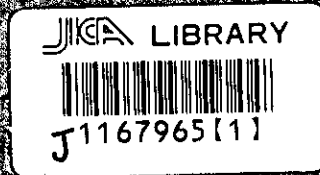


マレーシア国
道路防災管理計画調査

最終報告書

要約

2002年3月



日本工営株式会社
応用地質株式会社

社調1

JR

02-48

国際協力事業団（JICA）
マレーシア国公共事業省公共事業総局（JKR）

マレーシア国
道路防災管理計画調査

最終報告書

要 約

2002年3月

日本工営株式会社
応用地質株式会社



1167965[1]

マイクロ
フィルム作成

序 文

日本国政府は、マレーシア国政府の要請に基づき、同国の道路防災管理計画にかかる開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成 12 年 11 月から平成 14 年 2 月までの間、3 回にわたり、日本工営株式会社の新開弘毅氏を団長とし、日本工営株式会社と応用地質株式会社からなる調査団を現地派遣しました。

また、平成 12 年 11 月から平成 14 年 1 月までの間、阪神高速道路公団公務部設計課長、長沼敏彦氏を委員長とする作業監理委員会を設置し、本件調査に関し専門的かつ技術的な見地から検討・審議が行われました。

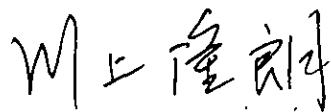
調査団は、マレーシア国政府関係者と協議を行うとともに、調査対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に寄与することを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成 14 年 3 月

国際協力事業団
総裁 川上隆朗



伝 達 状

国際協力事業団

総裁 川上 隆朗 殿

今般、マレーシア国道路防災管理計画調査が完了致しましたので、ここに最終報告書及び本業務で作成致しました斜面情報管理システム(SIMS)を提出致します。

本報告書及び成果品は大きく分けて下記、三つの構成からなっております。

- 1) 本報告書
- 2) 道路防災ガイドライン
- 3) 斜面情報管理システム

(Slope Information Management System ; 略称 SIMS)

1) は本調査の主目的であります、マレーシア国道路防災ガイドライン及び斜面情報管理システムの作成過程と同ガイドライン及び情報システムの概要をとりまとめたものです。2) にはマレーシア国で道路防災管理を行う際の実際的手法を取り纏めました。また、3) は道路防災管理を実施する場合の中心的ツールとして作成したものです。

業務遂行に際しましては、国際協力事業団関係各位及び作業監理委員の方々には業務の円滑な執行及び技術面からのご助言をいただきました。また、マレーシア国公共事業省関係各位には、現地での作業、資料収集の面で大変お世話になり、報告書作成時には有益なご意見を頂きました。報告書を提出するにあたり、深甚の謝意を表するしだいです。

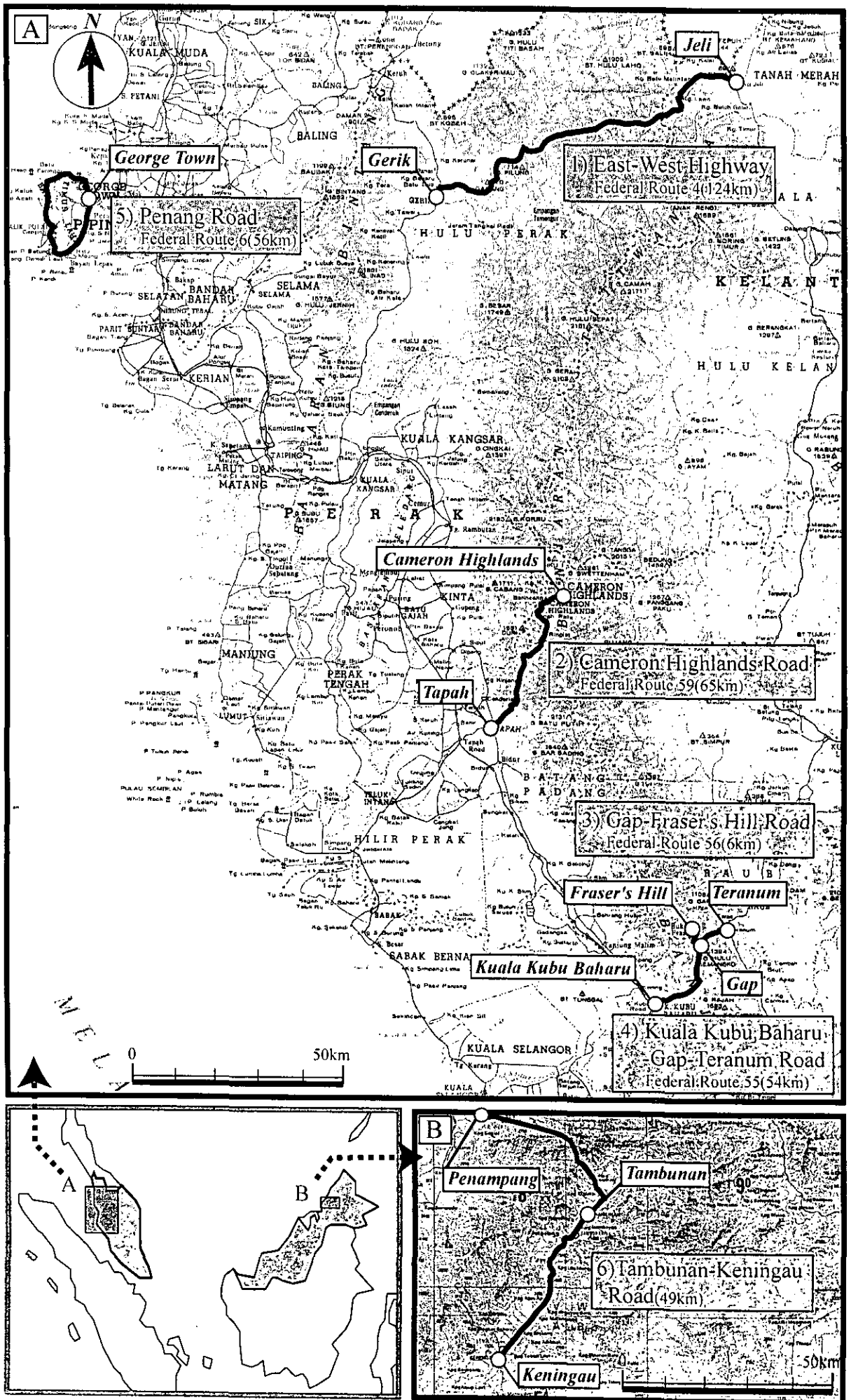
本業務はマレーシア国の道路維持管理、特に道路防災管理手法の改善に寄与することを目的として実施したものです。今回の業務の成果品が同国の道路災害の低減と効率的道路管理に活用されるならばこれに優る喜びはありません。

平成14年3月

マレーシア国道路防災管理計画調査団

総括 新開 弘毅

新開 弘毅



Location Map

マレーシア国道路防災管理調査概要

1. 調査の概要

1. 国名	マレーシア国		
2. 調査名称	マレーシア国道路防災管理調査		
3. 受入機関	公共事業省 公共事業総局(JKR) 道路局		
4. 調査目的	<ul style="list-style-type: none"> ・道路防災管理のガイドライン作成 ・道路斜面防災管理のための情報システム作成 ・技術移転と組織・人材開発の提案 		
5. 対象地域	マレーシア半島、ならびに東マレーシアの6つの国道（総延長 425km）		
6. 調査の内容	1年次 (フェーズ I)	データ収集（自然、経済、技術分野）	
		国道6路線での現地調査およびケース・スタディ路線の選定	
		防災ガイドラインの基本方針策定	
		情報管理システムの基本設計	
	2年次 (フェーズ II)	A	東西高速道路での現地調査（斜面点検・地質調査・モニタリング 斜面情報管理システム(SIMS)の開発 ・対策工概略設計）
			人材および組織のレビュー
			斜面管理計画の策定
		B	斜面情報管理システム(SIMS)の適用確認
			道路斜面管理システム(SIMS)の作成
			道路防災ガイドラインの作成 組織および人材開発の提案

2. 実施工程

年・月	2000						2001											
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
フェーズ・報告書	Phase-I						Phase-II											
現地調査																		
ケーススタディ（東西高速道路）																		
道路防災ガイドラインの作成																		
斜面情報管理システム(SIMS)開発																		
ファイナルレポートの作成																		

