

モーリシアス国

ポートルイス市地すべり対策計画調査

最終報告書

要約

1990年11月

モーリシアス国

ポートルイス市地すべり対策計画調査

最終報告書

要約

1990年11月

国際協力事業団

410/3

モーリシアス国

ポートルイス市地すべり対策計画調査

最終報告書

要 約

JICA LIBRARY



1089569161

2243

1990年11月

国際協力事業団



序 文

日本国政府は、モーリシャス国政府の要請に基づき、同国のポートルイス市地すべり対策計画に係わ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した。

当事業団は、1989年4月から1990年7月まで日本工営株式会社 渡 正亮氏を団長とし、同社及び株式会社日さくから構成される調査団を現地に派遣した。

調査団は、モーリシャス国政府関係者と協議を行うとともに、プロジェクト・サイト調査を実施し、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った。

本報告書が、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役立つことを願うものである。

最後に、本件調査にご協力とご支援をいただいた両国の関係各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

1990年11月

国際協力事業団
総裁 柳谷 謙介

国際協力事業団
総裁 柳谷 謙介殿

伝 達 状

モーリシャス国ポートルイス市地すべり対策計画調査の最終報告書を提出いたします。本報告書はポートルイス市ラ・ビュッテ地域の地すべりに対する長期対策計画を策定すべく検討を行った調査結果を提示したものであります。

本レポートは4分冊より構成され第1冊はメインレポートで、ポートルイス市ラ・ビュッテ地すべりに関するフィジビリティ調査結果、及び長期対策計画に対するディテール調査水準の設計及び工費の積算を含みます。調査結果は地すべり安定化のための長期対策計画を開始すべき時期に至っていることを示しております。第2冊はサポーティングレポートで（Ⅰ）、（Ⅱ）、（Ⅲ）より構成され、その（Ⅰ）はメインレポートに示された調査結果を補助するための野外調査結果を含みます。その（Ⅱ）は地すべり変動を減少させるための実験調査及び緊急対策についての検討を含みます。その（Ⅲ）は地すべり全域の安定化のための長期対策計画の計画策定、設計、工費の積算、及び経済評価を含みます。第3冊は要約で、調査の主要点を取りまとめております。第4冊はデータブックで、地すべり変動に関するモニタリングデータ、地すべり防止対策に係わる工事費の積算に使用した単価及び掘削されたボーリング孔の柱状図等をまとめてあります。

全調査期間にわたり多大な御支援を賜った貴事業団、作業監理委員、外務省、建設省、在マダガスカル日本大使館及びモーリシャス国の関係各位に対し心から御礼申し上げます。

終わりに当り、本調査結果がラ・ビュッテ地域の地すべりの安定化のための長期対策計画の実現と地すべり地域の社会経済の発展に貢献するように望む次第であります。

1990年11月

調査団長 渡 正亮

目 次

第一章 序 説	1
第二章 野 外 調 査	3
2.1 観測機器の設置	3
2.2 地 形 測 量	3
2.3 地 質 調 査	3
2.4 地すべり面沿いの粘性土の土質強度	4
2.5 観測データの解析	4
2.6 地すべり機構	5
第三章 緊急防止対策	7
3.1 緊急防止対策の準備	7
3.2 実 験 調 査	7
3.3 排 土 工 事	8
3.4 応急カウンターウェート	9
第四章 長期地すべり防止対策	11
4.1 長期地すべり防止対策の計画	11
4.2 長期防止対策に対する安定解析	11
4.3 排 水 工 事	12
4.3.1 地表からの水平ボーリング孔の掘削	12
4.3.2 集水井工	12
4.4 鋼 管 グ イ 工	12
4.5 建設計画及び実施計画	13
4.6 費 用 積 算	14
4.7 経 済 評 価	14
第五章 結論及び提言	16

表 目 次

表 2.1-1(1/2)	ボーリング掘削数量及び透水試験のまとめ	17
表 2.1-2(2/2)	ボーリング掘削数量及び透水試験のまとめ	18
表 2.2	粘性土の物理的性質	19
表 2.3	粘性土の力学特性	20
表 3.1	基本諸元及び主要作業量	21
表 4.1	ラ・ビュッテ地すべり発生による想定被害	22
表 4.2	総プロジェクト費用	23
表 4.3	年度別費用費出計画（財務費用）	24
表 4.4	年度別費用費出計画（経済費用）	25
表 4.5	長期防止施策プロジェクトに対するキャッシュフロー	26

目 次

図 1.1	プロジェクトサイト位置図	27
図 2.1	調査位置図	28
図 2.2	地形測量位置図	29
図 2.3	測線-1沿いの水準測量結果	30
図 2.4	想定すべり面及び岩盤面のコンターマップ	31
図 2.5	V-観測線沿いの地質断面図	32
図 2.6	集水井及び中継井を結んだ線沿いの地質断面図	33
図 2.7	W-観測線沿いの地質断面図	34
図 2.8	X-観測線沿いの地質断面図	35
図 2.9	Y-観測線沿いの地質断面図	36
図 2.10	Z-観測線沿いの地質断面図	37
図 2.11	1986年～1990年間の月別雨量	38
図 2.12	1985年～1990年間の雨季における月別雨量	39
図 2.13	BV-XI孔における孔内傾斜計の変位	40
図 2.14	地盤傾斜計T-4～T-5の変位	41
図 2.15	地盤傾斜計T-6～T-7の変位	42
図 2.16	地すべり冠頭部の伸縮計の変位	43
図 2.17	ボーリング孔内の地下水位観測結果	44
図 2.18	表面排水路の配置図	45
図 3.1	集水井の構造図	46
図 3.2	集水井-1及びボーリング孔BV-W2内における地下水位	47
図 3.3	排土域の設計及び水準測量点の配置	48
図 3.4	応急カウンターウェートのスケッチ	49
図 3.5	応急カウンターウェートの断面図	50
図 4.1	長期防止施策の施工位置図	51
図 4.2	主要地すべりに対する鋼管グイの断面配置	52
図 4.3	小規模地すべりに対する鋼管グイの断面配置	53
図 4.4	プロジェクト実施計画	54
図 4.5	想定可能被害地域	55

第一章 序 説

調査地域は、モーリシャス国の首都ポートルイス市のラ・ビュッテ地区に位置する。モーリシャス国はインド洋のマダガスカル島の東約 900kmに位置する面積約1,900km²、人口約 100万人の島国である。ポートルイス市は同国の北西部に位置する経済・政治・交通等の要所となっている。ポートルイス市ラ・ビュッテに発生した地すべりの顕著な変動は、1986年～1987年の雨季の期間に確認された。地すべり活動地域は約400m×700mの広さの地域に及んでいるが、下方の約半分の地域は人口密集地に相当する。調査地は図1.1に示される。

モーリシャス政府は1988年に地すべり変動の著しい約12.5haを地すべり発生の可能性の高い危険地域として指定した。この指定地域には 327の家屋が密集しており、479家族が住んでいる。地すべり活動地域より下方の斜面には地すべり発生にともない大きな被害が予想される被害想定地域が想定されているが、地すべり危険地域と被害想定地域の両地域には合計約 3,700人の住民が居住している。当該地すべりによる被害は、現在までに全壊家屋が50軒以上にもものぼり、このなかには約 120年以前に建てられたモスクが含まれている。また、350人の生徒が通っていた小学校 (Ecole de la Montagne) も被害が大きく、建物は存在しているものの学校は閉鎖されている。また、首都圏の主要道路も1m内外の段差ができ、交通事情に影響を与えている。

クラック等が入っているいわゆる一部破損家屋は地すべり危険地のほぼ全戸の家屋に及んでいるが、これらの家屋には現在も住民が生活をしており、これら住民から家の安全性・今後の地すべりの動き・補修の費用等について苦情が出ている。このような状況から本地すべりはモーリシャス国にとって大きな社会問題となることが心配されている。地すべり地域に居住する住民は長く住み慣れた土地を離れたくないという意識が非常に強く、また近くに住民を移住させ得る適地が見当たらないためモーリシャス国政府は地すべり地を対策工の実施により保全するという決定を行っている。

これらの状況を踏まえてモーリシャス政府は1987年にイギリスの専門家に対し、また1988年には日本の専門家チームに対して事前調査の要請を行い、地すべりについての概要とそれ以降必要とされる本格調査の内容について把握した。これらの事前調査の結果に基づきモーリシャス政府は、日本政府に本格調査実施についての要請を行い、本調査に係わるスコープオブワークスが1989年3月に調印され、引きつづき現地調査は1989年4月に開始された。

本調査の目的は下記の通り。

- 1) ラ・ビュッテ地すべりの動きと原因を現地観察と計測により明確にする。
- 2) 地すべりの動きに対する長期防止対策を策定する。

- 3) 地すべりの動きを沈静化させるための緊急防止対策を実施する。
- 4) 全ての調査を通じてモーリシャス側のカウンターパートに技術移転を行う。

本調査は、2ステージに分けられるが、第一ステージは、1989年4月から1989年8月までであり、第二ステージは、1989年9月から本調査の完了が予定されている1990年の11月末までの期間となっている。

本調査の内容は以下の通り。

第一ステージの調査では地形測量、地質調査及び観測データの解析により地すべりの自然状態を明らかにし、同時に地すべり防止効果判定を目的とした実験調査の計画策定も行われた。この実験調査は、主として地下水集水ボーリング孔及び排水ボーリング孔の掘削を伴う集水井の構築から成っている。第一ステージ調査の完了時点においてそれまでの調査結果を取りまとめた中間報告書が作成された。

第二ステージでは、地すべり変動に対する緊急防止対策として第一ステージにおいて策定された実験調査が実施された。実験調査は、集水井及び中継井の構築、地下水集水ボーリング孔及び排水ボーリング孔の掘削、排水施設の設置等から構成される。また、緊急防止対策として表面排水路の取り付け、地すべり地のすべり土塊のバランスを保つための排土工、及び小規模派生地すべりの安定化のためのカウンターウェイト工等が実験調査と並行して実施された。

本調査の最後に地すべり地全域を長期間にわたり安定化するための長期地すべり防止対策の計画策定、設計、工費の積算等が行われたが、これらの作業は本調査を通じて得られた全ての資料に基づいて実施された。長期防止対策は、浅層地下水排水のための1,670mの水平ボーリング孔の掘削、2,100mの地下水集水ボーリング孔の掘削を伴う3基の集水井の構築、及び8,996mの鋼管杭工等から構成されている。長期防止対策の完成に必要な工期は、約22ヶ月と推定される。

長期防止対策にかかる総プロジェクト費用は、1990年1月の物価水準でRs. 2億7千2百30万と推定されている。プロジェクト実施による便益の総計はRs. 4億3千8百万と推定され、これはCBRで1.96、NPVでRs. 2億1千4百11万、それにIRRで47.7%となりプロジェクトの経済的実現の可能性が確認された。

これらの調査結果に基づき、地すべり地全域の安定化のために必要な長期地すべり防止対策が早急の実施され、当該地すべり地域の民生の安定及び地域社会の発展が得られる様に提言する次第である。

第二章 野外調査

2.1 観測機器の設置

地すべり調査及び観測のために地すべり地及びその周辺に下記の様な観測機器が設置された。

機 器	No.
雨 量 計	1 台
地盤傾斜計	7 台
伸 縮 計	16 台
孔内傾斜計	8 孔

これらの機器の設置位置は図2.1に示される。

2.2 地形測量

安定解析のために、5本の観測線に沿った1/500縮尺の断面測量が行なわれた。地すべり及び周辺地域を含む1/1,000地形図も作成された。

1989年5月に地すべり地の南西部において水準測量線-1沿いで400mm以上に及ぶ地盤の沈降が計測された。それ以降降雨量が減少した期間では、それ以上の沈降は計測されなかった。水準測量線は図2.2に示される。また、地盤の沈降は図2.3に示される。地盤沈降の消失は降雨の減少ばかりでなく1989年末に実施された応急防止施策として実施された排土工事の効果が考えられる。

2.3 地質調査

地質調査は地下水位観測用の235m(10本)のボーリング孔掘削、孔内傾斜計観測用の195m(8本)のボーリング孔掘削から成る。ボーリング掘削はコアサンプルの回収とボーリング孔内におけるテストが同時に行なわれた。

地すべり地は玄武岩質の基盤岩を覆う40mに達する崩積土から構成される。崩積土は粘性土と玄武岩質礫から構成されるが、これは地すべり地の末端部においては約5mの厚さの油質粘土層を覆っている。崩積土の透水係数は比較的高い透水性を示して、ほとんど $\times 10^{-2} \text{cm/s} \sim \times 10^{-3} \text{cm/s}$ の範囲を示している。ボーリング孔掘削と透水試験の結果は表2.1に与えられている。

地すべりのすべり面は岩盤面に接する部分を除いて、ほとんど崩積土中に存在するものと推定されている。すべり面まで及び岩盤面までの深さは地すべり地の中央部で最も大きいと推定されている。また、それらは地すべりの外側に向って漸減すると推定されている。すべり面と岩盤面の等高線図は、図 2.4 に示され、また、観測線沿いの地質断面図は図 2.5 から図 2.10 に示される。

すべり面と岩盤面の形状及び開口テンションクラックの連続から判断して、地すべりの動きは基本的に単一のすべり土塊の動きであると考えられる。

2.4 地すべり面沿いの粘性土の土質強度

地すべりの動きは、一般的にすべり面沿いの粘性土の剪断変位により発生する。従って、地すべりの安定性を評価するためには、すべり面沿いの粘性土の強度を明らかにすることが重要である。

力学的、物理的特性を把握するため現場から採取された粘性土の試料に対して室内土質試験が実施された。

不攪乱資料は、力学試験のため攪乱試料は物理試験のために採取された。これらの試験結果は表 2.2 及び表 2.3 にまとめられている。粘性土に対して得られた主な力学特性は以下の通りである。

力学特性	値
粘着力	1.0~3.0 t/m ²
内部摩擦角	5.5~28.0度

2.5 観測データの解析

観測データは、1台の雨量計、7台の地盤傾斜計、16台の伸縮計及び8孔における孔内傾斜計の計測により得られた。

ポートルイス市で記録された降雨の一般的な特徴は以下の通り。すなわち1951年から1987年の間の平均月降雨量は960mmで、そのうちの約80%が11月から4月にかけての雨季の期間に観測されている。Ecole de la Montagneに設置された雨量計は近年において、乾燥年（1989-90年の様に）において1,000mm以下の降雨であり、多雨年においては1,300mm以上の降雨が記録されている。地すべり地の降雨データは図 2.11と図 2.12に示される。

地すべりの観測データに関しては、わずかな移動が地すべり東部におけるボーリング孔において読み取れるが、顕著な剪断性変位は伸縮計E-3の下方斜面において掘削されたBV-X1孔において計測されている。約60m×80mの小規模地すべりはE-3下方斜面において二次的に発生したすべり面に沿って発生している。この小規模地すべりは排土工事により誘発されたと考えられる。BV-X1孔における孔内傾斜計記録は図2.13に示される。

地表面傾斜の動きは、地すべり地内及び周辺地に設置された7台の地盤傾斜計により計測された。比較的明瞭なN-S方向の累積性の動きは、地すべり地の東部域に設置された地盤傾斜計T-4及びT-6の記録から読み取れる。T-4及びT-6の計測記録は図2.14及び図2.15に示される。

1988年～1989年の雨季に記録された大きな変動以降、伸縮計E-3の記録を除いて伸縮計は顕著な動きを示していない。小規模二次地すべりの動きは緊急防止対策のひとつとして行なわれた排土工事期間中の1989年10月以降にE-3により記録された。

この動きを止めるためのカウンターウェイト盛土が1990年1月下旬及び1990年5月下旬の2度にわたって実施された。6.5 mm/日という大きな変位はこれらのカウンターウェイトにより停止したが、連続する豪雨後にさらに動きが発生する可能性が考えられる。将来の地すべりの動きを防止するため鋼管グイ工法から成る長期防止対策が計画された。伸縮計からの移動記録は図2.16に示される。

地すべり地内の地下水位測定は、今回調査及びこれまでの調査によって掘削されたボーリング孔内において行われた。比較的強い降雨の後における地下水位の上昇はほとんど地すべり地東部域に掘削されたボーリング孔内において観測された。従って、主としてピークカットの機能が期待される集水井の構築は地すべり地の西部域よりは東部域においてより効果的と考えられる。地下水位の測定結果は図2.17に示される。

2.6 地すべり機構

ラ・ピュッテに発生した地すべりは一般的な地すべり分類に従うと崩積土地すべりに分類される。この地すべりにおいて崩積土に激しいすべり応力が加わったことを暗示する鏡肌の発達が頻繁に見られる。

地すべり地におけるすべり面及び基盤岩面までの深さは地すべり地の中央部において最大である。地すべり地を、いくつかの地すべりブロックに分けることができる様なテンションクラックは見られない。従って、地すべりの動きは単体のすべり土塊によるものと考えられる。

調査期間中、地すべり地の中央部で掘削されたボーリング孔において大きな水位低下が測定された。地すべり地の西部域に掘削されたボーリング孔内において約20mの水位低下が計測されたが、東部域では5 - 20mあるいはそれ以下の水位低下が計測された。これらの事実より集水井の構築は地すべり地の西部域におけるよりも東部域においてより効果的と考えられる。

粘性土の強度は室内土質試験により粘着力が $1.0 - 3.0 \text{ t/m}^2$ 、内部摩擦角が $5.5 \sim 28.0$ 度と確認された。これにより、地すべり地全域に対する安定解析に使用した粘着力 1.0 t/m^2 と内部摩擦角 $9.0 \sim 9.7$ 度の推定値は妥当であることが確認された。

