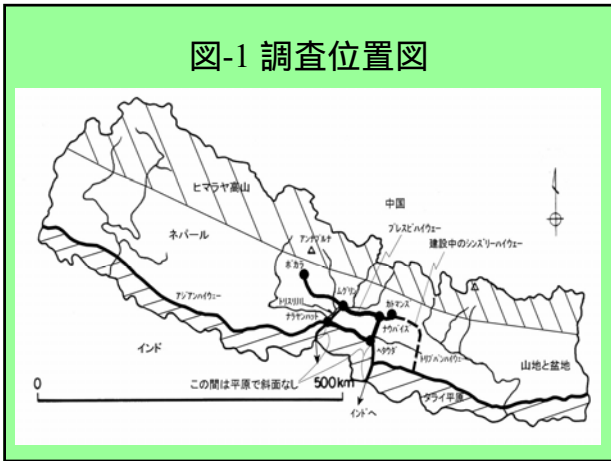




- ## ネパール最重要道路のハザードマップとリスク管理
- 1.はじめに
 - 2.調査対象
 - 3.道路斜面危険箇所の特徴
 - 4.道路ハザードマップ
 - 5.道路リスク管理の考え方とハザードマップの重要性
 - 6.今後のネパールでの道路防災のあり方
 - 7.まとめ



- ### 3.道路斜面危険箇所の特徴
- 被災要因から斜面崩壊,地すべり,その他
 - 盛土崩壊,土砂崩壊,風化岩崩壊,流れ盤岩石崩壊,受け盤岩石崩壊
 - 土砂地すべり,風化岩すべり,岩盤すべり
 - 浮石や転石からの落石と河川の攻撃斜面で特に多い河岸侵食,そして道路を横断する沢で発生する土石流災害
 - 湿潤変動帯の斜面危険箇所日本で類似