3. 調査の成果

1. ガイドラインの作成	ガイド I：道路斜面維持防災管理ガイド ガイド II：斜面点検ガイド ガイド III：早期警戒および地質調査ガイド ガイド IV：対策工選定および工費概算ガイド ガイド V：斜面情報管理システム(SIMS)ガイド
2. 斜面情報管理システム(SIMS)の作成・適用性の確認	斜面危険度評価、経済分析、GIS 機能を備えたシステムを作成した。作成した本システムを実際の道路斜面で試験運用し、適用性を確認した。
3. 技術移転・人材開発	道路防災、斜面点検、およびシステム管理を主題とした2回のワークショップ、3回のセミナー、3回の情報システム講習会、カウンターパート受入研修、斜面点検 OJT を開催し、カウンターパート側への技術移転を行った。また、マレーシア国の道路防災管理の実施体制について提案を行った。

4. 導入計画（提言）

- 新システムの全国展開計画作成
- JKR 本部維持管理部門への斜面防災、および情報管理専門家の導入
- 斜面防災関連担当者の教育訓練制度の新設
- 斜面点検などハード業務の外部委託化の推進

マレーシア国 道路防災管理計画調査

調査機関：2000年10月－2002年3月

受入機関：マレーシア国公共事業省
公共事業総局

概 要

1. 調査の背景

マレーシア国においては全国的な道路網の整備にともない、近年山地および丘陵地で道路の新規建設が増加し、山岳道路における斜面の災害が多発するようになった。このような状況に鑑み、公共事業総局(以下 JKR)では、1990年初頭以来、斜面面防災管理のためのいくつかのシステム開発を行なってきたが、より効率的かつ信頼度の高い管理手法の開発を望んでいた。

一方、日本では30年以上にわたり、危険な道路斜面の点検、危険度評価、詳細調査、維持管理、対策工事の実施、モニタリング、異常気象時の交通規制、緊急対応計画など、多角的な取り組みがなされてきた。このような背景の下、マレーシア国から日本政府に対し技術協力の要請が出され、本調査の実施に到ったものである。

2. 調査の目的

本調査の目的は、マレーシア全国の国道を対象として、現地の諸条件に即した道路斜面防災管理計画手法を作成することである。

成果品は以下の二つである。

- 1) 道路斜面防災管理のための情報システム (GIS 機能付き)
- 2) 道路防災管理のための技術ガイドライン

(斜面の危険度判定、調査、対策工設計、モニタリング、維持管理を含む)

これらの成果の有効的な導入を図るための組織・人材開発面の分析提案を行なうとともに、調査を通して相手国への技術移転を図ることも本業務に課せられた課題である。

3. 調査地域

マレーシア半島ならびに東マレーシアの6つの国道(総延長425km)で道路斜面の概況調査が行なわれた。また、東西高速道ならびにサバ州のプナンパンータンブナン道路でケース・スタディ(モデル調査)ならびに新システム適用性チェックのための調査を行なった。

4. 調査日程と調査の流れ

本調査は2000年10月に開始され、2002年3月に完了した。調査はフェーズⅠ(1年次)、フェーズⅡ(2年次)に分けて実施された。2年次調査はさらに2段階に分けて実施され、計3段階で構成されている。

- 1) フェーズⅠ(1年次)：概況調査と新道路管理システムの企画
- 2) フェーズⅡ(2年次)： (A) ケース・スタディ(モデル調査)
(B) 道路斜面管理システムの構築

5. 1年次調査の主要成果：道路斜面の概況把握と新システムの基本計画

5.1 道路の概況

マレーシアでは、過去20年以上にわたり急速な経済発展計画が進められた。1998年末の通貨危機による停滞期を除けば、2000年までに、第1次から第8次までの5カ年経済計画が順調に実施された。この中でインフラストラクチャー構築の要として、道路網の建設整備は着実に進展してきた。1980年から1998年の間に、国道(federal road)の延長は6,337kmから16,081kmに2倍以上に伸びた。また、州道(state road)については、同じ期間に21,914kmから67,627kmと3倍以上に伸びている。

ただし近年、道路建設のみならず住宅、工業、農林業、観光などのために、各種の開発行為が丘陵地・山地部で行なわれており、これらの活動が土石流、泥流等発生の原因となって道路および一般への災害に到る事例が報告されている実状である。

5.2 6つの候補路線における概況調査

マレーシア全国の国道における地形・地質・水文他の自然条件、斜面の安定度、道路の設計条件及び施工状況、対策工の実施状況、道路斜面の維持管理状況を調査把握する目的で、マレー半島から5路線、東マレーシア(サバ州)から1路線が選ばれ、概況調査が実施された。

上記の各種項目について調査分析が行なわれ、この結果から全国の国道斜面の実態を把握して、斜面防災管理計画検討の基本資料として活用された。

(1) 斜面崩壊タイプと崩壊頻度

この踏査で観察された斜面災害の状況を整理・分析し、崩壊タイプを6タイプに分類した。

- 1) 表層崩壊
- 2) 落石
- 3) 岩石崩壊
- 4) 地すべり
- 5) 土石流
- 6) 盛土崩壊

これらの崩壊タイプは日本の道路斜面で見られるものと同じである。

マレーシア国道で見られる上記斜面災害現象の中で特に多いのは表層崩壊及び落石であり約70%をしめる。災害規模の大きい地すべりは地域的に差があり、サバの道路で多くみられた。

サバでは斜面災害現象の内、約40%が地すべりに分類される。

(2) 対策工事の現況

全般的には、これまでの技術的知識ならびに経験に基づいた対策工が施されていることを確認した。ただし、予算が限られているためであろうが、恒久的対策がなされている斜面は少ない。特に、頻度はあまり高くないものの大規模な地すべりや土石流に対する対策は不十分である。

5.3 ケース・スタディ路線の選定

東西高速道路がケーススタディ路線として選定された。この路線はケーススタディ路線に求められる下記4つの主要条件を満足している。

- 1) 全国的に見られる種々の地質条件を含むこと
- 2) 種々の斜面崩壊のタイプ、特に地すべり(LS)や土石流(DF)など斜面防災対策上重要な斜面崩壊タイプが見られること
- 3) 高い切盛斜面があること
- 4) 斜面維持管理体制が比較的整い、斜面データが揃っていること

なお、この路線でのケース・スタディに加え、東マレーシアにおいても新しい斜面管理システム(SIMS)の適応性を確認したいとのJKR側の要望があり、サバ州の国道500号(プナンパン・タンブナン・クニンガウ道路)において若干の試験区間を設け、実施することが合意された。

5.4 既存の斜面管理システム

公共事業総局(JKR)はこれまでに下記3つの斜面管理システムの開発をおこなっている。新開発のSIMSの仕様設計に資するために、その内容を分析・評価した。

- a) Slope Management System (SMS)
- b) Malaysian Engineered Highway Management System (MEHMS)
- c) Slope Priority Ranking System (SPRS)

これらのシステムの特徴は以下の通りである。

a) Slope Management System (SMS)

1993～1996年の4年にわたり、東西高速道路を対象として開発された情報システムである。当時としてはバランスの取れた先進的なシステムである。残念ながら、同国内の事情により最終的な完成にいたらず現在このシステムは利用できる状態にない。

b) Malaysian Engineered Highway Management System (MEHMS)

このシステムはランカウイ島、グヌンラヤ道路の防災管理のために開発された。ただし、データ収集方法が複雑なこと、斜面危険度の優先順位評価が出来ないこと、また、適用がグヌンラヤ道路に限定されていることなどのため、あまり実用的なシステムではない。

c) Slope Priority Ranking System (SPRS)

2000年に完成したマレーシア国最新のシステムである。これまでに作成されたシステムの実用的な部分を取り入れ、簡便で利用しやすいシステムとなっている。現在では全国の国道に適用され、道路斜面防災計画の立案のツールとして利用されている。

5.5 新システム(SIMS)作成の基本方針

今回の新しい斜面管理システムの名称を Slope Information Management System(SIMS) とし、マレーシア国道路斜面の現況と既存システムで用いている災害リスク評価方式をベースとする一方、日本で開発された斜面点検技術のノウハウを組み合わせ、十分な信頼度とまた防災管理における実用性を兼ね備えたシステム開発を目指す方針とした。

(1) 斜面点検の方法（斜面の属性データ収集方法）

マレーシア国既存システムでは、斜面タイプを切土、盛土の2種類に分けた斜面点検シートが作られ使用されていた。この場合、斜面崩壊現象のうち、大規模な地すべりや土石流現象の評価項目が欠落することになる。これを補うため日本の斜面点検要領の考え方を導入し斜面崩壊タイプを6分類（崩壊、落石、岩石崩壊、地すべり、土石流、盛土）し、それぞれの特性に応じた斜面点検シートを作成する方針とした。