第三章 緊急防止対策

3.1 緊急防止対策の準備

地すべりの動きを減少させるための緊急防止対策のうちで本調査期間中に実施されたものは、表面排水路の設置、地下水集水ボーリング掘削を伴う1基の集水井の構築及び排土工事である。

地すべり地内に表流水が浸透することを防ぐために表面排水路が計画され、地すべり地上方部分に構築された。これらの表面排水路の配置は図2.18に示される。

地すべりの動きに対する緊急防止対策のひとつとして実験調査が計画された。これには一基の集水井と1基の中継井の構築と地下水集水ボーリング孔と排水ボーリング孔の掘削が含まれた。集水井は効果的な地下水排除を期待して地すべり地中央部W-観測線の近くに選定された。

W-観測線沿いの安定解析では、集水井を構築することによりW-観測線付近で約2m地下水位が低下するという仮定に基づいて安全率が約6%上昇することが期待された。

集水井工の主な緒元は以下の通り。

- 1) 集水井の深度は 20 m
- 2) 集水井の直径は 3.5m
- 3) 地下水集水ボーリングの総延長は 1,000m (20本)
- 4) 中継井の深度は 15 m
- 5) 排水ボーリングの総延長は 120m (2本)

地すべりの動きを減少させるため排土工事が計画され、地すべり土塊の重量を軽減するため地すべり地中央部上方斜面において実施された。

3.2 実験調査

実験的に構築された20mの集水井は 2.7mm厚の鋼製ライナープレート及び 125×125×6.5 mm及び 175×175×9mm サイズの鋼製補強材により補護される構造に設計された。この設計は座屈圧、圧縮圧に対して充分強いことが確認された。集水井の構造は図3.1に示される。

中継井の強度の検定も集水井に対して行なったと同じ方法に従って行なわれた。

実験調査の工事手順は以下の通り：掘削及び土砂搬出、ライナープレートの取り付け；掘削の継続及びコンクリート打設；ボーリング機械の設置及び集水、排水ボーリング孔の掘削；排水溝の構築、石積み工及びコンクリート打設；覆いと柵の設置；そして結果の観察。

実験集水井工の構築には合計14ヶ月が推定されたが、実際の作業は約10ヶ月で完了した。これは主として1989年～1990年にかけての雨季の降雨量が比較的少なかったことによると考えられる。

実験調査の主な費用の構成は、直接工事費、間接工事費及び一般管理費から成る。工事費の総計は全ての工事を含んで9千百40万円と推定された。

集水井と中継井の構築は0.5m毎の掘削に続く鋼製ライナープレートの組立て設置により実施された。地下水集水ボーリング孔1,000m（20本）の掘削は集水井の完成後集水井内より行なわれた。排水ボーリング孔の掘削は、中継井を經由し集水井と地表を結んで120m行なわれた。作業の最後に排水施設が、排水ボーリング孔の出口から設置された。

1,300 mm以上の降雨が記録された1988年11月～1989年4月の雨季以降調査期間を通じて豪雨がなかったため、今調査で掘削されたボーリング孔内で地下水位の大きな低下が起きた。集水井付近の地下水位は図3.2に示されるが、これは1989年6月と1990年6月に計測された地下水位の比較を示している。この図に示されるごとく、1990年6月の地下水位は地下水集水ボーリング孔の高さより非常に低くなっている。このために集水井への地下水の排水が見られなかったことになる。

この降雨の少ない気象のために集水井工の効果を十分に評価することは不可能であるが、1989年6月に観測された様に豪雨の間あるいはその後において地下水位は顕著に回復するものと考えられる。また地すべり土塊の高い透水性を考慮に入れると集水井は、連続する豪雨の間あるいはそれ以降において、充分機能を発揮すると考えられる。

3.3 排土工事

地すべり土塊の安定した均衡を確保するため緊急防止対策として、地すべり地の中央上方部からの土砂の掘削移動が計画された。排土斜面の設計は周辺の山腹の形状に溶け込む様に注意を払った。その結果、掘削斜面は半円形状に設計された。予定された、掘削土砂の量は約50,000m³であった。排土域の設計は図3.3に示される。

観測線W、Xに対する安全率の上昇は排土後に3.1%、7.1%がそれぞれ見込まれた。実験調査と排土工事を合せた、安全率の上昇の合計は下に示される。

観測線	排土前	排土後	実験調査後	合計安全率 (FS)
W	F.S=1.00	F.S=1.031	F.S=1.061	1.092
X	F.S=1.00	F.S=1.071		1.071

地すべりに対する排土工事の効果は水準測量結果に示されている。地すべり地の南西部における水準測量線-1沿いで明瞭な地表面の陥没が記録された。継続する地表面の陥没が1988年末から1989年の中旬にかけて計測されたが、1989年中旬以後地表面の陥没は1989-90年の雨季においてもほとんどなかった。従って、排土工事が非常に効果的であったものと推察される。地表面陥没の測量結果は図2.3に示される。

1988年から1989年にかけての雨季において伸縮計の記録には明瞭な変位が見られたのかかわらず、1989年4月以降において地すべり全体に対しては明瞭な変位が起らなかった。これは主として排土工事の完了によるものである。

3.4 応急カウンターウェート

伸縮計E-3から得られた観測記録はE-3の下方斜面における小規模派生地すべりによると推定される顕著な変位を示した。この小規模地すべりは、1989年10月末から1989年12月中旬にかけて行なわれた排土工事によって誘発されたものと考えられる。極めて大きな剪断変位が孔内傾斜計によりボーリング孔BV-X1の5.0m及び10.5mの深度に認められた。孔内傾斜計の記録は図2.13に示される。

伸縮計E-3により記録された変位量は1mm/日～3mm/日であり、1990年1月末までの合計変位量は120mmに達した。そしてこの変位は、さらに継続すると推定された。従って、この小規模地すべりの動きを減少させるため応急カウンターウェートによる処置が計画され1990年の1月末に実施された。地すべりの動きは、このカウンターウェート工の完了により直ちに停止した。

然しながら、この動きは2月の比較的強い降雨のため再発した。変位は継続し1990年2月中旬から3月初旬の間に200mmに達した。この動きを止めるため1990年の5月下旬から6月初旬にかけて追加のカウンターウェートが計画され実施された。これらのカウンターウェート施工後動きは1990年6月に入り徐々に停止した。これらカウンターウェートの位置と大きさは図3.4及び3.5に示される。

これらのカウンターウェート施工以前に必要なとされるカウンターウェートの最適規模の決定及びカウンターウェートの可能な効果を推定するために安定解析が実施された。安全率は、カウンターウェート施工の結果として、派生地すべりに対し約12%の向上が見込まれた。

小規模地すべりの動きはカウンターウェートの完成後消失したが、将来において連続する豪雨によりさらに動きが発生する可能性がある。鋼管グイ工法による地すべり防止工が長期的にはこの小規模地すべりの安定化のために必要である。

第四章 長期地すべり防止対策

長期地すべり防止対策の施工位置図は図4.1に示される。

4.1 長期地すべり防止対策の計画

本調査の目的は、ラ・ビュッテ地すべりに対する長期防止対策の策定にある。この長期防止対策は予防対策と防止対策の組合せとして計画された。防止対策工は排水工と鋼管グイ工から構成される。

長期防止対策の計画に対して地すべりの基本的な性質と防止対策の機能は下記のようにまとめられる。

- 1) 地すべりの動きは単一体の土塊の動きとして作用していると考えられる。
- 2) 計画安全率は $PF, s = 1.2$ とする。
- 3) 防止対策は排水工と鋼管グイ工との組合せとする。
- 4) 排水工により地すべり地内の地下水位は 2.0m低下するものと仮定する。
- 5) 鋼管グイ工の設計において排土工事による安全率の向上は考慮に入れられる。
- 6) 鋼管グイ工の設計は計画安全率 $PF, s = 1.2$ を確保するものとする。

4.2 長期防止対策に対する安定解析

防止対策の設計のために各観測線沿いに安定解析が行なわれたが、これは全地すべりに対し排水工により地下水位が 2 m 低下するという仮定に基づいている。排土工事による安全率の向上は安定計算において考慮された。

すべり面沿いの粘性土の土質強度は、実験調査と排土工の計画において計算されたものを使用した。

鋼管グイ工の設計における安定解析は地すべり防止に対して、その設計が充分であることを確認するために実施された。鋼管グイ工の設計手順は以下の様に示される。

- 1) 排水工による 2 m の地下水位低下の仮定に基づき排土工事以後において、各観測線に対する安全率 (F, s) の向上を確認する。
- 2) 計画安全率 (PF, s) から安全率 (F, s) を差引いて安全率の不足分を計算する。
- 3) 各観測線の各スライスの接線沿いの力 (T) と計算された安全率の不足分を掛け合せて地すべりの動きに対する必要抑止力 (P) を計算する。すなわち

$$P = (PF, s - F, s) \times T$$

- 4) 必要抑止力(P)と各観測線間の区間長を掛け合せて総必要抑止力を計算する。
- 5) 単位区間長当りの必要抑止力は総必要抑止力を鋼管グイの総施工区間長で割って算出する。

これらの手順を経て主要地すべりに対する総必要抑止力は約72,000トン、単位区間長当りの必要抑止力は95.75t/mと算出された。また、小規模地すべりに対する総必要抑止力及び単位区間長当りの必要抑止力は3,348トンと47.83t/mと算出された。

4.3 排水工事

4.3.1 地表からの水平ボーリング孔の掘削

斜面特に排土工事域内に掘削された斜面の保護のために水平ボーリング孔掘削による排水工は浅層地下水の排除を目的としている。水平ボーリング孔は合計が1,670mの掘削が必要とされる。水平ボーリング孔の掘削は排土工事中に造られた小段から実施される様に計画されている。これらのボーリング孔からの地下水の排水は排土工事後に設置された小段上の表面排水路に排水される様に計画された。

4.3.2 集水井工

深層の地下水を排水することにより地すべりの安定性を確保するためには地すべり地の上方部に3基の集水井及び1基の中継井が必要である。集水井の総必要数量は35m(3基)である。地下水集水ボーリング孔は総計2,100mとなる。深さ11mの中継井1基は排水を地表に導くために構築される。

集水井の主要な機能は豪雨後に急激に上昇する地下水位のピークカットに求められている。地すべりの安定解析のために集水井を構築することにより地すべり地全域に対して1989年6月に観測された地下水位から約2m低下するものと推定されている。

4.4 鋼管グイ工

地すべりの安定性を確保するため長期対策工として鋼管グイ工が提案された。鋼管グイの厚さ、太さ、それに間隔は必要抑止力、日本における実施例、鋼管グイの太さとの関係及びすべり面までの深さ等から決定された。そして、それらは主要地すべりと小規模地すべり別々に以下の様にまとめられる。

	主要地すべり	小規模地すべり
クイの肉厚	17mm	9mm
クイの直径	300mm	300mm
クイの間隔	2.0m	2.0m

鋼管グイ工の施工位置及び断面は図4.2及び図4.3に示される。

長期地すべり防止対策の必要数量は表3.1に示されるが主な作業項目と数量は以下に取りまとめられる。

防止対策	数量	寸法
排水工：		
水平ボーリング孔	1,670m (30-50m)	66mm (直径)
集水井	35m (3基)	3.5m (直径)
地下水集水ボーリング孔	2,100m (50-60m)	66mm (直径)
中継井	11m (1基)	3.5m (直径)
排水ボーリング孔	200m (50m)	116mm (直径)
鋼管グイ工：		
1) 主要地すべり		
垂直ボーリング掘削	8,800m (13-37m, 380孔)	350mm (直径)
鋼管グイの建て込み	8,420m (12-36m, 380本)	300mm (直径) 17mm (肉厚)
2) 小規模地すべり		
垂直ボーリング掘削	576m (16m, 36孔)	350mm (直径)
鋼管グイの建て込み	576m (16m, 36本)	300mm (直径) 9mm (肉厚)

4.5 建設計画及び実施計画

長期防止対策の建設期間は資金の借入れ準備から主要建設工事の完了まで約22ヶ月と推定されている。建設の実施計画は図4.4に示される。

集水井と中継井の構築は2組の装置を使用して実施される様に計画されている。地下水集水ボーリング孔及び排水ボーリング孔の掘削は2組の掘削機を使用して行なわれる様に仮定されている。浅層地下水排水のための水平ボーリング孔の掘削は地下水集水ボーリング孔で使用される掘削機と同じものを使用して実施される様に計画されている。鋼管グイ工は垂直に掘削されたボーリング孔にセメントモルタルを充填する前に鋼管グイを建て込むということを基本に計画されている。

4.6 費用算

プロジェクト費用の総計は、1990年1月の物価水準に基づいて Rs. 2億7千2百30万と推定された。プロジェクト費用は以下に示される様に Rs. 2億1千9百50万の外貨分と Rs. 5千2百80万の現地貨分から構成される。

項目	外貨	現地貨	合計
建設費	178.3	29.3	207.6
管理費	0.0	6.3	6.3
物価上昇費	0.0	5.2	5.2
臨時費	17.8	4.1	21.9
コンサルタント費	16.5	2.4	18.9
建設中の利子	6.9	5.5	12.4
合計	219.5	52.8	272.3

4.7 経済評価

プロジェクトの評価は図4.5に示される地すべり被害により危険を被る可能性を有する地域の推定から始められた。プロジェクトの評価はプロジェクト実施の有無を比較という基本方針に基づいて行なわれた。すなわち、プロジェクトの便益はプロジェクトを実施しなかった場合に地すべりにより被むると考えられる被害額とされている。プロジェクト費用は地すべり被害から護るために必要な対策にかかる費用である。

プロジェクト便益を推定するため建物や公共サービス等の施設に対して被害額が計算された。被害額の合計は表4.1にまとめられる様に Rs. 4億1千7百10万と推定された。一方、プロジェクト費用は Rs. 2億7千2百30万と推定され、それは表4.2にまとめられている。また、年度別の費用費出計画は表4.3及び表4.4に示される。

プロジェクトの経済的可能性は、費用・便益比率法 (CBR)、純現在価値法 (NPV)、それに内部収益率法 (IRR)の3種の割引手法を適用して評価した。プロジェクトの建設費用のキャッシュフローは表4.5に示されている。初めの2手法に対する割引率は10%が適用された。プロジェクトの経済的可能性は上記3手法により評価され、その結果は以下の様に取りまとめられた。

方 法	値
C B R	1.96
N P V	RS. 2 億 1 千 4 百 10 万
I R R	47.7%

この経済評価の結果から当プロジェクトは経済的及び財政的に正当化されることが判明した。

第五章 結論及び提言

本調査はラ・ビュッテ地すべりの規模、性質を明らかにした。そして予防対策及び防止対策からなる長期対策が実施されないとすると、将来の連続する豪雨によって地すべり被害が発生する可能性が推定された。

調査期間中に小規模地すべりに動きが発生したが、これは応急対策により直ちに止まった。

被害が想定される地すべり地下方の人命及び資産の将来の長期保護に対して下記の様な予防対策及び防止対策からなる長期防止対策が提唱された。

対 策	数 量
排水工：	
1) 地表からの水平ボーリング孔の掘削	1,670m
2) 集水井の構築	35m (3基)
3) 中継井の構築	11m (1基)
4) 地下水集水ボーリング孔の掘削	2,100m
5) 排水ボーリング孔の掘削	200m
鋼管グイ工：	
1) 垂直ボーリング掘削 (主要地すべり)	8,800m
2) クイの建て込み (主要地すべり)	8,420m
3) 垂直ボーリング掘削 (小規模地すべり)	576m
4) クイの建て込み (小規模地すべり)	576m

総建設費用は外貨分 Rs. 2億1千9百50万と現地貨分 Rs. 5千2百80万から成る Rs. 2億7千2百30万と推定された。

プロジェクトの経済的実現性は CBRで1.96、NPV で Rs. 2億1千4百10万そして IRR で47.7%と評価された。これらの結果はプロジェクトが経済的に非常に正当性があることを確認するものである。

本調査は上に提唱した長期防止対策プロジェクトが技術的に、そして経済的に正当性があることを示している。仮りに人命損失の恐怖を取り除く様な数字として現わせない便益を加えるとプロジェクトはさらに正当性が強くなる。従って、本プロジェクトは出来るだけ早期に実施されることが提言される。

