

Ⅲ-38 ネパールの主要国道沿いの地すべりと道路防災

愛媛大学 正 ○矢田部龍一、ネトラ・バンダリー、環境地質 正 稲垣秀輝
香川大学 正 長谷川修一、愛媛大学 正 中島淳子

1. まえがき

ネパールは仏教発祥の地であり、世界最高峰のエベレストを擁する国である。エベレストは有名であるが仏陀の生まれた高度精神文明の発祥の地としての認識度は低い。これは日本に多くの仏教の宗派があるが、自派の本山のみを崇めて仏陀の生誕地や悟りの地を聖地として敬意を表していないからであろう。

そのような話は別にして、今のネパールは発展途上国であり、世界の最貧国の一つである。経済力がない上に、造山帯に位置し、雨期に集中豪雨がある関係で、道路沿いの土砂災害が後を絶たない。首都は1200mの高度の構造盆地に開けたカトマンズである。カトマンズからインドの間には3000m級の山々が連なるレッサーヒマラヤと、新第三紀のモラッセ堆積物であるシワリク層が分布している。首都カトマンズとインドを結ぶプリティビハイウェイならびにトリブバンハイウェイはインドからの物流の大動脈であるが、集中豪雨により地すべり・土石流が発生し、度々寸断されている。この道路を保全することはネパールにとって最重要課題の一つである。

本報告では、これらの道路沿いの地すべりや土石流災害地の機構解明と対策工の検討のために行っている3回に及ぶ調査¹⁾の結果のうち、主に土砂災害の形態と鉱物分析結果とせん断試験結果を示して、地すべりや土石流の特性について述べる。

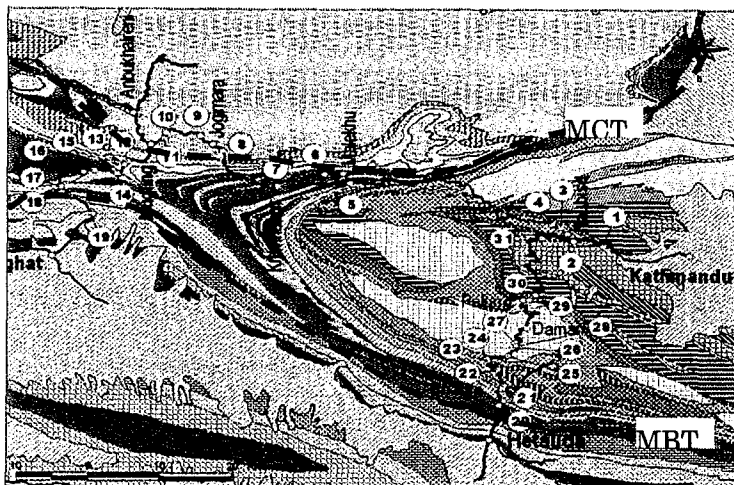


図-1 調査地点と付近の地質概要

2. 国道沿いのハザードマップ作成と土砂災害調査地点

現地調査と航空写真判読により国道沿いの土砂災害ハザードマップを作成した。また、主要な崩壊地点では現地調査を実施し、試料サンプリングも行った。図-1にプリティビハイウェイならびにトリブバンハイウェイのルートと、地質構造、断層、調査地点を示す。

