

モーリシャスで行われた地すべり対策

(ポートルイス市ラ・ビュッテ地すべり)

渡 正亮* 丸 晴弘**

1. はじめに

わが国の地すべり防止事業は昭和33年の「地すべり等防止法」の制定以来、各省、各県や各研究機関の努力によって拡大し、特に防止技術の発展は世界的にみても目覚ましいものがあり、これが防止工に反映されて、その発生の予知と安定化に大きく寄与している。また、諸外国との技術交流も盛んで、各地において技術指導を行っているのが現状である。

このたび、この技術が調査から工事まで一貫した形で初めて海外の地すべり地で、しかもわが国の海外援助によって実用されて、その事業の完成をみたので、ここに紹介するものである。

その対象となったのはモーリシャス国ポートルイス市のラ・ビュッテ地すべり地である。

2. モーリシャス国について

モーリシャスはインド洋南半球西部に位置して、アフリカ大陸に近く、東経57°30'、南緯20°で、マダガスカル島の東方約900kmの海上に浮かぶ火山島であり、付近の若干の小島と共に1968年、英連邦の一員として独立し、その後、完全独立を果たして現在に及んでいる。

政治的にも安定していて、周辺の花浜の美しさからリゾート地としては特に有名で、欧州や豪州等から多くの観光客が訪れ、最近はわが国からもかなり多くの人々が訪れるようになってきた。

モーリシャス主島は面積1,855km²、南北約50km、東西約40kmの楕円形の島で人口は約120万人、人口密度が450人/km²に達して、アフリカ圏では最も人口密度が高いといわれている。この島は最初ポルトガル人によって発見され、その後オランダ、フランス、イギリスの統治を経て独立したもので、人口の大部分はインド系とアフリカとヨーロッパの混血である

クレオール系が占め、宗教もヒンドゥー教が大半を占めている。

18世紀から19世紀にかけてはインド洋における砂糖の主産地として発展し、アフリカやインドから移住した労働者によるプランテーションや製糖工場が栄え、現在もその近代化に努めている。またさらにテキスタイルや染色等の近代産業にも力を入れ、国民所得においてはアフリカ圏では最も高い国のひとつとなっている。日常会話はフランス語が転化したクレオール語であるが、公用語は英語であり、新聞等ではフランス語が用いられている(図-1参照)。