附表

表 2.1-1(1/2) ボーリング掘削数量及び透水試験のまとめ

BOREHOLE No.	DEPTH (m)	WATER LEVEL (m)	CASING (m)	HEAD H(m)	CASING DIA. R (cm)	QUANTITY Q(l/min)	PERMEABILITY K (cm/sec)
BV-V1	10.0	9.50	0.00	9.50	4.2	4.0	3.04×10^{-3}
	15.0	15.00	0.00	15.00	4.2	72.7	3.50×10^{-2}
	20.0	20.00	0.12	20.12	4.2	>350.0	$>1.26 \times 10^{-1}$
	25.0	25.00	0.35	25.35	4.2	>350.0	$>9.96 \times 10^{-2}$
BV-V2	10.0	1.50	0.20	1.70	4.2	0.8	3.40×10^{-3}
	15.0	2.00	0.10	2.10	4.2	1.2	4.12×10^{-3}
	20.0	16.05	0.20	16.25	4.2	3.1	1.38×10^{-3}
BV-V3	10.0	7.30	0.70	8.00	4.2	5.0	4.51×10^{-3}
BV-V4	10.0	7.80	0.15	7.95	4.2	20.0	1.82×10^{-2}
	15.0	7.80	0.15	7.95	4.2	20.0	1.82×10^{-2}
	20.5	8.95	0.10	9.05	4.2	20.0	1.59×10^{-2}
BV-W1	10.0	8.85	0.10	8.95	4.2	37.4	3.01×10^{-2}
	15.5	15.50	0.25	15.75	4.2	48.0	2.20×10^{-2}
	20.0	20.00	0.10	20.10	4.2	73.0	2.62×10^{-2}
	25.0	25.00	0.21	25.21	4.2	21.1	6.04×10^{-3}
BV-W2	10.0	1.12	0.39	1.51	4.2	0.8	3.82×10^{-3}
	15.0	0.54	0.31	0.85	4.2	1.8	1.53×10^{-2}
	20.0	20.00	0.17	20.17	4.2	0.2	7.15×10^{-5}
	25.0	25.00	0.16	25.16	4.2	16.7	4.79×10^{-3}
BV-W3	10.0	8.19	0.16	8.35	4.2	0.1	8.64×10^{-5}
	20.0	14.17	0.24	14.41	4.2	0.1	5.01×10^{-5}
BV-X1	5.0	5.00	0.60	5.60	4.2	0.7	9.02×10^{-4}
	10.0	6.40	0.60	7.00	4.2	3.9	4.02×10^{-3}
	15.0	12.00	0.60	12.60	4.2	37.8	2.16×10^{-2}
	20.0	13.20	0.20	13.40	4.2	0.4	2.15×10^{-2}
BV-X2	10.0	10.00	0.50	10.50	4.2	1.8	1.24×10^{-3}
	15.0	15.00	0.50	15.50	4.2	2.5	1.16×10^{-3}
	20.0	8.45	0.50	8.95	4.2	0.2	1.61×10^{-4}
BV-X3	10.0	10.00	0.54	10.54	4.2	0.9	6.16×10^{-4}
	15.0	15.00	0.50	15.50	4.2	7.8	3.63×10^{-3}
	20.0	14.43	0.50	14.93	4.2	3.5	1.69×10^{-3}
BV-X4	5.0	1.30	0.15	1.45	4.2	0.4	1.99×10^{-3}
	10.0	0.95	0.15	1.10	4.2	0.4	2.62×10^{-3}
	15.0	7.98	0.15	8.13	4.2	1.0	8.87×10^{-4}

表 2. 1 -2 (2/2) ボーリング掘削数量及び透水試験のまとめ

BOREHOLE No.	DEPTH (m)	WATER LEVEL (m)	CASING (m)	HEAD H (m)	CASING DIA. R (cm)	QUANTITY Q (l/min)	PERMEABILITY K (cm/sec)
BV-Y1	10.0	10.00	0.23	10.23	4.2	0.2	1.41×10^{-4}
	15.0	1.12	0.22	1.34	4.2	0.2	1.08×10^{-3}
BV-Y2	10.0	0.95	0.32	1.27	4.2	2.4	1.36×10^{-2}
BV-Z1	5.0	4.25	0.20	4.45	4.2	1.1	1.78×10^{-3}
	10.0	8.17	0.20	8.37	4.2	1.1	9.48×10^{-4}
	15.0	11.15	0.20	11.35	4.2	1.0	6.36×10^{-4}
BV-Z2	20.0	12.55	0.60	13.15	4.2	1.0	5.49×10^{-4}
	5.0	5.00	0.40	5.40	4.2	1.5	2.00×10^{-3}
	10.0	8.91	0.50	9.41	4.2	2.4	1.84×10^{-3}
	15.0	10.32	0.50	10.82	4.2	4.2	2.80×10^{-3}

表2.2 粘性土の物理的性質

Sample No.	Specific gravity	Liquid limit (%)	Plastic limit (%)	Plastic index (%)	Moisture content (%)	Unit weight (KN/m ³)
S/R-1	2.65	122.3	45.7	76.6	35.3	18.3
					37.7	18.3
					41.6	17.8
					35.6	19.1
S/R-2	2.56	88.9	54.8	34.1	39.2	19.4
					37.6	18.6
					41.7	18.2
					36.0	19.2
D/W-1	2.58	110.8	40.5	70.3	36.6	16.8
					42.7	17.9
					36.6	16.4
					37.6	18.6
					33.0	18.3
D/W-2	2.79	67.5	46.7	20.8	24.7	17.2
					23.6	18.2
					26.2	17.4

* S/R : sample from the soil removal area

D/W : sample from the drainage well

表 2.3 粘性土の力学特性

Sample No.	UNIAXIAL COMPRESSIVE TEST	TRIAXIAL COMPRESSIVE TEST	
	Strength (kg/cm ²)	Cohesion (t/m ²)	Friction angle (deg.)
S/R-1	2.08	1.8	9.2
	2.35		
	2.50		
	1.02		
S/R-2	2.35	2.1	5.5
	1.85		
	2.50		
	3.12		
D/W-1	0.15	3.0	10.0
	0.24		
	0.65		
	0.90		
	0.95		
D/W-2	0.95	1.0	28.0
	1.15		
	0.90		

* S/R : samples from the soil removal area

D/W : samples from the drainage well

表3.1 基本緒元及び主要作業量

Item	Dimension of Structures		Quantities
I. Drainage Well			(total of No.1 to 6) 422 cu.m
1. Drainage Well			(sub-total of No.1 to 5) 322 cu.m
(1) DW-2(No.1)			0 cu.m
(2) DW-3(No.2)			0 cu.m
(3) DW-4(No.3)	Diam. = 3.5m	L = 15m	142 cu.m
(4) DW-5(No.4)	Diam. = 3.5m	L = 10m	90 cu.m
(5) DW-6(No.5)	Diam. = 3.5m	L = 10m	90 cu.m
2. Intermediate Well			
(1) DW-2(No.6)	Diam. = 3.5m	L = 11m	(sub-total of No.6) 100 cu.m
3. Metal works			
(1) Liner plate	0.5m×1.57m×7pcs./ring		48 lin.m
(2) Ring stiffener	H-125×125		26 sets
(3) Vertical stiffener	H-175×175		4 sets
4. Horizontal boring			
(1) Water collection	Diam. = 66mm	L = 50-60m	2,100 lin.m
(2) Water drainage	Diam. = 116mm	L = 50m	200 lin.m
II. Horizontal Boring			
1. Horizontal Boring			
(1) Water collection	Diam. = 66mm	L = 30-50m	1,670 lin.m
III. Piling			
1. Vertical boring (416 nos.)			(total of section 1 to 13) 9,376 lin.m
(1) Section 1	Diam. = 350mm,	L = 13m×49 nos.	637 lin.m
(2) Section 2	Diam. = 350mm,	L = 17m×18 nos.	306 lin.m
(3) Section 3	Diam. = 350mm,	L = 21m×5 nos.	105 lin.m
(4) Section 4	Diam. = 350mm,	L = 25m×5 nos.	125 lin.m
(5) Section 5	Diam. = 350mm,	L = 29m×5 nos.	145 lin.m
(6) Section 6	Diam. = 350mm,	L = 33m×9 nos.	297 lin.m
(7) Section 7	Diam. = 350mm,	L = 37m×41 nos.	1,517 lin.m
(8) Section 8	Diam. = 350mm,	L = 33m×20 nos.	660 lin.m
(9) Section 9	Diam. = 350mm,	L = 25m×65 nos.	1,625 lin.m
(10) Section 10	Diam. = 350mm,	L = 25m×56 nos.	1,400 lin.m
(11) Section 11	Diam. = 350mm,	L = 21m×41 nos.	861 lin.m
(12) Section 12	Diam. = 350mm,	L = 17m×66 nos.	1,122 lin.m
(13) Section 13	Diam. = 350mm,	L = 16m×36 nos.	576 lin.m
2. Pile installation (416 nos.)			(total of pile length) 8,996 lin.m
(1) Steel pile	Outer diam. = 300mm, t = 17mm×380 nos.		8,420 lin.m
(2) Steel pile	Outer diam. = 300mm, t = 9mm×36 nos.		576 lin.m
3. Plug works			
(1) Concrete filling	inside of piles	for 416 nos.	661 cu.m
(2) Mortar filling	outside of piles	for 416 nos.	254 cu.m
(3) Pile head plug	earth materials	for 116 nos.	11 cu.m
(4) Pile head plug	crushed stone	for 264 nos.	24 cu.m
(5) Pile head plug	asphalt	for 264 nos.	3 ton

表 4.1 ラ・ビュッテ地すべり発生による想定被害

(Mill. Ra.)

ANTICIPATED DAMAGE ITEM	VALUE
1. Building and Properties	339.9
2. Traffic service	44.37
a. disruption of traffic service	(31.76)
b. treatment of debris deposits	(8.08)
c. road pavement	(4.53)
3. Water supply	17.64
4. Electric supply	1.12
5. Land value	-
6. Loss of human life	-
7. Regional economic activities	-
8. Increase in employment	-
9. Social psychological damage (each year excluding 1990)	14.08
TOTAL	417.11

表4.2 総プロジェクト費用

Exchange Rate : 1.0US\$=Rs. 15.3= JYE146.0

Item	Foreign Portion (Rs. 1,000)	Local Portion (Rs. 1,000)	Total Amount (Rs. 1,000)
A. Construction Cost			
A-1 General Item	33,218	6,048	39,266
A-2 Drainage Well	6,549	5,354	11,903
(1) Earth works	792	1,405	2,197
(2) Concrete works	17	116	133
(3) Metal works	1,586	352	1,938
(4) Safety facilities	186	76	262
(5) Water collection boring	3,423	2,412	5,835
(6) Water drainage boring	393	266	659
(7) Borehole protection	152	713	865
(8) Drainage channel	0	14	14
A-3 Horizontal Boring	1,978	1,995	3,973
(1) Water collection boring	1,897	1,450	3,347
(2) Borehole protection	64	518	582
(3) Drainage channel	17	27	44
A-4 Piling	136,566	15,930	152,496
(1) Earth works	54	78	132
(2) Vertical boring	101,929	11,769	113,698
(3) Pile installation	32,133	967	33,100
(4) Reset machinery	50	175	225
(5) Disposal works	609	180	789
(6) Plug works	1,791	2,761	4,552
Total of A	178,311	29,327	207,638
B. Administration Expense	0	6,275	6,275
C. Price Escalation	0	5,200	5,200
D. Physical Contingency	17,789	4,098	21,887
E. Engineering Service	16,500	2,400	18,900
F. Interest during Construction	6,900	5,500	12,400
Total	219,500	52,800	272,300

表4.3 年度別費用支出計画 (財務費用)

(Unit : Mil. Rs.)

Exchange Rate : 1.0US\$=Rs.15.3 = JYB146.0

	Total		First year		second year	
	F/C	L/C	F/C	L/C	F/C	L/C
A. Construction Works						
A-1 General Item	33.2	6.0	20.3	3.6	12.9	2.4
A-2 Drainage Well	6.5	5.4	1.0	0.8	5.5	4.6
A-3 Horizontal Boring	2.0	2.0	0.7	0.7	1.3	1.3
A-4 Piling	136.6	15.9	17.1	1.9	119.5	14.0
Total of A	178.3	29.3	39.1	7.0	139.2	22.3
B. Administration Expense	0.0	6.3	0.0	2.3	0.0	4.0
Total of A to B	178.3	35.6	39.1	9.3	139.2	26.3
C. Price Escalation	0.0	5.2	0.0	0.7	0.0	4.5
Total of A to C	178.3	40.8	39.1	10.0	139.2	30.8
D. Physical Contingency	17.8	4.1	3.9	1.0	13.9	3.1
E. Engineering Service	16.5	2.4	6.9	1.0	9.6	1.4
Total of A to E	212.6	47.3	49.9	12.0	162.7	35.3
F. Interest during Construction	6.9	5.5	1.3	1.1	5.6	4.4
Grand Total	219.5	52.8	51.2	13.1	168.3	39.7
			64.3	168.3	39.7	208.0

表4.4 年度別費用支出計画 (經濟費用)

(Unit : Mil. Rs.)

Exchange Rate : 1.0US\$=Rs.15.3 = JYE146.0

	F/C	Total		First year		second year			
		L/C	total	F/C	L/C	F/C	L/C	total	
A. Construction Works									
A-1 General Item	33.2	6.0	39.2	20.3	3.6	23.9	12.9	2.4	15.3
A-2 Drainage Well	6.5	5.4	11.9	1.0	0.8	1.8	5.5	4.6	10.1
A-3 Horizontal Boring	2.0	2.0	4.0	0.7	0.7	1.4	1.3	1.3	2.6
A-4 Piling	136.6	15.8	152.4	17.1	1.9	19.0	119.5	13.9	133.4
Total of A	178.3	29.2	207.5	39.1	7.0	46.1	139.2	22.2	161.4
B. Administration Expense	0.0	6.3	6.3	0.0	2.3	2.3	0.0	4.0	4.0
Total of A to B	178.3	35.5	213.8	39.1	9.3	48.4	139.2	26.2	165.4
C. Price Escalation	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total of A to C	178.3	35.5	213.8	39.1	9.3	48.4	139.2	26.2	165.4
D. Physical Contingency	17.8	3.5	21.3	3.9	0.9	4.8	13.9	2.6	16.5
E. Engineering Service	16.5	2.4	18.9	6.9	1.0	7.9	9.6	1.4	11.0
Total of A to E	212.6	41.4	254.0	49.9	11.2	61.1	162.7	30.2	192.9
F. Interest during Construction	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Grand Total	212.6	41.4	254.0	49.9	11.2	61.1	162.7	30.2	192.9

表 4.5 長期防止施策プロジェクトに対するキャッシュフロー

Year	Social Discount Rate (r)			
	r=0 %		r=10 %	
	Benefit	Cost	Benefit	Cost
1	0.00	3.60	0.00	3.60
2	14.08	165.70	12.80	150.64
3	14.08	84.40	11.64	69.75
4	417.11	0.00	313.38	0.00
5	14.08	0.00	9.62	0.00
6	14.08	0.00	8.74	0.00
7	14.08	0.00	7.95	0.00
8	14.08	0.00	7.23	0.00
9	14.08	0.00	6.57	0.00
10	14.08	0.00	5.97	0.00
11	14.08	0.00	5.43	0.00
12	14.08	0.00	4.93	0.00
13	14.08	0.00	4.49	0.00
14	14.08	0.00	4.08	0.00
15	14.08	0.00	3.71	0.00
16	14.08	0.00	3.37	0.00
17	14.08	0.00	3.06	0.00
18	14.08	0.00	2.79	0.00
19	14.08	0.00	2.53	0.00
20	14.08	0.00	2.30	0.00
21	14.08	0.00	2.09	0.00
22	14.08	0.00	1.90	0.00
23	14.08	0.00	1.73	0.00
24	14.08	0.00	1.57	0.00
25	14.08	0.00	1.43	0.00
26	14.08	0.00	1.30	0.00
27	14.08	0.00	1.18	0.00
28	14.08	0.00	1.07	0.00
29	14.08	0.00	0.98	0.00
30	14.08	0.00	0.89	0.00
31	14.08	0.00	0.81	0.00
32	14.08	0.00	0.73	0.00
33	14.08	0.00	0.67	0.00
34	14.08	0.00	0.61	0.00
35	14.08	0.00	0.55	0.00
	881.75	253.70	438.09	223.99

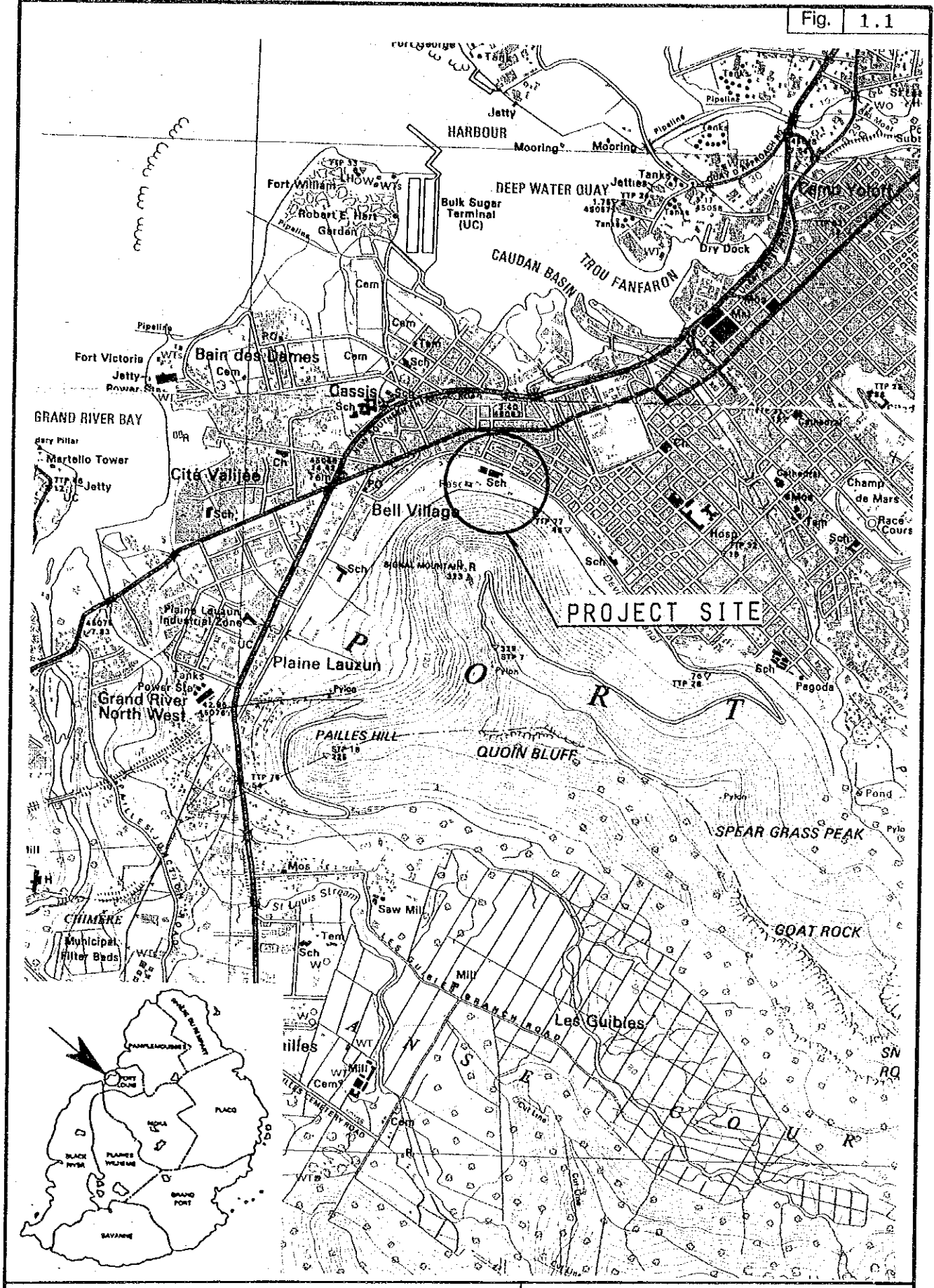
r=0 %	r=10 %
B= 881.75	B= 438.09
C= 253.70	C= 223.99
B-C= 628.05	B-C= 214.10

