

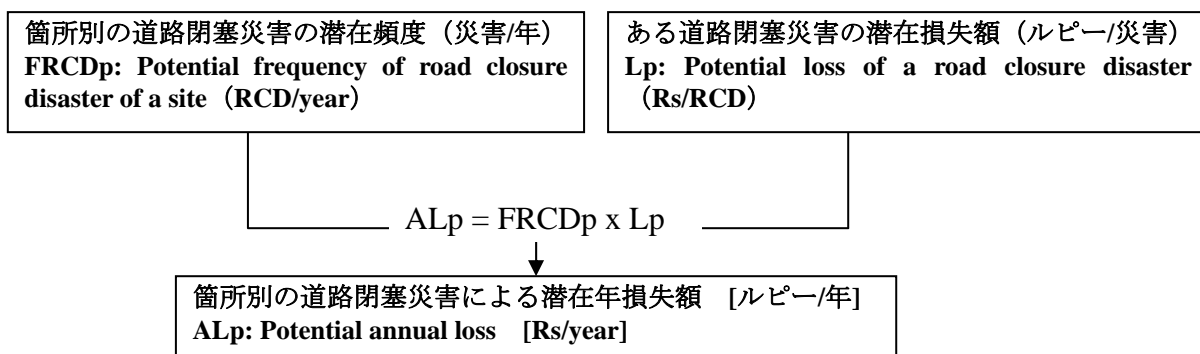
3.3 道路斜面災害のリスクアセスメント

3.3.1 リスクアセスメントの概要

道路斜面災害リスクを以下の2つのリスク指標で評価した。

- 1) ある箇所における道路閉塞災害の潜在頻度 (FRCDp)
- 2) ある箇所における道路閉塞災害による潜在年間損失額 (ALp)

FRCDp と ALp の関係を図 3.3.1 に示す。



RCD: Road closure disaster : 道路閉塞災害

Lp: ある道路閉塞災害の潜在損失額 (ルピー/災害) =
道路復旧費+人身損失+車輛損失+道路閉塞による交通損失

図 3.3.1 リスク指標の関係

一般に、道路斜面災害のリスクは災害発生頻度と災害規模の積として示される。FRCDp はリスクの発生頻度要素のみの指標であり、ALpはこの発生頻度要素 FRCDp と損失額で示したリスク規模との積により求められる総括的な指標である。

(1) ある箇所における道路閉塞災害の潜在頻度(FRCDp)

FRCDp 算出のための考え方は図 3.3.2 に示すとおりである。

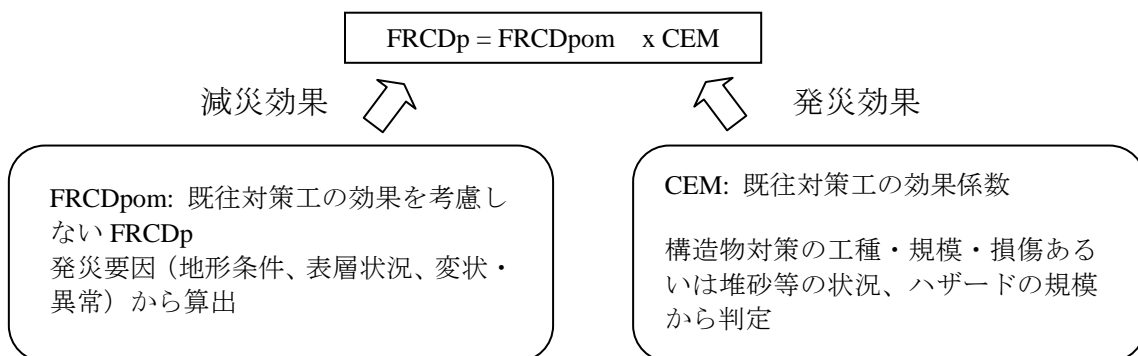


図 3.3.2 ある箇所の潜在道路閉塞災害発生頻度 (FRCDp) の算出構造

まず、既存対策の効果を考慮しない場合の FRCDp (FRCDpom: FRCDp without structural measure)を、地形条件、表層状況、変状・異常から算定する。一方、既存の構造物対策の減災効果はその効果係数 (CEM) として評価する。FRCDp は FRCDpom と CEM の積として算出される。

(2) 潜在年間損失(ALp)

ALp の算出構造を図 3.3.3 に示す。

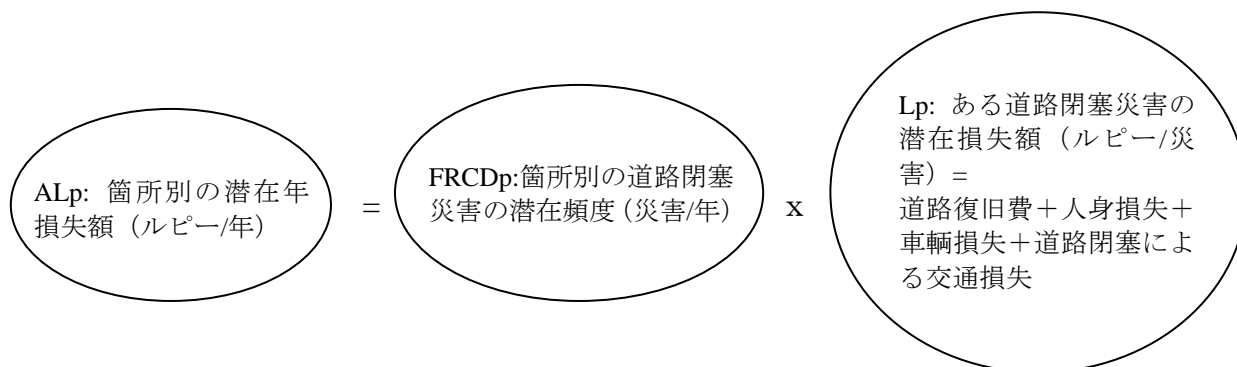


図 3.3.3 ある箇所の潜在年間損失 (ALp) の算出構造

ALp は FRCDp と「ある道路閉塞災害の潜在損失額 (Lp)」の積である。Lp は、道路復旧費、人身損失、車輛損失、道路閉塞による交通損失の 4 つの要素からなる。さらに、道路閉塞による交通損失は、待機損失、迂回損失、取止め損失の 3 つの細要素の和として求める。

3.3.2 作業の流れ

N-M 道路の斜面災害リスクと、構造物対策の経済性評価の作業手順を図 3.3.4 に示す。

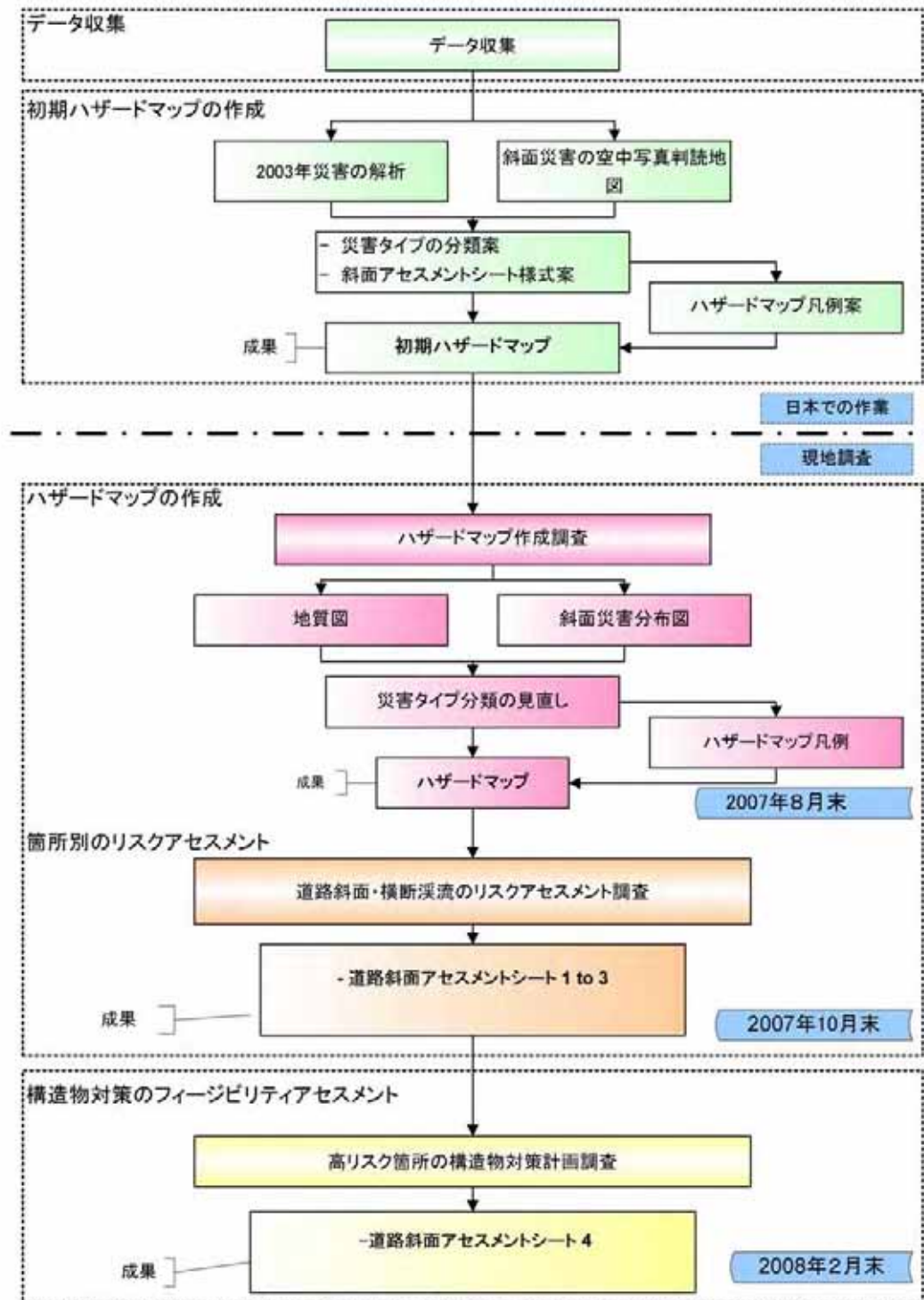


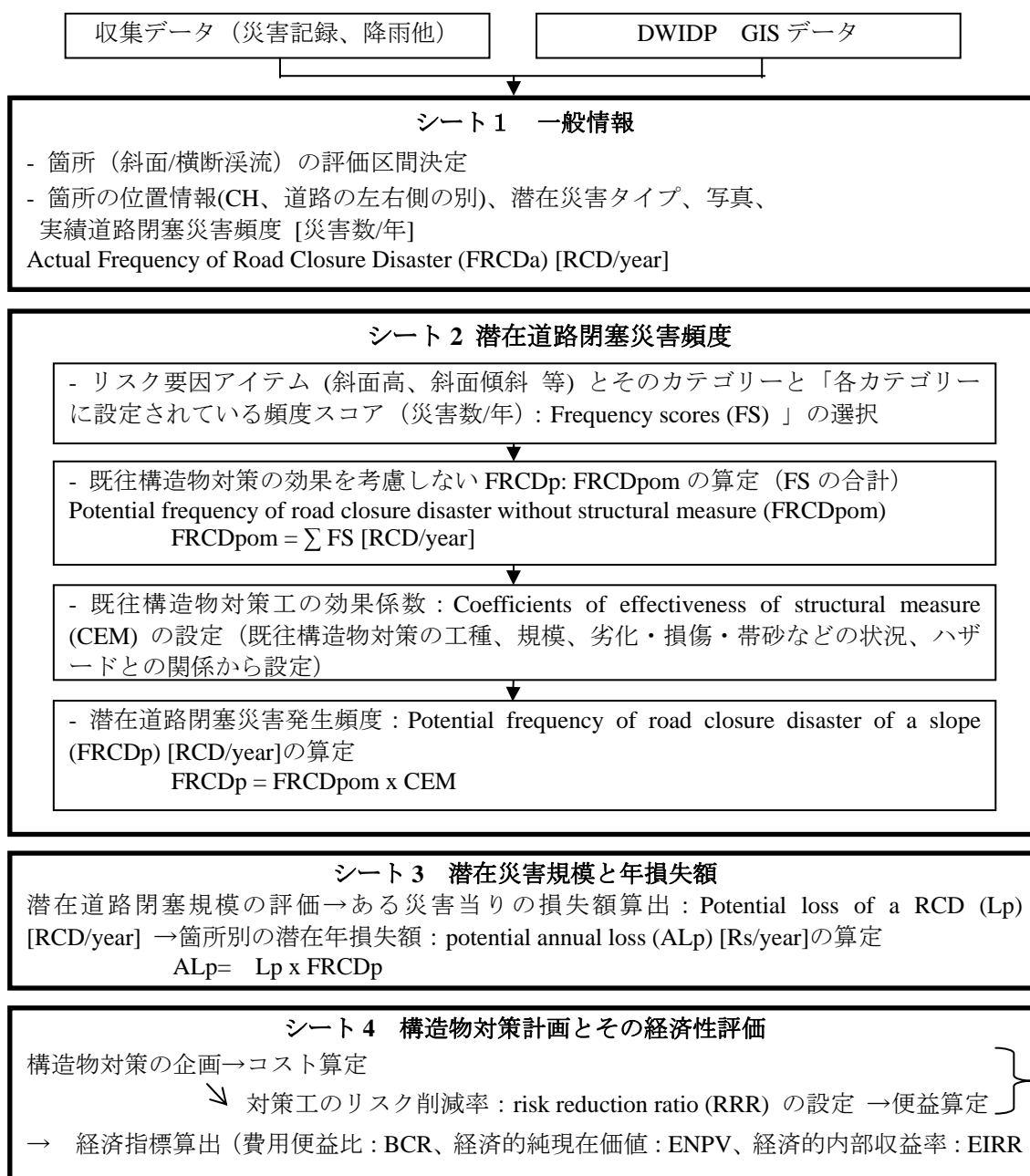
図 3.3.4 N-M 道路の斜面災害リスク・構造物対策の経済性評価の手順

ハザードマップは、道路斜面や道路横断溪流のリスク評価のための情報として用いる。構造物対策の F/S については第 4 章で述べる。

3.3.3 道路斜面アセスメントシート

(1) 概要

各道路斜面ならびに横断溪流のリスクとそれらの構造物対策のフィージビリティを評価するための作業用アセスメントシートを用意した。図 3.3.5 に道路斜面アセスメントシートの構造を示す。



RCD: Road Closure Disaster (道路閉塞災害)