表-1 主要な被災箇所一覧表

箇所番号	区画(°)	経度(°)	標高(m)	危険タイプ	原因	地質	経路	状況	被害状況	対策	対策種類	発生頻度	リスク
1	28°10'N	84°10'E	1000	盛土崩壊	盛土崩壊	粘土質	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
2	28°15'N	84°15'E	1050	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
3	28°20'N	84°20'E	1100	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
4	28°25'N	84°25'E	1150	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
5	28°30'N	84°30'E	1200	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
6	28°35'N	84°35'E	1250	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
7	28°40'N	84°40'E	1300	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
8	28°45'N	84°45'E	1350	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
9	28°50'N	84°50'E	1400	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
10	28°55'N	84°55'E	1450	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
11	29°00'N	85°00'E	1500	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
12	29°05'N	85°05'E	1550	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
13	29°10'N	85°10'E	1600	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
14	29°15'N	85°15'E	1650	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
15	29°20'N	85°20'E	1700	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
16	29°25'N	85°25'E	1750	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
17	29°30'N	85°30'E	1800	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
18	29°35'N	85°35'E	1850	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
19	29°40'N	85°40'E	1900	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
20	29°45'N	85°45'E	1950	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
21	29°50'N	85°50'E	2000	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
22	29°55'N	85°55'E	2050	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
23	30°00'N	86°00'E	2100	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
24	30°05'N	86°05'E	2150	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
25	30°10'N	86°10'E	2200	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
26	30°15'N	86°15'E	2250	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
27	30°20'N	86°20'E	2300	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
28	30°25'N	86°25'E	2350	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
29	30°30'N	86°30'E	2400	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
30	30°35'N	86°35'E	2450	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
31	30°40'N	86°40'E	2500	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
32	30°45'N	86°45'E	2550	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
33	30°50'N	86°50'E	2600	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
34	30°55'N	86°55'E	2650	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
35	31°00'N	87°00'E	2700	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
36	31°05'N	87°05'E	2750	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
37	31°10'N	87°10'E	2800	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
38	31°15'N	87°15'E	2850	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
39	31°20'N	87°20'E	2900	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
40	31°25'N	87°25'E	2950	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
41	31°30'N	87°30'E	3000	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
42	31°35'N	87°35'E	3050	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
43	31°40'N	87°40'E	3100	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
44	31°45'N	87°45'E	3150	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
45	31°50'N	87°50'E	3200	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
46	31°55'N	87°55'E	3250	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
47	32°00'N	88°00'E	3300	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
48	32°05'N	88°05'E	3350	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
49	32°10'N	88°10'E	3400	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
50	32°15'N	88°15'E	3450	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
51	32°20'N	88°20'E	3500	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
52	32°25'N	88°25'E	3550	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
53	32°30'N	88°30'E	3600	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
54	32°35'N	88°35'E	3650	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
55	32°40'N	88°40'E	3700	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
56	32°45'N	88°45'E	3750	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
57	32°50'N	88°50'E	3800	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
58	32°55'N	88°55'E	3850	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
59	33°00'N	89°00'E	3900	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
60	33°05'N	89°05'E	3950	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
61	33°10'N	89°10'E	4000	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
62	33°15'N	89°15'E	4050	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
63	33°20'N	89°20'E	4100	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
64	33°25'N	89°25'E	4150	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
65	33°30'N	89°30'E	4200	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
66	33°35'N	89°35'E	4250	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
67	33°40'N	89°40'E	4300	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
68	33°45'N	89°45'E	4350	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
69	33°50'N	89°50'E	4400	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
70	33°55'N	89°55'E	4450	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
71	34°00'N	90°00'E	4500	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
72	34°05'N	90°05'E	4550	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
73	34°10'N	90°10'E	4600	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
74	34°15'N	90°15'E	4650	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
75	34°20'N	90°20'E	4700	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
76	34°25'N	90°25'E	4750	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
77	34°30'N	90°30'E	4800	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
78	34°35'N	90°35'E	4850	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
79	34°40'N	90°40'E	4900	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
80	34°45'N	90°45'E	4950	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
81	34°50'N	90°50'E	5000	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
82	34°55'N	90°55'E	5050	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
83	35°00'N	91°00'E	5100	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
84	35°05'N	91°05'E	5150	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
85	35°10'N	91°10'E	5200	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
86	35°15'N	91°15'E	5250	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
87	35°20'N	91°20'E	5300	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
88	35°25'N	91°25'E	5350	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
89	35°30'N	91°30'E	5400	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
90	35°35'N	91°35'E	5450	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
91	35°40'N	91°40'E	5500	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
92	35°45'N	91°45'E	5550	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
93	35°50'N	91°50'E	5600	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
94	35°55'N	91°55'E	5650	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
95	36°00'N	92°00'E	5700	風化岩崩壊	風化岩崩壊	風化岩	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	高	高
96	36°05'N	92°05'E	5750	土砂崩壊	土砂崩壊	砂質土	直線	良好	通行止め	盛土撤去	構造補修	中	中
97	36°10'N	92°10'E</											

図-3 トッピングによる受け盤岩石崩壊の危険斜面 (No.25)

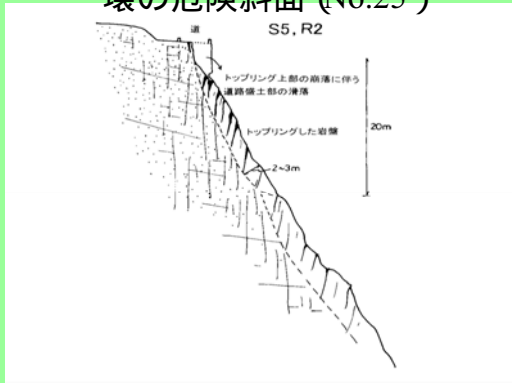


図-4 受け盤岩石崩壊の危険斜面 (No.1)

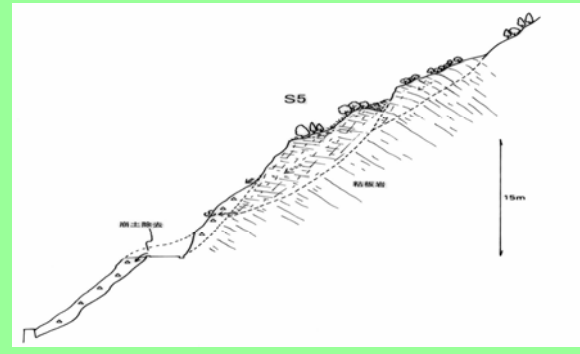


図-5 岩盤地すべりと沢沿いの土石流の危険斜面 (No.15)



図-6 土砂地すべりと末端部の河岸浸食 (No.4)