(2) 斜面リスクの評価

マレーシアならびに日本の既存システムの仕様を比較検討した結果、現在マレーシアで採用されている評価方式を基本とすることとした。斜面危険度と斜面の社会・経済性の重要度両面からリスクを評価する評価方式である。

(3) 新情報システムデザインコンセプト

新情報システムに必要とされる道路斜面管理の機能としては、ユーザーとなるJKRとの討議、検討により以下のとおり決定された。

- －斜面点検およびメンテナンス機能
- －斜面安定度および斜面危険度の評価機能
- －対策工選定機能
- －対策工費用算定機能
- －対策工優先度順位付けのための経済分析機能
- －斜面特性図作成機能（GIS機能）

マレーシア国、現時点での情報インフラのレベルを考慮し新システムはスタンドアローン

タイプとした。インターネットに依存しない独立したものとして、JKR 本部におけるネットワーク環境下で使用するシステムと、地方の出先事務所で独立したかたちで使うシステムである。

6. ケース・スタディ（2年次調査）

東西高速道路において各種調査・検討を実施し、これを通して各種技術基準(ガイドライン)ならびに斜面情報管理システム(SIMS)の仕様および適応性の検討を行なった。

6.1 ケース・スタディにおける調査項目

ケース・スタディで実施した調査項目は表 7.1 に示すとおりである。

表6.1 ケース・スタディの調査項目

	調査項目
現地調査	航空写真測量 斜面点検 地質調査(ボーリング・物理探査) モニタリング機器の設置と観測 地形測量、水文環境調査等
室内解析	斜面情報管理システム(SIMS)の開発 斜面データベースの作成 対策工の予備設計、工費概算 斜面管理計画の策定 斜面防災管理のための組織・人材開発の検討

6.2 斜面点検

ケース・スタディ路線となった東西高速道路の約 60km 区間（距離程 25.00km-82.30km）において区間内にある 767 の斜面のうちから、スクリーニングによって危険度が低いと判断される斜面を除外し、471 の斜面に対して点検シートにもとづく斜面点検を実施した。点検の結果は、現場で定められたデータシートに記入するとともに、室内にて斜面情報管理システム(SIMS)に入力して、リスク評価計算を行ない、デジタルデータベースとした。

その結果、斜面のハザード評価のランクとして、仮に 75 点以上を『(崩壊の可能性が)極めて高い』、65 点～74 点を『(崩壊の可能性が)高い』と設定すると、『極めて高い』斜面は 9 斜面となる。その崩壊タイプ別の内訳は、表層崩壊(CL)/落石(RF)が 5 斜面、地すべり(LS)が 3 斜面、盛土崩壊(EB)が 1 斜面である。崩壊の可能性が『高い』ランクに区分された斜面数は 18 斜面である。

6.3 地質調査

約 60km の調査区間内において、3ヶ所の斜面を選び、モデル調査を行なった。地形測量、ボー

リング調査および物理探査（弾性波探査、比抵抗映像法探査）を実施し、斜面の地質構造、風化状況、地下水状況、変状状況を調べ、また想定される崩壊や地すべりの範囲とその機構を分析考察検討した。

6.4 計器設置とモニタリング

本ケース・スタディでは、次のような意義を考慮して計器設置・モニタリングを実施し、これらに関する技術移転を図った。

- a) 斜面崩壊ないし地すべりの範囲、変動の状況、崩壊の機構の分析考察を行なうための情報を得ること。
- b) 斜面災害による被害を防止もしくは軽減するためのしかるべき措置をとるための判断材料を提供することができる。

設置した計器は雨量計、傾斜計、孔内傾斜計、間隙水圧計、水位観測孔である。

6.5 斜面对策工の予備設計

地質調査ならびに計器設置・観測が行なわれた3つの斜面を対象として、斜面对策工の予備設計を行なった。モデルケースとして、表層崩壊、地すべり、盛土地点を選んだ。

マレーシアでは、予算上の制約もあり、従来斜面对策工としては切盛土工の他、モルタル吹付け、フトンカゴ、土留め壁などが主体である。今回の検討では、比較の意味で、日本でよく用いられるアンカーや鋼管杭についても検討した。道路の重要性ならびに施工条件などから、状況に応じて、日本で使われる工法・技術の導入がすすめられる。

6.6 斜面防災管理の計画手法検討

ケース・スタディにおいて実施した斜面点検ならびにリスク評価に基づき、東西高速道路をモデルとして、道路斜面防災計画の進め方を検討した。

検討の成果は、新しい斜面防災管理システムを全国の国道に適用する上での技術基準となるように、ガイドラインの中にまとめた。

(1) 道路斜面防災管理における3つのステップ

ケーススタディ路線を対象として道路防災管理における下記3段階の考え方を検討した。

表 6.2 道路斜面防災における3つのステップ

ステップ	役割	業務の内容
第1ステップ	災害タイプの同定とリスクの評価	災害履歴調査、航空写真観察、路線概査、斜面点検、リスク評価
第2ステップ	防災対策の計画と実施	優先順位付け検討に基づく対策工の設計施工、道路パトロール(斜面に重点を置く)、モニタリング、交通規制
第3ステップ	発生した災害に対する緊急対応	事前計画・緊急対応計画の策定、教育訓練、緊急対応の実施

(2) 災害リスクに基づく斜面管理レベル区分

災害危険度（リスク）評価（R）の値に基づいて、表 6.3 に示すように、対象斜面をレベル I からレベル IV の 4 段階区分し、各レベルに応じて、斜面管理の内容を規定するものとした。

表 6.3 ケース・スタディにおける斜面管理レベル区分

斜面管理レベル区分	危険度レベル	危険度評価(R) (100点満点)	斜面数	斜面防災管理の内容
レベル I	非常に高い	75 点以上	9	対策工の施工
レベル II	高い	65 点以上、75 点未満	18	定常パトロール(特に斜面)、計器モニタリング
レベル III	中程度	50 点以上、64 点未満	80	定期点検
レベル IV	低い	50 点以下、または点検対象外	660	データベースは保存するが、防災管理対象から外す

(3) 実施計画における優先順位決定についての考えかた

表 6.4 は東西高速道路で実施した斜面危険度評価表の一部（リスクレベルの高い斜面）である。

表 6.4 対策工実施優先順位表（ケース・スタディ）

No	点検時斜面番号	JKR 斜面番号	斜面のタイプ	斜面崩壊のタイプ	斜面安定性評価(H)	路線の重要度(C)	危険度評価(R)	危険度のレベル	対策工費	経済評価指標(V _r /C)	最終評価
1	-	0004/071/500RC	1	4	85	8	85	V.H	2,427,500		
2	1091	0004/081/150LC	1	4	85	7	84	V.H	727,000		
3	385	0004/031/460RC	1	1	82	7	81	V.H	356,935		
4	396	0004/032/080RC	1	1	79	7	78	V.H	995,000		
5	-	0004/072/680LC	1	4	77	8	77	V.H	674,606		
6	415	0004/033/300RC	1	1	79	6	77	V.H	120,755		
7	392	0004/031/920RC	1	3	77	7	76	V.H	309,600		
8	-	0004/069/520LC	1	1	77	7	76	V.H	2,108,267		
9	647	0004/050/900RC	2	6	75	8	76	V.H	206,988		
10	432	0004/035/530LC	1	3	74	6	73	H	1,312,314		
11	441	0004/036/140LC	1	4	69	8	70	H	1,428,400		
12	332	0004/027/350RC	1	1	70	7	70	H	191,267		
13	433	0004/027/910RC	1	1	71	6	70	H	214,812		
14	474	0004/038/800RC	1	1	72	5	70	H	264,318		
15	442	0004/032/950RC	1	1	71	5	69	H	152,143		
16	468	0004/038/530LE	2	6	68	7	68	H	422,521		

対策工の実施は、表 6.3 に示すレベル I (斜面危険度が非常に高いグループ) に該当する斜面に対して行なうのを原則とはしたが、現実には予算上の制約から、レベル I に含まれる斜面すべてに対して、すぐに対策工が実施できない場合も多々ありうると考えられる。こうした現実的な状況を想定し、二つの要素、すなわち斜面危険度と道路（あるいは特定の斜面）の重要性を組み合わせ、優先順位考察の規準を検討した。

(4) 道路(または斜面の位置)の重要性評価

経済分析は道路(または斜面の位置)の重要度を客観的に評価し、施工の優先順位を決める上で重要な手法である。しかし、現状では本来の経済分析を実行するにはかなり多くの入力データと複雑な計算を必要とする。そこでこれに代わるものとして当該道路(または斜面の位置)における交通量を代用することを導入した。