Net benefit : B-C = 214.10

Cost benefit ratio : B/C = 1.96

付図

Fig. 1.1

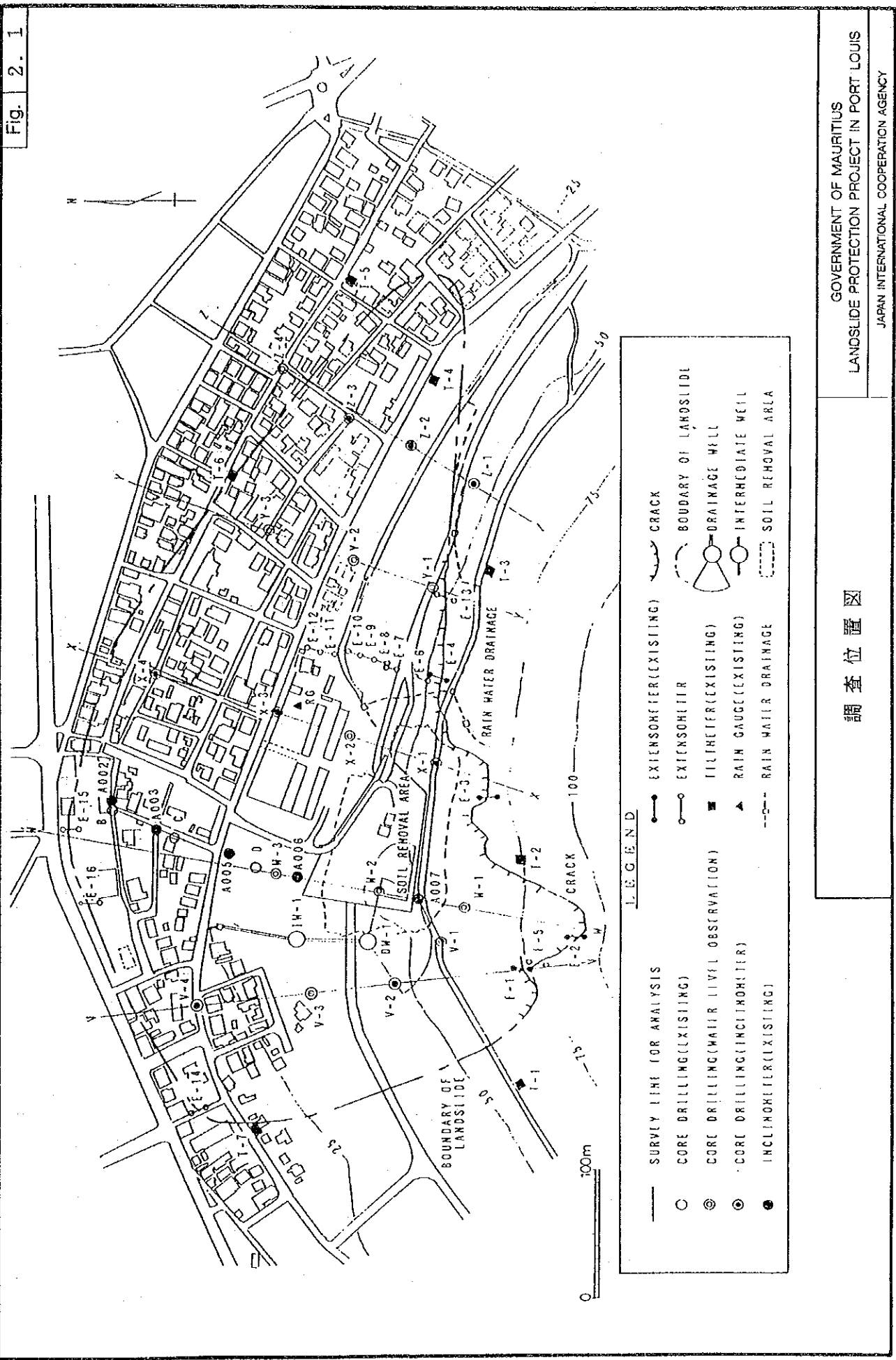


プロジェクトサイト位置図

GOVERNMENT OF MAURITIUS
LANDSLIDE PROTECTION PROJECT IN PORT LOUIS

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Fig. 2. 1

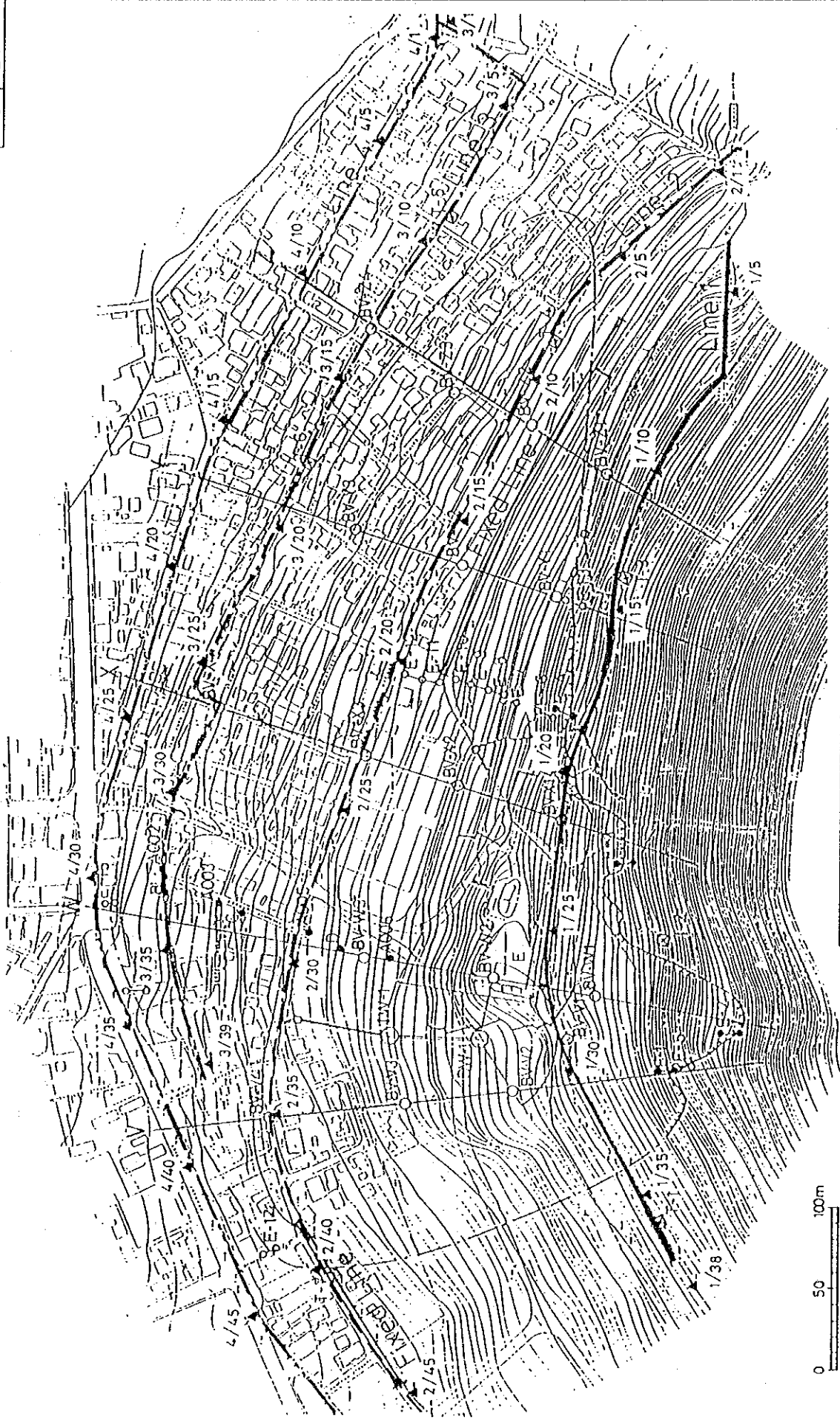


L E G E N D

—	SURVEY LINE (FOR ANALYSIS)	●	EXTENSIONETER (EXISTING)	⌋	CRACK
○	CORE DRILLING (EXISTING)	○	EXTENSIONETER	⌋	BOUNDARY OF LANDSLIDE
⊙	CORE DRILLING (WATER LEVEL OBSERVATION)	⊙	TILINETER (EXISTING)	⊙	DRAINAGE HILL
⊙	CORE DRILLING (INCLINOMETER)	▲	RAIN GAUGE (EXISTING)	⊙	INTERMEDIATE WELL
●	INCLINOMETER (EXISTING)	---	RAIN WATER DRAINAGE	⊙	SOIL REMOVAL AREA

調査位置図
 GOVERNMENT OF MAURITIUS
 LANDSLIDE PROTECTION PROJECT IN PORT LOUIS
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

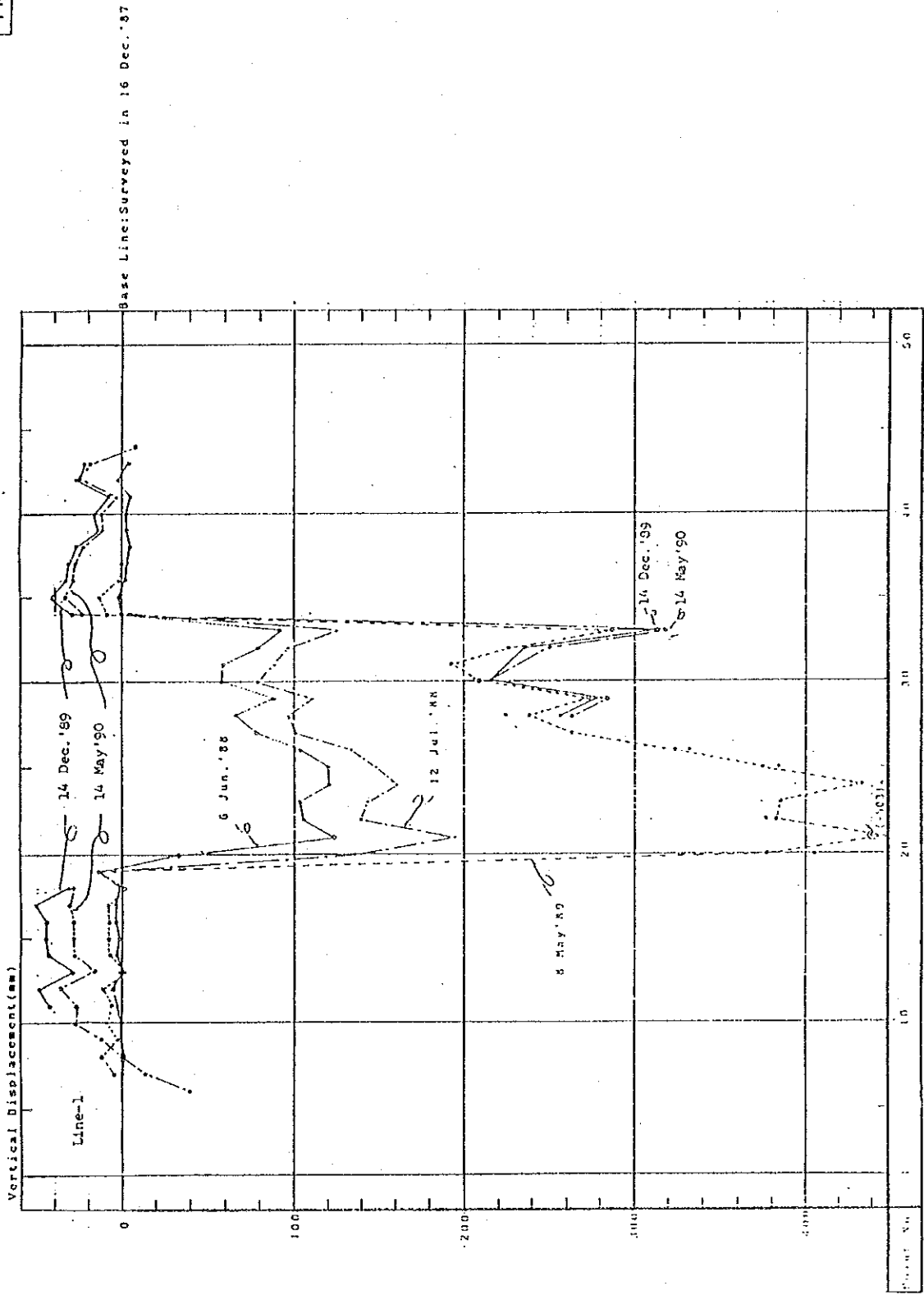
Fig. 2. 2



地形測量位置図

GOVERNMENT OF MAURITIUS
LANDSLIDE PROTECTION PROJECT IN PORT LOUIS
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

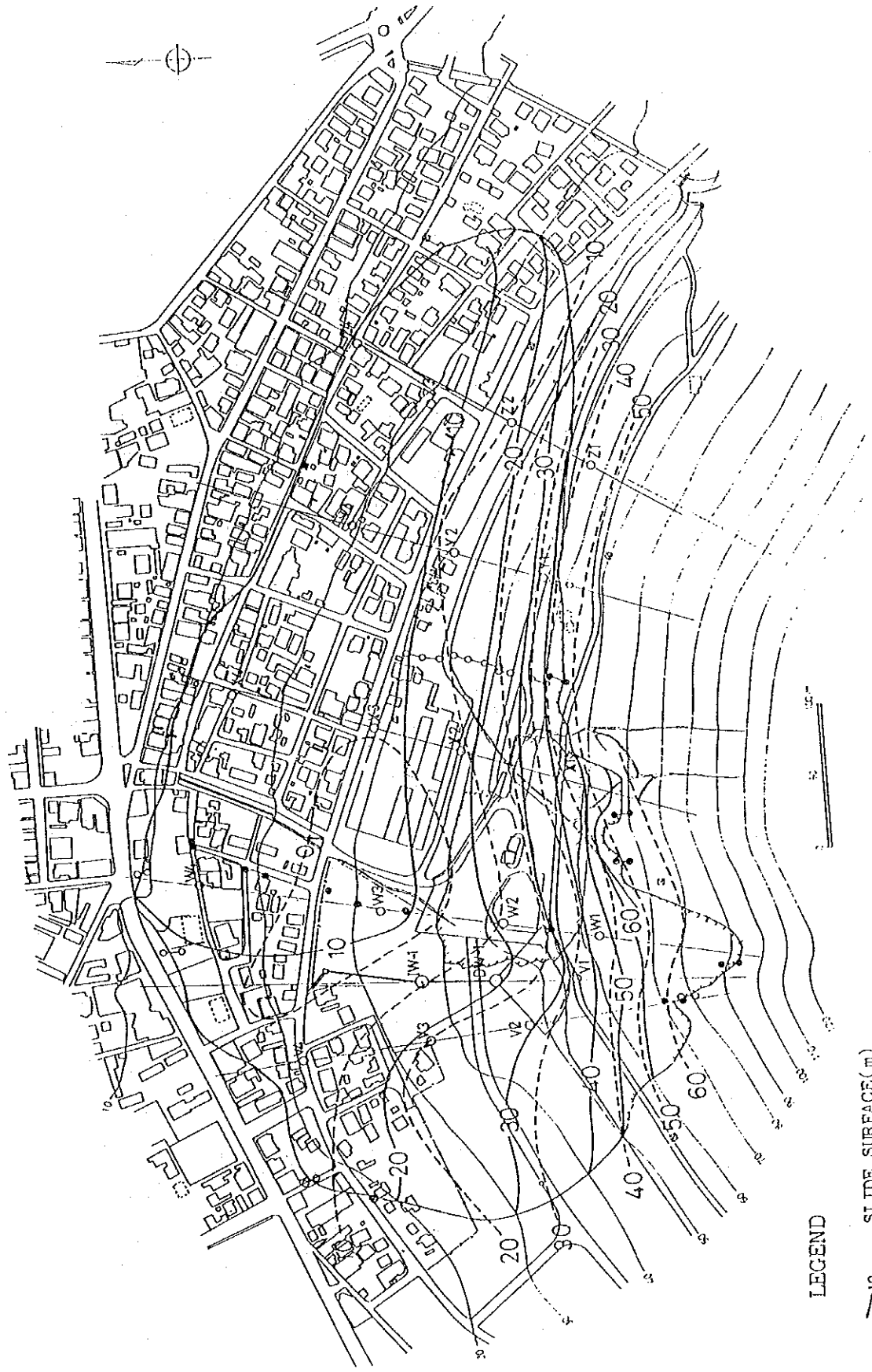
Fig. 2.3



測線一1沿いの水準測量結果

GOVERNMENT OF MAURITIUS
 LANDSLIDE PROTECTION PROJECT IN PORT LOUIS
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Fig. 2. 4