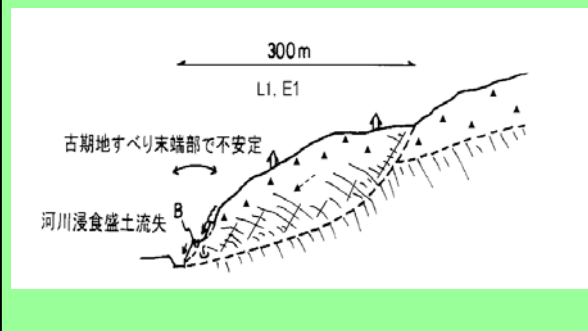


図-7 風化岩崩壊の危険斜面 (No.27)

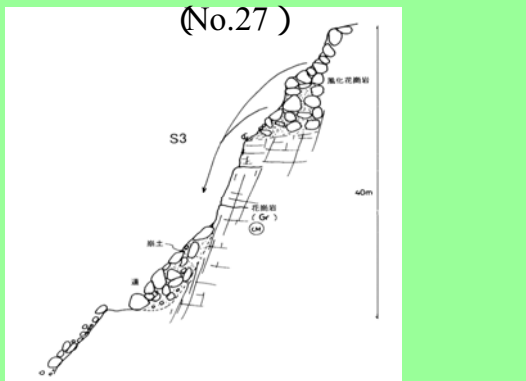
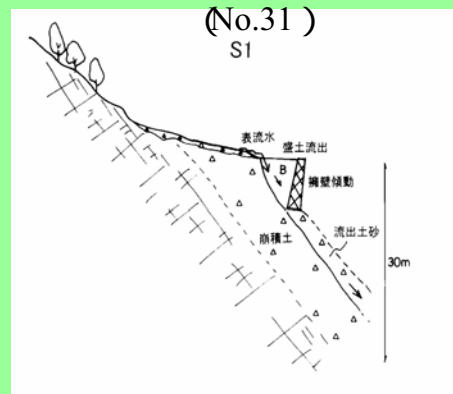


図-8 盛土崩壊の危険斜面 (No.31)



4. 道路ハザードマップ

- 縮尺 1/25000で12枚作成
- 1 峡谷沿いのハザードマップ
- 2 盆地沿いのハザードマップ
- 3 山岳地でのハザードマップ
- 4 大断層沿いのハザードマップ

図-9 道路ハザードマップ案内図

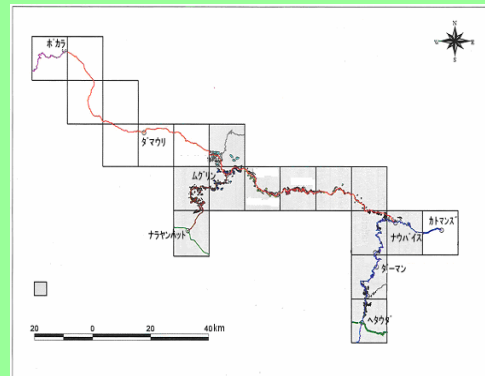


表-2 道路ハザードマップで注目した項目

記号	項目
	地すべり
	地すべり地形
	斜面崩壊
	崩壊地形
	河岸侵食
	段差地形
	縞んだ岩盤
	不安定な浮石・転石
	土石流堆
	沖積堆
	扇状地
	崖堆
	遷急線
	リニアメント
	大規模断層
	高位段丘面
	中位段丘面
	低位段丘面
	表流水
	ガリー
	湧水
	調査箇所番号

図-10 峡谷沿いで道路ハザードマップ



図-11 盆地沿いで道路ハザードマップ

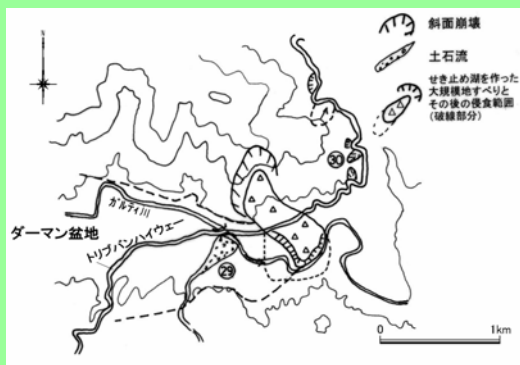
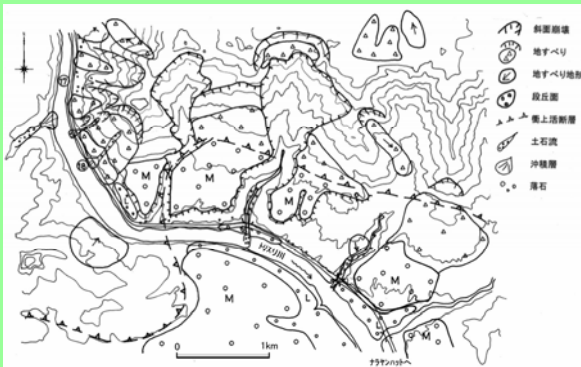