今回 SIMS において使用した経済評価の簡易式

$$E = V_T / C$$

ここに

E: 経済効率(V_T と C の比)

V_T : 当該道路(区間)の年平均日交通量(台数)

C: 対策工事費 (RM 1,000)

別途経済分析により算出した B/C の値と上記指標の間で比較的良好な相関が見られた。将来的にはシステムに導入することが期待される。

(5) 斜面防災事業実施計画の枠組み

山岳道路においては、斜面防災の管理の対象となる斜面数が非常に多いことが普通であり、限られた資金的、人的、時間的資源を考えると、短期間で完全斜面防災を予防することは不可能である。長期にわたる計画的な取り組みが必要である。こうした観点で、表 6.5 には、10 年オーダーの長期間を見通した実施計画の進め方についての概念を示した。

表 6.5 実施計画の枠組み

時間的 スケール	実施期間	各斜面の位置付け		注：本文 図 3.7.1 参照
		斜面危険度(R)	道路の重要度	
a) 緊急計画	緊急に実施	非常に高い	極めて重要	
b) 短期計画	1～2年	非常に高い	重要	A ゾーン
c) 中期計画	3～5年	非常に高い	中程度	B ゾーン
		高い	重要	
d) 長期計画	6～10年	高い	中程度	C ゾーン

(6) ケース・スタディにおける対策工の実施計画

ケース・スタディにおいては、9つの斜面が「非常に高い」災害リスクを持つと認定された。これら9つの斜面における対策工を施工するとすれば、約788万マレーシア・リンギットが必要という試算となる。マレーシアの道路網における本道路の重要性をかんがみると、これらの対策が短期計画の中で実施されることが強く勧められる。

(7) 斜面維持管理計画

表 6.4 に示したレベル II の (斜面危険度が「高い」と評価された) 斜面については、一般的に

斜面对策工事は実施せず、道路斜面パトロールやモニタリングで対応することになる。

(8) 早期警戒および交通規制システム

十分な斜面对策工事がまだ施工されていない斜面を多くもつ道路区間における斜面災害防止においては、計器モニタリングによる早期警戒と交通規制は、道路管理者にとって、極めて有用な手段である。この点に関し、マレーシアではハード/ソフトとも未整備である。下記の二点を検討しガイド III にとりまとめた。

- 1) 早期警戒システム（計器モニタリング）
- 2) 異常気象時における交通規制システム

(9) 緊急対応計画

万一、斜面災害が発生した場合、速やかな救援と二次的災害の防止を図るとともに、できる限り早い時間内に、道路の交通機能を回復させ、社会経済への打撃を抑えることが緊急対応計画と緊急活動の目的である。検討すべき種々の項目については、日本における既往例も参考にし説明してある。現地の実態に合った具体的計画を作成するよう提案している。

7. 斜面情報管理システム (SIMS)

一年次の基本方針に基づき斜面情報管理システムは、リレーショナルデータベースと地理情報システム (GIS) を用いて斜面情報管理をウィンドウズ仕様でユーザーに使いやすいかたちのものとして開発された。このシステムの出力方法はガイド V にまとめた。

7.1 主要モジュール

当システムのアプリケーション機能は、マッピング機能、データベース管理機能、アプリケーション管理機能である。

7.2 SIMS を用いた防災管理

斜面点検の結果を SIMS に入力することにより斜面防災管理に必要な下記情報が出力できる。

- 1) 斜面安定度/斜面危険度とその順位
- 2) 対策工と対策工費
- 3) 経済指標（簡易）
- 4) 各斜面状況のスケッチと写真

JKR 本部ではこれらの、斜面の危険度、必要工費、経済性、その他勘案すべき要素も含めて、工事実施計画の作成が可能である。マップ (GIS) 機能については、斜面管理を実施していく

うえでユーザーがスクリーン（図）上で容易に各斜面の位置関係や属性データ（リスク、経済分析結果、対策工費、他）を閲覧、抽出、分析（色分けで識別）しやすいように設定されている。アウトプットとしてのレポート機能については、図、データ表などは標準化されたフォームが用意されている他、テキストデータ、図、写真などは外部ファイルとしてエクスポートして加工することが可能である。

SIMS が JKR 本部と地方事務所で効果的かつ円滑に機能するように、管理に必要な機能をユーザーレベルに応じて下記機能を設定している。

- a) アプリケーションに必要な標準的データ（リスク評価点の範囲設定、マスター・テーブル、参照テーブル等）の管理機能
- b) アプリケーションのユーザー管理、データベースのインストール管理、地方事務所からのデータインポートおよび JKR 本部のマスター・データベースへの統合、地方事務所の管轄変更等にとまなう関連データの配布、等の管理機能

8. SIMS の適用確認

8.1 ケース・スタディ路線での適用

ケース・スタディ路線として選定された東西高速道路で実施した斜面点検作業の点検データを実際に SIMS に入力し、その適用性について検討をおこなった。その結果、出力の一連の作業がスムーズな状態で SIMS に適用できることが確認された。

8.2 サバ州の国道における試験適用

サバ州は今後活発な開発が期待されること、また地形・地質などの自然条件、行政体制など種々の条件が半島とは異なるサバ州のプナンパンータンブナン道路(国道 500 号)が選ばれ、新システムの斜面点検、斜面对策工の予備的検討、SIMS による災害リスク評価と、対策工費の概算が行なわれた。

この結果、新しく提案された斜面点検方法、斜面情報管理システム SIMS を含んだ一連の斜面防災管理システムは、東西高速道路だけでなく、種々の条件が異なった他の国道路線にも適用が可能であることが確認できた。

9. 組織と人材の現状

ケーススタディを実施する中で組織と人材の現状を整理し改善点について検討した。

国道の管理は JKR の本局、State/District 事務所が分担して行なってきたが、2001 年から国道管理の民営化（職員の民間会社への移動を含む）が進められている。しかし斜面の管理については、民間管理会社が受託する維持管理(routine maintenance)には含まれず今も JKR が行なってい

る。斜面防災の管理のためには、両者の密な情報交換、連携が課題である。また、新システムを実施していくためには斜面技術・情報関連技術両面からの補強と教育訓練を必要とする。

10. ガイドラインの作成

SIMS ならびにこれを用いた道路防災管理の手引書として、以下の5つのガイドを作成した。

1) 道路斜面維持・防災管理ガイド

斜面防災管理全体の流れならびに維持管理手法について述べている。2)～5)の各ガイドの位置付けについてもまとめている。

2) 斜面点検ガイド

斜面管理の基礎となるリスク評価のために行なう斜面点検に関する技術指針(案)である。

3) 早期警戒システム(モニタリング)と地質調査ガイド

災害予防対策としてのモニタリング、ならびに対策工設計のための地質調査に関する技術指針(案)である。

4) 斜面对策工選定と工費概算ガイド

適切な対策工選定に関する技術と、年次予算概定のための工費概算の指針(案)である。

5) 斜面情報管理システム(SIMS)ガイド

SIMS の一般ユーザー向けのユーザース・レファレンス・マニュアルである。

11. 新斜面管理システムの全国展開(提言)

既存の斜面管理システム SPRS (Slope Priority Ranking System) が現在マレーシア全国の主要な国道に適用され、斜面防災事業計画づくりに使われている。対策工実施計画における優先順序付けや、また年次予算の割り当てにおいて有効に活用されているが、いくつかの問題点が指摘されていた。斜面災害リスク評価の信頼度の問題、対策工法選定及び工費概算の精度、斜面毎のデータベース機能、図化機能その他である。こうした欠点を補うように開発されたのが SIMS を中心とする新しい斜面管理システムである。この計画を実行することにより、道路斜面管理手法の改善が進み、道路斜面災害の低減が期待される。

11.1 第一次計画の概要

第1次全国展開として下記を提案した。この計画実施の後、次に危険度が高い路線を逐次選択して導入するのが妥当であると考える。

- 1) 対象道路: 12 路線、総延長 1,068 km
- 2) 期間: 2 年間
- 3) 想定費用: 約 1 千万マレーシア・リンギット (約 3 億円)

4) 日程計画 : 表 10.1 に第一次全国展開の計画を示す。

表 11.1 第一次計画工程(12 路線、総延長 1,068 km)

	日 程								備 考
	一年次				二年次				
斜面点検									
SIMS									
教育プログラム									
斜面防災管理									
斜面点検									
システム メンテナンス									