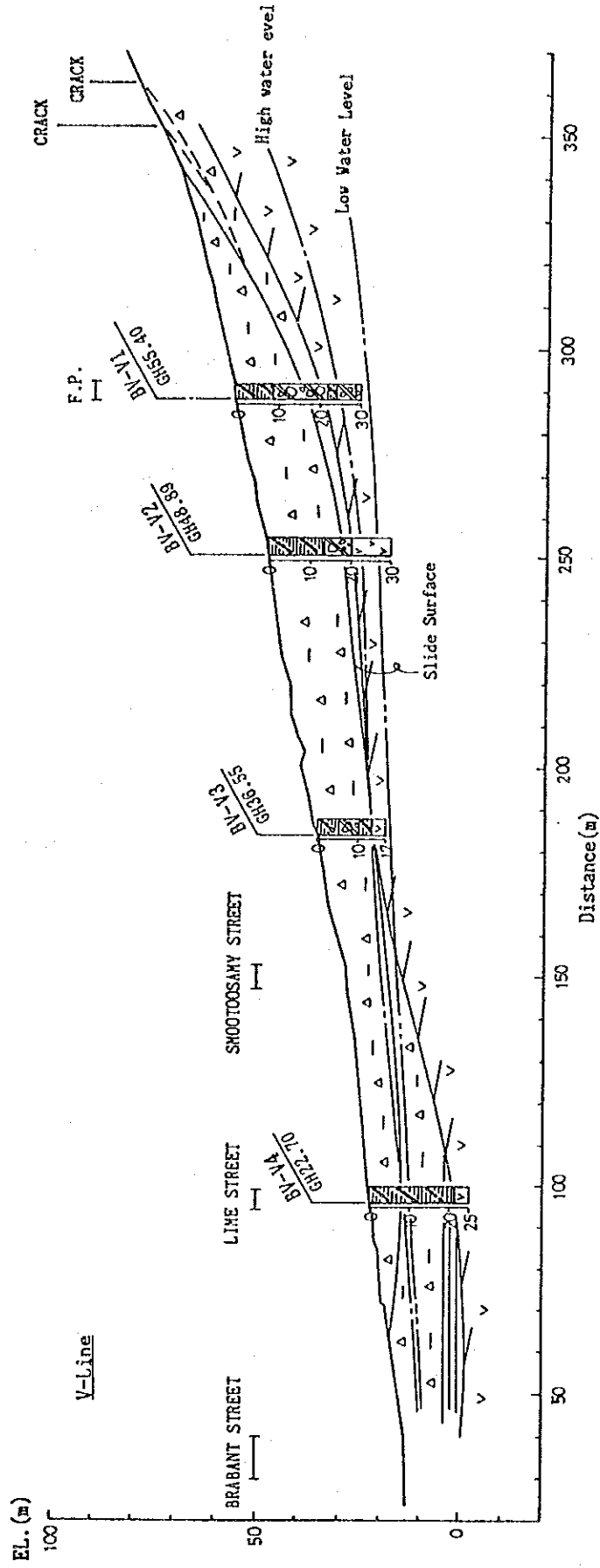


GOVERNMENT OF MAURITIUS
 LANDSLIDE PROTECTION PROJECT IN PORT LOUIS
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

想定すべり面及び岩盤面のコンタマープ

LEGEND
 —10— SLIDE SURFACE (m)
 - - - - -20 BEDROCK SURFACE (m)

Fig. 2. 5

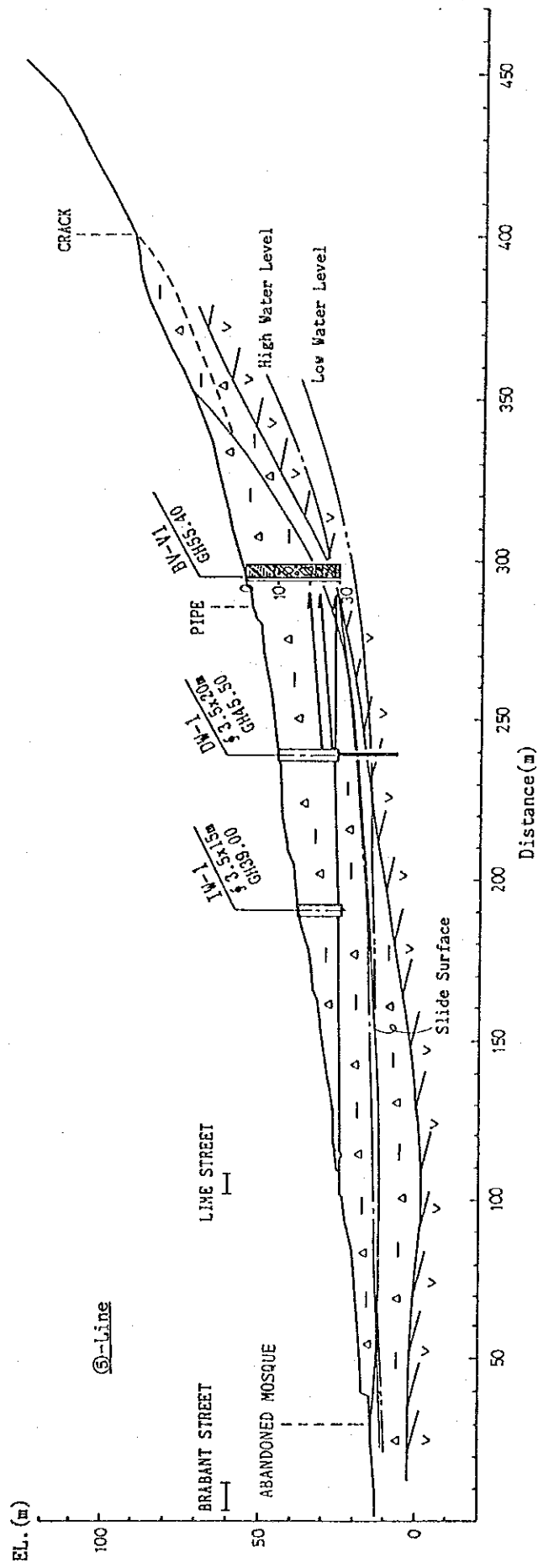


GOVERNMENT OF MAURITIUS
LANDSLIDE PROTECTION PROJECT IN PORT LOUIS

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

V-観測線沿いの地質断面図

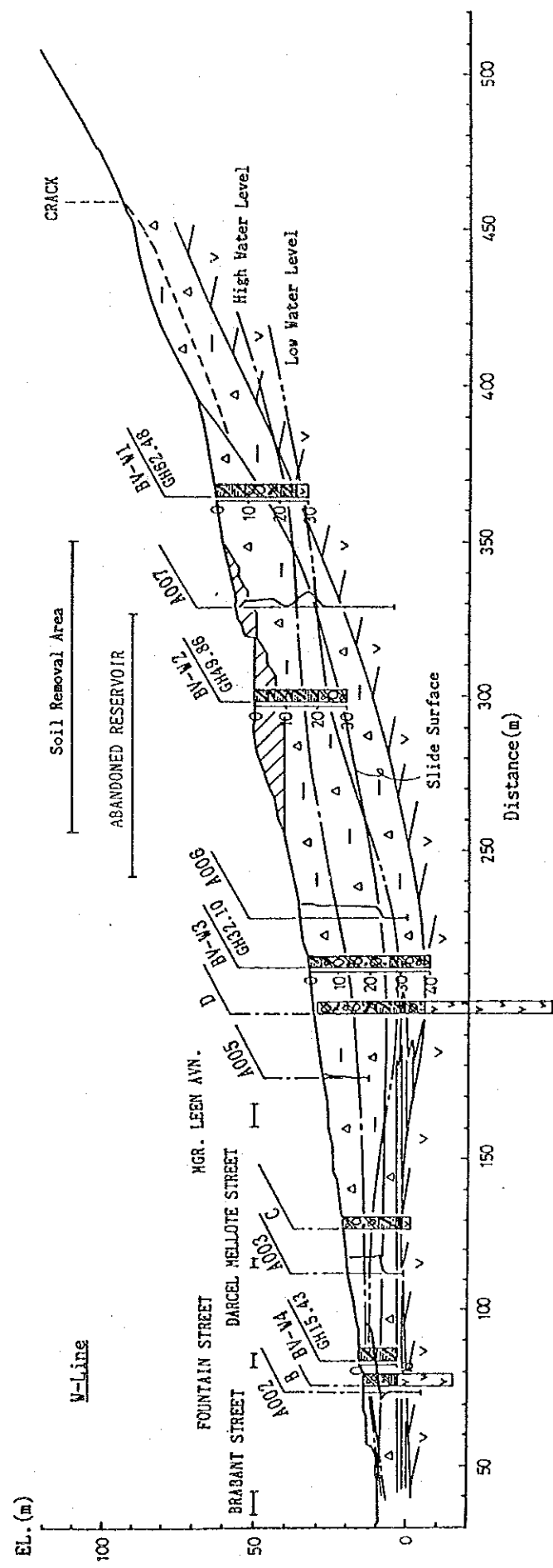
Fig. 2. 6



GOVERNMENT OF MAURITIUS
 LANDSLIDE PROTECTION PROJECT IN PORT LOUIS
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

集水井及び中継井を結んだ線沿いの地質断面図

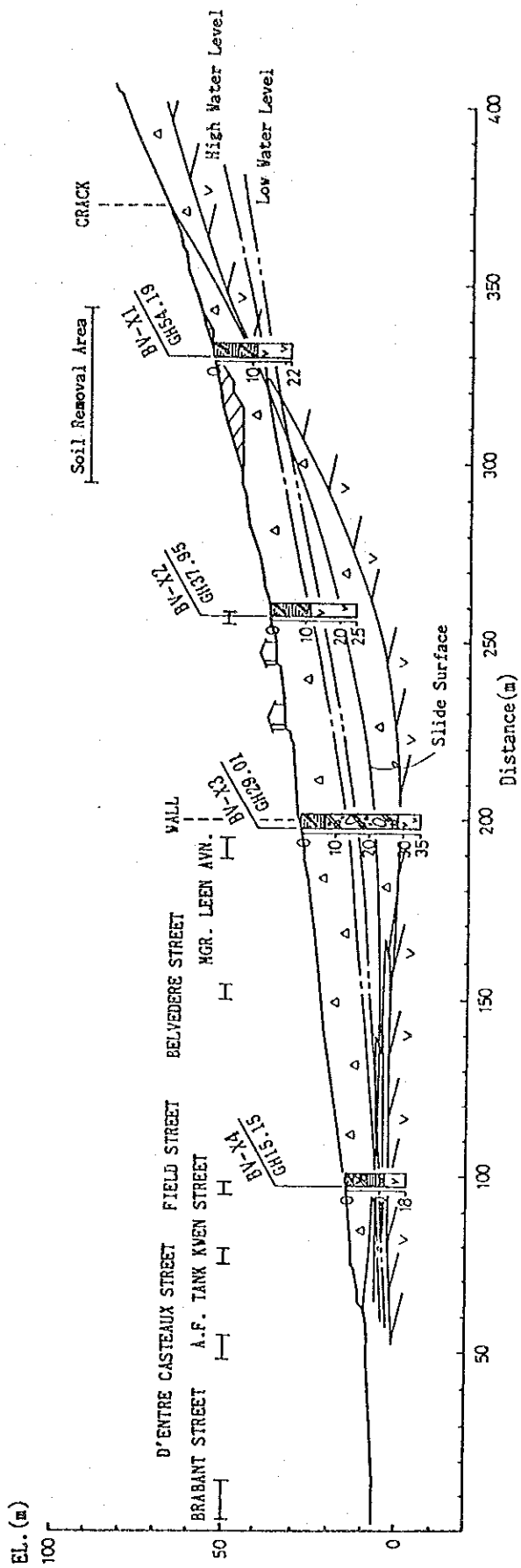
Fig. 2. 7



W-1観測線沿いの地質断面図

GOVERNMENT OF MAURITIUS
 LANDSLIDE PROTECTION PROJECT IN PORT LOUIS
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