図 3.3.5 道路斜面アセスメントシートの構造

表 3.3.1 に道路斜面災害リスクと構造物対策の経済性評価シートの項目を示す。

表 3.3.1 道路斜面災害リスクと構造物対策のフェージビリティ評価シートの項目

シート No. シート名 (作業内容)	摘要/データ
箇所別のリスク評価	
シート 1. 一般情報 (評価すべき箇所 の選出と特定)	<ul style="list-style-type: none"> - 箇所位置 (CH、道路からみた左右、ハザードタイプ) - 状況写真 - 箇所別の実績道路閉塞災害頻度 'FRCDa: Actual frequency of RCD of a site [RCD/ year] - 箇所別の対策工実施前の道路閉塞災害頻度 FRCDabm: Actual frequency of RCD before structural measures of a site [RCD/year]
シート 2. 潜在道路閉塞災害 頻度: FRCDp (災害発生頻度評 価)	<ul style="list-style-type: none"> - 発災要因アイテム別のカテゴリー (要因アイテムグループは地形状況、表層状況、異常・変状)と 既往構造物対策工の チェックシート - 道路閉塞災害の潜在頻度'FRCDp: Potential Frequency of RCD [RCD/year] ' の評価結果 箇所別の既往対策工の効果を見込まない道路閉塞災害の潜在頻度 'FRCDpom: FRCDp without existing structural measures of a site [RCD/year]' 既往対策工の効果係数'CEM: Coefficient of effectiveness of structural measures [ratio] ' $FRCDp = FRCDpom \times CEM$
シート 3. 潜在災害規模と 年損失額: ALp (潜在災害規模の 評価とリスク 算定)	<ul style="list-style-type: none"> - ハザードとリスク対象物の状況スケッチ - 潜在災害規模の評価 潜在全幅員道路閉塞延長'LRCpof: potential Length of Road Closure section of Full width [m] ' 潜在部分幅員道路閉塞延長'LRCpofP: potential Length of Road Closure section of Partial width [m] ' - 箇所別の潜在年損失額の算定 ある潜在道路閉塞災害の復旧費'RCp: potential reopening cost of a RCD' ある潜在道路閉塞災害の人身損失'HLLp: potential value of human lives loss of a RCD' ある潜在道路閉塞災害の車輛損失'VLp: potential value of vehicles loss of a RCD' ある潜在道路閉塞災害の通行止めに伴う被害額'LTSp: Potential Value of Losses of Traffic Suspension of a RCD' ある潜在道路閉塞災害の損失額 'Lp: potential loss of a RCD' 箇所別の潜在年損失額 ALp: potential annual loss of a site
箇所別の構造物対策の計画と経済性評価	
シート 4 構造物対策計画 (構造物対策計画 とその経済指 標の算出)	<ul style="list-style-type: none"> - 構造物対策工計画平面図 - 構造物対策計画横断面図 - コスト 'C : cost [Rs] - 便益 /成果 リスク削減比'RRR: risk reduction ratio in RCD due to structural measures [Ratio]' 構造物対策による年損失額の削減額 'DAL: Decrease in annual loss due to structural measures [Rs/year]' 計画構造物対策の効果を見込んだ潜在的な道路閉塞災害発生頻度 'FRCDpwm: Potential frequency of road closure disaster with structural measures[RCD/year]' -経済性指標 費用便益比 'BCR: Benefit/cost ratio at 12% discount rate [ratio]' 経済的純現在価値 'ENPV: Economic net present value at 12% discount rate [Rs]' 経済的内部収益率 'EIRR: Economic internal rate of return [percent]'
災害記録	
シート 5 災害記録 (アセスメント調 査後の災害記録)	<ul style="list-style-type: none"> - 災害発生日時 - 災害規模 - 損害: 道路閉塞日数、復旧費、人身損失、車輛損失 - 既往対策工

RCD: Road closure disaster (道路閉塞災害)

リスクアセスメント調査の結果から、道路斜面災害リスクの高いサイト（道路斜面・横断溪流）を構造物対策の計画箇所として選定した。これらの箇所に対して計画した構造物対策の経済性指標の計算を行っており、その結果については、第4章で述べる。

(2) 道路斜面アセスメントシート 1: 一般情報

はじめに道路斜面災害のリスクアセスメントを行う必要がある箇所を選定する。また道路斜面は3種類の斜面タイプ（山腹斜面、横断溪流、川側斜面）に分割され、それぞれの斜面タイプごとにリスクアセスメントを行うこととなる。道路斜面タイプとアセスメント必要箇所の選定基準を表3.3.2に示す。

表 3.3.2 道路斜面アセスメント必要箇所の選定基準

斜面タイプ	スクリーニング基準
山側斜面 Mountainside slope	斜面傾斜 $> 10^\circ$ 且つ 斜面のり先と道路の離隔 $< 10\text{ m}$
横断溪流 Crossing stream	横断溪流の幅 $< 3\text{ m}$
川側斜面 Riverside slope	斜面傾斜 $> 10^\circ$ 且つ 斜面のり肩と道路との離隔 $< 5\text{ m}$

「シート1 一般情報」では、以下のデータを取り扱う。

- 箇所の位置
- 斜面のタイプ
- 現場の状況写真
- 道路閉鎖災害の実頻度 FRCDa : [RCD/year]
- 対策工実施前（あるいは対策工未実施）斜面の道路閉鎖災害の実頻度 FRCDabm : [RCD/year]

FRCDa は現状の値（構造物対策が実施されている場合は、 FRCDa は対策工施工後の値）で表す。

図3.3.6に道路斜面アセスメントシートの事例を示す。

Road Slope Assessment Sheet 1: General Information

Region	Central Development Region			Division Road Office	Bharatpur, Chitwan			
Road name	Narayanganj-Mugling Highway							
Station	from	23 km	960 m	until	24 km	200 m	Length - m	
Side of Road	Left side of road							
Slope type	Mountainside Slope			Potential Disaster Type (Main)		Slide		
				Potential Disaster Type (Sub)		Slope failure		
Risk Assessment Sheet 1, 2,3	Name of preparer	PATHAK(DWIDP) Satoru NODA(JICA)			Assessment date	Date	Month	Year
						20	Aug	2007

Photographs

General View

Portion to which attention should be paid

FRCDa: Actual frequency of RCD* of a site	0.100	RCD/year	In case structural measures were done, FRCDa after structural measures period should be input. for statistical use only
FRCDabm: Actual frequency of RCD before measure of a site	0.033	RCD/year	

*RCD: Road closure disaster; It includes not only the whole road closure but also partial road closures.

Note

	Numerical value or terms should be input
	Terms should be input.

図 3.3.6 道路斜面アセスメントシート 1 (一般情報) の事例

(3) 道路斜面アセスメントシート 2: 道路閉鎖災害の潜在頻度

(a) 道路閉鎖災害の潜在頻度の計算方法

「シート 2 道路閉鎖災害の潜在頻度」は、(1) 山側斜面、(2) 横断溪流、(3) 川側斜面の 3 種類のフォーマットを用意した。

道路斜面災害のリスク指標としての FRCD_p を図 3.3.7 に示す。また、FRCD_p は下式のように定義される。

$$\text{FRCD}_p = \text{FRCD}_{\text{pom}} \times \text{CEM}$$

$$\text{FRCD}_{\text{pom}} = \sum \text{FS}$$

ここで、

$$\text{FRCD}_p = \text{各箇所の道路閉鎖災害 (RCD) の潜在頻度 [RCD/年]}$$

$$\text{FRCD}_{\text{pom}} = \text{各箇所の構造物対策工の効果を見込まない FRCD}_p \text{ [RCD/年]}$$

$$\text{CEM} = \text{構造物対策工の効果係数 (構造物対策工毎の FRCD}_p \text{ への効果の見積値)}$$

[無単位]

$$\text{FS} = \text{FRCD}_p \text{ の計算のための頻度スコア (FS は各要因アイテムのカテゴリー毎に設定する) [RCD/年]}$$

Potential frequency of RCD (FRCDp)

FS: Frequency score of the factor item

Factor items for FRCDp	Factor categories for FRCDp Name of factor grope				Fitted category	Frequency score for FRCDp [RCD/year]
Geometry						
Wide of stream: W Frequency score for FRCDp [RCD/year]	3≥W 0.06	5≥W 0.00	10≥W>5 0.00	W>10 0.00	FS1	0.00
Area of drainage basin: A Frequency score for FRCDp [RCD/year]	A≥0.5km ² 0.00	0.5km ² >A≥0.15km ² -0.05		0.15km ² >A -0.07	FS2	-0.05
Area of drainage basin: A Frequency score for FRCDp [RCD/year]					FS3 FS4 FS5	0.04 0.05 0.03
Surface situation						
Dominant vegetation of drainage area Frequency score for FRCDp [RCD/year]	Bare 0.20	Grasses 0.09	Trees 0.09	Unknown 0.07	FS6	0.09
Dominant materials of stream Frequency score for FRCDp [RCD/year]	Gravel 0.13	Sand 0.01	Silt, Clay 0.01	Bedrock 0.01	FS7	0.13
Disturbance						
Slope failure situation in drainage area Frequency score for FRCDp [Nos. of RCD/year]	Newly-formed collapses are existing in main valley and branch valleys 0.06	Newly-formed collapses are existing only in main valley 0.06	Newly-formed collapses are existing only in branch valleys 0.05	Newly-formed collapses are existing only in branch valleys 0.07	FS8	0.05
Trace of debris on or beside the road Frequency score for FRCDp [Nos. of RCD/year]	Trace of debris on or beside the road 0.01		If there are no fitted categories, FS of a factor item is 0.00		F FS9	0.00
FRCDpom: FRCDp without existing countermeasure [RCD/ year]						
$FRCDpom = \sum(FS1:FS9)$						0.34
Existing structural measure-type (Description)					CEM: Coefficient of effectiveness of structural measure	
Small check dam (5 m height x 2 nos.), Causeway	CEM is input by engineering judgment considering predictive hazard magnitude and existing structure's situation			CEM		0.0
FRCDp of survey site [nos. of RCD/ year]						
$FRCDp = FRCDpom \times CEM$						0.01

図 3.3.7 道路斜面アセスメントシート 2 の FRCDp の計算法

(b) 計算方法

各要因アイテムのカテゴリーにおける頻度スコアは、多変量解析により、実際値 (FRCDabm) と推定値 (FRCDpom) との残差平方和が最小化するように求める (図 3.3.7 および Volume III Data and Drawing 参照)。

ここに

$FRCDabm =$ 各箇所対策工実施前 (あるいは対策工未実施) 斜面の RCD の実頻

度 [RCD/年]

FRCDpom= 各箇所の対策工の効果を考慮しない場合の RCD の潜在頻度 [RCD / 年]

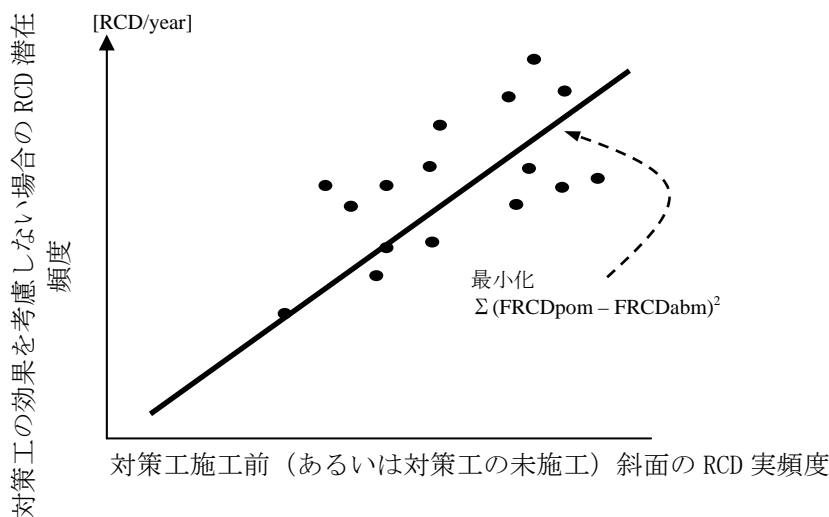


図 3.3.8 各要因アイテム・カテゴリーの頻度スコアの算出手法

解析した頻度スコアを図 3.3.9、図 3.3.10、図 3.3.11 に示す。

その要因アイテムの中で比較的大きな頻度スコアを示す場合は、そのカテゴリーが発災に寄与することを示す。

またスコアレンジとは、要因アイテムの中の最大と最小の頻度スコアの差であり、大きなスコアレンジを示す場合は、その要因アイテムが RCD 発生において比較的大きな影響を与えることを示している。

表 3.3.3 に斜面タイプ毎に大きな影響を与える要因アイテム（スコアレンジが大きい要因アイテム）をまとめた。

表 3.3.3 道路閉鎖災害に対し大きな影響がある要因アイテム

発災に大きな影響がある上位3位までの要因アイテム順位	山側斜面	横断溪流	川側斜面
1	道路と山側斜面のり先との離隔	溪流河床から道路面までの高さ	道路と川側斜面のり方との離隔
2	斜面の傾斜	溪流域の植生状況	斜面の傾斜
3	対象斜面区間の道路延長	道路横断箇所の溪流堆積物状況	対象斜面区間の道路延長

Factor Items	Frequency Score (RCD/year)					Score Range (RCD/year)				
	-0.05	0.00	0.05	0.10	0.15	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20
Geometry: Factor Item Groups I	Score for yes									
Road section length of survey slope: L	L ≥ 300 m	0.07								
	300m > L ≥ 200 m	0.02								
	200m > L ≥ 100 m	-0.02								
	100m > L	-0.02								
Height of mountain side slope: H	H ≥ 90 m	0.05								
	90m > H ≥ 60 m	0.04								
	60m > H ≥ 30 m	0.03								
	30m > H	0.02								
Gradient of slope: G	G ≥ 60°	0.05								
	60° > G ≥ 40°	0.00								
	40° > G ≥ 20°	-0.05								
	20° > G	-0.05								
Distance from road to toe of mountainside slope : D	1 m > D	0.07								
	3m ≥ D > 1m	0.00								
	5m ≥ D > 3m	-0.04								
	D > 5 m	-0.04								
Surface situation: Factor Item Groups II	Score for yes									
Slope shape	Valley type	0.02								
	Straight type	0.03								
	Ridge type	0.00								
	Combined type	-0.01								
Dominant vegetation	Barc	0.07								
	Grasses	0.03								
	Trees	0.03								
	Surface protection by	0.00								
Dominant materials of slope surface	Silt, Clay	0.02								
	Sand	0.02								
	Gravels	0.02								
	Cobbles, or	-0.03								
	Fractured rock	0.03								
	Weathered rock	0.03								
	Soft fresh rock	0.02								
Hard fresh rock	0.04									
Spring is present	Yes	0.03								
	No	0.00								
Surface water is present	Yes	0.02								
	No	0.00								
Erosion is present	Yes	0.02								
	No	0.00								
Slide configuration is lapping over the road	Yes	0.02								
	No	0.00								
Disturbance: Factor Item Groups III	Score for yes									
Collapse/ Fall	Yes	0.01								
	No	0.00								
Continuous Cracks (more than 5 meter), Crevices on Slope	Yes	0.01								
	No	0.00								
Fallen/ Inclined trees	Yes	0.07								
	No	0.00								
Open cracks below an over hang	Yes	0.01								
	No	0.00								
Open cracks by toppling	Yes	0.02								
	No	0.00								
Cross open cracks to cause wedge shape slide	Yes	0.01								
	No	0.00								
Sliding direction open cracks	Yes	0.01								
	No	0.00								
Vertical Crakes on Retaining Wall	Yes	0.07								
	No	0.00								
Continuous Cracks (more than 5 meter), Crevices on Road	Yes	0.03								
	No	0.00								
Continuous Cracks retaining wall and Road	Yes	0.02								
	No	0.00								
Depression/ Upheaval on Road	Yes	0.02								
	No	0.00								

図 3.3.9 山側斜面の頻度スコア

Factor Items	Frequency Score (RCD/year)				Score Range (RCD/year)					
	-0.20	-0.10	0.00	0.10	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
Geometry: Factor Item Groups I	Score for yes									
Width of stream: W	$3\text{ m} \geq W$	0.06								
	$5\text{ m} \geq W > 3\text{ m}$	0.00								
	$5\text{ m} \geq W > 3\text{ m}$	0.00								
	$W > 10\text{ m}$	0.00								
Area of drainage basin: A	$A \geq 0.5\text{ km}^2$	0.00								
	$0.5\text{ km}^2 > A \geq 0.15\text{ km}^2$	-0.05								
	$0.5\text{ km}^2 > A$	-0.07								
Gradient of stream at road crossing: G	$G \geq 20^\circ$	0.07								
	$20^\circ > G \geq 15^\circ$	0.06								
	$15^\circ > G \geq 10^\circ$	0.05								
	$10^\circ > G$	0.04								
Steepest gradient of stream : G	$G \geq 40^\circ$	0.00								
	$40^\circ > G \geq 30^\circ$	-0.03								
	$30^\circ > G \geq 15^\circ$	-0.03								
	$15^\circ > G$	-0.06								
Height from stream bottom to road : H	$1\text{ m} \geq H$	0.02								
	$2\text{ m} \geq H > 1\text{ m}$	0.02								
	$5\text{ m} \geq H > 2\text{ m}$	-0.01								
	$H > 5\text{ m}$	-0.28								
Surface situation: Factor Item Groups II	Score for yes									
Dominant vegetation of drainage area	Bare	0.20								
	Grasses	0.09								
	Trees	0.09								
	Unknown	0.07								
Dominant materials of stream sediment at road crossing	Boulders, Cobbles.	0.13								
	Sands	0.01								
	Silt, Clay	0.01								
	Bedrock	0.00								
Disturbance: Factor Item Groups III	Score for yes									
Slope failure situation in drainage area	Newly-formed collapse are existing in main valley and branch valleys	0.06								
	Newly-formed collapses are existing only in main valley	0.06								
	Newly-formed collapses are existing only in branch valleys	0.05								
	Newly-formed collapses are not recognized	-0.01								
Trace of debits on or beside the road	Yes	0.01								
	No	0.00								