図-12 山岳道路でのハザードマップ



図-13 大断層沿いでの道路ハザードマップ



5. 道路リスク管理の考え方とハザードマップの重要性

- 被災規模や地表の変状などによる災害のせまり具合や現地での聞き込み調査による発生頻度から、31箇所の被災地のリスク分類
- 対応策の優先順序をつける意味で、簡便的なリスク評価
- リスク分類が大となったNo. 3, 4, 11, 15, 20, 21, 27, 28地点などが、道路保全対策の優先順位が高い

図-14 ハザードの分類

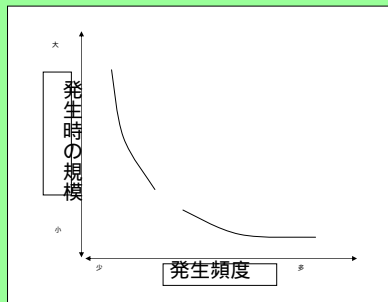


表-3 道路リスク分類表

発生規模 \ 発生頻度	小	中	大
小	小	小	中
中	小	中	大
大	中	大	大

6. 今後のネパールでの道路防災のあり方

- ネパールの経済力を考慮すると今回のハザードマップを利用して、経済的負担の大きいハード対策を出来る箇所は少ない。したがって、通行規制などのソフト対応と連携しながら道路防災管理を行うことが現実的
- (1) 現道路ルートを防災管理する場合
- (2) 新規に効果的な道路を計画する場合
- ハード対策だけでなく、交通規制や避難誘導、情報伝達を含めたソフト対応を重視する必要があり、そのためには今回作成したハザードマップの重要性とそのリスク管理のあり方あるいは環境との共生などを考慮したハード・ソフトの防災のしきみを向上させる工夫が重要

(1) 現道路ルートを防災管理する場合

- 小規模であるが、頻繁に発生する斜面ハザードについては、a) 土砂崩壊、b) 地すべり側部の沢からの土石流、c) 盛土や擁壁の倒壊、d) 斜面の表層崩壊などが多い。これらについては、ハード対策を重要なところから実施
- フンカゴ、植生工 (バイオエンジニアリング)、フンカゴ、蛇カゴによるチェックダム、排水工 など
- 災害規模が中～大程度の斜面ハザードは災害機構の調査・研究の他に動態観測、通行規制システムや迂回ルートの検討

(2) 新規に効果的な道路を計画する場合

- 交通の渋滞や急勾配での自動車からの排気ガスの排出による大気汚染の増大や、流通の効率化などを考慮すると、今後、自動車交通をスムーズにするための新規の道路ルートの検討も必要
- 新規ルートとは、トンネルや長大橋の建設によって、規模の大きな斜面ハザードの回避や交通の障害となっている峠道のトンネル化が対象

Landslide Damages in Changunarayan Hill of Nepal and the Conservation of World Heritage Site

Kankyo Chishitsu Co. Ltd Hideki Inagaki
Ehime Univ. Netra P. Bhandary
Ehime Univ. Ryuichi Yatabe

2006.11.26 In Katmandu

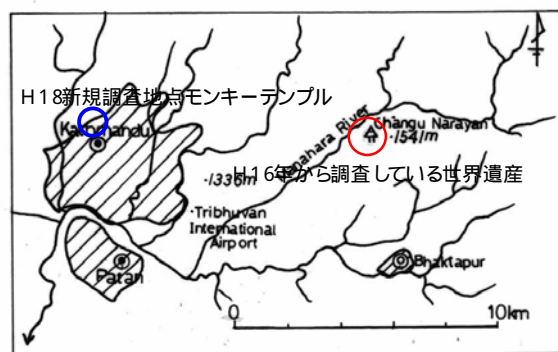
1. Introduction(1)

- There are many temples of archeological importance in Nepal, and most of them are situated in and around the capital city of Katmandu.
- Changunarayan Temple in Bhaktapur area is one of the monuments of ancient Nepalese architecture registered as a world cultural heritage site with the UNESCO.
- Bhattarai et al (2004) have reported that Changunarayan temple has traces of damage under the influence of landslide activities in the hill probably due to sand mining and agricultural activities in the vicinity.
- We carried out a geographical analysis by interpreting the aerial photographs and conducting geological survey of the hill slopes in November 2004.