11.2 計画実施上必要なこと

今回の業務を実施する過程でまた4回にわたるセミナー及びワークショップ, SIMS のオペレーション講習会等で技術移転が図られ、この計画は実行可能であるが下記の事項が計画実施上必要なこととしてあげられる。

1) JKR 本部における計画・技術指導を担当する専門家の補強

今回作成したガイドライン及び情報システムを運用するためには斜面災害技術の専門知識を持つ技術者と情報システムの管理能力を有する技術者の補強が必要である。

2) 職員および関係者への管理・技術トレーニング

適切なシステムの導入と運用を図るために教育プログラムを計画・提案した。次の3つのコースからなる。

- a) 斜面防災管理：主として全体管理を担当する幹部技術者を対象とする
- b) 斜面点検：実際の斜面点検を担当する技術者
- c) システム運用：システムを利用する技術者

3) 導入事務所へのコンピュータハードウェア、ソフトウェアの配備

4) ハード業務のアウトソース

本局における計画、全体管理、指導を除く実務のほとんどを外注で実施するものとする。主として下記の業務である。

- －斜面点検
- －航空写真撮影
- －マッピング
- －システム構築

最終報告書(英文)の構成

FINAL REPORT

VOLUME I

EXECUTIVE SUMMARY

VOLUME II

MAIN REPORT

GUIDELINE

- GUIDE I: Guide to Slope Maintenance and Road Disaster Management
- GUIDE II: Guide to Slope Inspection
- GUIDE III: Guide to Early Warning and Site Investigation
- GUIDE IV: Guide to Countermeasure Selection and Cost Estimation
- GUIDE V: Guide to Slope Information Management System (SIMS)

マレーシア国
道路防災管理計画調査

目 次

調査対象地域位置図

概 要

	頁
第 1 章 概要	1
1.1 調査の背景	1
1.2 調査の目的	1
1.3 調査地域	2
1.4 調査日程	2
1.5 調査の流れ	3
1.6 最終報告書(英文)の構成	3
第 2 章 マレーシア国の現況	5
2.1 社会経済の現況	5
2.2 道路の現況	5
2.3 自然条件	6
2.4 6つの候補路線における概況調査	7
2.5 ケース・スタディ路線の選定	8
2.6 対策工事の現況	8
2.7 斜面崩壊の分類とメカニズム	9
2.8 既存の斜面管理システム	10
2.9 斜面リスクの評価手法	11
第 3 章 ケース・スタディ	13
3.1 ケース・スタディの概要	13
3.2 道路斜面防災管理の考え方	13
3.3 斜面点検	15
3.4 地質調査	16
3.5 計器設置とモニタリング	19
3.6 斜面对策工の予備設計	20
3.7 斜面防災管理	23
3.8 その他の実施業務	28
第 4 章 斜面管理情報システム(SIMS)の開発	30
4.1 SIMS のデザインコンセプト	30
4.2 プログラムの設計および開発	31
4.3 SIMS を用いた斜面防災管理	33

4.4	SIMS のシステム管理.....	33
4.5	SIMS の将来拡張について	33
第 5 章	斜面情報管理システム(SIMS)の適用	35
5.1	ケース・スタディ路線での適用.....	35
5.2	サバ州の国道における試験適用.....	36
5.3	経済分析の検討と適用	38
5.4	SIMS の将来拡張計画.....	42
第 6 章	組織と人材開発	44
6.1	組織と人材の現状.....	44
6.2	組織と人材の提案.....	45
第 7 章	斜面管理システムの導入計画	47
7.1	全国の国道への導入適用.....	47
7.2	新システム導入のために必要な人材	51
7.3	教育プログラム	51
第 8 章	道路斜面防災管理のガイドライン	52
8.1	ガイド I : 道路斜面維持防災管理ガイド.....	53
8.2	ガイド II : 斜面点検ガイド	61
8.3	ガイド III : 早期警戒システムと地質調査ガイド	69
8.4	ガイド IV : 対策工の選定と工費概算	72
8.5	ガイド V : 斜面情報管理システム (SIMS) ガイド.....	77

付 図 道路防災点検表

附表

表 1.3.1	調査地域	2
表 1.4.1	調査実施日程表	2
表 2.4.1	各候補路線沿いに見られる斜面崩壊タイプ	7
表 2.7.1	斜面崩壊のタイプ	10
表 2.8.1	既存の斜面管理システムの概要	11
表 3.1.1	ケース・スタディの調査項目	13
表 3.2.1	道路斜面防災における3つのステップ	14
表 3.3.1	斜面点検結果の要約（ケース・スタディ）	16
表 3.5.1	設置・観測した計器の一覧（ケース・スタディ）	19
表 3.7.1	ケース・スタディにおける斜面管理レベル区分	23
表 3.7.2	対策工実施優先順位表（ケース・スタディ）	24
表 3.7.3	道路斜面管理の重要度を評価するための各種の要素	25
表 3.7.4	実施計画の枠組み	26
表 3.7.5	斜面維持管理における主要項目	27
表 4.2.1	SIMS のモジュール機能	32
表 5.2.1	各崩壊タイプの斜面数と災害リスクの範囲	36
表 5.2.2	災害リスク（R）評価結果一覧	37
表 5.3.1	簡易経済指標計算結果（ケーススタディ）	39
表 5.3.2	便益の項目	40
表 5.3.3	経済評価指標の判定基準	40
表 5.3.4	経済分析の結果（ケーススタディ）	41
表 7.1.1	斜面崩壊リスクが高いと認定された路線一覧	48
表 7.1.2	第一次計画日程表(12 路線、総延長 1,068km)	50
表 7.3.1	斜面防災管理のための教育プログラム	51
表 8.1.1	各ガイドの内容一覧	52
表 8.1.2	災害リスク評価に基づく斜面管理レベル	53
表 8.1.3	斜面崩壊タイプ	57
表 8.1.4	対策工実施計画における優先順序一覧表	58
表 8.2.1	斜面崩壊のタイプ	64
表 8.2.2	点検シートの様式	65
表 8.3.1	早期警戒のためのモニタリング機器	70
表 8.3.2	各調査段階で一般的に用いられる地質調査の手法	71
表 8.4.1	崩壊タイプに対応した対策工の適用性	74
表 8.4.2	対策工標準単価表	76

附 図

図 1.5.1	マレーシア道路防災業務の全体フロー	4
図 2.2.1	マレーシアにおける道路延長の推移	5
図 3.3.1	斜面災害リスク算定の手順	15
図 3.4.1	比抵抗イメージモデル断面 (81.30km)	17
図 3.4.2	弾性波速度モデル断面 (81.30km)	18
図 3.4.1	地質断面図 (81.28km)	18
図 3.6.1	81.30 km 対策工平面図 (押さえ盛土および横ボーリング工)	21
図 3.6.2	81.30 km 対策工断面図 (押さえ盛土および横ボーリング工)	21
図 3.6.3	81.30 km 対策工平面図 (鋼管クイおよび横ボーリング工)	22
図 3.6.4	81.30 km 対策工断面図 (鋼管クイおよび横ボーリング工)	22
図 3.7.1	実施計画における優先順位決定についての考えかた	25
図 4.2.1	SIMS のアプリケーション機能の概要	32
図 4.5.1	SIMS 操作のワークフロー・イメージ	34
図 7.1.1	斜面崩壊リスクが高いと認定された路線一覧(半島)	49
図 7.1.2	斜面崩壊リスクが高いと認定された路線一覧(東マレーシア)	50
図 8.1.1	道路斜面防災管理の基本概念	54
図 8.1.2	道路斜面管理のための組織図	56
図 8.1.5	各種計器の早期警戒に対する適用性	60
図 8.2.1	斜面点検シートの例 (Form A:斜面一般データ)	66
図 8.2.2	斜面点検シートの例 (Form B:斜面スケッチ)	67
図 8.2.3	斜面点検シートの例(Form E1:ハザードレベリング)	68
図 8.4.1	対策工選択のためのフローチャート (崩壊)	75
図 8.5.1	斜面情報管理システム (SIMS) ガイドラインのイメージ	79

外貨交換レート (2001年 11月)
1.00 USドル = 3.80 マレーシアリングット = 124.00 円

第1章 概要

1.1 調査の背景

マレーシア国では、全国的な道路網の整備にともない、近年山地および丘陵地で道路の新規建設が増加してきた。当国における気象、地形、地質等の自然条件もあり、斜面崩壊に伴う災害が度々報じられるようになってきている。1995年6月にゲンティン・バイパスで起こった土石流災害がその一つであり、21名の尊い命が失われた。公共事業総局(以下JKR)では、1990年初頭以来、斜面防災管理のためのいくつかのシステム開発を行ってきたが、斜面危険度の評価法や、対策工事の選定・概算、データベースの保存と更新、図化機能などの点でより効率的かつ信頼度の高い管理手法の開発を望んでいた。