図 3.3.10 横断溪流の頻度スコア

Factor Items	Frequency Score (RCD/year)				Score Range (RCD/year)			
	-0.10	-0.05	0.00	0.05	0.00	0.05	0.10	
Geometry: Factor Item Groups I	Score for yes							
Road section length of survey slope: L	L > 300 m	0.01						
	300m > L > 200 m	0.01						
	200m > L ≥ 100 m	0.00						
	100m > L	0.00						
Height of Valley side slope: H	H > 90 m	0.05						
	90m > H ≥ 60 m	0.05						
	60m > H ≥ 30 m	0.04						
	30m > H	0.03						
Gradient of valley side slope	G ≥ 60°	0.02						
	60° > G > 40°	0.02						
	40° > G ≥ 20°	0.00						
Distance from road to head of river side slope	1 m > D	0.00						
	3m ≥ D > 1m	-0.01						
	5m ≥ D > 3m	-0.06						
Distance from low water of river to road: D	D ≥ 5 m	-0.10						
	0.5 m ≥ D	0.00						
	1.0m ≥ D > 0.5m	0.00						
Height from high water of road to road surface or head of revetment: H	2.0m > D > 1.0m	0.00						
	D ≥ 2.0m	0.00						
	0.0m ≥ H	0.03						
Slope shape	1.0m > H > 0.0m	0.03						
	2.0m > H > 1.0m	0.03						
	H > 2m	0.00						
	Valley type	0.03						
Surface situation: Factor Item Groups II	Straight type	0.03						
	Ridge type	0.03						
	Combined type	0.04						
	Score for yes							
Dominant vegetation	Bare	-0.01						
	Grasses	-0.05						
	Trees	-0.07						
	Surface protection by concrete/stone/block	-0.07						
Slope typer	Embankment slope	0.10						
	Combined or unknown	0.02						
	Natural slope	0.02						
Dominant materials of slope surface	Silt, Clay	-0.01						
	Sand	-0.01						
	Gravels	-0.04						
	Cobbles, or Boulders	-0.06						
	Fractured rock	-0.06						
	Weathered rock	-0.06						
	Soft fresh rock	-0.06						
	Hard fresh rock	-0.06						
Surface protection by concrete/stone/block	-0.06							
Dip slope structure (bedding plane) is present	Yes	0.05						
	No	0.00						
Soil covering impervious bedrock	Yes	0.05						
	No	0.00						
The rocks are hard at upper part and soft at foot part	Yes	0.00						
	No	0.00						
The rocks are soft at upper part and hard at foot part	Yes	0.03						
	No	0.00						
Spring is present	Yes	0.07						
	No	0.00						
Surface water is present	Yes	0.00						
	No	0.00						
Rainwater flow from road to valley side is present	Yes	0.02						
	No	0.00						
Slide configuration is lapping over the road	Yes	0.05						
	No	0.00						
Disturbance: Factor Item Groups III	Score for yes							
Erosion is present	Yes	0.01						
	No	0.00						
Piping hole is present	Yes	0.00						
	No	0.00						
Fall, Slump in riverside slope	Yes	0.05						
	No	0.00						
Depression on road	Yes	0.05						
	No	0.00						
Cracks/Crevice on road	Yes	0.05						
	No	0.00						

図 3.3.11 川側斜面の頻度スコア

(c) 構造物対策の効果係数 (CEM)

CEM (Coefficient of effectiveness of structural measure) は、アセスメント調査者が現地調査に基づいて FRCDp に対する対策工の効果係数を判断する。CEM を用いて FRCDp を以下のように計算する。

ここで、

$$\text{FRCDp} = \text{FRCDpom} \times \text{CEM}$$

$$\text{FRCDp} = \text{箇所別の道路閉鎖災害の潜在頻度 [RCD/year]}$$

$$\text{FRCDpom} = \text{箇所別の対策工の効果を見込まない道路閉鎖災害の潜在的頻度 [RCD/year]}$$

$$\text{CEM} = \text{FRCDp に対する対策工の効果係数}$$

表 3.3.4 に CEM の設定のガイドを示す。

CEM は対策工のタイプ、規模、機能劣化・損傷度と、想定されるハザードの規模を総合的に判断することにより決定する必要がある。また、対策工のタイプが複数の場合、複合効果を考慮し決定する。現地での技術的判断基準ガイドを表 3.3.4 に示す。このガイドは、アセスメントシート、特にシート 5 の災害記録が蓄積された段階で、対策工と災害の関係分析を行い、更新しその精度を高めて行くことが望まれる。

表 3.3.4 CEM の設定ガイド

対策工の効果	CEM	ハザード別の対策工のレベルとタイプ	
		小規模なハザード 道路部分幅員閉塞	大規模なハザード 道路全幅員閉塞
高効果	0.0-0.3	- ハザードを直接的に抑止する対策 - 待ち受け対策でハザードに対し余裕のあるもの	- 大規模な構造物による直接的な抑止項
中効果	0.3-0.7	- 上記のうち、ハザード全体に対応できないもの。 - ハザードに対し直接的な効果を発揮しない抑制す工（排水溝等）や擁壁工	
低効果	0.7-1.0	- 植生工等の侵食防止程度の対策	

(d) 道路斜面アセスメントシート 2 のフォーマット: 道路閉鎖災害の潜在頻度

斜面タイプの違いによる 3 つの異なるフォーマットを用いて FRCDp を評価する。斜面タイプは、山側斜面、横断溪流、川側斜面であり、それぞれのフォーマットを図 3.3.12、図 3.3.13、図 3.3.14 に示す。

Road Slope Assessment Sheet 2-1: Potential Frequency of RCD (Mountainside Slope)

Road Name	Narayangharh-Mughing Highway	
Station from	1 km	2 m
Side of Survey	Left side of road	

Potential frequency of RCD (FRCDp)

Factor items for FRCDp	Factor categories for FRCDp				Frequency score for FRCDp [RCD/year]	
<i>Geometry</i>						
Road section length of survey slope : L	L ≥ 300 m	300 m > L ≥ 200 m	200 m > L ≥ 100 m	100 m > L	FS1	(0.02)
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.07	0.02	-0.02	-0.02		
	0	0	0	1		
Height of mountain side slope : H	H ≥ 90 m	90 m > H ≥ 60 m	60 m > H ≥ 30 m	30 m > H	FS2	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.05	0.04	0.03	0.02		
	0	0	0	0		
Gradient of slope : G	G ≥ 60°	60° > G ≥ 40°	40° > G ≥ 20°	20° > G	FS3	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.05	-0.05	-0.05	-0.05		
	0	0	0	0		
Distance from road to toe of mountainside slope : D	1 m > D	3 m ≥ D > 1m	5 m ≥ D > 3 m	D ≥ 5 m	FS4	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.07	0.00	-0.04	-0.04		
	0	0	0	0		
Slope shape	Valley type	Straight type	Ridge type	Combined type	FS5	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.02	0.03	0.00	-0.01		
	0	0	0	0		
<i>Surface situation</i>						
Dominant vegetation	Bare	Grasses	Trees	Surface protection by concrete/stone/block	FS6	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.07	0.03	0.03	0.00		
	0	0	0	0		
Dominant materials of slope surface	Silt, Clay	Sand	Gravels	Cobbles, or Boulders	FS7	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.02	0.02	0.02	-0.03		
	0	0	0	0		
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	Fractured rock	Weathered rock	Soft fresh rock	Hard fresh rock		
	0.03	0.03	0.02	0.04		
	0	0	0	0		
Collapsing/Sliding Structure	Dip slope structure (bedding plane) is present	Soil covering impervious bedrock	The rocks are hard at upper part and soft at foot part	The rocks are soft at upper part and hard at foot part	FS8	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.05	0.05	0.00	0.03		
	0	0	0	0		
Spring/ Surface water / Erosion/ Slide Configuration	Spring is Present	Surface Water is Present	Erosion is Present	Slide Configuration is lapping over the	FS9	0.00
Frequency score for FRCDp	0.03	0.02	0.02	0.02		
	0	0	0	0		
<i>Disturbance</i>						
Deformation/ Collapse	Collapse/ Fall	Continuous Cracks (more than 5 meter), Crevices on Slope	Fallen/ Inclined trees		FS10	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.01	0.01	0.07			
	0	0	0			
	Open cracks below an over hang	Open cracks by toppling	Cross open cracks to cause wedge shape slide	Sliding direction open cracks		
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.01	0.02	0.01	0.01		
	0	0	0	0		
	Vertical Crakes on Retaining Wall	Continuous Cracks (more than 5 m), Crevices on Road	Continuous Cracks retaining wall and Road	Depression/ Upheaval on Road		
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.07	0.03	0.02	0.02		
	0	0	0	0		
FRCDpom: FRCDp without existing structural measure [RCD/year]					FRCDpom = Σ (FS1- FS10) 0.00	
Existing structural measure-type (Description)				CEM: Coefficient of effectiveness of structural measure		
				CEM		
FRCDp: [RCD/year]					FRCDp = FRCDpom x CEM 0.00	

Note

- 1 should be input to selected category's cell.
- 1 should be input when corresponding to situation.
- Numerical value or term is automatically input.
- Numerical value should be input (by engineering judgment).
- Terms should be input.

Disturbance: deformation and collapses that do not close the road is not included in RCD and are called Disturbance.

図 3.3.12 道路斜面アセスメントシート 2-1 : 道路閉鎖災害の潜在頻度 (山側斜面)

Road Slope Assessment Sheet 2-2: Potential Frequency of RCD (Crossing Stream)

Road name	Narayanharih-Mugling Highway		
Station from	1 km		2 m
Side of the site	Left side of road		

Potential frequency of RCD (FRCDp)

Factor items for FRCDp	Factor categories for FRCDp				FS: Frequency score for FRCDp [RCD/year]	
<i>Geometry</i>						
Width of stream: W	3 m ≥ W	5 m ≥ W > 3 m	10 m ≥ W > 5 m	W > 10 m	FS1	0.06
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.06	0.00	0.00	0.00		
	1	0	0	0		
Area of drainage basin : A	A ≥ 0.5 km ²	0.5 km ² > A ≥ 0.15 km ²		0.15 km ² > A	FS2	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.00	-0.05		-0.07		
	0	0		0		
Gradient of stream at road crossing: G	G ≥ 20 °	20° > G ≥ 15 °	15° > G ≥ 10 °	10° > G	FS3	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.07	0.06	0.05	0.04		
	0	0	0	0		
Steepest gradient of stream: G	G ≥ 40 °	40° > G ≥ 30 °	30° > G ≥ 15 °	15° > G	FS4	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.00	-0.03	-0.03	-0.06		
	0	0	0	0		
Height from stream bottom to road: H	1 m ≥ H	2 m ≥ H > 1 m	5 m ≥ H > 2 m	H > 5 m	FS5	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.02	0.02	-0.01	-0.28		
	0	0	0	0		
<i>Surface situation</i>						
Dominant vegetation of drainage area	Bare	Grasses	Trees	Unknown	FS6	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.20	0.09	0.09	0.07		
	0	0	0	0		
Dominant materials of stream sediment at road crossing	Cobbles, Boulders, Gravel	Sand	Silt, Clay	Bedrock	FS7	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.13	0.01	0.01	0.00		
	0	0	0	0		
<i>Disturbance</i>						
Slope failure situation in drainage area	Newly-formed collapses are existing in main valley and branch valleys	Newly-formed collapses are existing only in main valley	Newly-formed collapses are existing only in branch valleys	Newly-formed collapses are not recognized	FS8	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.06	0.06	0.05	-0.01		
	0	0	0	0		
Trace of debris on or beside the road	Trace of debris on or beside the road				FS9	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.01					
	0					
v						
FRCDpom = Σ (FS1-FS9)						0.06
Existing structural measure-type (Description)					CEM: Coefficient of effectiveness of structural measure	
					CEM	
					FRCDp: [RCD/year]	
					FRCDp = FRCDpom × CEM	
					0.00	

Note

- 1 should be input to selected category's cell.
- 1 should be input when corresponding to situation.
- Numerical value or term is automatically input.
- Numerical value should be input (by engineering judgment).
- Terms should be input.

Disturbance: deformation and collapses that do not close the road is not included in RCD and are called 'disturbance'.

図 3.3.13 道路斜面アセスメントシート 2-2 : 道路閉鎖災害の潜在頻度 (横断溪流)

Road Slope Assessment Sheet 2-3: Potential Frequency of RCD (Riverside Slope)

Road Name	Narayangharh-Mugling Highway					
Station from	1 km	2 m				
Side of Survey	Left side of road					
Potential frequency of RCD (FRCDp)						
Factor items for FRCDp	Factor categories for FRCDp				Frequency score for FRCDp [RCD/year]	
<i>Geometry</i>						
Road section length of survey slope: L	L ≥ 300 m	300m > L ≥ 200 m	200m > L ≥ 100 m	100m > L	FS1	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.01	0.01	0.00	0.00		
	0	0	0	1		
Height of Valley side slope: H	H ≥ 90 m	90m > H ≥ 60 m	60m > H ≥ 30 m	30m > H	FS2	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.05	0.05	0.04	0.03		
	0	0	0	0		
Gradient of river side slope	G ≥ 60°	60° > G ≥ 40°	40° > G ≥ 20°	20° > G	FS3	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.02	0.02	0.00	0.00		
	0	0	0	0		
Distance from road to head of river side slope	1 m ≥ D	3m ≥ D > 1m	5m ≥ D > 3m	D > 5m	FS4	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.00	-0.01	-0.06	-0.10		
	0	0	0	0		
Distance from low water of river to road: D	0.5 m ≥ D	1.0m ≥ D > 0.5m	2.0m ≥ D > 1.0m	D > 2.0m	FS5	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.00	0.00	0.00	0.00		
	0	0	0	0		
Height from high water of road to road surface or head of revetment: H	0.0m ≥ H	1.0m ≥ H > 0.0m	2.0m > H ≥ 1.0m	H > 2m	FS6	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.03	0.03	0.03	0.00		
	0	0	0	0		
Slope shape	Valley type	Straight type	Ridge type	Combined type	FS7	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.03	0.03	0.03	0.04		
	0	0	0	0		
<i>Surface situation</i>						
Dominant vegetation	Bare	Grasses	Trees	Surface protection by concrete/stone/block	FS8	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	-0.01	-0.05	-0.07	-0.07		
	0	0	0	0		
Slope type	Embankment slope	Combined or unknown	Natural slope		FS9	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.10	0.02	0.02			
	0	0	0			
Dominant materials of slope surface	Silt, Clay	Sand	Gravels, Cobbles, or Boulders	Weathered rock	FS10	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	-0.01	-0.01	-0.04	-0.06		
	0	0	0	0		
	Fractured rock	Soft fresh rock	Hard fresh rock	Surface protection by concrete/stone/block	FS10	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06		
	0	0	0	0		
Spring/ Surface water /Rainwater flows/	Spring is present	Surface water is present	Rainwater flow from road to valley side is present	Slide configuration is lapping over the road	FS11	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.07	0.00	0.02	0.05		
	0	0	0	0		
<i>Disturbance</i>						
Erosion in valley side slope	Erosion is present	Piping hole is present			FS12	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.01	0.00				
	0	0				
Deformation/ Collapse on the slope	Fall, Slump in river side slope	Depression on road	Cracks/Crevices on road		FS13	0.00
Frequency score for FRCDp [RCD/year]	0.05	0.05	0.05			
	0	0	0			
FRCDpom: FRCDp without existing structural measure [RCD/year]						
FRCDpom = Σ (FS1-FS13)						
0.00						
Existing structural measure-type (Description)				CEM: Coefficient of effectiveness of structural measure		
				CEM		
FRCDp: [RCD/year]						
FRCDp = FRCDpom x CEM						
0.00						

Note

- 1 should be input to selected category's cell.
- 1 should be input when corresponding to situation.
- Numerical value or term is automatically input.
- Numerical value should be input (by engineering judgment).
- Terms should be input.

Disturbance: deformation and collapses that do not close the road is not included in RCD and are called 'disturbance'.