モーリシャス主島は新第三紀中新世末期から鮮新世初期に活動した噴火により出現した単一盾状火山で、最高峰はEL820mであるが、島の中心部は

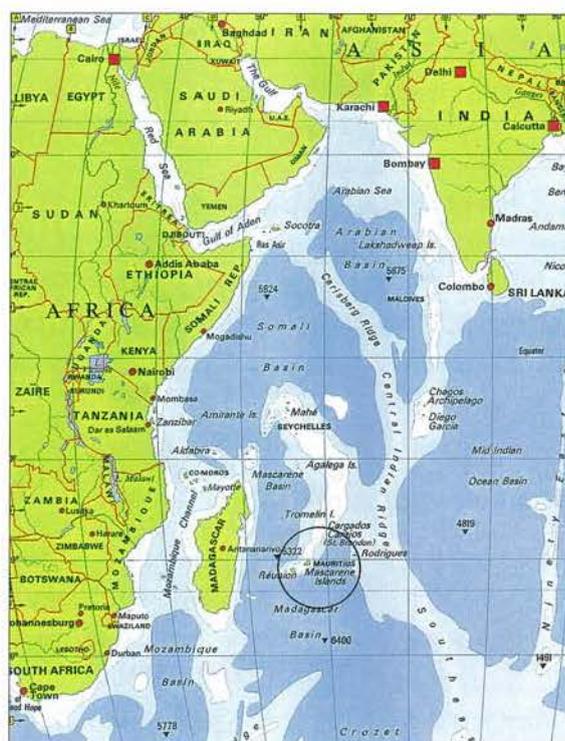


図-1 モーリシャスの位置

* (株)アイエステー代表取締役社長、農学博士

** 日本工営(株)防災部

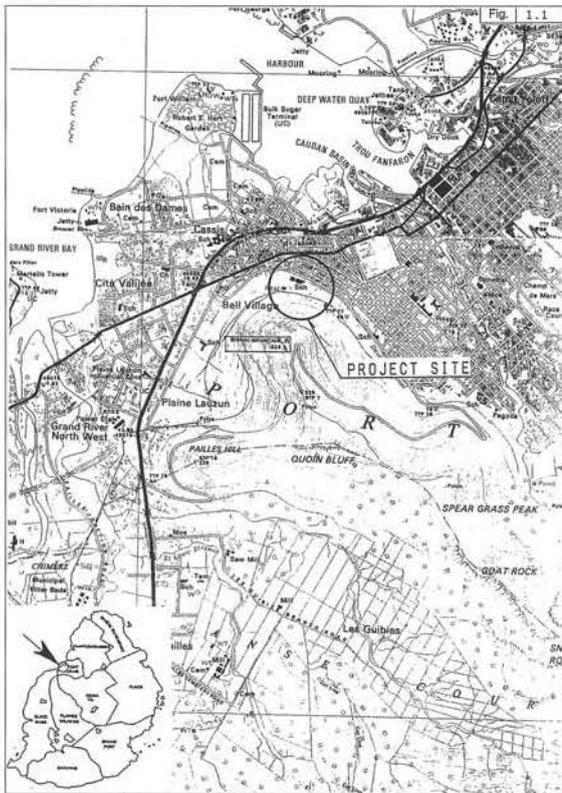


図-2 プロジェクトサイト位置図

EL400~500 mの熔岩台地によって占められ、涼しく、住宅地が点在している。そして、その周辺部は深い谷により刻まれ、さらにその後の火山碎屑物によって覆われている。

首都ポートルイスは島の北西部に位置する天然の良港で、市周辺を含めると島の全人口の40%近くがここに住んでいる。

この島の気候は典型的な海洋性気候で雨期（12~4月）と乾期（5~11月）に分かれ、気温は低地で20~30°、台地では15~25°、降水量は低地では年1,000mm未満であるが、高地では2,000~4,000mmにも達している。またこの島はサイクロンの常襲地帯で、洪水による被害も目立っていて常に警戒している（図-2、3参照）。

3. 地すべりの発生とその経過

1987年6月に地すべりが発生したのは、図-2に示す通り首都ポートルイス市の南部に聳える玄武岩より成る独立峰シグナル山（EL323 m）の北麓のラ・ビュッテ（La Butte）地区一帯である。

ポートルイス港を臨むシグナル山の北麓は上部が30°程度の玄武岩転石より成る急斜面であるが、

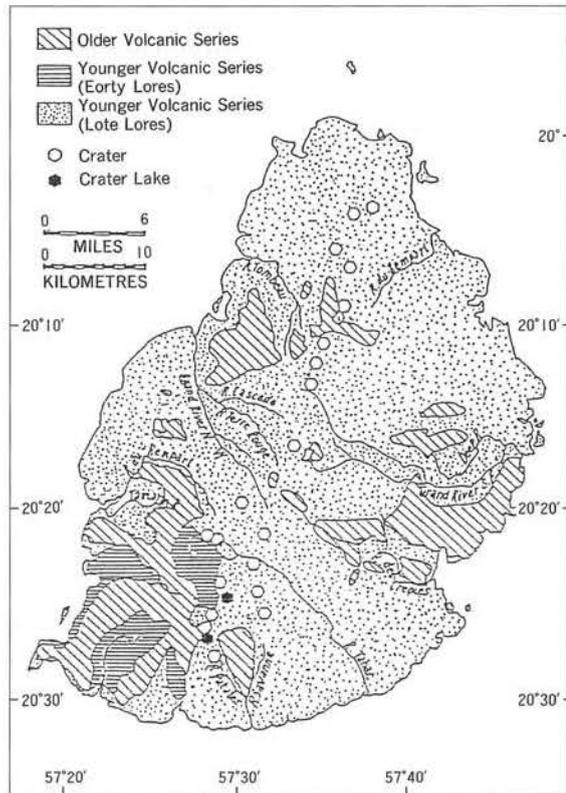


図-3 モーリシャスの地質

EL100 mよりEL10 mにかけては9°前後の緩斜面であってシグナル山からの崩積土やそれ以前に堆積した火山碎屑物より成っていて、この部分で地すべり運動が発生している。

この地域のほぼ中央部には市のMaupin水道配水池や生徒350人が通う学校（モンターニュ学校）があり、その下方約120mの区間には多数の人家が密集している（図-4、5、写真-1~3参照）。

