

斜面崩壊の模型実験に関する一考察

豊橋技術科学大学 正員 栗林栄一 由井洋三
 豊橋技術科学大学大学院 学正員 中澤 春 ○田沢誠也

1 まえがき

地震国と呼ばれる日本において、地震時における災害の中で斜面崩壊によって生じる災害は、その規模や施設に与える損害は多大であり、人命を奪う可能性も高い。ここで、1984年9月14日に長野県西部に発生したマグニチュード6.8の地震における斜面崩壊や、1978年6月に宮城県沖、同年1月に伊豆大島近海で発生したマグニチュードそれぞれ7.4, 7.0の地震における斜面崩壊等がある。これら過去における事例も数多くあるが、今後の地震によって斜面崩壊が起こるであろう斜面は、日本各地に存在していると考えられる。地震時における斜面崩壊は、その地形的な要因による地震動中の振動挙動がどのようになつていたかは興味深い。そこで、縮尺模型地盤を製作し、大型振動台による地盤の振動応答実験を行い、地震動中の斜面の振動特性および地盤の応答を調べて、斜面崩壊の地形的な要因による特性を明らかにしたい。このため、斜面崩壊の特性を調べるための模型実験としているが、主目的を斜面の形状と斜面崩壊の関係に置いているので、動的非破壊実験を想定した。模型実験を実施するためには、対象とする原型の設定、相似則の設定、土質定数の設定および地盤材料の決定、模型地盤の製作、加振機および測定装置の性能、その他の制約条件等の課題が山積みされる。長野県西部地震時に発生した斜面崩壊の事例を中心に、斜面崩壊の模型実験を実施するために必要な検討事項の中で、現在検討中の事柄について報告する。

2 斜面模型と相似則

1) 斜面模型

原型地盤に対する縮尺模型には、実験の目的、制約条件等によりいろいろなタイプの模型が考えられる。斜面崩壊の模型実験では、表-1に示す模型タイプが考えられる。ここで言う制約条件とは、実験の目的を含めて、①現存する加振機の性能および測定装置の種類、性能には制限がある。②原型タイプの規模との関連で、縮尺模型の地盤材料の選定、実験運用費等は制限される。これらの事を踏えて、各種模型タイプを比較検討した。(表-1) この場合、原型タイプは斜面崩壊規模で分類した。長野県西部地震時に発生した斜面崩壊事例では、崩壊規模の大きいタイプを御岳山八合目付近斜面崩壊、崩壊規模の小さいタイプを松越斜面崩壊とする。また表-1の各種模型は、全て力学的な相似条件を満足している模型である。表-1の比較検討によると、振動応答現象を目的とした模型実

表-1 各模型タイプの比較

模型タイプ	原型タイプ		備 考
	規模大 御岳山斜面崩壊	規模小 松越斜面崩壊	
幾何形状的に相似な模型	○	○	原型タイプを選ばない
幾何形状的に ひずませた模型	○		破壊実験の要素が強い 異方性材料が必要
原型に対する 全体縮尺模型		○	原型タイプが大きくなると加振機性能に 限界
原型に対する 部分縮尺模型	○		全体把握が困難
振動応答現象を 目的とした模型	○	○	原型タイプを選ばない
動的破壊現象を 目的とした模型		○	材料選定が困難 測定装置の問題

際では、実物と模型の間に幾何形状的な相似条件が満足されていれば、斜面崩壊規模に関係なく縮尺模型実験が可能となる。ただし、制約条件により全体縮尺模型にするか、部分縮尺模型にするかの選定検討が必要である。

ii) 相似則

対象とする現象については、力による物理量が支配的であるので、力の比を用いる方法で相似則を立てる。実験目的は、斜面の弾性域内における振動応答現象の調査であり、破壊時および破壊後の不線形状態は考慮していない。よって、斜面を線形弾性体と仮定し、斜面基盤と崩壊地盤の境界面は剛結とした。図-1に示す厚さ H_p の均質な線形物性を有する斜面が、硬い基盤上に位置していると考えて実斜面を理想化する。地盤の振動応答に影響を持っていると考えられる力は、①慣性力、②自重による力、③弾性変形に伴う力、④内部減衰による力、⑤土のせん断抵抗力の5つである。ここでは⑤のせん断抵抗力は考慮しない。①~④についての相似を表-2に示す。倍率は、密度の比(n)=2、 ν の比(e)=1、長さの比(λ)=20を与えて代表的な物理量について求めたものである。

3. すべり面法による原型の設定

斜面崩壊地の断面を取り出すために、すべり面法を用いた。図-2に、この手法の概念図を示した。崩壊地と非崩壊地の境界線は、御岳山八合目付近の斜面崩壊のものである。図-2(a)は、境界線上の点から α ずつ移動させて断面を取り出す模様を示しており、図-2(b)では取り出した断面について、すべり面法による安定解析を行い、ある安全率以下の断面を分布させている。これを用いて対象とする原型を設定する。

4. あとがき

斜面模型を製作する時には、境界条件、拘束条件を縮尺地盤で正確に表現しなければならぬ。そのためには、数値解析によって条件設定の当否を調べることが必要になる。また、実験では、実斜面を図-3にある9タイプに理想化して日本の斜面における斜面崩壊特性を調べることとしている。

参考文献：国生、岩楯、櫻井、江刺：強震時における軟質地盤非線形応答の模型振動実験と数値シミュレーション、電力中央研究所土木技研報告、1978年。

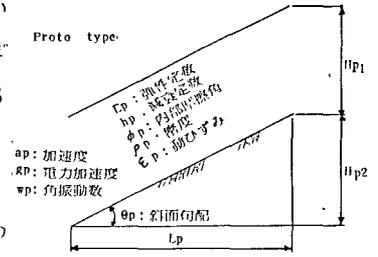


図-1 理想化した実斜面地盤とモデル地盤

表-2 代表的な物理量の倍率

物理量	模型/実物	倍率
ω (rad/s)	$\sqrt{\lambda}$	4.470
ρ (g/cm ³)	$1/n$	0.500
γ (cm)	$1/\lambda$	0.050
Q (cm/s)	1	1.000
ϵ	1	1.000
σ, E, G (g/cm ² ·s)	$1/n\lambda$	0.025
h (%)	1	1.000

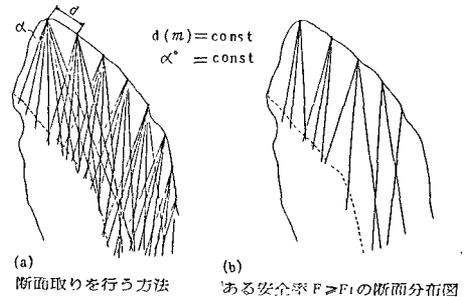


図-2 断面抽出方法の概念図

観 点	最大傾斜方向(落水時)の變化状態			
	分類基準	水平断面形(等高線の平面形)による斜面分類		
	分類	凸形斜面(凹形斜面)	直線斜面	谷型斜面(凹水斜面)
最大傾斜の大きさ(20度)の變化状態	凸形斜面			
	凹形斜面			
	凹形斜面			

図-3 斜面の形態分類 (佐々木, 1977より)