図 3.3.14 道路斜面アセスメントシート 2-3 : 道路閉鎖災害の潜在頻度 (川側斜面)

(4) 道路斜面アセスメントシート 3: 潜在的な災害規模と年損失額**(a) 潜在的な災害規模と年間損失額の計算法**

道路斜面災害リスクは、災害の頻度と規模の積で表される。アセスメントシート 3 では、リスクを、FRCDp（災害頻度）と Lp（災害の規模）の積である ALp（年間損失額）として評価する。

ここで、

FRCDp = 各箇所での道路閉鎖災害の潜在頻度 [RCD/year]

Lp = ある道路閉鎖災害の潜在損失額 [Rs/RCD]

年損失額の計算法を図 3.3.15 に示す。また、アセスメントシートの事例を図 3.3.16 に示す。

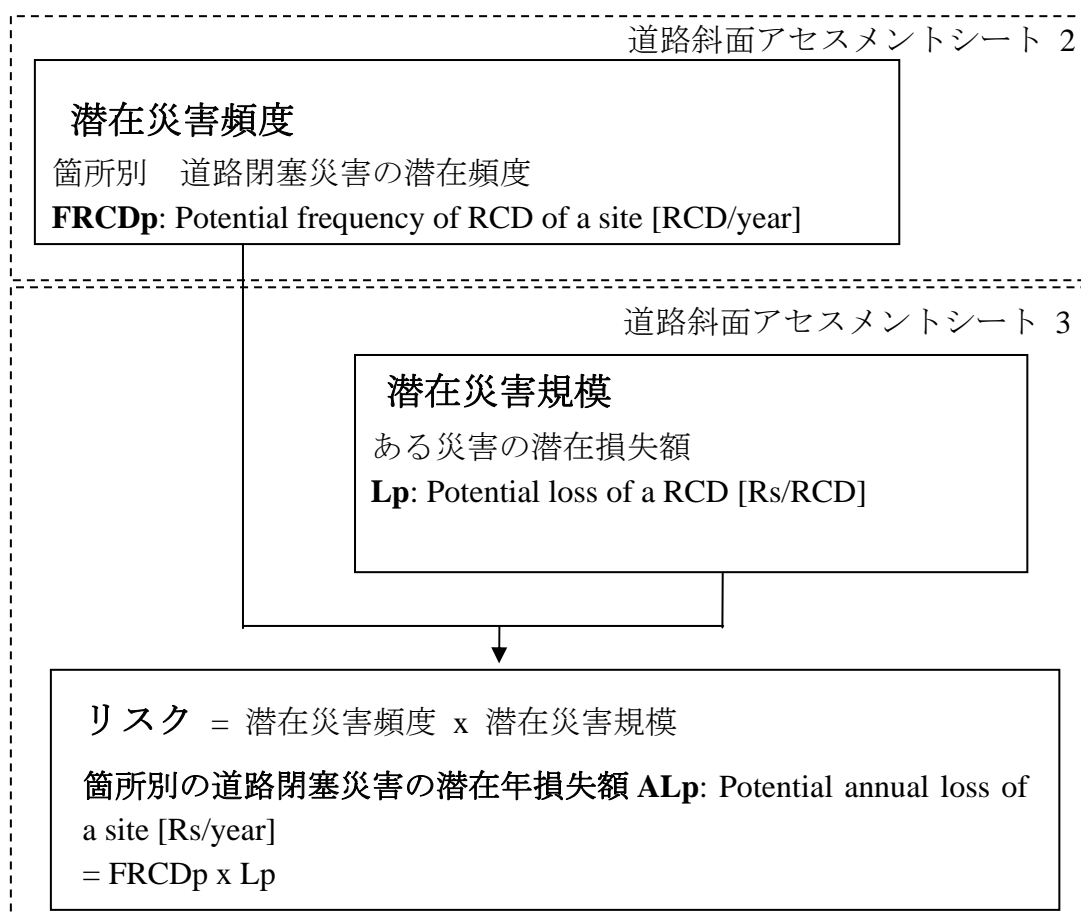


図 3.3.15 潜在的年間損失額の計算法

Road Slope Assessment Sheet 3: Potential Disaster Magnitude and Annual Loss

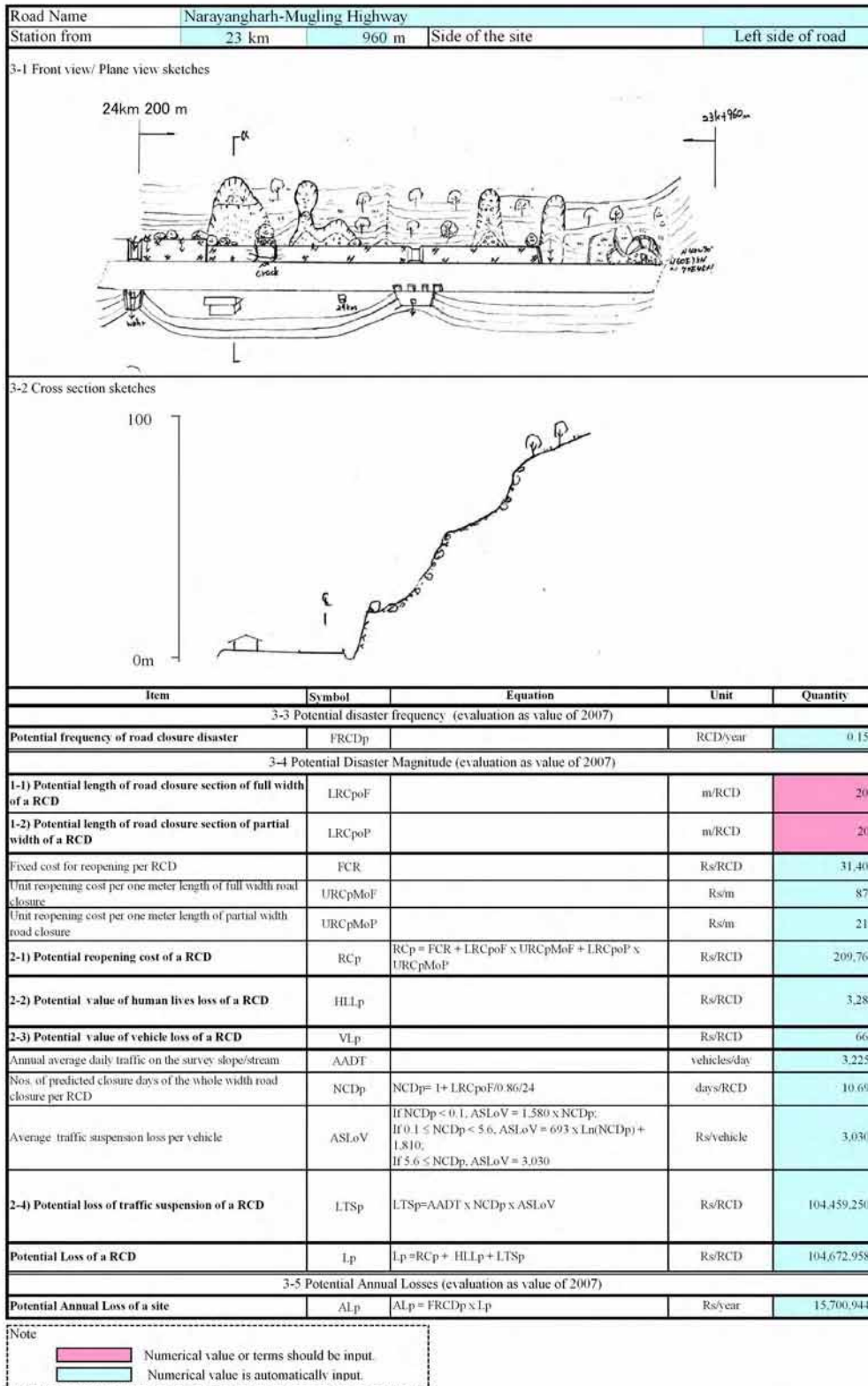


図 3.3.16 道路斜面アセスメントシート 3 (潜在災害規模と年間損失額) の例

(b) 潜在災害規模**1) 潜在的な道路閉塞区間の延長**

災害規模は、道路閉塞区間の延長で評価し、表 3.3.5 に定義する。アセスメント調査者が斜面のハザードの状況や過去の類似災害等の経験から、潜在的な道路閉塞区間の延長を評価する。

表 3.3.5 道路閉塞区間の延長の定義

項目	記号	記号	定義
潜在的な全幅員道路閉塞区間の延長	LRCpoF	m	車線は確保されない。
潜在的な部分幅員道路閉塞区間の延長	LRCpoP	m	最低 1 車線は確保されている。

2) Lp: ある道路閉塞災害の潜在損失額**a) 総説**

道路閉鎖災害の潜在損失額 Lp は、アセスメントシート 3 において道路閉塞区間の延長が決定されれば自動的に 2007 年値として算定される。潜在損失額の単価は、国家統計データや「ネ」国の DOR の既存の調査報告書、本調査で実施した現地道路利用者への質問調査などから得られた結果を基に算出している。これらの解析の詳細については「Volume III Data and Drawing」に示す。

潜在的な損失 Lp は、表 3.3.6 に示す 4 つの構成要素を足し合わせて算定する。

表 3.3.6 道路閉鎖災害の潜在損失額の構成要素

ある道路閉塞災害の潜在損失額 Lp=Potential Loss of a RCD [Rs/ RCD]	ある道路閉塞災害の潜在復旧費 RCp =Potential Reopening Cost of a RCD [Rs/RCD]
	ある道路閉塞災害の潜在人身損失 HLLp=Potential value of Human Life Loss of a RCD [Rs/RCD]
Lp= RCp+ HLLp+ VLp +LTSp	ある道路閉塞災害の潜在車輛損失 VLp=Potential value of Vehicle Loss of a RCD [Rs/RCD]
	ある道路閉塞災害の潜在通行止めに伴う損失（迂回/待機/交通交通取り止め） LTSp=Potential Losses of Traffic Suspension (detour/waiting/cancellation) of a RCD [Rs/RCD]

b) RCp: ある道路閉塞災害の潜在復旧費 [Rs/RCD]

道路閉塞災害の潜在復旧費 RCp の算出式と算出用に単価を表 3.3.7 に示す。単価は N-M 道路の過去の復旧費データを基に 2007 年値として設定した。

道路閉塞復旧費の固定費（FCR : Fixed cost for reopening of a RCD）は建設機材のオペレータの賃金・手当、建設機材の減価償却費、管理費からなる。

道路閉塞復旧費の変動費は、全幅員道路閉塞 1m 当たりの復旧費単価（URCpMoF）または部分幅員道路閉塞 1m 当たりの復旧費単価（URCpMoP）を用いる。この変動経費は、燃料・オイル、作業員費用などから構成され、単価は、典型的な道路閉鎖災害時の土砂量を仮定して算定した。

表 3.3.7 復旧費の算出式と使用単価

算出式	単位	2007 年 単価
$RCp = FCR + LRCpoF \times URCpMoF + LRCpoP \times URCpMoP$		
RCp: 潜在復旧費 potential reopening cost	[ルピー/災害] [Rs/RCD]	
FCR: 道路閉塞復旧費の固定費 Fixed cost for reopening per RCD	[ルピー/災害] [Rs/RCD]	31,412
LRCpoF: 潜在的な全幅員道路閉塞の区間延長 Potential length of road closure section of full width	[m] [m]	
URCpMoF: 全幅員道路閉塞 1 m 当たりの復旧費単価 Unit reopening cost per one meter length of full width road closure	[ルピー/m] [Rs/m]	870
LRCpoP: 潜在的な部分幅員道路閉塞の区間延長 Potential length of road closure section of partial width	[m] [m]	
URCpMoP: 部分幅員道路閉塞 1 m 当たりの復旧費単価 Unit reopening cost per one meter length of partial width road closure	[ルピー/m] [Rs/m]	218

c) HLLp: ある道路閉鎖災害の潜在人身損失額 [ルピー/災害]

潜在人身損失額 HLLp の算定式と単価を表 3.3.8 に示すとともに、算定に用いる各係数の解説を以下に示す。

ANHD: 1 道路閉塞災害当たりの平均死亡者数 [人/災害]

道路閉塞災害当たりの平均死亡者数 ANHD は、過去の被災死亡者数の実績から算定した。

1997 年から 2006 年の 10 年間の死亡者数はゼロであるが、2003 年 7 月豪雨でトラックが CH21Km 地点で土石流に巻き込まれたが間一髪で難を逃れている。本検討では、これを 1 人の死亡と見込んだ。そのため 1997 年から 2006 年の 10 年間の ANHD は 1/308 (308 回の災害で死亡者 1 人) [人/災害]とした。

ただし、道路利用者が道路斜面災害に巻き込まれて死亡する確率は、交通量に比例すると考えられる。1997 年から 2006 年の交通量の増加率は 80% (年増加率 6%) であるため、2007 年の道路災害による潜在死亡者数は交通量増加率を見込んで、過去 10 年間 (1997 年から 2006 年) の死亡者数の約 1.5 倍と見積もった。従って、2007 年の ANHD

は、1.5/308 [人/RCD]とした。

UHL: 人身損失単価 [ルピー/人]

人身損失単価 UHL は、以下の 2 つの主要素から設定し 674,000 [ルピー/人]とした。

- 死亡による労働の喪失年数
- 死亡者の平均年収

表 3.3.8 潜在人身損失額の算出式と使用単価

算出式	単価	2007 年単価
HLLp=ANHD x UHL		
HLLp: 潜在人身損失額	[ルピー/災害]	3,282
Potential value of human lives lost	[Rs/RCD]	
ANHD: 1 道路閉塞災害当たりの平均死亡者数	[人/ 災害]	
Average number of human deaths per RCD	[persons/ RCD]	1.5/308
UHL: 人身損失単価	[ルピー/人]	
Unit Value of Human Life Lost	[Rs/person]	674,000

d) VLp: ある道路閉鎖災害の潜在車輛損失額 [ルピー/RCD]

潜在車輛損失額の算定式と単価を表 3.3.9 に示すとともに、算定に用いる各係数の解説を以下に示す。

ANVL: 1 道路閉塞災害当たりの平均損失車輛数 [台/RCD]

道路閉塞災害当たりの平均損失車両数 ANVL は、過去の被災損失車輛数の実績から算定した。

2003 年 7 月豪雨では 21km 地点の土石流にトラックが巻き込まれ 1 台の車輛が損失している。そこで本検討では、1997 年から 2006 年の 10 年間の ANVL は 1/308 (308 回の道路閉鎖災害に対して 1 台の車輛損失) [台/RCD]とした。

ただし、道路斜面災害に巻き込まれて車輛が損失する確率は、交通量に比例すると考えられる。1997 年から 2006 年の交通量の増加率は 80% (年増加率 6%) であるため、2007 年の道路災害による損失車輛数は交通量増加率を見込んで、過去 10 年間 (1997 年から 2006 年) の損失車輛数の約 1.5 倍と見積もった。従って、2007 年の ANVL は、1.5/308 [台/RCD]とした。

UVL: 車輛損失単価 [ルピー/台]

車輛損失単価 UVL は、平均車輛修理費 (税抜き)、保険超過金と事故調査費用 (ともに保険に加入の場合)、車輛が使えないことによる業務損失 (業務車輛の場合) を構成要素として算定した。

表 3.3.9 ある道路閉塞災害の潜在車輛損失額の算定式と単価

算出式	単位	2007年単価
$VLp = ANVL \times UVL$		
VLp: 潜在車輛損失額	[ルピー/災害]	
Potential value of vehicle lost	[Rs/RCD]	
ANVL: 1 道路閉塞災害当たりの平均損失車輛数	[台/災害]	
Average Number of Vehicle Loss per RCD	[vehicles/RCD]	1.5/308
UVL: 車輛損失単価	[ルピー/台]	
Unit Value of Vehicle Lost	[Rs/vehicle]	147,669

e) **LTSp** : 道路閉鎖災害の潜在交通障害損失額 [ルピー/災害]

道路閉鎖災害の潜在交通障害損失額 LTSp の算出式と単価を表 3.3.10 に示す。

表 3.3.10 潜在交通障害損失額の算定式と単価

算出式	単位	2007年単価
$LTSp = AADT \times NCDp \times ASLoV$		
LTSp: 道路閉塞災害の潜在交通障害損失額	[ルピー/災害]	
Potential losses of traffic suspension of a RCD	[Rs/RCD]	
AAADT: 年平均日交通量	[台/日]	
Annual average daily traffic	[vehicles/day]	3,225
NCDp: 当該箇所における 1 災害当たり想定全幅員閉塞日数	[日]	
Nos. of predicted closure days of the whole width of the road on the survey site per RCD	[day]	変数
$NCDp = 1 + LRCpof / 0.86 / 24$		
LRCpof: 潜在的な全幅員道路閉塞の区間延長		
Potential length of road closure section of full width [m]		
ASLpV : 1 車輛当たりの平均交通障害損失額	[ルピー/台]	
Average traffic suspension loss per vehicles	[Rs/vehicle]	変数
If $NCDp < 0.1$,		
$ASLpV = 1,580 \times NCDp$;		
If $0.1 \leq NCDp < 5.6$,		
$ASLpV = 693 \times \ln(NCDp) + 1,810$;		
If $5.6 \leq NCDp$, $ASLoV = 3,030$		

AADT: 年平均日交通量 [台/日]

年平均日交通量 AADT は「March 2007 DOR Feasibility Study Report Narayangharh-Mugling」に示されている係数である。2006 年の N-M 道路の両方向の年間平均日交通量は 3,041 台/日である。ここでは、交通量の増加を年 6% とし、2007 年の年平均日交通量は 3,225 台/日と算定した。

NCDp: 当該箇所における 1 災害当たりの想定全幅員閉塞日数 [日]

災害当たりの想定全幅員閉塞日数 NCDp は N-M 道路の過去のデータを用いて、以下の手法により設定する。

ARToDV: 土砂 1m³ 当りの平均復旧時間 = 0.0258 hr/m³

一方、

TVDoF: 全道路幅員閉塞の道路区間延長 1m 当りの典型的な堆積土砂量

= 33.47 m³/m.