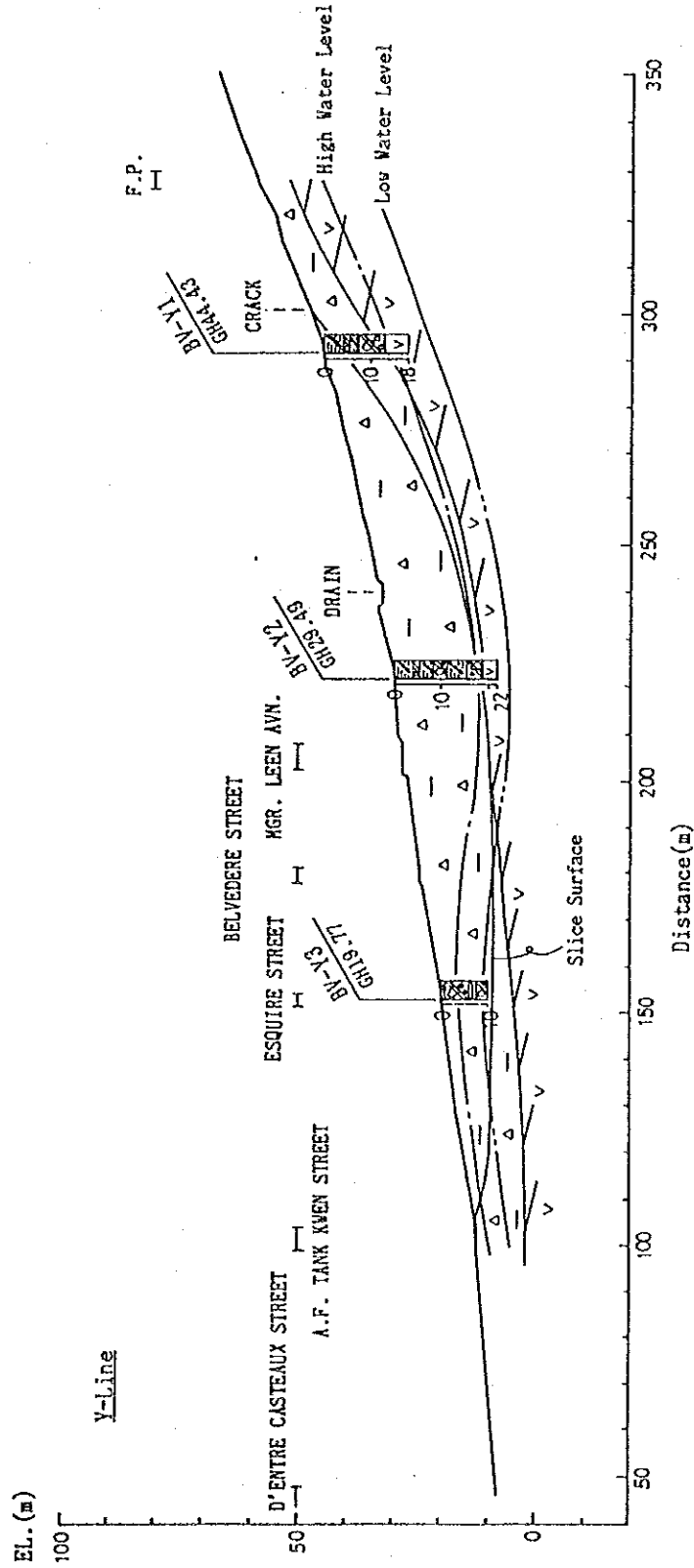
Fig. 2. 8



GOVERNMENT OF MAURITIUS
LANDSLIDE PROTECTION PROJECT IN PORT LOUIS
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

X-観測線沿いの地質断面図

Fig. 2. 9

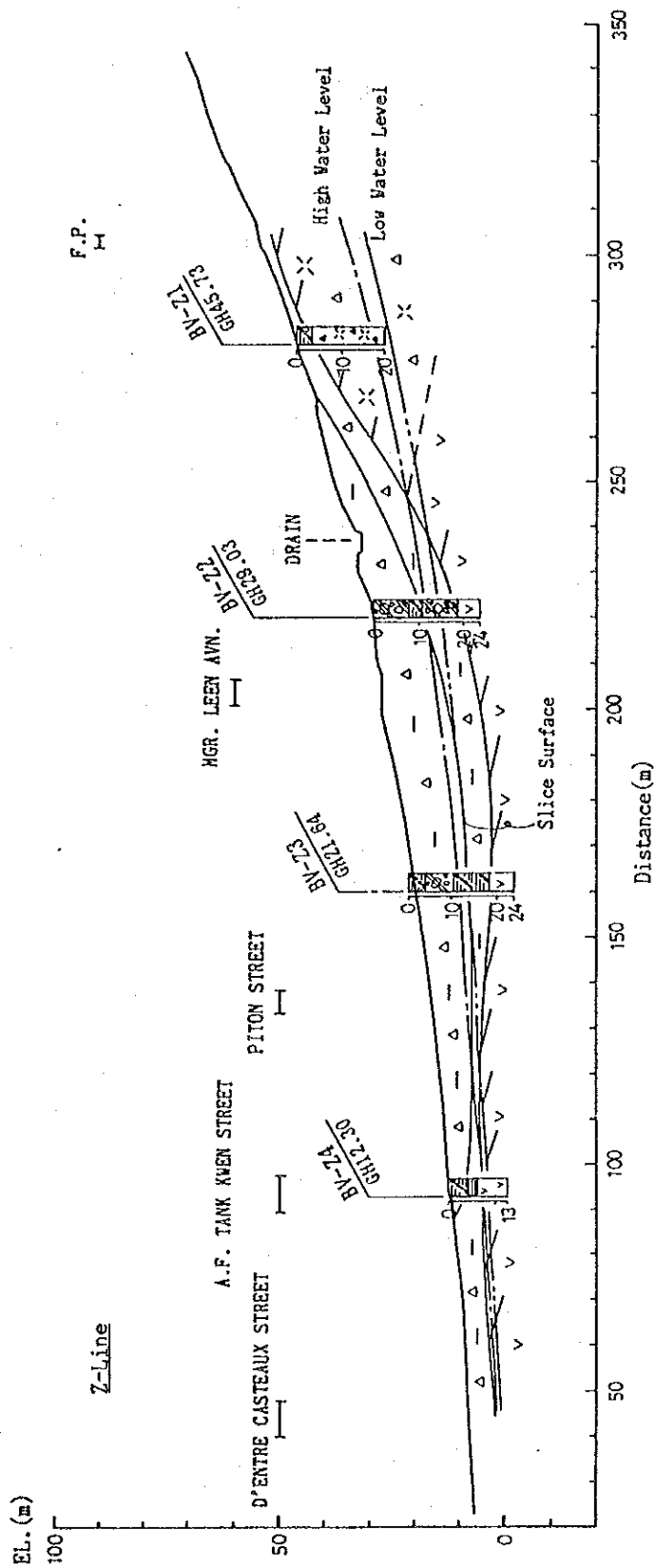


Y-観測線沿いの地質断面図

GOVERNMENT OF MAURITIUS
LANDSLIDE PROTECTION PROJECT IN PORT LOUIS

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Fig. 2. 10

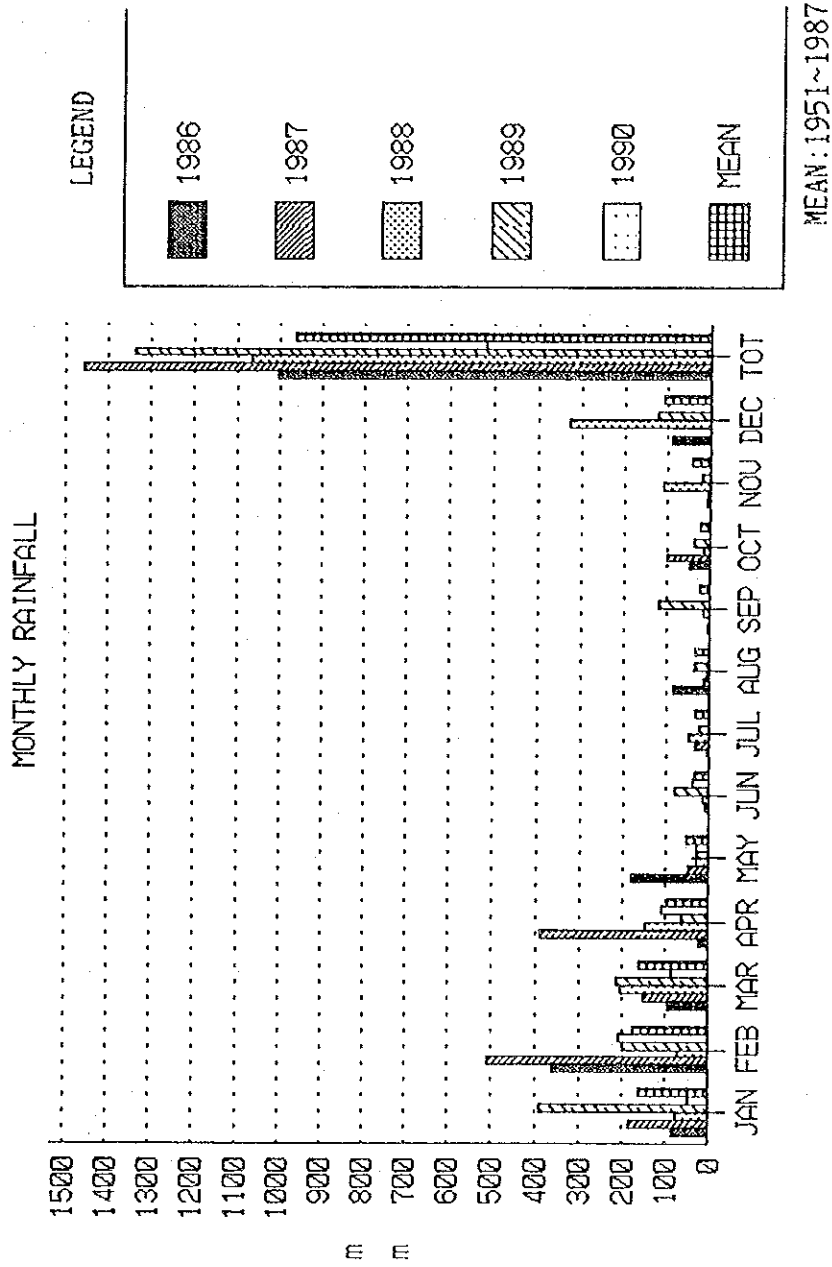


Z-観測線沿いの地質断面図

GOVERNMENT OF MAURITIUS
LANDSLIDE PROTECTION PROJECT IN PORT LOUIS

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

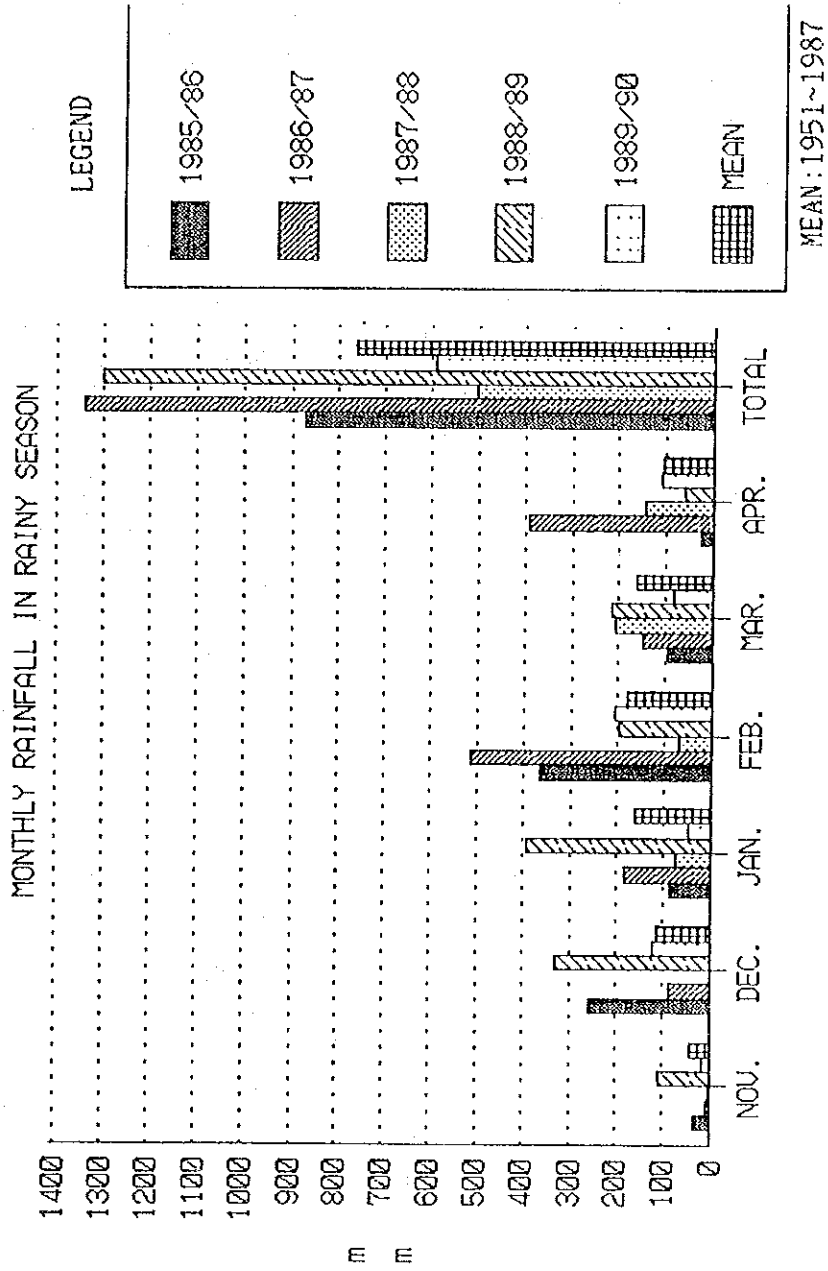
Fig. 2. 1 1



1986年～1990年間の月別雨量

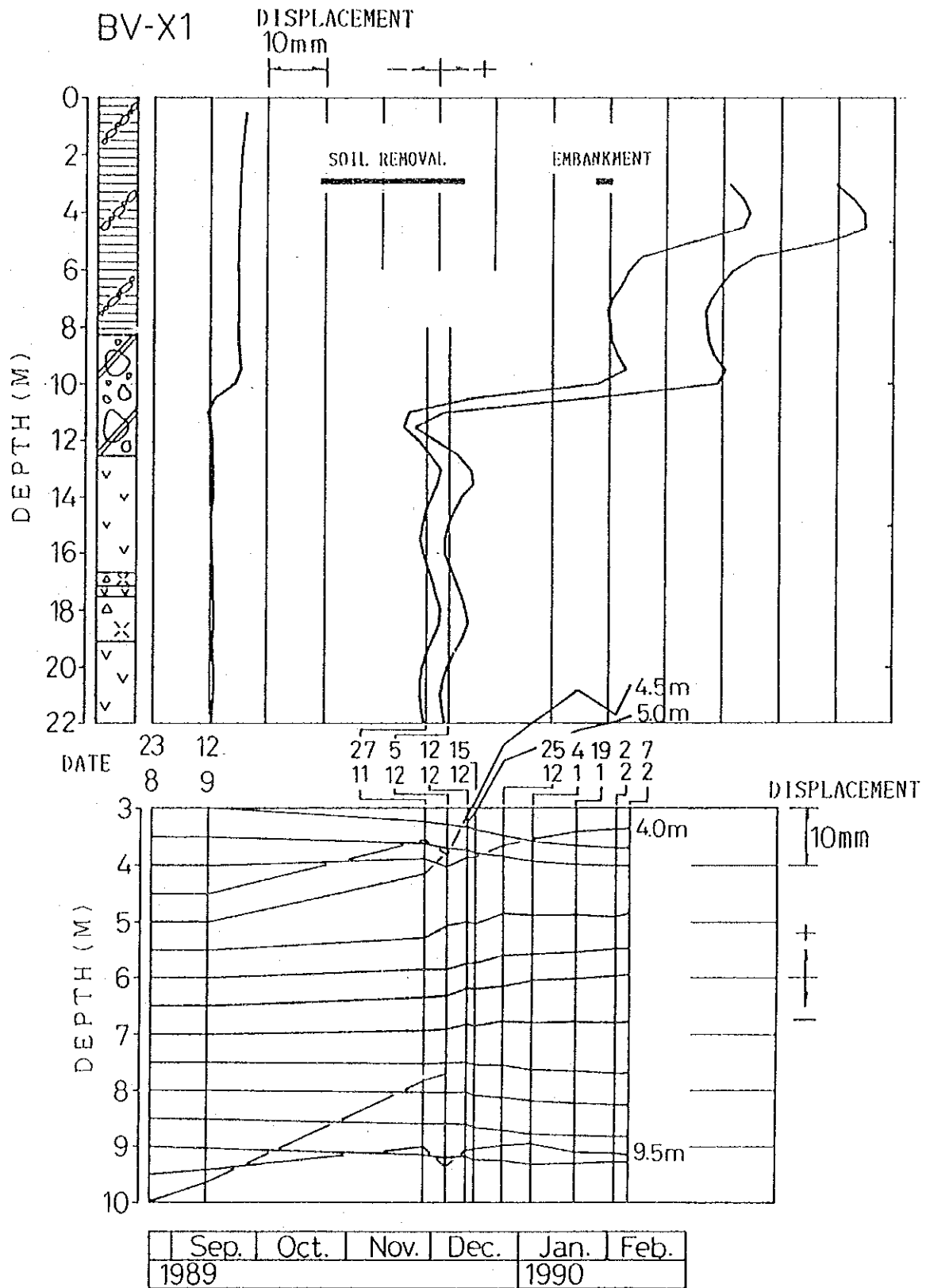
GOVERNMENT OF MAURITIUS
 LANDSLIDE PROTECTION PROJECT IN PORT LOUIS
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Fig. 2. 1 2



GOVERNMENT OF MAURITIUS
 LANDSLIDE PROTECTION PROJECT IN PORT LOUIS
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

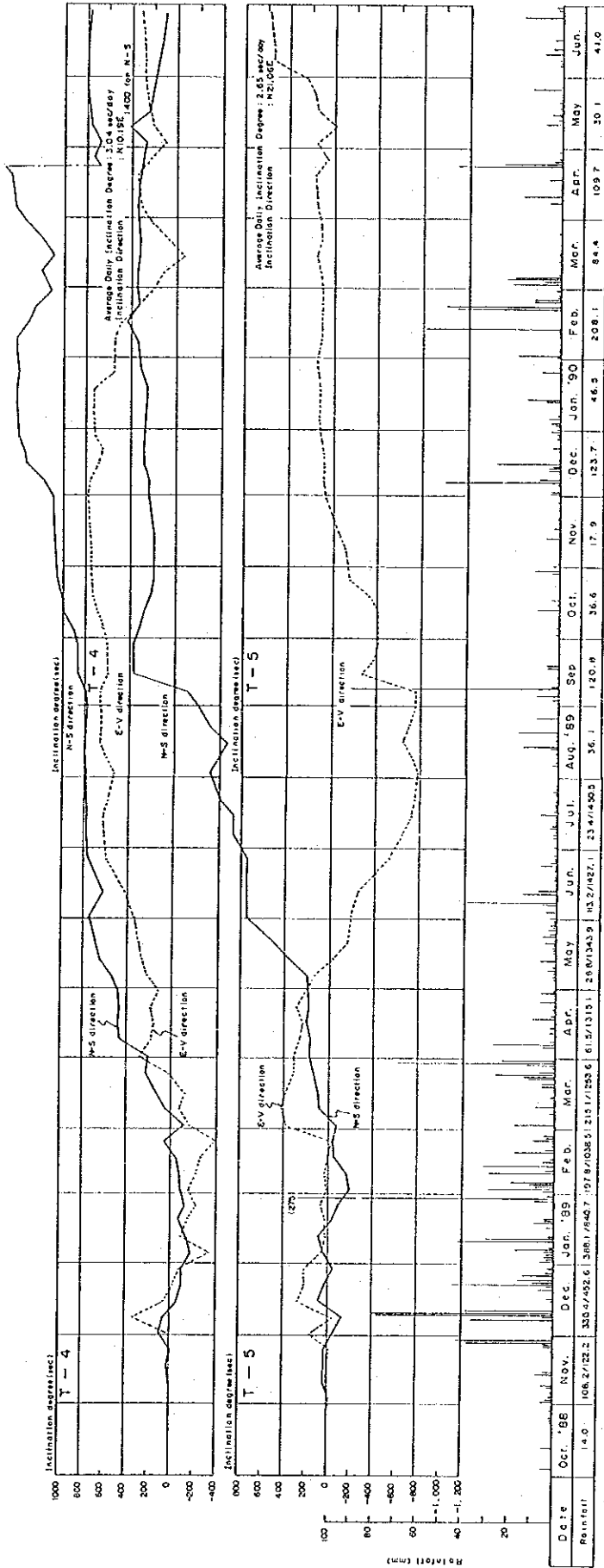
1985年～1990年間の雨季における月別雨量



BV-XI孔における孔内傾斜計の変位

GOVERNMENT OF MAURITIUS
 LANDSLIDE PROTECTION PROJECT IN PORT LOUIS
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