この地すべり地は写真-1や図-5にみるごとく扇形に近い形をしていて、幅約700 m、長さは平均300 m、面積は約20ha、運動している土量は約350万m³に及ぶものである。

この活動地域内には建物327棟479家族約3,700人が生活し、変形運動の中で戦々恐々としている状態であった。また、その中には前記の学校や約120年の歴史を持つアル・マディナ回教寺院もあり、これらも激しく変形しているため、閉鎖されていた。また、居住不能となり、撤去された人家は50軒以上にも及んだ。さらに活動域の北側の海岸までにはさらに多数の人家が密集し、ポートルイス市に通ずる幹線道路付近でも1 mの段差を生じており、万一崩壊すればその被害は計り知れぬものがあつた。

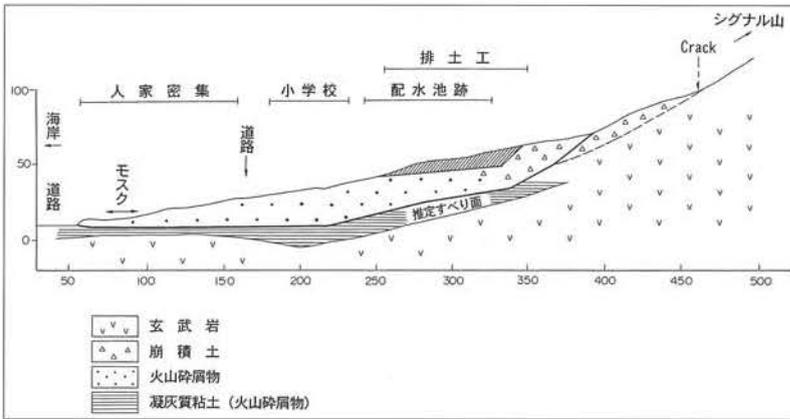


図-4 W測線沿い推定断面図

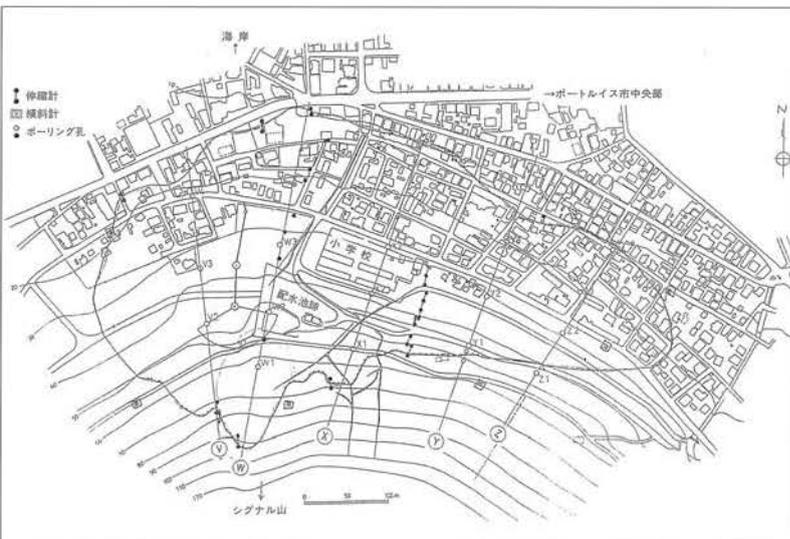


図-5 ラ・ビュッテ地すべり地域

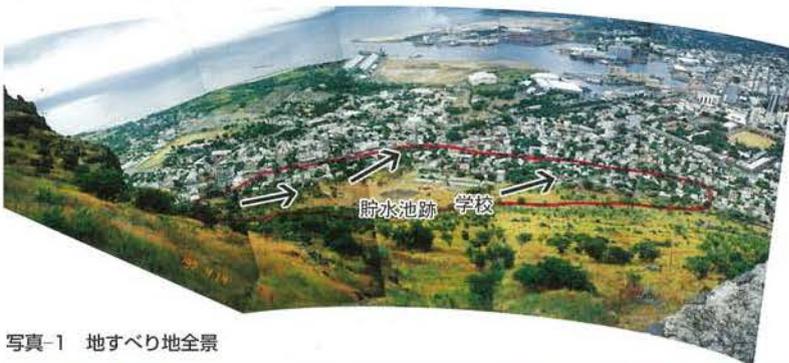


写真-1 地すべり地全景

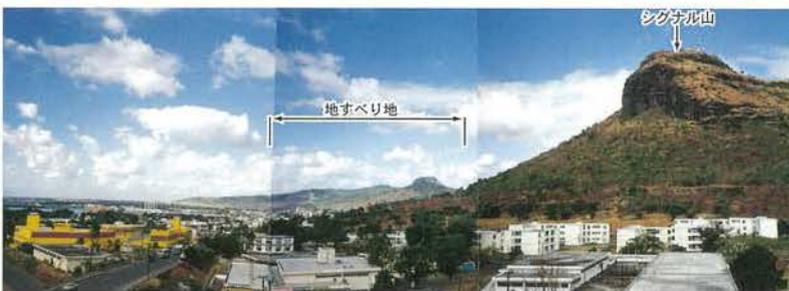


写真-2 南側よりみた地すべり地

1987年9月28日～10月7日にモーリシャス政府の要請によって旧宗主国であるイギリス政府より専門家1名が派遣され踏査をした結果、以下の結論に達した。

- ① この地すべりは1987年以前にも活動の経歴をもっているため、今後も継続的に活動を続けるであろう。
- ② 地すべりは厚い崩積土により構成されている。
- ③ 地すべり運動の活発化の誘因は地すべり地中央よりやや上部にある水道配水池（容量4,500 t）及びその送水管からの漏水と、ちょうどその時期に襲ったサイクロンによる豪雨によるものと考えられる。

この結果に基づいて、この配水池の使用を中止したが、なお変形運動は継続し続けていた。そこでわが国の地すべり対策技術が世界的にみて最も高いレベルにあるということと同時にイギリスの専門家の推薦もあって、同政府は日本政府に対して専門家の派遣を要請してきたのである。