全道路幅員閉塞の道路区間延長 1m 当りの平均復旧時間は次の通り求められる。

ARToDV x TVDoF = 0.0258 hr/m³ x 33.47 m³/m ≈ 0.86 hr/m

全道路幅員閉塞災害は大規模な災害であり、災害発見から復旧作業着手までの準備時間や土砂除去以外の安全対策時間などを勘案して、土砂除去の作業時間の他に 1 日分を追加する。

ゆえに、

$$NCDp = 1 + LRCpoP / 0.86 / 24$$

ここで、

LRCpoF: 潜在的な全幅員道路閉塞の区間延長 [m]

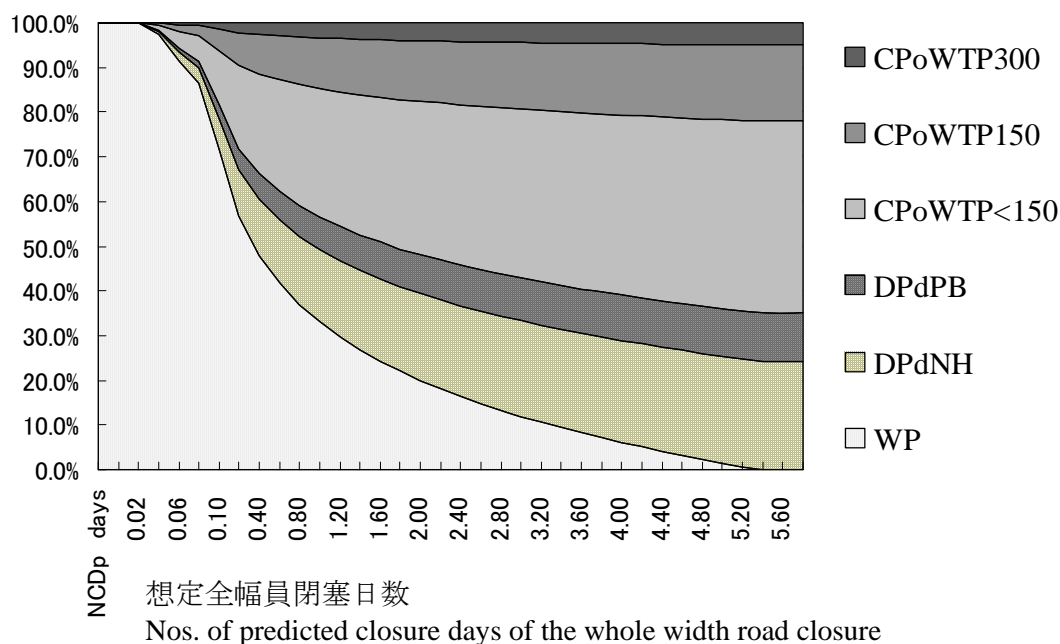
ASLpV: 1 車輛当りの平均交通障害損失額 [ルピー/台]

1 車輛当りの平均交通障害損失額 ASLoV は表 3.3.11 に示すように 3 つの構成要素を足し合わせたものである。

表 3.3.11 交通障害損失額の構成要素

ASLpV= 1 車輛当たり の平均交通障害損失額 Average Suspension Loss per vehicle [ルピー/台] [Rs/vehicle]	AWLpV = 1 車輛当たりの平均待機損失額 [ルピー/台] Average waiting loss per vehicle [Rs/vehicle]
ASLpV= AWLpV+ ADLpV+ ACLpV	ADLpV = 1 車輛当たりの平均迂回損失額 [ルピー/台] Average detour loss per vehicle [Rs/vehicle]
	ACLpV= 1 車輛当たりの平均交通取り止め損失額 [ルピー/台] Average cancellation loss per vehicle [Rs/vehicle]

道路使用者は全幅員道路閉塞日数に従って迂回、待機、取止めの行動を選択する。この行動選択の割合は、2007年9月に本調査において実施した、道路利用者への質問表聞き取り調査によって求めたものである。調査結果を図 3.3.17 の通りまとめる。



CpoWTP300	交通取り止めのうち代替交通手段に 300 ルピーの支払い意志がある車輛の率。 (非待機選択者の 5.0%) Cancellation percentage willing to Rs 300 instead of waiting (5.0% of non waiting)
CpoWTP150	交通取り止めのうち代替交通手段に 150 ルピーの支払い意志がある車輛の率。 (非待機率の 17.0%) Cancellation percentage, willingness to pay Rs 150 instead of waiting (17.0% of non waiting)
CpoWTP<150	交通取り止めのうち代替交通手段に 150 ルピー以上の支払い意志が無い車輛の率 Cancellation percentage willingness to pay less than Rs 150 instead of waiting (42.9% of non waiting)
DPdPB	ポカラあるいはプトワルへの迂回率。 (非待機のうち 10.8%) Detour percentage divert to Pokhara-Butawal (10.8% of no waiting)
DPdNH	ナウビセあるいはヘタウダへの迂回率 (非待機のうち 24.3%) Detour percentage divert to Naubise-Hetauda (24.3% of no waiting)
WP	待機率 Waiting percentage

図 3.3.17 N-M 道路の全幅員閉塞時における行動選択の割合

車輛の平均待機損失 AWLpV の算出式と単価を表 3.3.12 に示す。

表 3.3.12 車輛の平均待機損失の算出式と単価

算出式	単位	2007 年単価
$AWLpV = \lceil NCDp/2 \times 24 \times WP \times AVTT$		
AWLpV: 車輛の平均待機損失	[ルピー/台]	
Average waiting loss per vehicle	[Rs/vehicle]	
NCDp: 当該箇所における 1 災害当たりの想定全幅員 閉塞日数	[日]	変数
Nos. of predicted closure days of the whole width of the road on the survey site per RCD	[days]	
WP: 待機率	[%]	NCDp に従い 変化 (図 3.3.17 参照)
Waiting percentage	[%]	
UVTT: N-M 道路における 1 車輛当たりの交通時間価 値単価	[ルピー/台/時間]	130
Unit value of traffic time of a vehicle of N-M highway (‘2007 DOR, Report of study on North-South Fast track linking Katmandu to Terai’の車種別の交通時間価値単価 を用いて、N-M 道路の通行車種割合に従い重み付け調 整して算定)	[Rs/vehicle/hour]	

車輛の平均迂回損失額 ADLpV の算定式と単価を表 3.3.13 に示す。

表 3.3.13 車輛の平均迂回損失額の算出式と単価

算出式	単位	2007 年単価
ADLpV = DPdNH x UDLdNH + DPdPB x UDLdPB		
ここに ADLpV: 車輛の平均迂回損失額 Average detour loss per vehicle	[ルピー/台] [Rs/vehicle]	
DPdNH: ナウビセあるいはヘタウダへの迂回率（非待機率の 24.3%） Detour parentage of divert to Naubise or Hetauda (24.3% of no waiting)	[%] [%]	NCDp に従い 変化 (図 3.3.17 参照)
DPdPB: ポカラあるいはプトワルへの迂回率（非待機率の 10.8%） Detour parentage of divert to Pokhara-Butawal (10.8% of no waiting)		
UDLdNH: ナウビセあるいはヘタウダへの迂回車輛の迂回損失単価 Unit detour loss of a vehicle when divert to Naubise or Hetauda	[ルピー/台] [Rs/vehicle]	2,400
UDLdPB: ポカラあるいはプトワルへの迂回車輛の迂回損失単価 Unit detour loss of a vehicle when divert to Pokhara or Butawal	[ルピー/台] [Rs/vehicle]	5,100
- 車輛走行費用の M-H 道路と迂回路との差の平均値 と - 「走行増加時間」と「1 車輛あたりの交通時間価値単価 (UVTT)」の積の平均値		
NCDp: 当該箇所における 1 災害当たりの想定全幅員閉塞日数 Nos. of predicted closure days of the whole width of the road on the survey site per RCD	[日] [days]	変数
UVTT: N-M 道路における 1 車輛当たりの交通時間価値単価 Unit value of traffic time of a vehicle of N-M highway ('2007 DOR, Report of study on North-South Fast track linking Katmandu to Terai' の車種別の交通時間価値単価を用いて、N-M 道路の通行車種割合に従い重み付け調整して算定)	[ルピー/台/時間] [Rs/vehicle/hour]	130

車輛の平均交通取り止め損失額 $ACLpV$ の算定式と単価を表 3.3.14 に示す。

表 3.3.14 車輛の平均交通取り止め損失額の算定式と単価

算定式	単位	2007 年単価
$ACLpV = CPoWTP<150 \times 75 + CPoWTP150 \times 150 + CPoWTP300 \times 300$		
ここに $ACLpV$: 車輛の平均交通取り止め損失額	[Rs/vehicle]	
$CPoWTP<150$: 交通取り止めのうち代替交通手段に 150 ルピー以上の支払い意志が無い車輛の率 (非待機のうち 42.9%)	[%]	NCDp に従い 変化 (図 3.3.17 参照)
Cancellation percentage, willingness to pay under Rs 150 instead of canceling (42.9% of non waiting)	[%]	
	[%]	
$CPoWTP150$: 交通取り止めのうち代替交通手段に 150 ルピーの支払い意志がある車輛の率 (非待機のうち 17.0%)		
Cancellation percentage, willingness to pay up to Rs 150 instead of canceling (17.0% of non waiting)		
$CPoWTP300$: 交通取り止めのうち代替交通手段に 300 ルピーの支払い意志がある車輛の率 (非待機のうち 15.0%)		
Cancellation percentage, willingness to pay up to Rs 300 instead of canceling (15.0% of non waiting)		
NCDp: 当該箇所における 1 災害当たり想定全幅員 閉塞日数 Nos. of predicted closure days of the whole width of the road on the survey site per RCD	[日]	変数

以上から、車輛の平均交通障害損失額 $ASLpV$ は、以下の式を用いて算出する。

$NCDp < 0.1$ の場合

$$ASLpV = 1,580 \times NCDp;$$

$0.1 \leq NCDp < 5.6$ の場合

$$ASLpV = 693 \times \ln(NCDp) + 1,810;$$

$5.6 \leq NCDp$ の場合

$$ASLpV = 3,030$$

ここで、

ASLpV: 車輛の平均交通障害損失額 [ルピー/台]

NCDp: 当該箇所における 1 災害当たり想定全幅員閉鎖日数 [日]

ASLpV の 3 つの構成要素の割合の NCDp に対する変化を図 3.3.18 に示す。

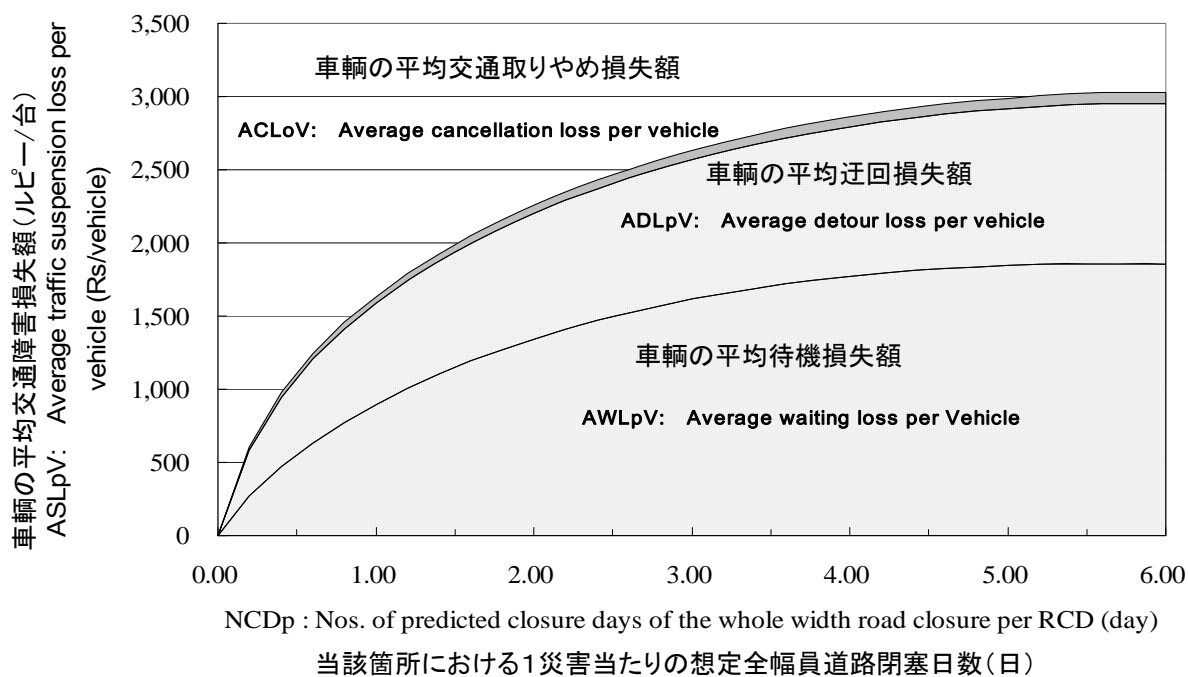


図 3.3.18 交通障害損失の 3 つの構成要素の割合と道路閉鎖日数の関係

(5) 道路斜面アセスメントシート 4: 構造物対策の経済性評価

シート 4: 構造物対策の経済性評価は第 4 章で述べる。

(6) 道路斜面アセスメントシート 5: 災害記録

シート 5: 災害記録のシートを図 3.3.19 に示す。この記録を用いて道路斜面アセスメントにおける各算定式や単価を更新していくことにより、次の段階ではより精度の高いリスクアセスメントを実施することが可能となる。

Road Slope Assessment Sheet 5: Disaster Record

Road Name		Narayangharh-Mugling Highway									
Station from		23	km	960	m	Side of survey		Left side of road			
Name of inspector for disaster record, sheet 6											
Name of surveyor						Survey date (d/m/y)		Date	Month	Year	
Disaster Occurrence Date, Hour		Hour	Date	Month	Year	Disaster Type (Select from drop down list)					
Length of road closure site						Road closure type (Full width/At least one lane is secured)					
Reopen Date, Hour at least one lane is secured		Hour	Date	Month	Year	Number of days of full width road closure (days)					
Disaster station		from	km	m	until	km	m				
Total reopening cost (Rs)		Estimated		Actual							
Reopening method (Select from drop down list)		Soil/Rock removal by manual labour									
Number of dead persons due to disaster (persons)						Number of injured persons by the disaster (persons)					
Number of broken vehicles due to disaster (vehicles)											
Existing countermeasure	Countermeasure type		Station								
		from	km	m	until	km	m				
		from	km	m	until	km	m				
		from	km	m	until	km	m				
		from	km	m	until	km	m				
		from	km	m	until	km	m				
Rehabilitation plan (planned, not yet planned)						Outline of the plan					
Photos/ Sketches and other data.											