図-2にハザードマップの一例を示す。これを両ハイウェイの全線に渡って作成し、GIS上に落としている。この成果をもとに、道路の土砂崩壊対策を検討している。

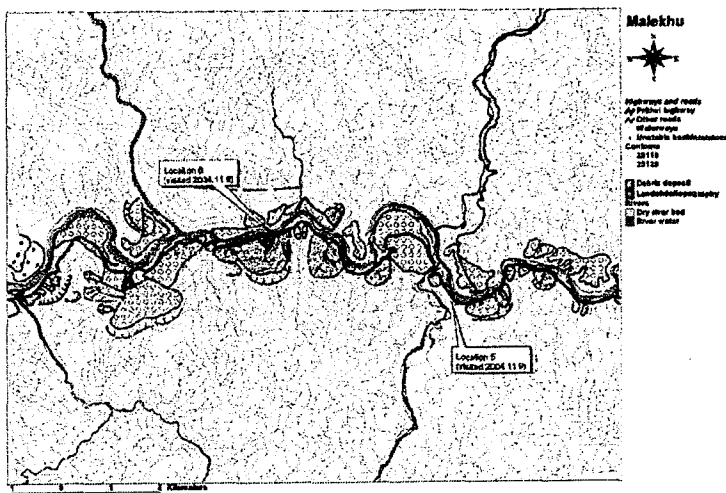


図-2 ハザードマップの一例

3. 鉱物分析結果並びにせん断試験結果

ネパールでは地すべり地でボーリング調査がなされることは殆どない。そのため、試料は地すべり地や土

石流の源頭部の露頭から採取したものである。調査した崩壊地の中で粘土化が進んだものを試料として採取し、分析した。調査地点の鉱物分析結果並びにせん断試験結果を表-1に示す。X線回折は全岩試料に対する粉末法、 $2\mu\text{m}$ 以下の試料に対する定方位法とエチレングリコール処理試料に対して行った。リングせん断試験は $250\mu\text{m}$ 以下の試料を用いて試験している。

鉱物分析結果を見ると、全体的にはイライトならびにマスコバイトが多く含まれている。石英は大半の地点で認められるが、長石は少ない。クロライトが含まれるのも特徴的である。15-I~IIIの試料は、古い大規模地すべりのすべり面で数m厚さに渡って粘土化が進んでいる箇所から採取したものである。無数に粘土シームが入っており、熱水の影響も可能性としては否定できない。実際、15-IIIの試料には膨張性が認められる。今回調査した地すべり地の中でははっきりと膨張性が確認できた唯一の試料である。粘土鉱物が殆ど生成されていないが、これは風化環境が影響していると思われる。

せん断抵抗角は残留状態で $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 、ピーク状態で $22^{\circ}\sim 35^{\circ}$ と、特に小さなせん断抵抗角を示したものはない。これは膨張性の粘土鉱物が含まれていないからである。土砂崩壊地の粘土化した試料に膨張性の鉱物が含まれていなくて、せん断抵抗角が比較的大きい理由は次のように考えられる。それは、ネパールは斜面の勾配が急であり、膨張性の鉱物が生成されてせん断抵抗角が小さくなれば、崩壊してしまっているか、風化環境により膨張性の鉱物が生成されにくいかのいずれかである。

なお、本調査には一部、科学研究費基盤研究Bを使用した。

表-1 調査地点の含有鉱物とリングせん断試験結果

Sample No.	Solid density (g/cm^3)	ϕd (degree)	ϕr (degree)	Main constituent minerals							
				Smectite	Chlorite	Illites	Muscovite	Quartz	Feldspar	Actinolite	Albite
1	-			○	-	●●●	●	●●	●	-	-
1-1	-			-	-	●●	●	●	●	-	-
3	-	29.06	28.21	-	-	●●●	●●	●●	-	-	-
4	2.72	28.58	26.89	-	●	●●●	●●	●	●	-	-
5	2.74	22.04	21.00	-	●●	●●●●●	●●●●	●●	-	-	-
6	2.78	25.77	25.32	-	●●	●●●●	●●●	●●●	-	-	-
7	-	24.00	23.06	-	●●●	●●●●	●●●	●●	-	-	-
7-1	2.68	35.69	33.87	-	●●	●	●	●●●●	-	-	-
7-2	-	26.05	25.32	-	●●	●●●	●●●	●●	-	-	-
8	-	22.39	20.96	-	●●●	●●●●	●●●●	●	-	-	-
10	-	26.88	26.63	-	●●	●●●	●●	●●	-	-	-
11	-	31.15	30.34	-	●●	●●	●●	●●	-	-	-
12	-			-	●●●●	●●●	●●	●	-	-	-
14	-			-	●●●	●●		●●●●	●●	-	-
15-1	-			-	●●●	●●●	●	●●	-	-	-
15-2	-	26.44	25.22	-	●●●●	●●	●	●●	-	-	-
15-I	-			-	●●	●●		●●●	●●	-	-
15-II	-			-	●●	●●		●●●	●●	-	●
15-III	-			◎	●●	●●		●●●	●●	-	●
16	-			○	●●●	-		-	●●●	●	●
21-1	-	29.21	27.36	-	-	●●	●●	●	-	-	-
21-2	-			-	-	●●	●	●●	●●	-	-
25	-			-	-	●●●		●●●●	●●●●	-	●

Note: the black solid circles (●) indicate the relative amount of a particular mineral only; (high) ●●●●●●●● (low) ● they do not represent the amount relative to each other.

◎ - more
○ - less

参考文献

- R. Yatabe, N. Bhandary & D. Bhattarai : Landslide hazard mapping along major highways of Nepal, Ehime University & Nepal Nepal Engineering College, 2005
- Amatya, K.M. and Jnawali, : Geological Map of Nepal, 1:1,000,000. Department of Mines & Geology. 1994