一方、日本では1968年の飛騨川バス転落事故を契機として、道路斜面防災の重要性が認識された結果、過去30年以上にわたり、危険な道路斜面の点検、危険度評価、詳細調査、維持管理、対策工事の実施、モニタリング、異常気象時の交通規制、緊急対応計画など、多角的な取り組みがなされてきた。その結果、道路斜面防災に関する技術開発ならびに管理体制の整備のノウハウが蓄積され、道路斜面防災上大きな成果をあげてきた。こういう背景の下、マレーシア国から日本政府に対し技術協力の要請が出され、本調査の実施に至ったものである。

1.2 調査の目的

本調査の目的は、マレーシア全国の国道を対象として、現地の諸条件に即した道路斜面防災管理計画を作成することである。

以下の二つが主要成果品である。

- ① 道路斜面防災管理のための情報システム (GIS機能付き)
- ② 道路防災管理のための技術ガイドライン

(斜面の危険度判定、調査、対策工設計、モニタリング、維持管理を含む)

これらの成果の有効的な導入を図るための組織・人材開発面の分析提案を行なうとともに、調査を通して相手国への技術移転を図る。

1.3 調査地域

本調査の調査地域は表 1.3.1 にしめすとおりである。フェーズ I はマレーシア半島ならびに東マレーシアの 6 つの道路で調査が行なわれ、フェーズ II は東西高速道ならびにサバ州の道路でケース・スタディ（モデル調査）ならびに新システム適用性チェックのための調査を行なった。

表 1.3.1 調査地域

フェーズ	No.	路線名	路線番号	総延長	
フェーズ I	地表概査	1	東西高速道路	ルート 4	124 km
		2	キャメロンハイランド道路	ルート 59	65 km
		3	ギャプ-フレイザーズヒル道路	ルート 56	6 km
		4	クアラクブバル-ギャプ-テラヌン道路	ルート 55	54 km
		5	ペナン道路	ルート 6	56 km
		6	ペナンパン-タンブナウ-クニンガウ道路	ルート 500	120 km
		Total			
フェーズ II	ケーススタディ	東西高速道路 (ルート 4) 25.0km - 82.3km 区間		55.3 km	
	確認調査	ペナンパン-タンブナン道路		2.0 km	
	管理システム	全地域		---	

1.4 調査日程

本調査は 2000 年 10 月に開始され、2002 年 3 月に完了した。調査実施日程を表 1.4.1 調査実施日程表にしめす。

表 1.4.1 調査実施日程表

年	2000						2001													
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3		
フェーズ	Phase-I						Phase-II													
報告書	△ IC/R				△ P/R(1)	△ LR						△ P/R(2)				△ DF/R		△ F/R		
地表概査	■■■■■■																			
ケーススタディ (東西高速道路)							■■■■■■													
ガイドラインおよび 実施計画作成													■■■■■■							
斜面情報管理システム開発	■■■■■■						■■■■■■													
ファイナルレポートの作成																		■■■■		

1.5 調査の流れ

本調査は、図 1.5.1 の調査流れ図にしたがって実施された。この図にあるように、調査は 3 つの段階に分けられる。

フェーズ I: 概況調査

フェーズ II: (A) ケース・スタディ (モデル調査)

(B) 斜面情報管理システムの構築

1.6 最終報告書(英文)の構成

最終報告書(英文)の構成は、以下のとおりである。

第 1 分冊：概要報告書からなる。

第 2 分冊：メイン・レポート(第 1 章 - 第 8 章)ならびに、巻末資料からなる。

第 3 分冊～第 7 分冊：道路斜面防災管理のためのガイドラインであり、以下の 5 つのガイドからなっている。

ガイド I: 斜面管理および道路防災ガイドライン

ガイド II: 斜面点検ガイドライン

ガイド III: 早期警戒 (モニタリング) および地質調査ガイドライン

ガイド IV: 対策工の選定・概算ガイドライン

ガイド V: 斜面情報管理システム(SIMS) ガイドライン

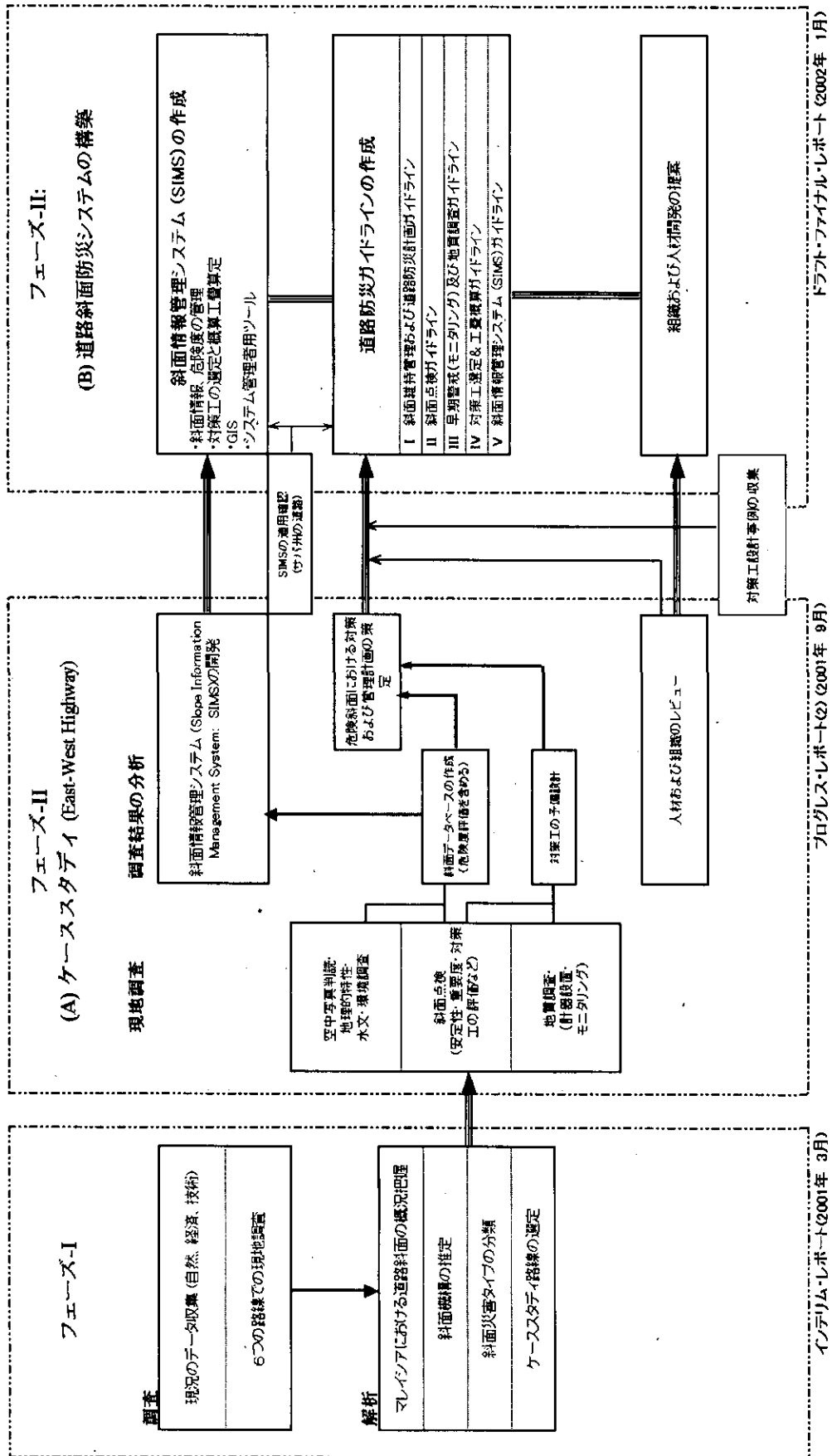


図 1.5.1 マレーシア道路防災業務の全体フロー

第2章 マレーシア国の現況

2.1 社会経済の現況

2000年におけるマレーシアの人口は2330万人で、人口密度は70.5人/km²である。マレーシアでは、過去20年以上にわたり急速な経済発展が進められた。1998年秋の通貨危機により、国内総生産も一旦落ち込みはあったが、その後驚異的な回復を見せ、1999年末にはほぼ通貨危機以前のレベルに達した。第8次5カ年計画(2001年～2005年)の期間に、国内総生産は年平均7.5%の伸びが、また一人当たりでは5.6%の伸びが期待されている(いずれもconstant price ベース)。2020年までには先進国レベルに到達するという国家目標(アジェンダ20)を掲げ、さらなる開発の進展が見込まれている。