	Numerical value or terms should be input.
	Numerical value is automatically input.

図 3.3.19 道路斜面アセスメントシート 5 : 災害記録

3.4 リスクアセスメントの結果

3.4.1 ナラヤンガート～ムグリン道路

(1) 道路斜面災害のリスクレベル

2007年8月の現地調査に基づいて、全305箇所（山側斜面134、横断溪流78、川側斜面93）の道路斜面災害のリスクを、道路斜面災害アセスメントシートを用いて評価した。

リスクレベルの指標は先に述べたとおり以下のものを用いた。

- 道路閉塞災害の潜在的頻度 (FRCDp) [災害/年]
- 潜在的年間損失 (ALp) [ルピー/年]

一般にリスクは災害の頻度と規模の積として示される。

FRCDpは、道路斜面災害リスクの頻度成分を示す。ALpは災害の頻度と規模との積を示したものであり、道路閉塞災害の統括的リスク指標といえる。

図3.4.1にFRCDpによる道路斜面災害リスクマップを示す。図3.4.2にALpによるリスクマップを示す。

これらの図に基づいて判断すると、潜在的災害箇所はN-M道路のCH 10-36km（延長26km）に分布しており、高リスク（FRCDpが0.1災害/年あるいはALpが1.0百万ルピー/年）箇所はこの国道の26km区間に散在することがわかる。また、3種の斜面タイプ（山側斜面、横断溪流、川側斜面）の中では、山側斜面のリスクが最も高いといえる。

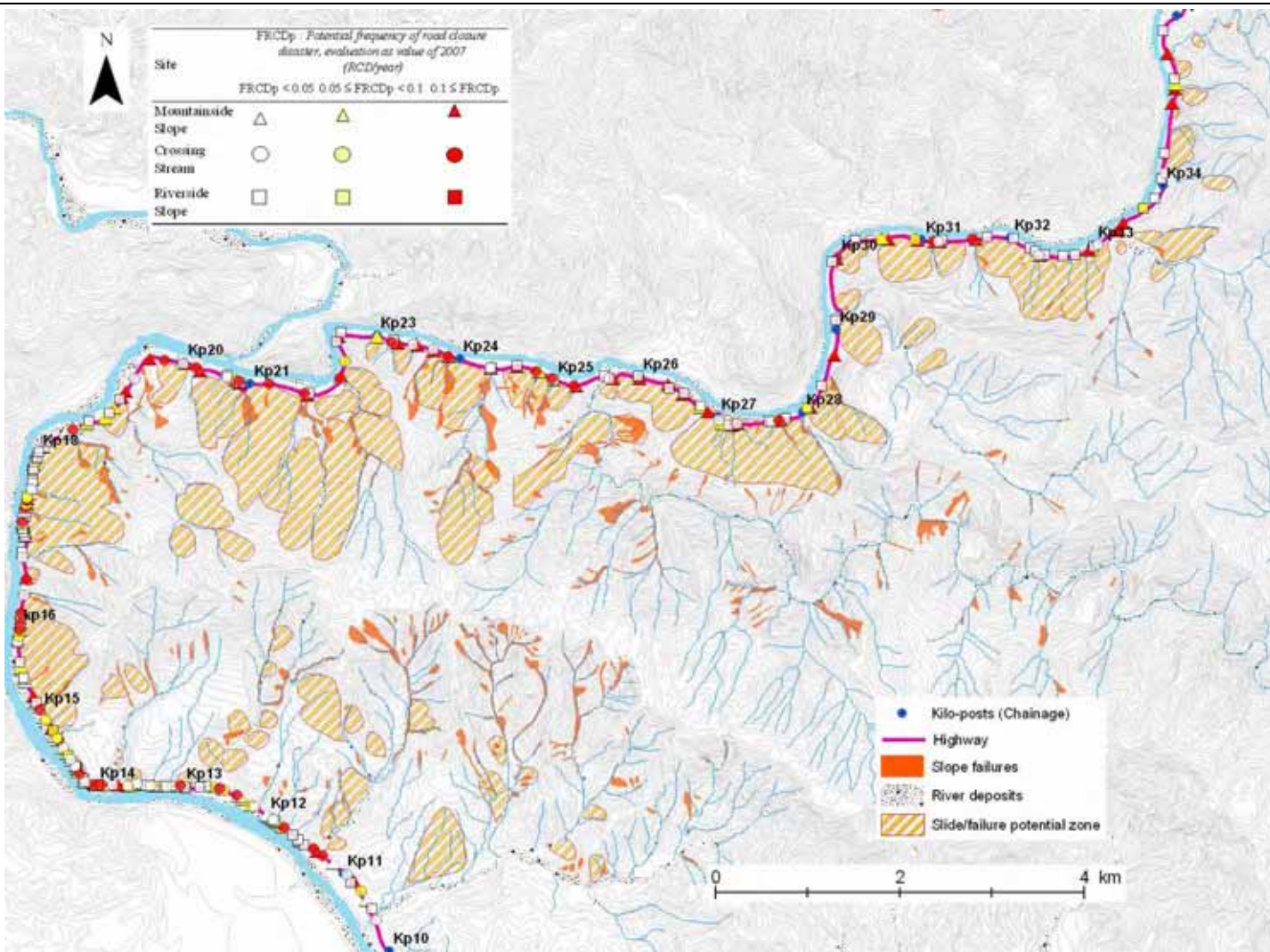


図 3.4.1 道路閉鎖災害の潜在的頻度(FRCDp)のハザード

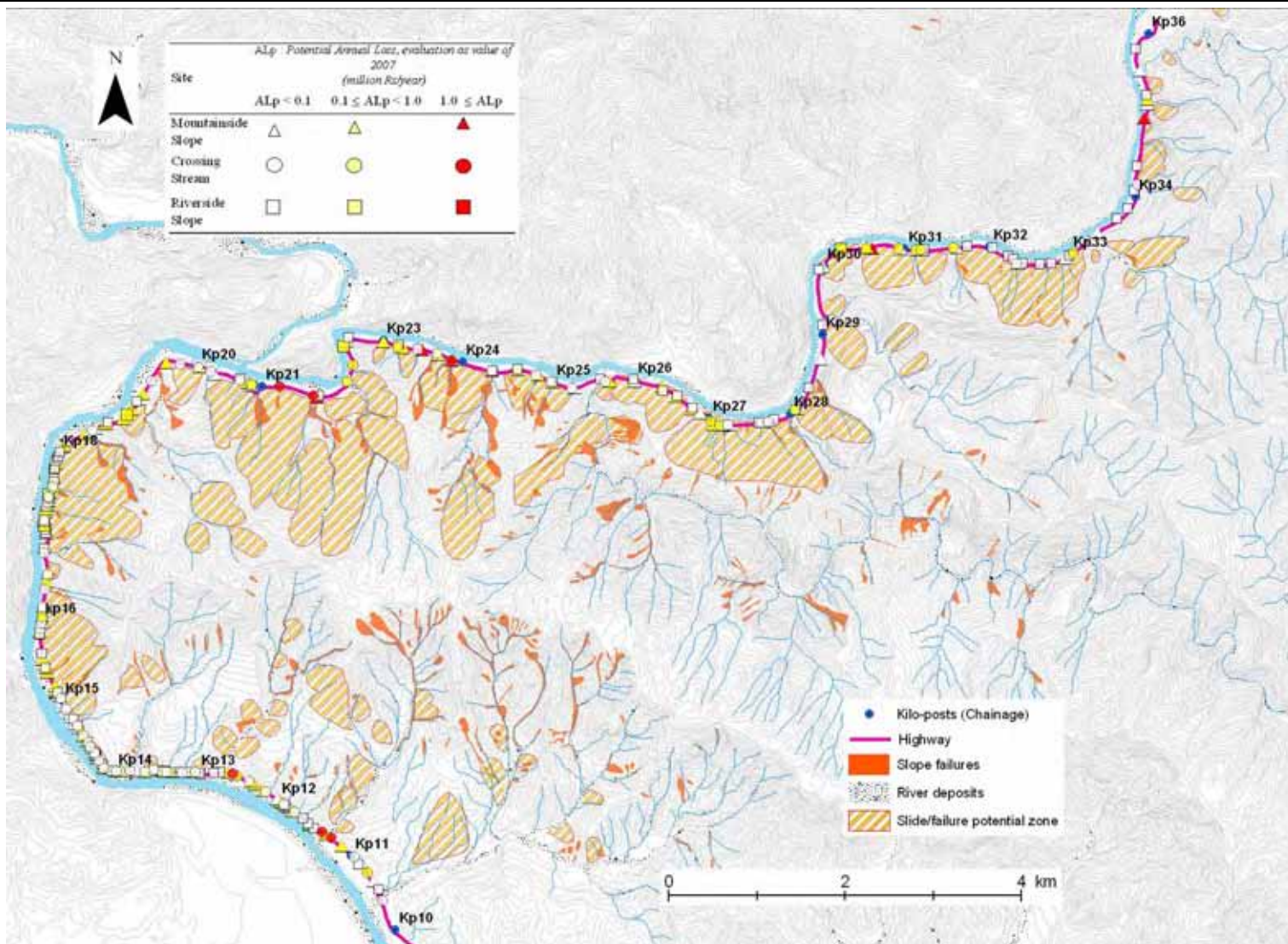


図 3.4.2 潜在的年間損失(ALp)のハザード

(2) ナラヤンガート～ムグリーン道路のトータルリスク

本節ではN-M道路の地点10 kmから地点36 kmの間の道路斜面災害のリスクを検討した。

N-M道路の潜在的な年間損失額ALpの合計を図3.4.3に示す。年間損失は2007年値で、合計106.1百万ルピー/年であった。このうち、山側斜面が65.9%、横断溪流が32.1%、川側斜面が2.0%である。

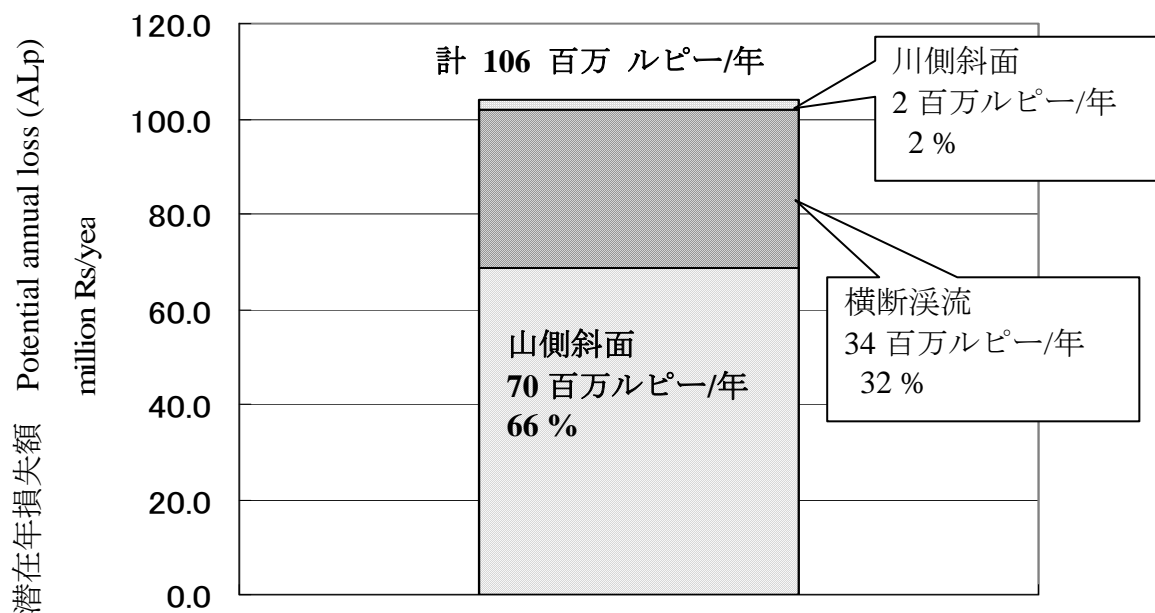


図 3.4.3 斜面タイプによる N-M 道路の潜在的年間損失額(ALp)の 2007 年値

損失の要素によるALpの構成を図3.4.4に示す。交通障害によるALpが99%と最も大きい。

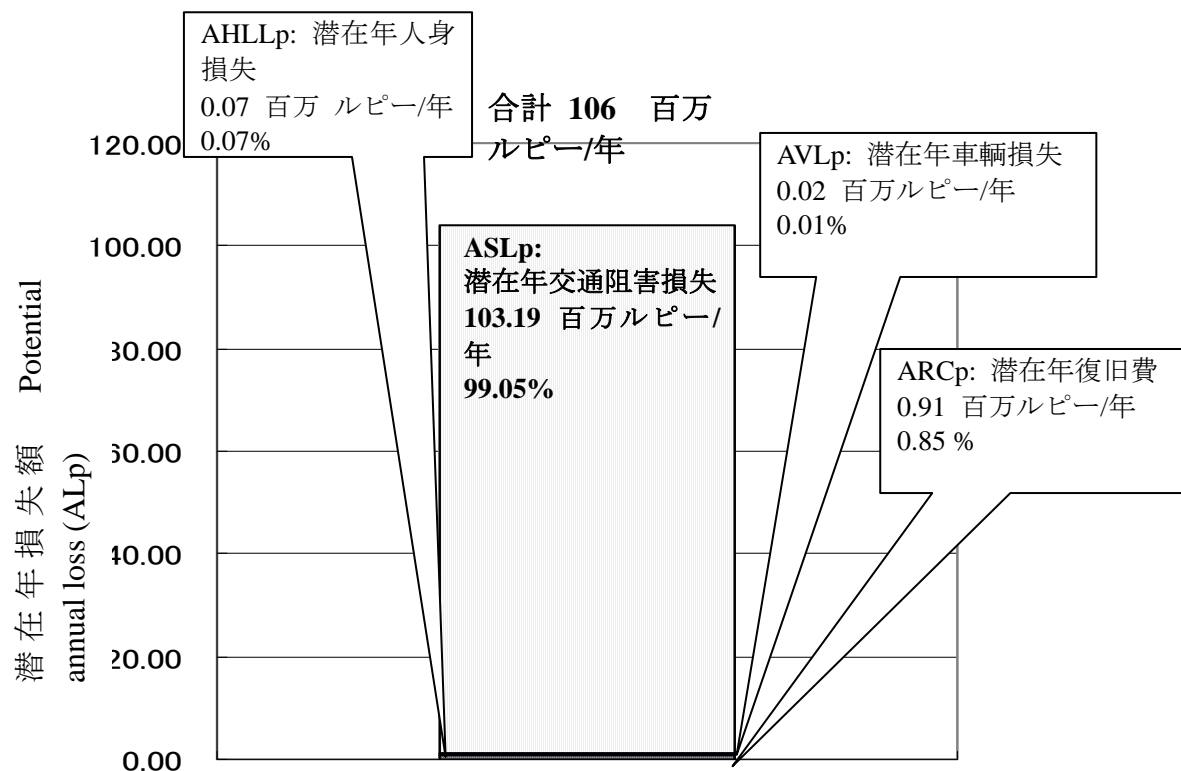


図 3.4.4 損失成分による N-M 道路の潜在的年間損失(ALp)の 2007 年値

(3) 構造物対策の存在の効果

本節では現地の対策構造物の効果を経済的観点から考察する。

道路斜面災害リスクは、以下のように考えることができる。

$$ALp = CEM \times ALpom;$$

ここで、

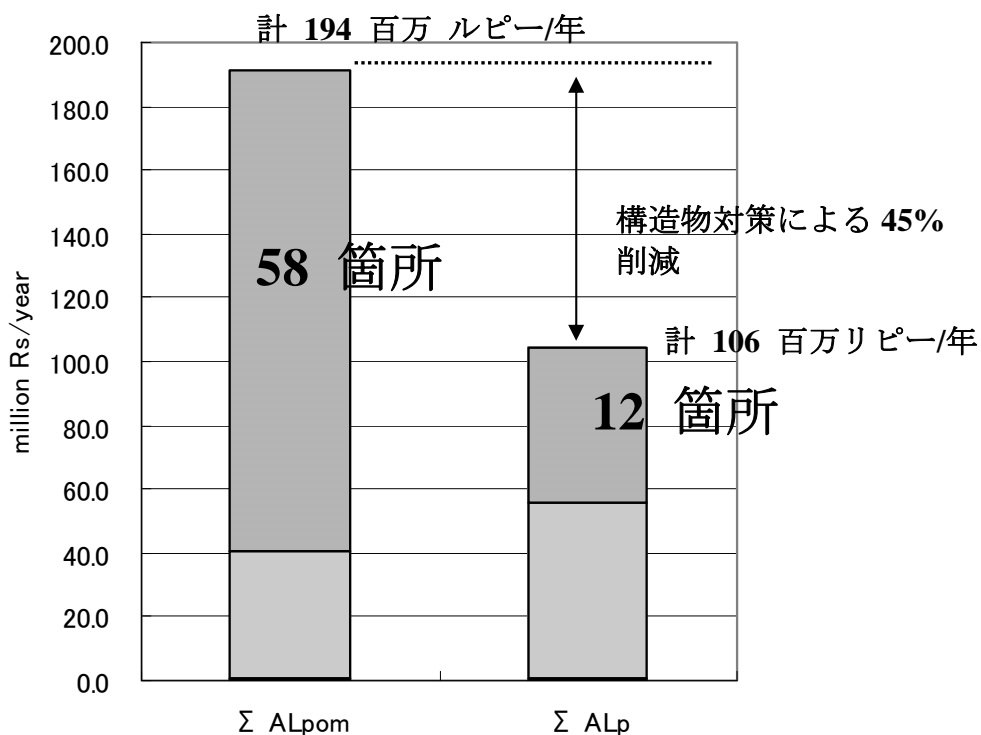
ALp: 潜在的な年間損失額 [円/年]