日本政府はこれに対応するために国際協力事業団（JICA）によって渡正亮を団長とする5名の調査団（表-1 6頁）を1988年9月に3週間にわたって派遣して綿密な調査を実施した。その結果は“Technical Study Report on the Landslide La



写真-3 地すべり末端部における建物の全壊状況

Butte in Mauritius” にとりまとめられた。

この提言内容は次の通りであった。

- ① 地すべり運動の早期の鎮静化をはかるために、地すべり地の頭部における緊急排土と応急的な地下水排除工及び地表水排除工を実施すべきこと。
- ② 恒久対策計画を樹てるために、全域にわたる地すべり調査を実施して、地すべり機構を明確にすること。
- ③ 調査団の持参した伸縮計等を用いて、緊急時の警戒避難基準値を設定して体制を整備すること。

この報告を受けてモーリシャス政府は日本政府に対して援助の要請を行い、これを受けてJICAは1989年4月に渡正亮を団長とし谷古宇光治を副団長とする計画調査団（主として日本工営株式会社と株式会社日さくからのメンバーによる）を結成して、現地調査と解析並びに応急試験対策工事及びその管理等を実施した。以下にその結果について説明する。

4. 地すべり対策計画調査と応急対策

この事業は1989年4月より1990年10月にかけて大久保駿（建設省砂防部土石流対策官）及び池谷浩（同砂防部建設専門官）、大八木俊治（同四国地建環境審査官）、綱木亮介（土木研究所地すべり研究室主任研究員）による作業監理委員会の3回にわたる指導の下で実施された。

図-5に示す調査計画によって、地すべり活動域の範囲が決定された。それはシグナル山の中腹EL100mを「かなめ」とする扇形を呈し、東部は長さが100～200mであるのに対して西は300～400mに及び、すべりの厚さは最も厚いところで30～40mで、西より東に向かうに従って浅くなる傾向を示し、平均的には15～20mであって、崩積土や火山砕屑物の下に、火山性の粘土層が5～10mの厚さで分布しており、孔内傾斜計の計測結果によると、この粘土層の上面において、すべり面の存在が確認され

表-1 JICA事前調査団

団長	渡 正亮（地すべり学会会長）
副団長	小林英明（建設省近畿地建河川調査官）
団員	中野公章（同傾斜地保全課課長補佐）
	黒川興及（(財)砂防・地すべり技術センター）
	池田精寿（(株)池田自然開発調査）