2.2 道路の現況

1998年末の通貨危機による停滞期を除けば、2000年までに、第1次から第8次までの5カ年経済計画が順調に実施され、この中でインフラストラクチャー構築のかなめとして、道路網の建設整備は着実に進展してきた。当初は大都市内およびその周辺地域の道路整備であったが、次第に都市間連絡道路、また全国的な道路網の整備が進められている。また公的資本、民間資本を含め観光・住宅地のためのハイランド(山地・丘陵地)の造成・開発もすすめられている。

図みに1980年から1998年の間に、国道(federal road)の延長は6,337kmから16,081kmに2倍以上に伸びた。州道(state road)については、同じ期間に21,914kmから67,627kmと3倍以上に伸びている。(図2.2.1参照)

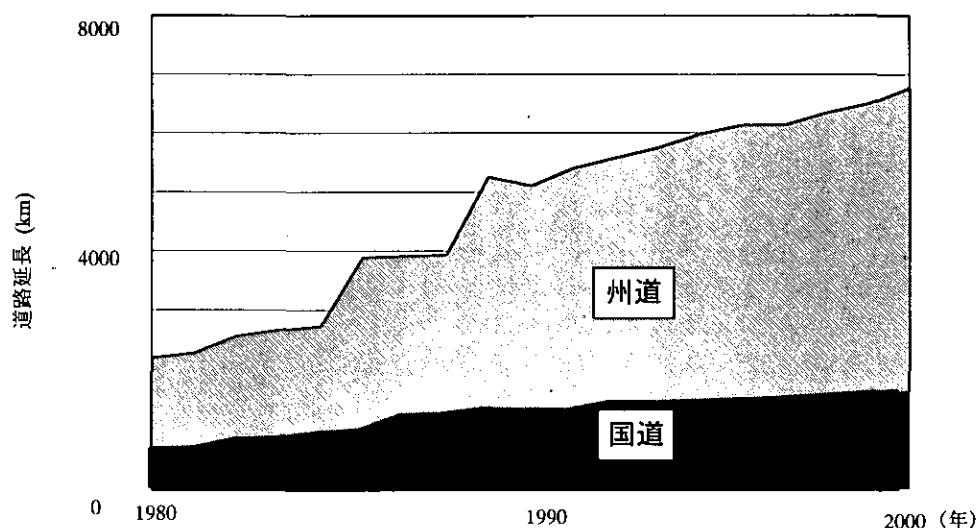


図 2.2.1 マレーシアにおける道路延長の推移

2.3 自然条件

(1) 位置

マレーシア国は東南アジアの中心に位置している。面積は329,735km²と日本よりやや小さ目である。西マレーシア（マレー半島）と東マレーシア（北ボルネオ・サバ州、サラワク州、ラブアン特別区）からなる。

(2) 気候

マレーシアの気候は全般的には高温多湿の熱帯気候として特徴づけられる。南西方向からのモンスーン（5月末～9月）と北西方向からのモンスーン（11月～3月）が季節的に交互し、各々その間に遷移期がある。地区により多少の違いはあるが、全般的に4月～7月が乾季で、10月～1月が雨期であるといわれている。モンスーンによる雨とならんで局地的な集中豪雨がしばしば洪水、河川氾濫、泥石流ならびに斜面崩壊を生らせている。

(3) 地形

マレー半島の脊梁山地が半島のやや西寄りの位置を走っている。北はタイ国境から半島南端まで続き、最高地点では海拔2,100mに達する。東マレーシアのサバでは、海拔500mから900m程度の峰がクロッカー山地の中に頭を連ねている。今回調査の対象となる危険な道路斜面の多くが、これらの山地を横切っている。

(4) 地質

- 1) マレー半島：古生代カンブリア紀から新生代第四紀までのほとんどの地質時代（約5億7千万年前～現在までに相当する）の地層から構成されている。このうち花崗岩等の火成岩が約半分の面積を占めている。中生代三畳紀の大規模な造山運動により、これ以前に形成された地層は褶曲・変形を受けたが、ほとんどの地層に弱度もしくは中程度の変成作用が見られ、この同じ時期に上記の花崗岩等の貫入が起こったと考えられている。
- 2) 東マレーシア：砂岩、泥岩等からなる新生代第三紀の地層が広い面積を覆っている。第三紀中新世後期にキナバル山を構成する火成岩体の貫入があった。構造運動に続く火山活動により、サバ州東部では安山岩、玄武岩等の火山岩の噴出があった。粘土、シルト、砂、レキ、サンゴからなる沖積層は海岸沿いの平野ならびに内陸の低地に堆積している。
- 3) これらの地質分布の結果、マレーシアの国道斜面防災において問題となる地質は、マレー半島では花崗岩及び変成を受けた堆積岩（結晶片岩等）、東マレーシアでは、第三紀の堆積岩（砂岩、泥岩他）などとなっている。

(5) 環境

公共事業総局(JKR)では、「高速道路プロジェクトにおける環境影響評価(EIA)のため

のガイドライン」が制定されており、道路計画の実施に際してEIAに関わる概査、精査、ならびに事後評価が環境局(DOE)の管理のもと、実施されている。マレーシアでは近年、道路建設のみならず住宅、工業、農林業、観光などのために、各種の開発行為が丘陵地・山地部で行なわれている。これらの活動が土石流、泥流等発生の原因となって道路および一般への災害に至る事例が報告されている。

2.4 6つの候補路線における概況調査

(1) 概況調査の目的

マレー半島から5路線、東マレーシア(サバ州)から1路線が選ばれ、概況調査が実施された。概況調査の目的は、マレーシアの全国の国道における地形・地質・水文他の自然条件、斜面の安定度、道路の設計条件及び施工状況、対策工の実施状況、道路斜面の維持管理状況を調査・把握することであった。

(2) 調査の結果

上記の各種項目について調査分析が行なわれ、この結果から全国の国道斜面の実態を把握して、斜面防災管理計画検討の基本資料として活用された。なお、表 2.4.1 に各候補路線において懸念される斜面崩壊のタイプをまとめた。これによると斜面の「表層崩壊(Collapse)」や「落石(RF)」は全路線で見られるが、やや規模が大きい「地すべり(LS)」は特に東西高速道路(R4)とサバ道路(R500)に顕著であることがわかる。

表 2.4.1 各候補路線沿いに見られる斜面崩壊タイプ

斜面崩壊のタイプ		R4*		R59*		R56*		R55*		R6*		R500*	
		no	%	no.	%	no	%	no.	%	no	%	no	%
表層崩壊 (Collapse)	小計	23	44	128	93	12	86	92	80	23	67	32	35
	表層崩壊	17	32	128	93	12	86	92	80	23	67	27	30
	ガリ浸食	6	12	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5
落石(Rock Fall)	落石	6	12	0	0	2	14	7	6	6	18	1	1
岩盤崩壊 (Rock Mass Failure)	くさび形崩壊	6	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
地すべり (Landslide)	小計	11	20	2	1	0	0	10	8	1	3	37	41
	地すべり	11	20	2	1	0	0	10	8	1	3	17	19
	路面の変形	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	22
土石流 (Debris Flow)	土石流	2	4	1	1	0	0	3	3	2	6	13	14
盛土崩壊 (Embankment Failure)	小計	4	8	7	5	0	0	3	3	2	6	2	9
	盛土崩壊	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	法肩での表層崩壊	2	4	7	5	0	0	3	3	2	6	7	8
合計		52	100	138	100	14	100	115	100	34	100	91	100

*ルート名については表 1.3.1 を参照のこと

2.5 ケース・スタディ路線の選定

(1) 6つの候補路線

前述のように、フェーズ1では6つの国道(表1.3.1参照)において概況調査が実施され、この結果からケース・スタディとして最適な路線の選定が行なわれた。

(2) ケース・スタディ路線に求められる条件

新しく構築される道路斜面防災管理システム(ガイドラインおよび斜面管理情報システム)の将来における全国の国道への展開を考慮し、全国に見られる一般的な条件を満たす路線をケース・スタディ路線とするものとした。具体的な必要条件として、以下の各項目を考えた。