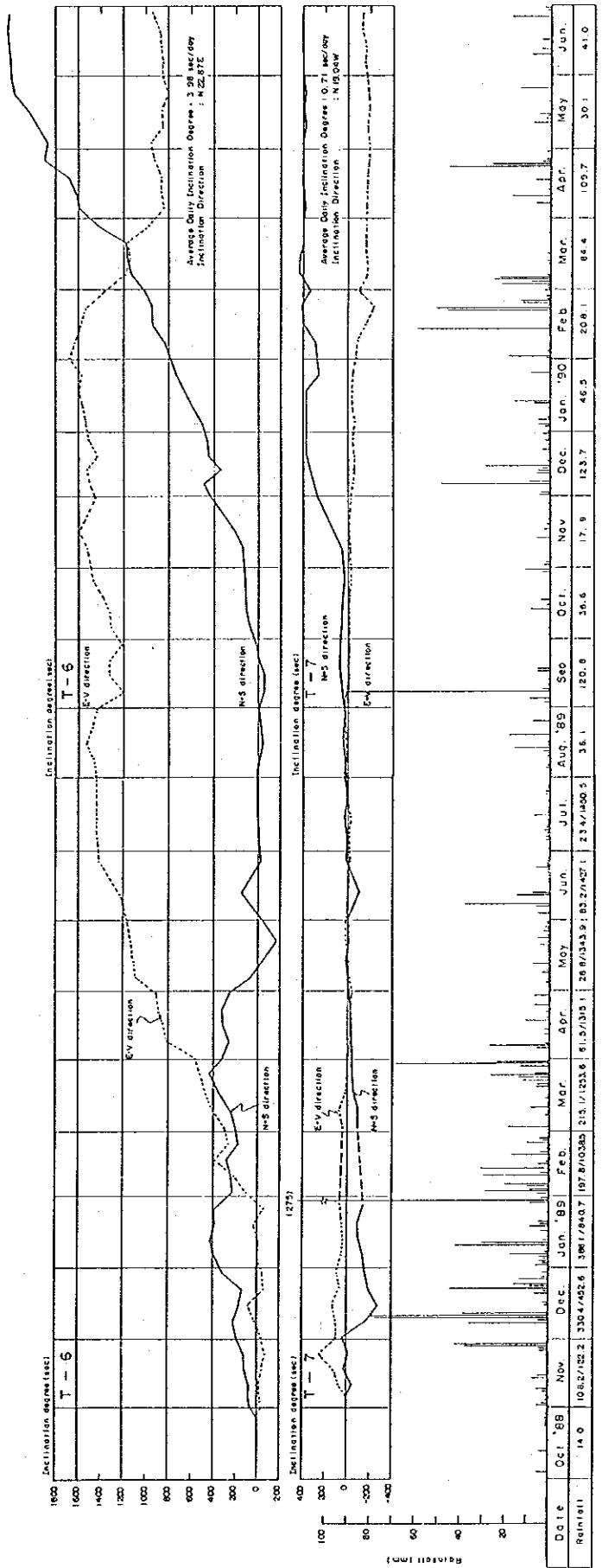
Fig. 2. 1 4



地盤傾斜計 T-4 ~ T-5 の変位

GOVERNMENT OF MAURITIUS
LANDSLIDE PROTECTION PROJECT IN PORT LOUIS
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

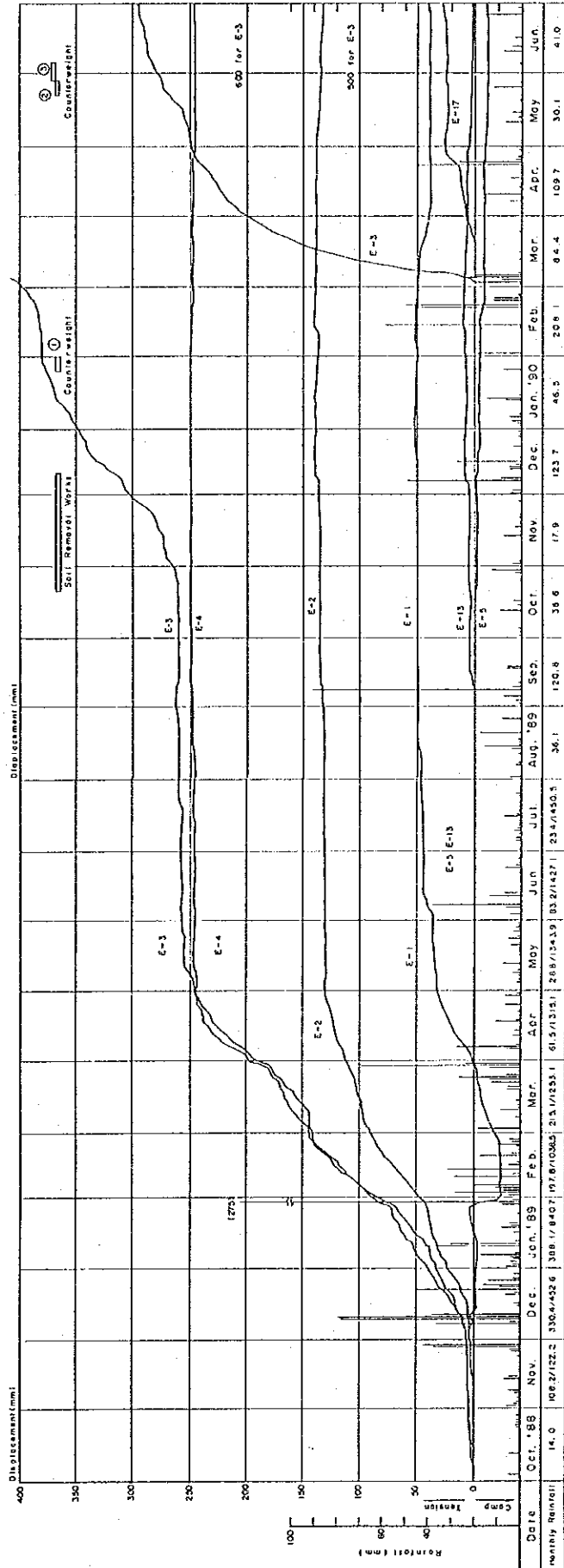
Fig. 2. 15



地盤傾斜計 T-6 ~ T-7 の変位

GOVERNMENT OF MAURITIUS
LANDSLIDE PROTECTION PROJECT IN PORT LOUIS
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Fig. 2. I.6

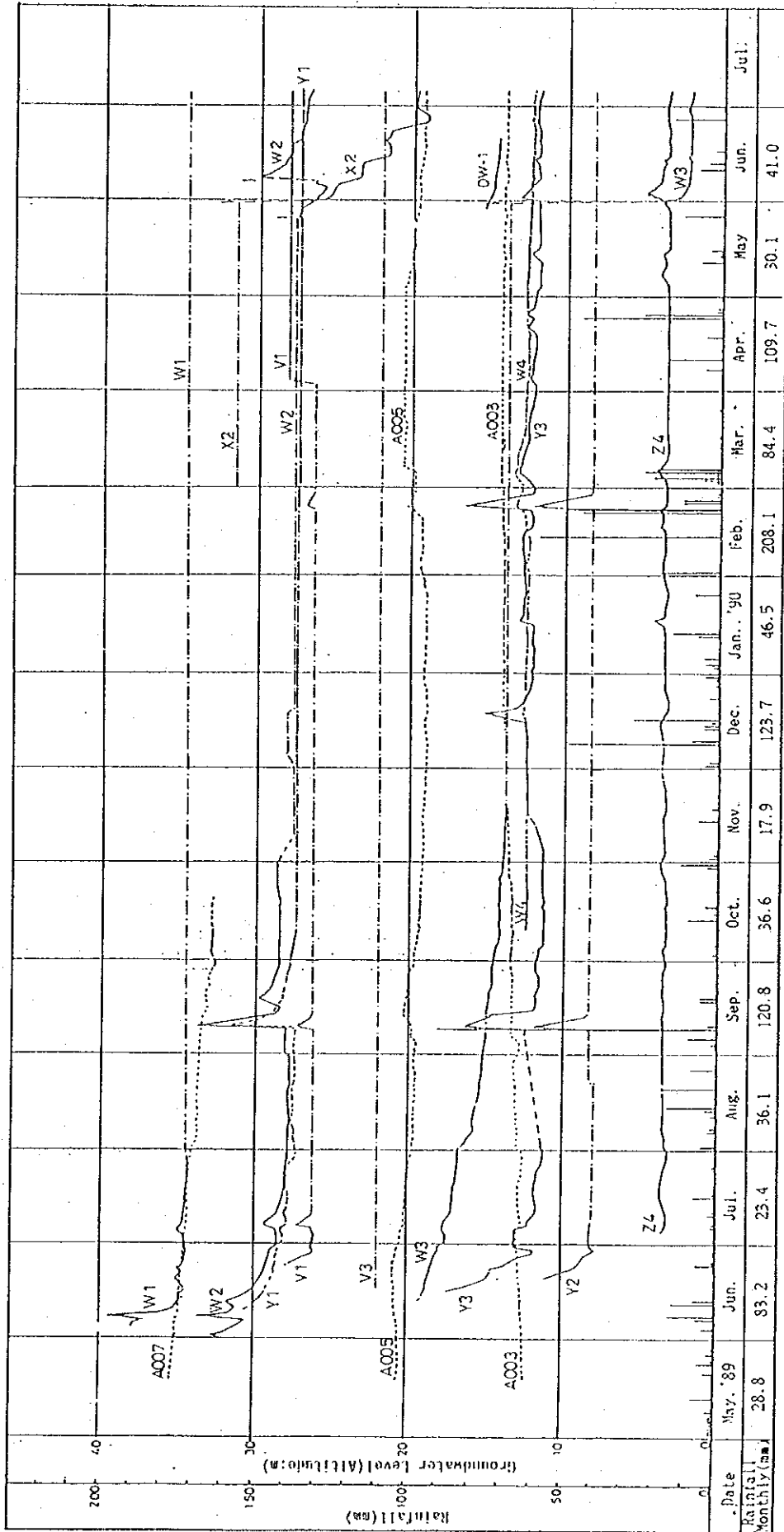


地すべり冠頭部の伸縮計の変位

GOVERNMENT OF MAURITIUS
LANDSLIDE PROTECTION PROJECT IN PORT LOUIS

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Fig. 2. 17

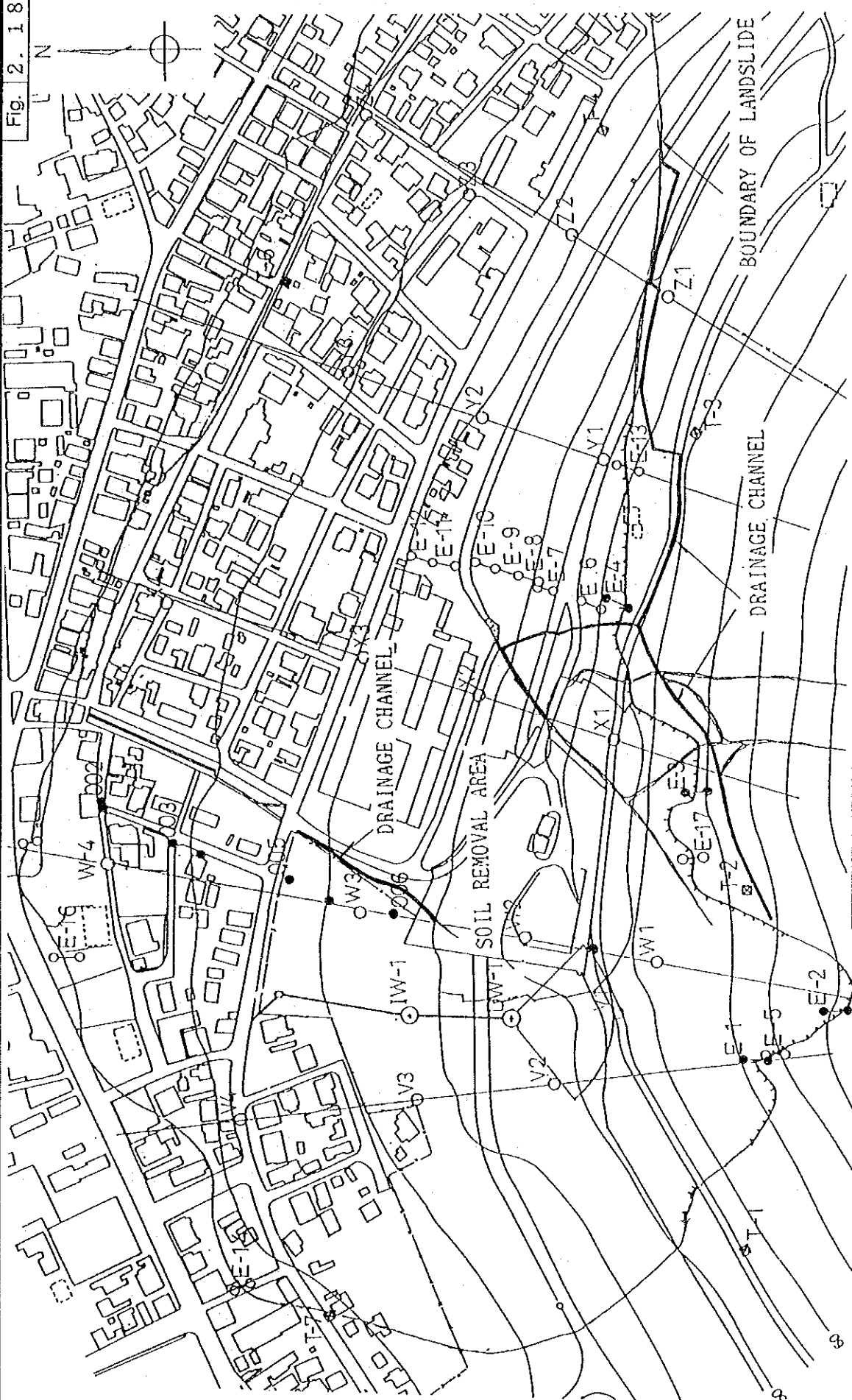


--- : Groundwater level is deeper than the bottom of borehole

ボーリング孔内の地下水位観測結果

GOVERNMENT OF MAURITIUS
 LANDSLIDE PROTECTION PROJECT IN PORT LOUIS
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

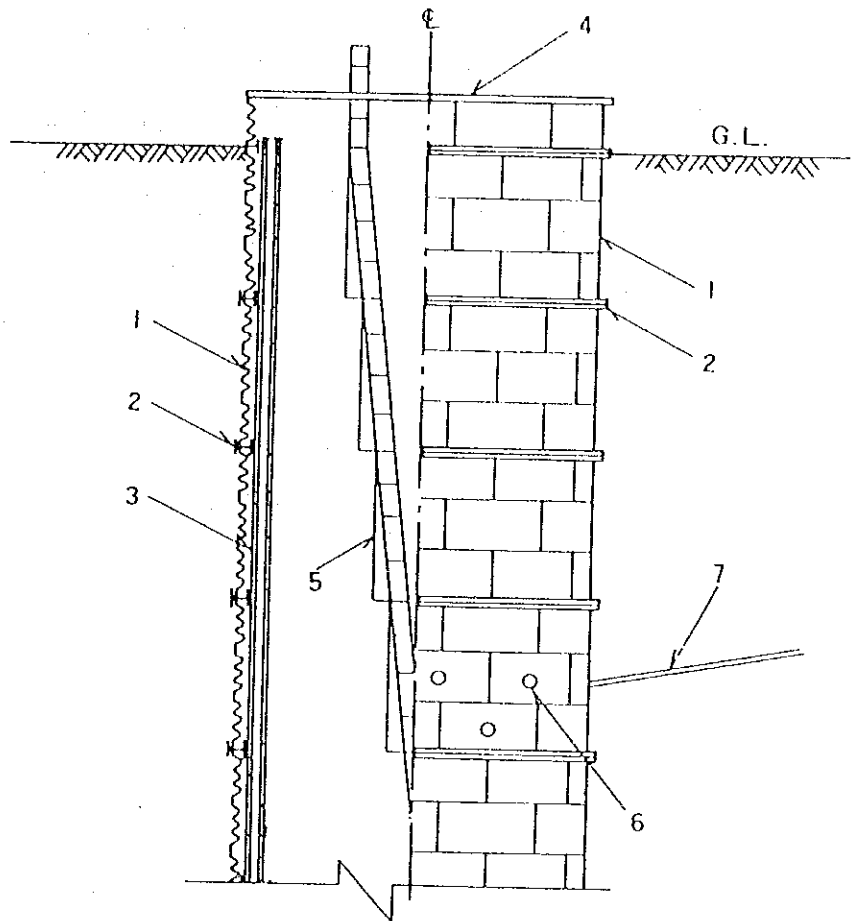
Fig. 2. 18



GOVERNMENT OF MAURITIUS
 LANDSLIDE PROTECTION PROJECT IN PORT LOUIS
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

表面排水路の配置図

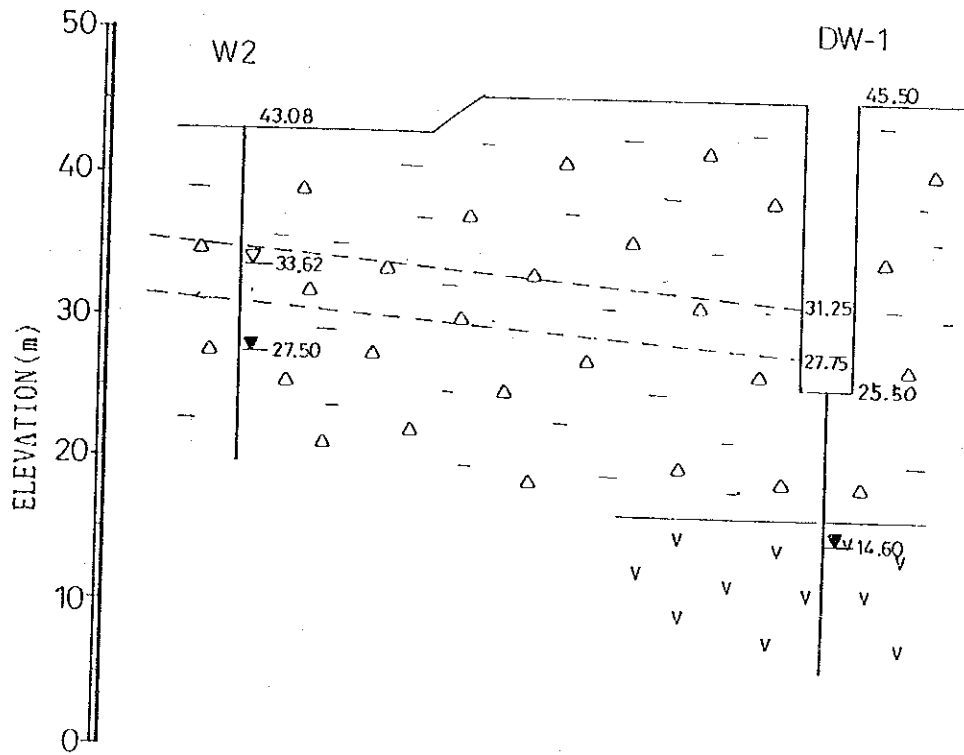
0 50 100 m



- 1. AN-TYPE LINER PLATE
- 2. STIFFENER RING
- 3. VERTICAL STIFFENER
- 4. COVER (EXPANDED METAL)
- 5. LADDER
- 6. WATER COLLECTION HOLES
- 7. GROUNDWATER COLLECTION BOREHOLE