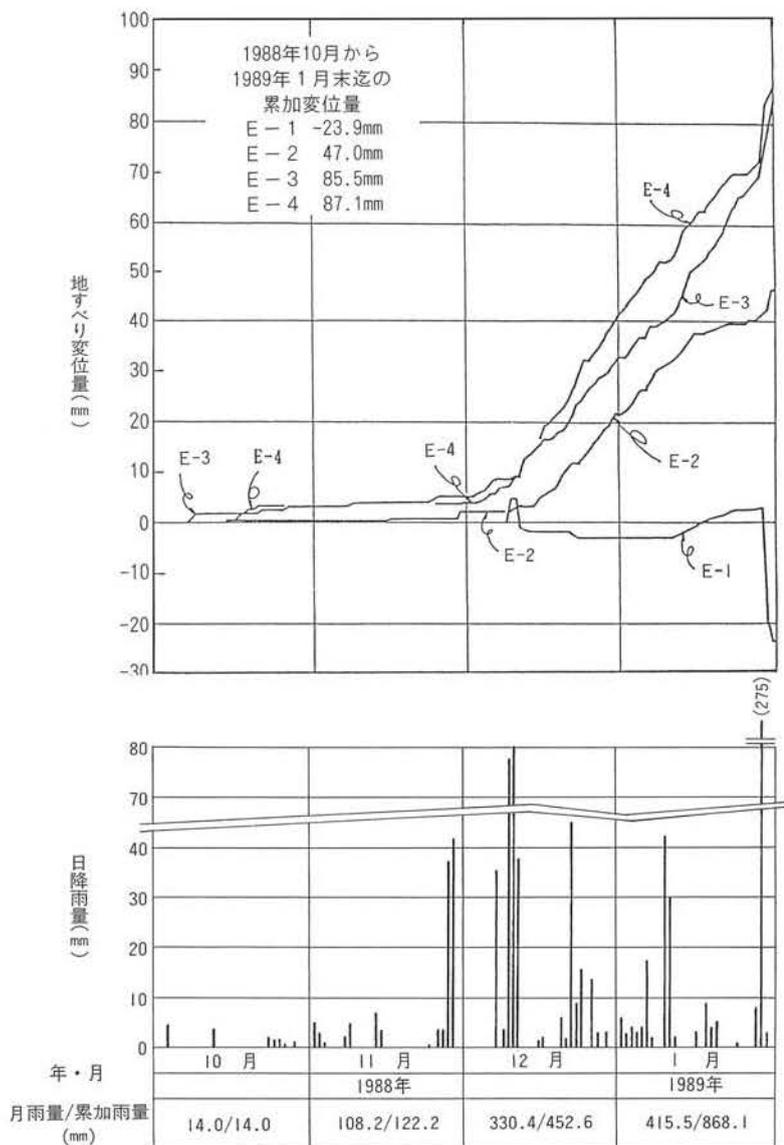


図-6 地すべり変位量と降水量

ている（図-4参照）。

また図-6に示す通り、運動については、降水量と密接に関連し、1988年12月から翌年4月にかけての雨季の総雨量1,200mmに対して、約250mmの移動を

表-2 JICAチームによる詳細調査案

工種	仕様	数量
計器観測	雨量計	1台
	地盤傾斜計	7台
	地盤伸縮計	16台
	孔内傾斜計	8台
地形測量	平面図 (S=1/1000)	1式
	断面図 (S=1/500)	
地質調査	水位計測用	10孔 235m
	孔内傾斜計用	8孔 195m

表-3 JICAチームによる応急対策案

① 地下水排除工		
・集水井	1基	20m
・中継井	1基	15m
・集水ボーリング	20本	L=1000m
・排水ボーリング	2本	L=120m
・排水路工	1式	L=1900m
② 排土工		
排土量	V=約50,000m ³	

示し、特に1月末のサイクロン来襲時（雨量275mm）では、非常に急激な運動を示した。一方乾季に入ると運動はほとんど終息していた。これらの結果から、次の事業が実施された（表-2、3）。

- ① 地下水排除工は、地すべり厚の最も大きい西部地区の山腹中央部付近において中継井を含む集水井1基（深さ20m）と共に地表面排水路計900mを設置した。
- ② すべり面勾配が15~20°に達して地すべり厚が30m以上にも及ぶ頭部において最大深10mの緊急排土工を計画した。この排土工はMaupin配水池を中心として、斜面の安全率を3%以上の向上を目指したもので、その排土量は50,000m³に達するものであり、この事業はモーリシャス政府自治省の直轄工事として1989年10月に実施された。これらの応急対策工の結果、地すべり運動は著しく鎮静化した。
- ③ 地すべり対策の計画調査は表-2に示す通りであって、図-5に示すような配置で実施された。そして活動域の外側に潜在地すべり区域を設けて地すべりの活発化した時の情報伝達系を整備する