CEM: 構造物対策の効果係数

ALpom: 構造物対策の効果を見込まない潜在的年間損失 [円/年]

表 3.4.1 に ALp と ALpom の一覧を、図 3.4.4 にそれらのダイアグラムを示す。

ここで、ほとんどの構造物対策は 2003 年以降に実施されたことから、2003 年時点の ALpom を算定することができる。ALp と ALpom を比較した結果、構造物対策の効果により、潜在的な年間損失額は 2003 年以降 45 % 減少したと評価できる。



ALp または ALpom (ルピー/年)	箇所数	
	ALpom: 構造物対策の効果を 見込まない潜在年損失額 Potential annual loss without structural measure	ALp: 潜在年損失額 Potential annual loss
1.0 百万以上	58	12
0.1 - 1.0 百万	70	91
0.1 百万未満	177	202

図 3.4.5 構造物対策の効果による道路斜面災害リスクの低減

表 3.4.1 潜在的年間損失額 (ALp) と構造物対策の効果を見込まない ALp (ALpom) 一覧

Categories of Potential Annual Loss (ALp) Rs/year	Mountainside Slope			Crossing Stream			Riverside Slope			Total		
	Nos. of Sites	Sub Total of ALp Rs/year	Percentage to the Total	Nos. of Sites	Sub Total of ALp Rs/year	Percentage to the Total	Nos. of Sites	Sub Total of ALp Rs/year	Percentage to the Total	Nos. of Sites	Sub Total of ALp Rs/year	Percentage to the Total
ALp < 100,000	61	449,453	1%	54	414,240	1%	87	41,900	2%	202	905,594	1%
100,000 ≤ ALp < 1,000,000	67	41,616,513	60%	18	11,131,404	33%	6	2,083,521	98%	91	54,831,438	52%
1000,000 ≤ ALp	6	27,871,818	40%	6	22,495,336	66%	0	0	0%	12	50,367,154	47%
Total	134	69,937,784	100%	78	34,040,981	100%	93	2,125,422	100%	305	106,104,186	100%

Categories of Potential Annual Loss without structural measure (ALpom) Rs/year	Mountainside Slope			Crossing Stream			Riverside Slope			Total		
	Nos. of Sites	Sub Total of ALpom Rs/year	Percentage to the Total	Nos. of Sites	Sub Total of ALpom Rs/year	Percentage to the Total	Nos. of Sites	Sub Total of ALpom Rs/year	Percentage to the Total	Nos. of Sites	Sub Total of ALpom Rs/year	Percentage to the Total
ALpom < 100,000	60	462,732	0%	51	209,036	0%	66	115,677	0%	177	787,445	0%
100,000 ≤ ALpom < 1000,000	45	25,988,458	24%	12	6,786,916	13%	13	6,983,301	22%	70	39,758,675	21%
1000,000 ≤ ALpom	29	81,421,819	75%	15	47,228,078	87%	14	24,355,134	77%	58	153,005,031	79%
Total	134	107,873,009	100%	78	54,224,030	100%	93	31,454,111	100%	305	193,551,151	100%

(4) 高リスク 12 箇所

各箇所のリスクの算定結果から、本路線における高リスク箇所を特定した。表 3.4.2 に ALp が 1.0 百万ルピー/年以上の高リスク 12 箇所を示す。これらは山側斜面と横断溪流に分かれ、図 3.4.6 に山側斜面の 6 箇所を、図 3.4.7 に横断溪流の 6 箇所を示す。

表 3.4.2 ALp1.0 百万ルピー/年以上の高リスク 12 箇所

起点からの距離呈	斜面タイプ	災害タイプ	FRCdp	ALp
			(災害/年)	(百万ルピー/年)
11 km+280 m (カハレコーラ)	横断溪流	土石流	0.25	5.8
11 km+500 m	横断溪流	斜面崩壊と土石流	0.26	2.1
12 km+600 m (ダスコーラ)	横断溪流	土石流	0.39	7.7
21 km+200 m	横断溪流	斜面崩壊と土石流	0.34	2.7
21 km+560 m	横断溪流	土石流	0.13	1.3
21 km+610 m (SL-1)	山側斜面	すべり	0.15	2.9
23 km+510 m (SL-2)	山側斜面	すべりと斜面崩壊	0.24	3.5
23 km+930 m	横断溪流	土石流	0.23	2.3
23 km+960 m (SL-3)	山側斜面	すべり	0.24	13.7
24 km+235 m (SL-4)	山側斜面	すべりと斜面崩壊	0.19	1.5
30 km+690 m	山側斜面	斜面崩壊	0.24	1.9
34 km+200 m	山側斜面	落石	0.55	4.3
計 12 箇所			3.21	50.4
全 305 箇所の総計に対するパーセンテージ			15%	47%
全 305 箇所の総計			22.02	106.1

SL は地すべりサイトを指す。

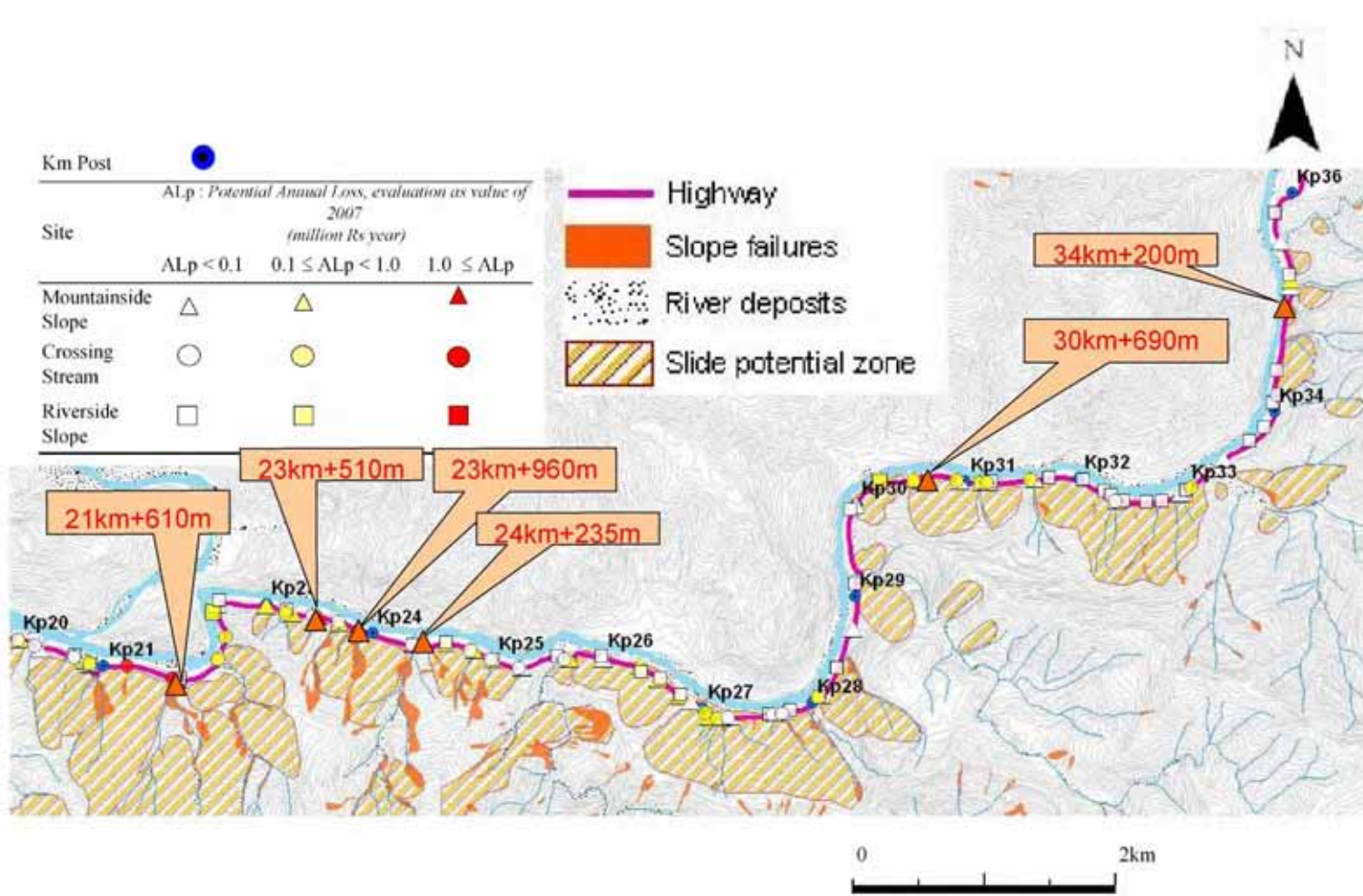


図 3.4.6 山側斜面の場合の ALp が 1.0 百万 Rs/年以上の高リスク 6 箇所の位置

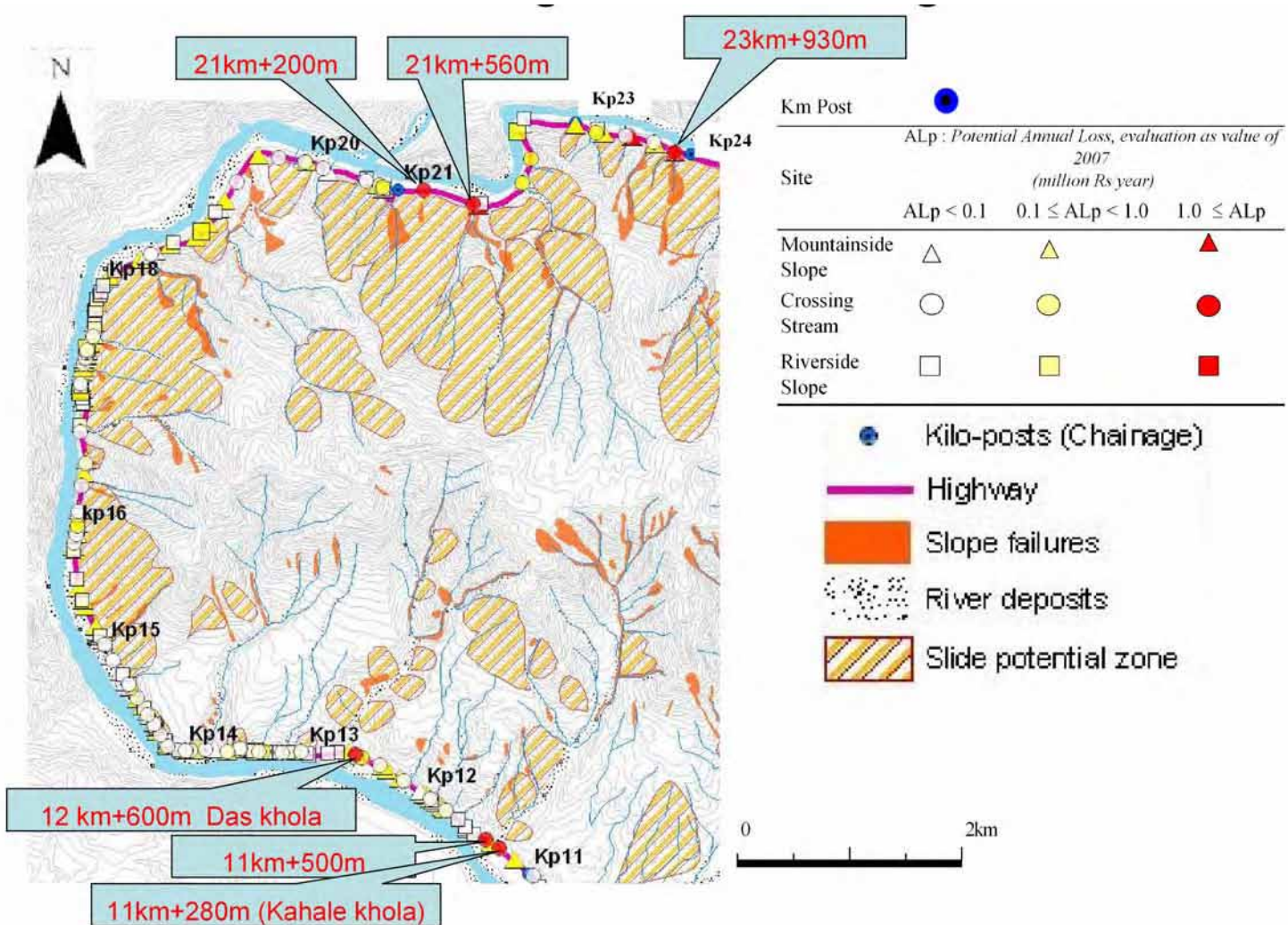


図 3.4.7 横断溪流の場合の ALp が 1.0 百万 Rs/年以上の高リスク 6 箇所の位置

(5) 道路区間 1km 当たりの斜面災害リスクレベル

(a) 総論

本路線における高リスクの道路部分を認識するために、各サイトのリスク指標を道路区間 1km 当たりのリスク指標に換算した (図 3.4.8)。

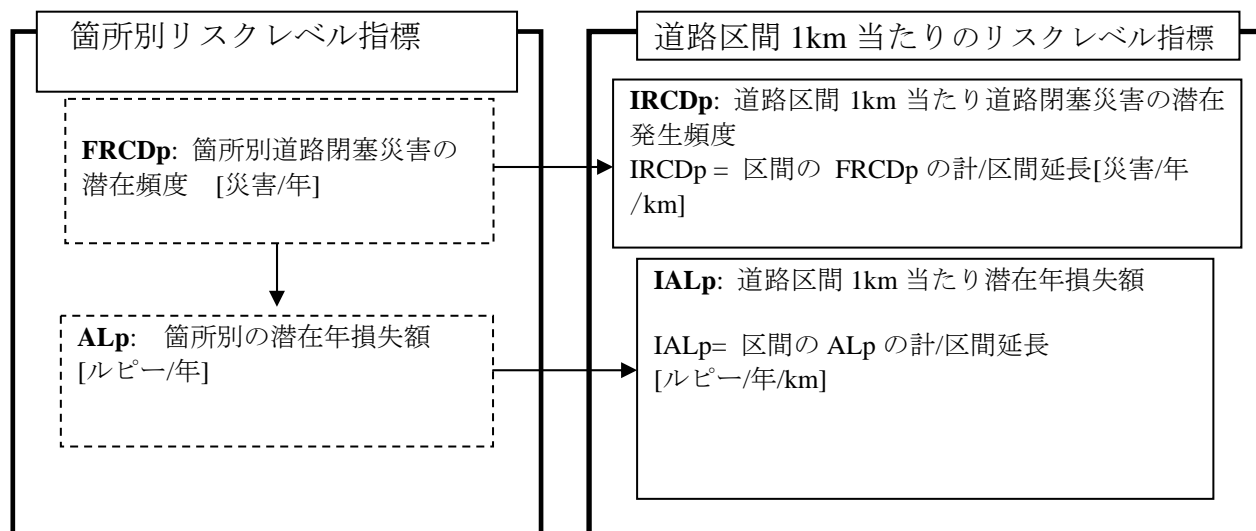


図 3.4.8 道路区間 1km 当たりのリスク指標の算出プロセス

(b) 道路区間 1km 当たりの道路閉塞災害の潜在発生頻度(IRCDp)

