等のセンサ開発等の基礎的・応用的研究が、年間10件程度の国内外の大学・研究機関・民間との共同研究及び施設貸与等が行われています。特に、散水範囲が広いことや建屋が移動できること等の特徴を生かし、土砂災害に関する研究に多く利用されています。

ここで、砂を用いた模型斜面（斜面長 $L=10\text{m}$ 、幅 $W=4\text{m}$ 、高さ $H=5\text{m}$ ）の降雨実験を紹介します。実験の目的は、大雨時に斜面をモニタリングすることにより、土砂崩壊の発生を予測する新しいシステムの開発です。この実験では、自然降雨での実験結果と人工降雨での実験結果を比較検討するため、建屋を幾度か移動させて、実験を行いました。最終的に土砂が崩壊するまで散水を続け、図3に示す崩壊が生じました。

図3の模型斜面には、土の中の微小な水分挙動や変形挙動を検知できるセンサを設置しています。開発を進めている土砂崩壊予測システムには、これらのセンサから得られた情報を分かり易く可視化する機能があります。これにより、目視で確認できない降雨の浸透にともなう土の中の状態変化を把握することが可能です（図4）。また、図4には、開発した土砂崩壊の発生予測

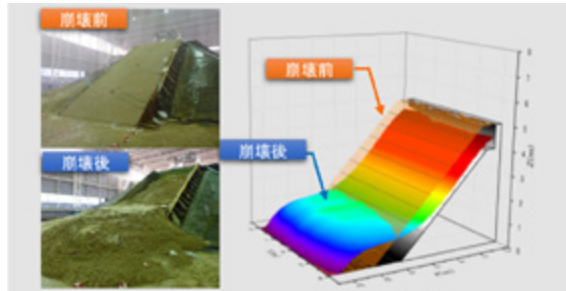


図3 模型斜面の崩壊前後の地表面変化

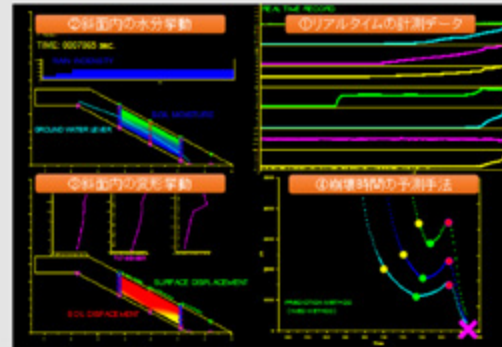


図4 土砂崩壊の発生予測システム

手法¹⁾も示しています。この手法により、崩壊の危険性が差し迫っているか否かを感覚的に把握できるとともに、最終的に崩壊発生時間の予測が可能です。これらの手法の開発は、実規模の模型や降雨条件を任意に設定できる当施設を活用した実験だからこそなし得たものです。

降雨による土砂災害は突発的に発生することが多いため、土砂崩壊が発生するまでの詳細な土の中の観測事例は少なく、当施設を活用した模型実験の結果は貴重な計測データとなります。そのため、当施設での実験から開発された多くの成果があり、既に実用化されています^{例：2)}。今回の改良工事で、自然に近い降雨条件がより忠実に再現できるようになりました。そのため、当施設を活用した実験から新たな防災・減災技術等が開発されることが今後も期待されます。

[参考文献]

- 1) 石澤友浩・酒井直樹・諸星敏一・福園輝旗(2013)：模型実験による斜面変位速度の経時変化と崩壊予測手法に関する検討，日本地すべり，Vol.50，No.6，pp.267-278.
- 2) 福園輝旗(1985)：表面移動速度の逆数を用いた降雨による斜面崩壊発生時刻の予測法，地すべり，Vol.22，No.2，pp.8-13