Based on this survey, local daily newspapers in Japan also covered the news on Changunarayan Temple describing that Ehime University Research group has shown interest in landslide damage of a cultural heritage site in Nepal, and surveyed for landslide hazard assessment of Changunarayan Temple so as to prevent the famous world cultural heritage site from natural disasters.

Changunarayan hill is located on the north-east side of Katmandu basin as shown in the Figure

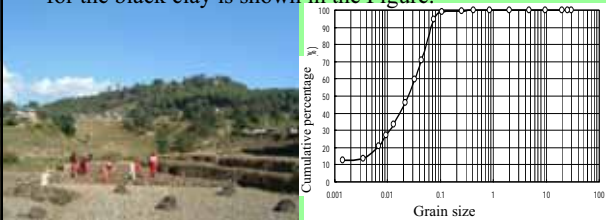


The World heritage site ,Changunarayan temple



2 .Topography and geology

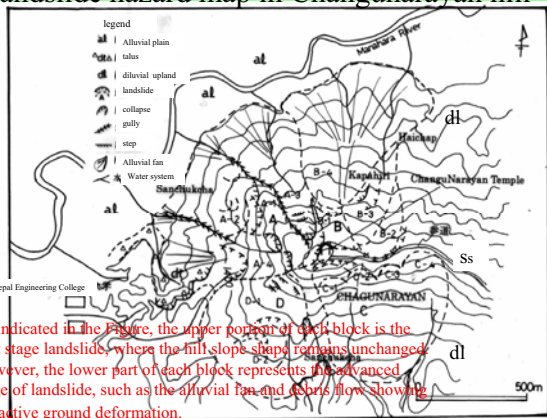
- The temple is situated on top of diluvial lake deposit and meta-sandstone with a narrow ridge as shown in the Photo .
- The diluvial deposit consists of semi-consolidated clay layers (including black clay) including sand and gravel.
- The back clay is characterized by finely graded grain size and weak shear strength. The cumulative grain size curve for the black clay is shown in the Figure.



3 .Distribution of Landslides in Changunarayan hill

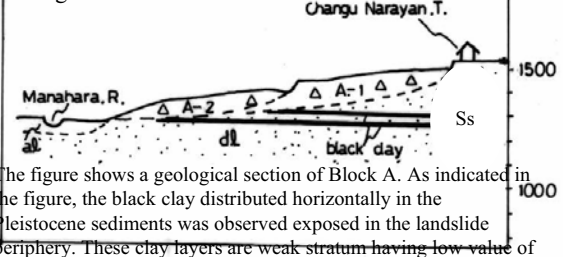
- Bhattarai et al (2004) explain that the landslide damage to the temple has been caused by river sand mining and agricultural activities along the Manohara River.
- According to the authors' investigation, there are 4 large-scale landslides (A, B, C, and D) around Changunarayan temple.
- Blocks A, B, and C are divided into 4 sub-blocks, and Block D is divided into 2 sub-blocks.
- The landslide hazard map of Changunarayan Hill is shown in the next Figure.

Landslide hazard map in Changunarayan hill



As indicated in the Figure, the upper portion of each block is the first stage landslide, where the hill slope shape remains unchanged. However, the lower part of each block represents the advanced stage of landslide, such as the alluvial fan and debris flow showing the active ground deformation.

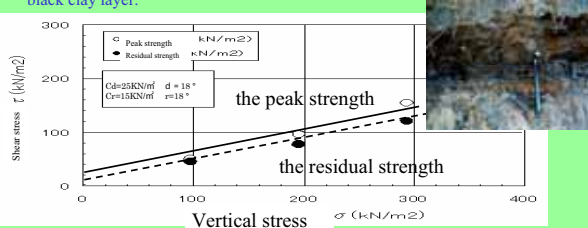
Geological section of A landslide block



The figure shows a geological section of Block A. As indicated in the figure, the black clay distributed horizontally in the Pleistocene sediments was observed exposed in the landslide periphery. These clay layers are weak stratum having low value of shear strength underneath the landslide mass. So, it is considered that the landslide takes place through the black clay layer. Furthermore, the river sand mining along Manohara River flowing through the foot of Changunarayan hill may be one reason for the reduced landslide stability.