区間当たりの IRCDp を以下の式により求める。

$$\text{IRCDp} = \sum \text{FRCDp}/\text{LS}$$

ここで、

IRCDp: 道路区間 1km 当たりの道路閉鎖災害の潜在発生頻度 [災害/年/km]

$\sum \text{FRCDp}$: 道路区間内の FRCDp の合計 [災害/年]

LS : 道路の区間延長 [km]

(c) 道路区間 1km 当たりの潜在年損失額 (IALp)

1km 毎の道路閉鎖災害の潜在的な年間損失は以下の式により求める。

$$\text{IALp} = \sum \text{IALp}/\text{LS}$$

ここで、

IALp: 道路区間 1km 当たりの道路閉鎖災害の潜在年間損失額 [ルピー/年/km]

\sum IALp: 道路区間の ALp の合計 [ルピー/年]

LS : 道路の区間延長 [km]

(d) 道路区間 1km 当たりリスクレベル

上述の算定結果に基づいて求めた道路区間 1km 当たりにおけるリスクレベル指標を表 3.3.8、図 3.4.9、図 3.4.10 に示す。

IRCDp が 1.0 災害/km/年以上の高災害リスクの区間は、CH km 11-12、km 13-15、km 17-18、km 27-28、km 34-35 である。IALp が 10 百万ルピー/ km /年以上の高リスク区間は、km 11-13、km 23- 25 である。

表 3.4.3 N-M 道路の斜面災害リスクの概要

1 km 区間	IRCDp: 道路区間 1km 当たり道路閉塞 災害の潜在発生頻度	IALp: 道路区間 1km 当たり潜在年 損失額	高額順位 12 ALp (簡 所別の潜在年損失 額) 箇所
	災害/年/km	ルピー/年/km	
km 10 - km 11	0.20	636,349	
km 11 - km 12	1.28	12,553,071	2 箇所
km 12 - km 13	0.90	11,596,374	1 箇所
km 13 - km 14	1.28	5,532,572	
km 14 - km 15	1.26	3,907,911	
km 15 - km 16	0.73	2,629,073	
km 16 - km 17	0.93	2,509,015	
km 17 - km 18	1.76	6,125,221	
km 18 - km 19	0.49	2,560,350	
km 19 - km 20	0.62	3,139,973	
km 20 - km 21	0.84	2,878,446	
km 21 - km 22	0.84	8,443,483	3 箇所
km 22 - km 23	0.43	768,427	
km 23 - km 24	0.94	11,427,335	3 箇所
km 24 - km 25	0.93	14,584,536	1 箇所
km 25 - km 26	0.55	1,578,079	
km 26 - km 27	0.55	2,228,505	
km 27 - km 28	1.38	1,295,980	
km 28 - km 29	0.75	488,570	
km 29 - km 30	0.50	18,536	
km 30 - km 31	0.63	2,787,817	1 箇所
km 31 - km 32	0.91	3,025,898	
km 32 - km 33	0.85	304,143	
km 33 - km 34	0.73	28,870	
km 34 - km 35	1.07	4,369,938	1 箇所
km 35 - km 36	0.66	685,373	
km 36 - km 36.1	0.09	3,417	
平均	0.84	4,065,294	

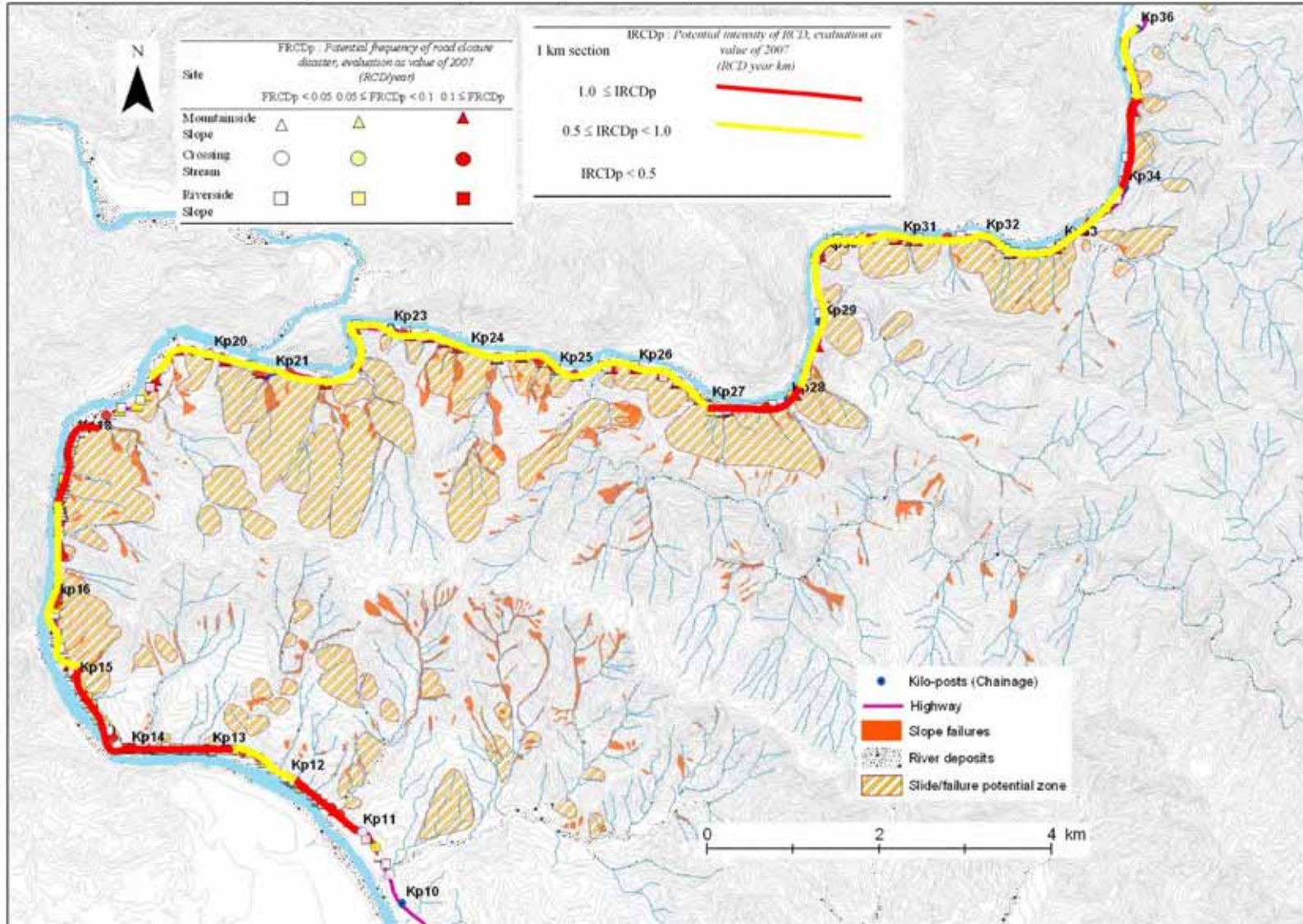


図 3.4.9 道路区間 1km 当たりの道路閉塞災害の潜在発生頻度 (IRCDp)

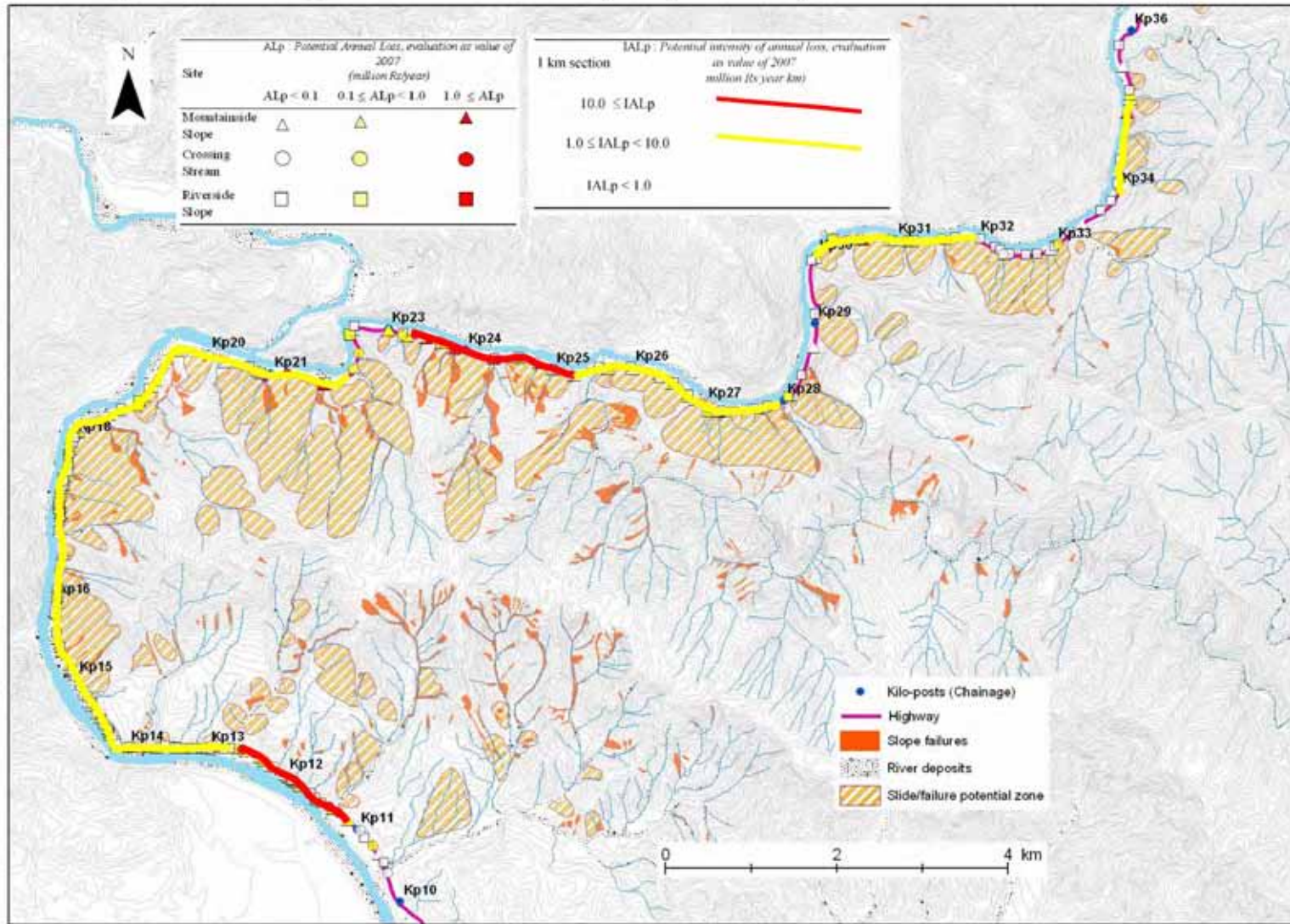


図 3.4.10 道路区間 1km 当たりの潜在年間損失額(IALp)

3.4.2 ルワ川/マルシャンディ水力発電所

(1) リスクアセスメントの方針と流れ

2003年7月豪雨災害の再現は、災害の頻度と規模を算定するためのシナリオとすることができる。本調査では、このシナリオによって土砂災害のリスク（損失額）を概算した。本箇所のリスクアセスメントの手順を図3.4.11に示す。

既往対策工の効果を見込まないリスク

道路斜面災害リスクの算定に必要なとなる潜在災害頻度は、2003年7月豪雨災害時の24時間積算雨量の再現期間と同じ値として求めた。

また潜在災害規模については、既存の構造物対策が2003年災害後で設置されていることから、2003年7月豪雨災害の損失額を2007年価格に換算した値を用いることとした。

既往対策工の効果を見込まないリスク（潜在年間損失額）は、この潜在災害頻度と規模の積として算出した。

現況リスク（既往対策工の効果を見込んだリスク）評価

現況リスク（既往対策工の効果を見込んだリスク）は、「既往対策工の効果を見込まないリスク」と「潜在災害発生頻度に対する対策工の効果係数（CEM）」の積として算出できる。

既往対策工の効果を見込まないリスク

$$= \text{潜在発災害頻度} \times \text{潜在災害規模} [\text{ルピー/年}]$$

潜在災害頻度: 2003年7月豪雨の24時間積算雨量の再現期間と同値 [災害/年]

潜在災害規模: 2003年7月豪雨の被害額の2007年価格[ルピー]



既往対策工の効果を見込んだリスク

$$= \text{既往対策工の効果を見込まないリスク} \times \text{CEM} [\text{ルピー/年}]$$

CEM: 潜在発災害頻度に対する対策工の効果係数 [無単位]

図 3.4.11 ルワ川/マルシャンディ水力発電所のリスク評価の手順

(2) 既往対策工の効果を見込まない潜在災害頻度

既往対策工の効果を見込まない潜在災害頻度は、2003年7月豪雨の再現期間との同値として評価する。2003年7月豪雨におけるデブガット観測所の24時間降雨量の再現期間は16年であることから、潜在災害頻度は1/16 災害/年とした。

(3) 既往対策工の効果を見込まない潜在損失額

既往対策工の効果を見込まない潜在損失額は、2003年7月豪雨災害による損失額を2007年価格値として換算した値を用いた。2007年価格値は、2008年2月に実施した現地道路交通調査等から155,440,000ルピーと算出された。算出の内訳を表3.4.4に示す。

表 3.4.4 2003年7月豪雨災害の損失額の2007年価格値

項目	損失 (ルピー)
復旧費 (仮設迂回路)	40,000
道路と発電所設備の損失	58,350,000
車輛損失	40,000
発電所出力低下に伴う損失	87,700,000
道路通行阻害損失 (待機、迂回および取り止め)	9310,000
計	155,440,000

(4) 既往対策工の効果を見込まないリスク

既往対策工の効果を見込まないリスクは、以下の式により算出した。

既往対策工の効果を見込まないリスク (潜在年損失額)

= 既往対策工の効果を見込まない潜在災害頻度 x 既存対策工の効果を見込まない潜在損失規模 [ルピー/年]

ここで、

既往対策工の効果を見込まない潜在発災頻度： = 1/16 [災害/年]

既往対策工の効果を見込まない潜在損失額： 1/16 [災害/年] x 155,440,000 [ルピー/災害] = 9,715,000 [Rs]

従って、構造物対策のない場合の潜在的な年間損失は 9,715,000 ルピー/年と算出される。

(5) 既往対策工の効果を見込んだリスク

既往対策工の効果を見込んだリスク (潜在年間損失額) は以下のように定義できる。

既往対策工の効果を見込んだ潜在年損失額 [ルピー/年]

= 既往対策工の効果を見込まない潜在年損失額 x CEM

ここで、

CEM: 潜在発災頻度に対する対策工の効果係数 [無単位]

既往の砂防ダムは、2003年7月豪雨災害時に発生した土石流と同規模の規模を捕捉する効果がある。しかし、新たな斜面崩壊による大規模な土石流が発生した場合、既往砂防ダムの許容量を超えてしまう。また、既設の流路断面の一部は2003年の降雨強度に基づいて計算される必要流路断面よりも小さい。

これらの状況を考慮し、CEMを“0.5”と設定した。

= 9,715,000 [ルピー/年] x 0.5 = 4,857,500 [ルピー/年]

よって既往対策工の効果を見込んだ現況の潜在年間損失額は4,857,500 [ルピー/年]と算出された。