よう指導した。

地すべり活動域での警戒は主として伸縮計の計測値に基づいて行われ、その測定値に応じて通常段階、警戒準備段階、警戒段階、避難段階を設けて、それぞれの段階における対応方針を自治省やポートルイス市当局、消防、医療、警察、道路交通、水道、ガス、電力、学校等の担当者を集めて周知徹底し、その対応につき協議した。1990年1月末には警戒準備段階の計測値となっており、老人や病人が一時避難を実施した。

また、現状の水路や水道管からの漏水を徹底的に防止するよう要望して実施された。

5. 恒久対策計画の策定

活動域内に5本の測線を設定して、ボーリングや孔内傾斜計の測定結果に基づいて、すべり面や地下水位の分布を推定し、すべり面を形成していると思われる粘性土の土質試験値を参考にして、それぞれについて安定計算を実施した。

そして恒久対策の策定は次の方針に沿うこととした。

- ① 地すべり土塊の運動は単一体の運動として解析する。
- ② 恒久対策の目標とする計画安全率は $F_s=1.2$ とし、応急対策によって得られた現状安全率を目標値に向上させることとした。
- ③ 人家密集地が多く、用地上の問題もあるので、主たる防止工種は集水井を中心とする地下水排除工と鋼杭工の組合せとする。
- ④ 地下水排除工は地下水位2mの低下を目標として頭部において計画する。
- ⑤ 応急対策工と地下水排除工の効果を算定した上で鋼杭工により目標の計画安全率を確保する。

以上の方針に基づいて図-7（8頁）に示す通り集水井3基と中継井1基と地表からの横ボーリング工1670m並びに鋼杭工6列計416本が計画された（表-4 8頁）。

集水井工は地すべり頭部に応急対策工で実施したものを含めてほぼ東西に100m間隔で4基が並ぶように計画された。

また鋼杭工の中の5列は山麓の人家密集地帯の中で実施するために、用地の関係上、東西方向の道路敷を利用して配置された（図-8 8頁）。



写真-4 鋼管杭工の施工状況



写真-5 JICA調査団による応急排水工広場 (資材置き場)

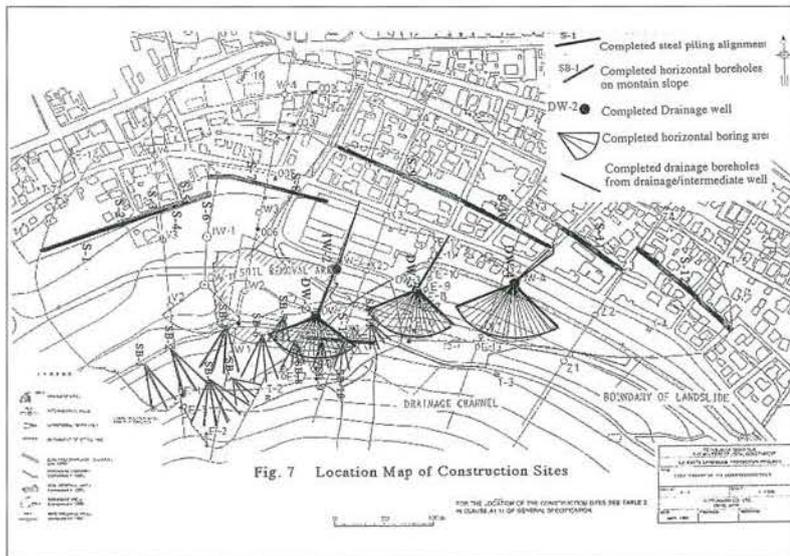


図-7 恒久対策計画

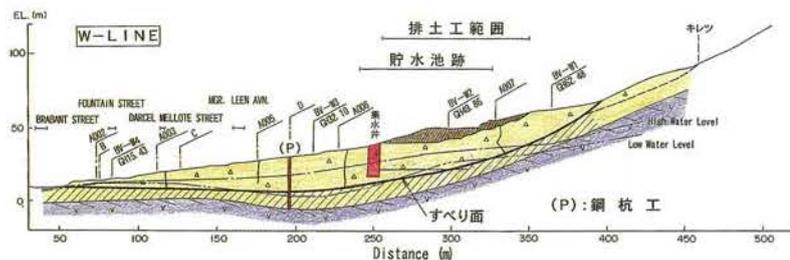


図-8 対策工断面図

6. 恒久対策プロジェクトの実施

上記のJICAによる計画調査団の恒久対策計画の提案を受けてモーリシャス政府は、その対策のための事業費約30億円の借款を日本政府に要望し、これを受けて海外経済協力基金 (OEFC) では1995年5月より30ヶ月の間にこれを実施すべく、供与することに決定した。