4 . CASE OF LANDSLIDE CAUSED BY BLACK CLAY LAYER

- The black clay sample identified as the landslide slip layer in the Changunarayan Hill has high water content, and consists of sericite, biotite and other clay minerals.
- According to the figure, the peak strength of this clay in terms of angle of internal friction and cohesion is $\phi = 18^\circ$, $c = 25\text{kN/m}^2$, as measured in ring shear apparatus. Similarly, the residual strength in terms of angle of internal friction and cohesion is $\phi = 18^\circ$, $c = 15\text{kN/m}^2$ (a decrease of 10kN/m^2). The residual strength of black clay layer decreases by 10kN/m^2 from the peak strength ; therefore, it is considered that the landslides have been caused by the black clay layer.



5 . The events of heavy rainfall and high magnitude earthquakes

- There are only traces of landslide damage to the temple and its surrounding structures at present with the increase of landslide movement. However progressing to upper portion of the hill near the temple during the events of heavy rainfall and big earthquakes, the damage could be extensive resulting in complete destruction of temple structures in the periphery.



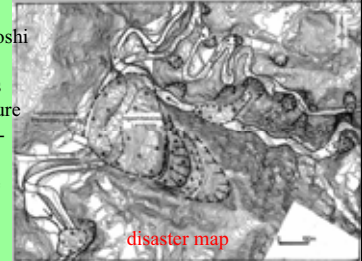
Left side photo shows the main scarp of a landslide, where many cracks and tilting of the ground can be observed as the indications of the landslide. Right side photo shows damage to temple structures can be noticed



6. Case of landslide movement during earthquakes in Japan

- Niigata Chuetsu Earthquake that hit north-west Japan on 23 October 2004 and caused heavy damage in Yamakoshi Village induced many large-scale landslides in hilly area.

I was involved in preparing slope disaster map of Yamakoshi Village immediately after the Chuetsu Earthquake, which is shown in the Figure. This figure shows the recurrence of large-scale landslides in Higashitakezawa area and the creation of a natural dam.



Damming up of Imo River due to large-scale landslide in Higashitakezawa



There is a slipping down cliff on the left side of the photograph and completely slid block rotating upward in the right.

The Nepalese topographical and geological conditions

- The Nepalese topographical and geological conditions are almost similar with those in Japan. Like the reactivation of Higashitakezawa landslide in Japan during the Niigata Chuetsu Earthquake, the large-scale earthquake that is due to hit Nepal in near future including Kathmandu Valley will cause extensive damage to various structures and hill slopes including destruction of buildings and temples and recurrence of landslides. So, planning and construction of preventive measures for the expected damages are immediately necessary.

Preventive measures at Higashitakezawa



7. Conclusions

- As a result of geographical analysis employing aerial photograph interpretation and geological survey of slopes on the Changunarayan Hill in 2004, it was understood that the landslides might have occurred due to existence of black weak layer of clay.
- Moreover, there are four main blocks of landslides around the Changunarayan Temple.
- The upper part of the landslide blocks may progress up to the hill top near the temple in case of heavy rainfalls and high intensity earthquakes in near future.
- In order to conserve this world heritage site, the geotechnical survey in detail including slope stability analysis is urgently required.
- The timely preventive measures will help protect the world heritage monuments from being damaged or destroyed during natural disasters, and it is always important to conserve these cultural monuments so as to harmonize the cultural and environmental balance.

チャングナラヤンは地すべりタイプ



モンキーテンブルは斜面崩壊のタイプ



今後と計画

- 道路ハザードマップの改訂版の出版
- 新規トンネルルート計画
- 平成16年から始めているチャングナヤン寺院(地すべりタイプ)の詳細調査計画と対策案の検討
- 平成18年から始めたモンキーテンブル(斜面崩壊タイプ)の調査のまとめ
- その他、(河川環境の調査、カトマンズ盆地の地震マイクロゾーニング)

カトマンズ盆地の河川環境



カトマンズ盆地の地盤特性