- 1) 全国的に見られる種々の地質条件を含むこと
- 2) 種々の斜面崩壊のタイプ、特に地すべり(LS)や土石流(DF)など斜面防災対策上重要な斜面崩壊タイプが見られること
- 3) 高い切盛斜面があること
- 4) 斜面維持管理体制が比較的整い、斜面データが揃っていること

(3) ケース・スタディ路線の選定

- 1) 上記各項の必要条件を満たしている路線として、東西高速道路(R4)がケース・スタディ路線として最適であるとして選ばれた。
- 2) なお半島部とは種々の条件が異なる東マレーシアにおいても新しい斜面管理システム(斜面点検の方法や斜面情報システムSIMS)の適応性を確認したいとのJKR側の要望に従い、サバ州のR500(プナンパン・タンブナン・クニンガウ道路)において若干の試験区間を設け、斜面点検、対策工の予備検討、情報システムへの入力・機能確認を実施した。
- 3) 上記2路線を除く他の路線は、経済活動や観光事業の点では重要度の高い路線であるが、建設年代が古く、線形設計の規格水準が低いため、斜面防災管理上高度な技術を要する高さ15m以上の斜面が少なく、想定される斜面崩壊も比較的表層のみの小規模なものが大部分を占めることから、ケース・スタディ路線としては適当でないと判断された。

2.6 対策工事の現況

6つの候補路線に対する概況調査を通じて、マレーシアの国道における斜面对策工の実施状況を視察・調査した。全般的には、かつて崩壊した斜面および今後崩壊の危険性が極めて高いと判断される斜面に対しては、技術的知識ならびにこれまでの経験に基づき、なんらかの対策工が施されていることを確認した。

しかしながら、場所によっては、工事予算あるいは専門的知識の不足のために、適切な斜面对策工がなされていないところも見られた。以下、対策工の現況に関する所見

を、崩壊タイプ別に簡単に述べる。

- (1) 表層崩壊(CL)：かつて崩壊が発生した大部分の斜面では、すでに崩壊土砂は除去され、交通が確保されている。今後の崩壊に備えるために、フトンカゴ工、吹付工、ソイルネイリングなどの工法が一般的に適用されている。予算上の制約があるが、これらの工法はある程度斜面の安定度を高めたり、崩壊発生時の被害を軽減する効果はあるが、斜面の崩壊を恒久的に防止するまでの効果は期待できない。特に予想される崩壊の規模が大きな斜面では、調査の上、効果的な対策工の実施がすすめられる。
- (2) 落石(RF)：落石防止網ならびに落石ポケットとしてのフトンカゴ工が多数の斜面で施工されているが、概ね効果的に施工されている。
- (3) 岩盤崩壊(RM)：トップリングタイプやくさび形タイプの岩盤崩壊の危険性がある斜面が候補路線沿いに散見された。しかし多くの場合、急傾斜で高い斜面で対策工事費が高価なこともあり、ほとんど対策が実施されていない。
- (4) 地すべり(LS)：地すべりの危険性をもつ斜面に対する対策工としては、一部アンカーが施工されている場合を除いて、大部分はフトンカゴや切盛土工だけにとどまっている。これらの工法だけでは恒久的な防止効果は期待できない。予想される災害の規模に応じて、より確実な対策工を検討する必要がある。
- (5) 土石流(DF)：土石流の危険性が心配される溪流が候補路線上で何ヶ所か見受けられた。現在具体的な対策工は施工されていない。
- (6) 盛土崩壊(EB)：盛土崩壊は、特に古い時期に施工された盛土斜面でよく発生するようである。崩壊の多くは、現在の基準より急過ぎるのり勾配や不十分な排水設備など、設計上の問題に起因するものと判断される。近年盛土に対する設計及び施工の技術レベルが向上し、盛土の崩壊は減少している。

2.7 斜面崩壊の分類とメカニズム

(1) 斜面崩壊の分類

候補路線の概況調査の結果を踏まえて、マレーシアにおいて一般的に見られる斜面崩壊のタイプを表 2.7.1 に示す 6 つに分類した。本システムでは、斜面点検、危険度評価、対策工設計のための調査、対策工法の選定等の作業をすべてこの分類基準にしたがって行なうものとした。

表 2.7.1 斜面崩壊のタイプ

斜面タイプ	斜面崩壊タイプ	略号
切取斜面 および 自然斜面	1 表層崩壊	(CL)
	2 落石	(RF)
	3 岩盤崩壊	(RM)
	4 地すべり	(LS)
溪流	5 土石流	(DF)
盛土斜面	6 盛土崩壊	(EB)

表 2.7.1 に上記 6 つの斜面崩壊タイプの主な特徴を、模式図とあわせてしめた。

(2) 降雨データ

マレーシア気象庁(Malaysia Meteorological Service)と灌漑排水局(Department of Irrigation and Drainage) から過去の降雨データを収集し、各地域ごとの降雨特性を整理した。

また各候補路線近傍の雨量観測点同士のデータを比較してみると、東西高速道路やカメロン・ハイランド道路では、同一路沿いの観測点でも、場所によって年間降雨量は 1000mm から 3000mm までの開きが見られる。

(3) 斜面崩壊と降雨の関係

斜面崩壊のメカニズム分析のために JKR の各地方事務所にて、過去の斜面崩壊に関する記録を収集したが、系統的に整理しているデータはほとんどなかったため、入手できた少数のデータに基づいて斜面崩壊と雨量の関係を一応分析し、メインレポートに報告している。

今後の交通規制を含めた斜面防災計画の精度向上のために、災害記録、雨量データは不可欠なので、斜面維持管理業務のガイドラインの中で、パトロール記録、災害発生及び対策工事に関する記録台帳の整備を提案している。

2.8 既存の斜面管理システム

既存斜面管理システム：新開発の SIMS の仕様設計に資するために、公共事業総局 (JKR) がこれまで開発・適用してきた以下の 3 つの斜面管理システムについて、その内容を分析・評価した。

- a) Slope Management System (SMS)
- b) Malaysian Engineered Highway Management System (MEHMS)
- c) Slope Priority Ranking System (SPRS)

各システムの持つ主たる機能等をまとめて、表 2.8.1 にしめた。

表 2.8.1 既存の斜面管理システムの概要

モジュール	機能	SMS	MEHMS	SPRS
斜面情報	斜面一覧表	あり	あり(様式未整備)	あり
	斜面点検	あり	なし	あり(簡易)
	斜面管理	あり	なし	なし
	対策工	なし	あり	あり(簡易)
危険度分析	斜面安定性評価	あり	あり	あり(簡易)
	路線重要度	あり	なし	あり
	斜面危険度評価	あり	安全率による評価	あり
	経済性評価	なし	なし	あり(概略)
災害時支援	緊急時の対応	なし	なし	なし
GIS 機能	位置図	あり	なし	なし
	概略	あり	なし	なし
	Spatial Analysis	なし	なし	なし
管理機能	データ管理	あり	あり	なし
	ユーザー管理	なし	なし	なし

2.9 斜面リスクの評価手法

(1) 斜面リスク評価について

斜面防災管理計画を立案するためには、まず

- どのようなタイプの斜面崩壊が予想されるのか
- 斜面崩壊の規模はどの程度か
- 斜面崩壊の発生確率はどうか

などを評価する必要がある。このための手法としては、既存の関係図書分析結果を踏まえて、経験のある地質技術者によって実施される「斜面点検」が最適であることが、日本における多年の研究・実用によって証明されている。

一方、地質工学的な観点から見た斜面崩壊の可能性に加えて、実際に崩壊が発生した場合の被害想定のためには、道路交通量や種々の周辺条件を加味した分析を行なう必要があるが、これについては、簡便な手法ではあるがマレーシアの既往システムで実用に供されている方法がある。

今回の新しい斜面管理システムの開発においては、マレーシアの既存システムで用いている災害リスク評価方式をベースとする一方、日本で開発された斜面点検技術のノウハウを組み合わせ、十分な信頼度と防災管理における実用性を兼ね備えたシステムとすることが図られた。

(2) 新システムにおけるリスク評価の仕様

以下の各項目について、マレーシアならびに日本の既存システムの仕様を比較検討し、新システムで採用する方式・仕様を決定した。

- 1) システムの目的
- 2) システムの適用対象路線
- 3) 点検を実施する技術者の必要要件
- 4) 斜面の崩壊タイプ
- 5) 斜面リスクの評価式
- 6) 斜面安定度評価 のための点検項目
- 7) 斜面安定度評価 の項目別配点
- 8) 路線重要度の評価の方法
- 9) 経済分析手法
- 10) 対策工法選択・工費概算機能