この事業の施工計画、各種の積算、施工管理等は日本工営(株)が担当し(責任者: 谷古宇光治)、施工はベルギーと日本の建設会社の共同企業体が担当することとなった。施工計画や入札関係の資料作成に約1年半を要し、施工は1997年2月より15ヶ月間の予定で実施されて無事終了した。この際に鋼管杭工は、現地での施工性を考慮し、鋼管1本当りの長さを6mまたは8mで固定し、各杭ともその整数倍の長さとなるようにし、挿入時の上杭、下杭等、継手の組違いミスを防止した。また、継手部はネジ継手を採用し、溶接による継手部の品質低下を防止し、

表-4 恒久対策工一覧表

工種	数量	規格	
排水工	地表横ボーリング工	1,670m (30-50m)	φ66mm
	集水工	35m (3基)	φ3.5mm
	集水ボーリング工	2,100m (50-60m)	φ66mm
	中継工	11m (1基)	φ3.5mm
排水ボーリング工	200m (50m)	φ116mm	
鋼管杭工	1) 主要地すべり		
	垂直ボーリング掘削	8,800m (13-37m, 380孔)	350mm
	鋼管杭の建て込み	8,420m (12-36m, 380孔)	φ300mm t117mm
	2) 小規模地すべり		
垂直ボーリング掘削	576m (16m, 36孔)	350mm	
鋼管杭の建て込み	576m (16m, 36孔)	φ300mm t9mm	

施工工期の短縮をはかった(写真-4、5)。

地すべり対策工のうち鋼管杭工は、主に民家密集地内に施工する計画である。このため、工事に伴う変状等を事前に把握するため、鋼管杭施工前に各家屋に発生しているクラックの状況や、道路の地下埋

設物（電話線、送電線、上下水道）の調査が行われた。

1997年5月28日には、政府主催による起工式（オープニングセレモニー）が開催され、日本政府代表として在マダガスカル日本大使館の大竹一等書記官が出席した。

また、対策工事実施期間中は、住民代表、警察、関係諸官庁代表者とは月1回の情報交換会を開催し、事業の進捗状況などの情報を公開した。

また施工中においては施工管理者とJVとは週1回の工程会議を開催し、また、担当官庁、JVと共に月1回の安全パトロール及び安全会議を実施した。

地すべり対策工事の終了をうけて、1998年5月13日に政府主催の竣工式が開催され日本政府代表として在マダガスカル日本大使館の渡辺大使が出席した。

7. 終りに

この防災事業は前述の如く地すべり対策としてはわが国では初めての海外での調査と防止工の両面についての実施であり、JICAによる調査からOECDの協力による工事实施までの一貫した事業であった。

完成後、現在まで地すべり運動は全く終息し、住

民は安全に生活しており、政府もわが国の技術的そして財政的支援に対して深く感謝している。特にわが国の「地すべり対策技術」については非常に高い評価が与えられている。

最後に、この事業の実施に当って、1989年の計画調査の開始以来1998年の事業完了までの約10年間にわたって調査及び対策工の実施を担当・指導し、またモーリシャス政府とわが国との間の各種の連絡調整に当り、さらに恒久対策プロジェクトではその責任者の重責を全うして、地元民はもとより、現地政府関係者からも多大の感謝を捧げられ、両国の友好に努力された谷古宇光治氏（日本工営株式会社）は帰国直後の1999年3月1日に急逝された。氏のこの偉大な功績とたゆまざる熱意に対してここに深甚なる感謝と哀悼の意を表するものであります。

なお、その後、ご遺族の手により、長年親しまれたモーリシャスの海に散骨され、その折には政府及び地元関係者により追悼のミサが営まれ、国民からも深い哀悼の意が表されたことは地元新聞にも報道されている。ここに謹んで谷古宇氏のご冥福を御祈りするものであります。

以上
1999年10月