集水井の構造図

GOVERNMENT OF MAURITIUS
 LANDSLIDE PROTECTION PROJECT IN PORT LOUIS
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



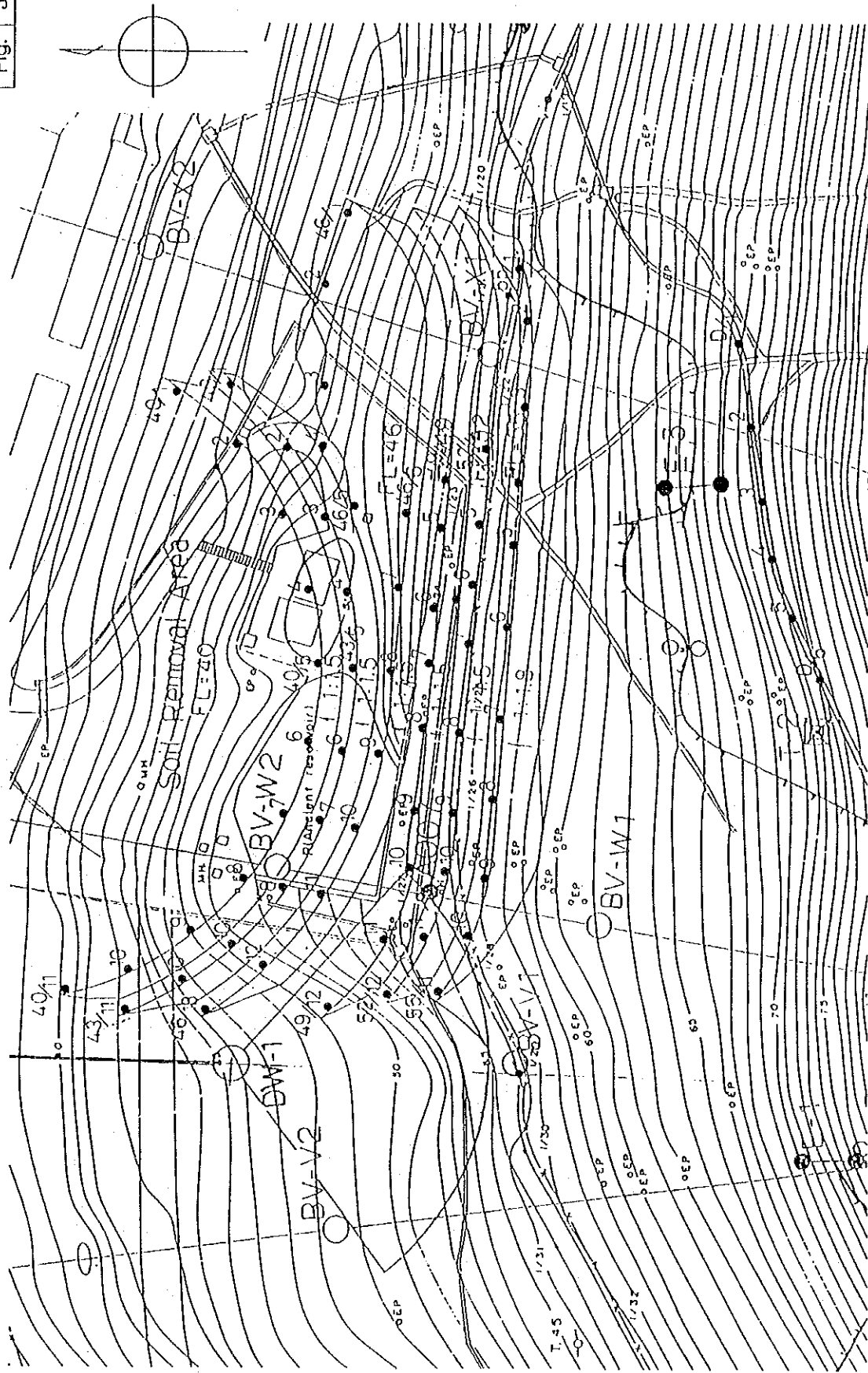
LEGEND

- 43.08 ELEVATION (m)
- GROUNDWATER COLLECTION BOREHOLE
- △ GROUNDWATER TABLE (7, JUN. , 1989)
- ▴ GROUNDWATER TABLE (19, JUN. , 1990)

集水井-1及びボーリング孔BV-W2内に
おける地下水位

GOVERNMENT OF MAURITIUS
LANDSLIDE PROTECTION PROJECT IN PORT LOUIS
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Fig. 3. 3



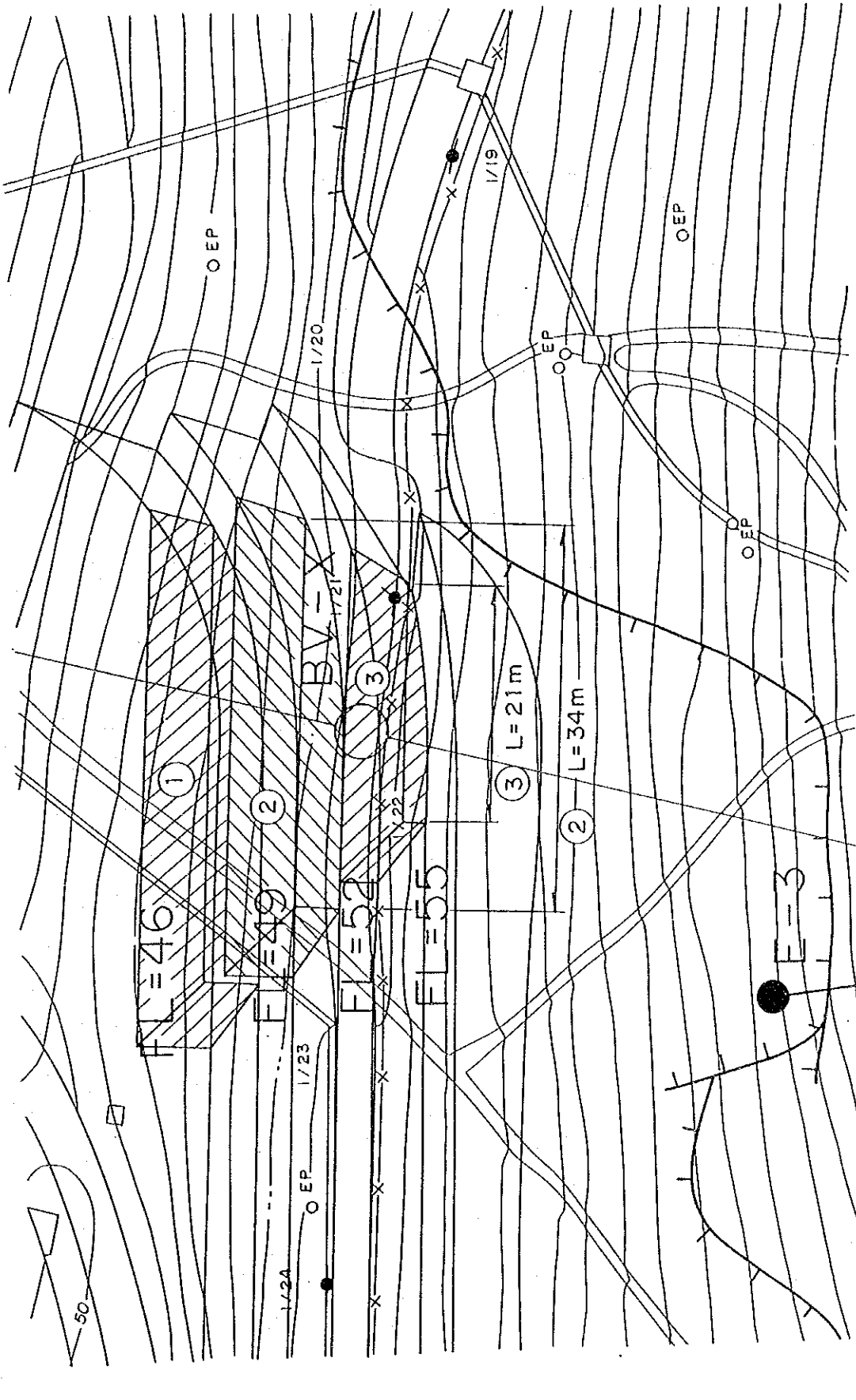
0 50m

排土域の設計及び水準測量点の配置

GOVERNMENT OF MAURITIUS
LANDSLIDE PROTECTION PROJECT IN PORT LOUIS

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

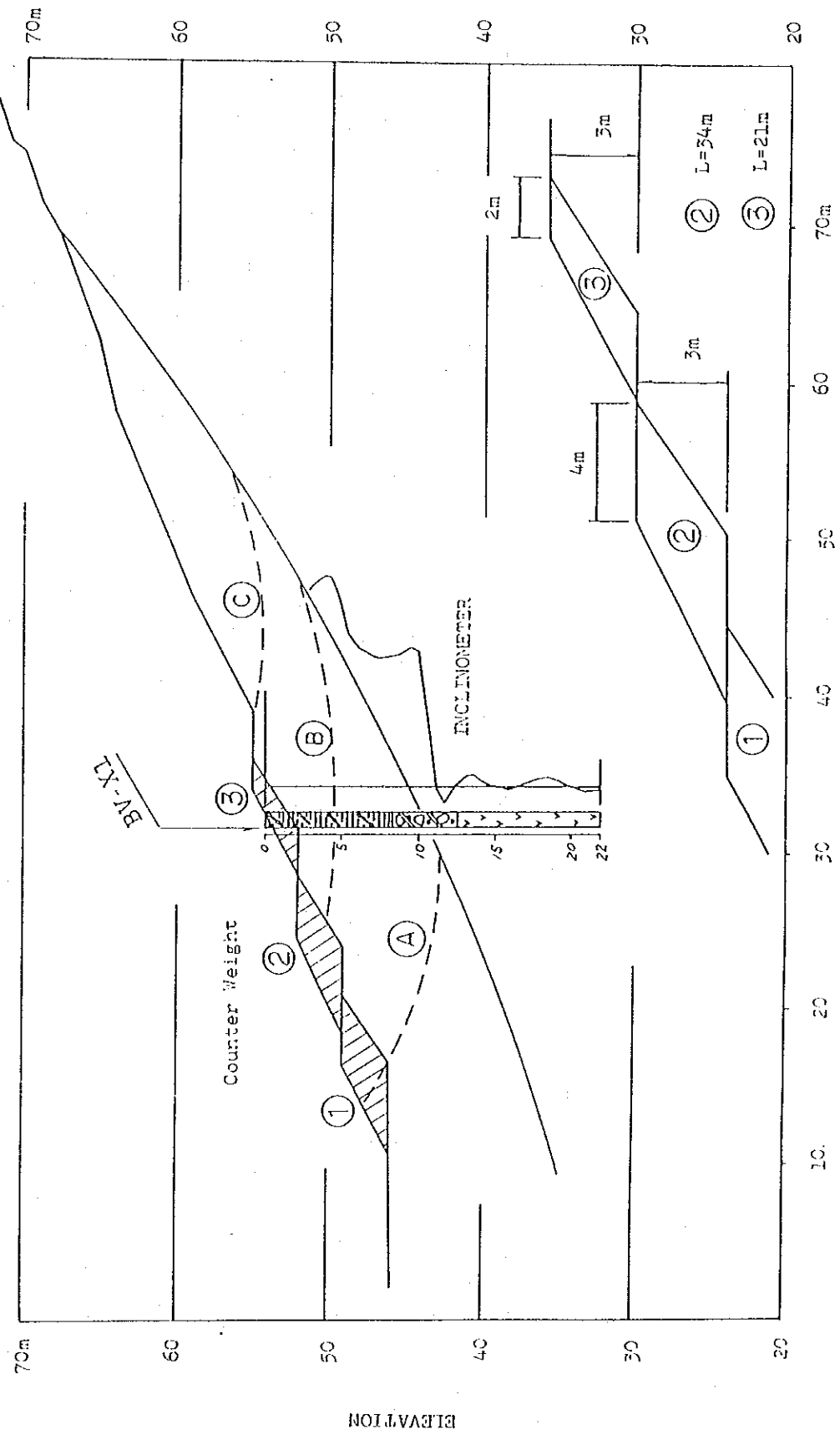
Fig. 3.4



GOVERNMENT OF MAURITIUS
 LANDSLIDE PROTECTION PROJECT IN PORT LOUIS
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

応急カウンターウェートのスケッチ

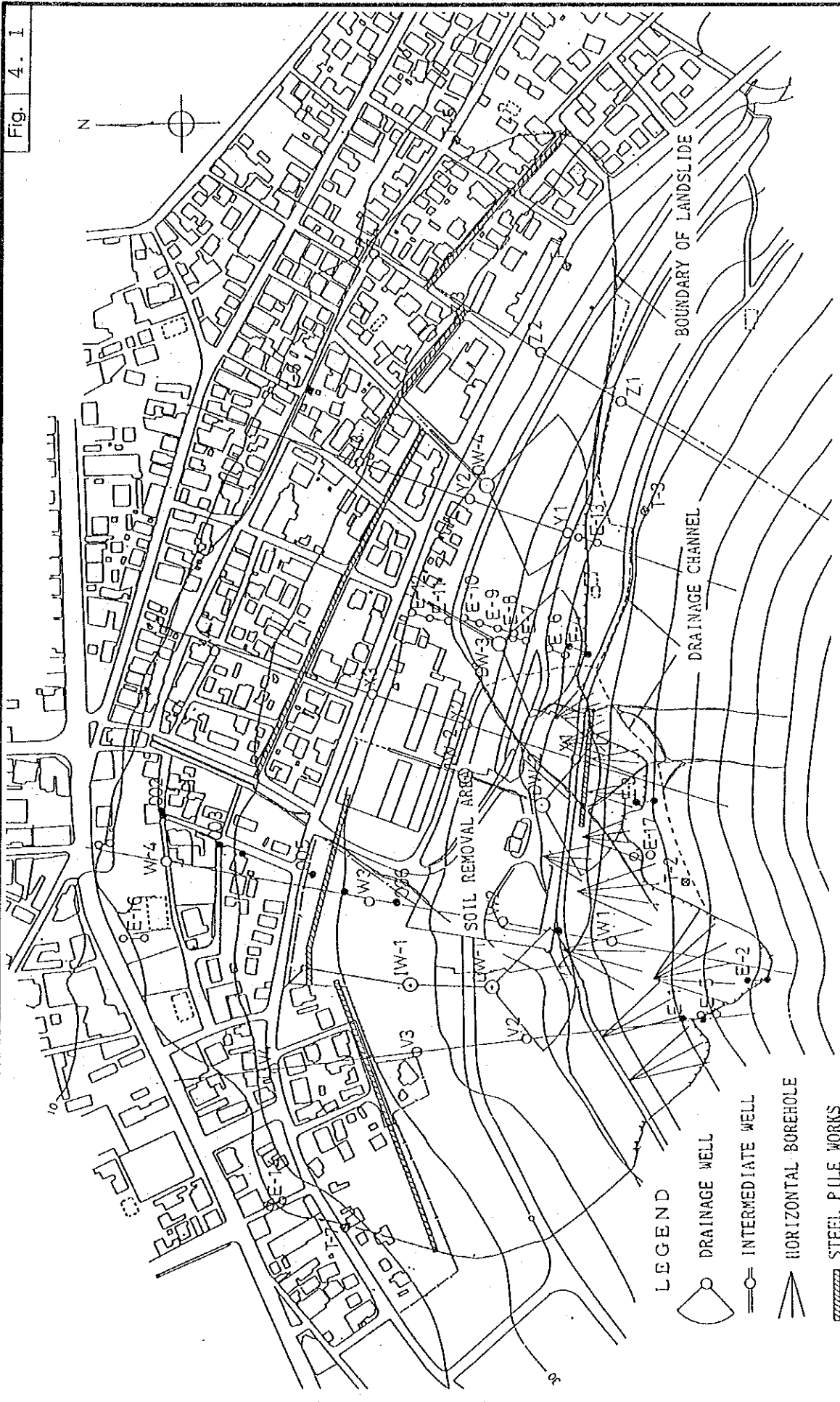
Fig. 3. 5



応急カウンターウェートの断面図

GOVERNMENT OF MAURITIUS
 LANDSLIDE PROTECTION PROJECT IN PORT LOUIS
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Fig. 4. 1



LEGEND

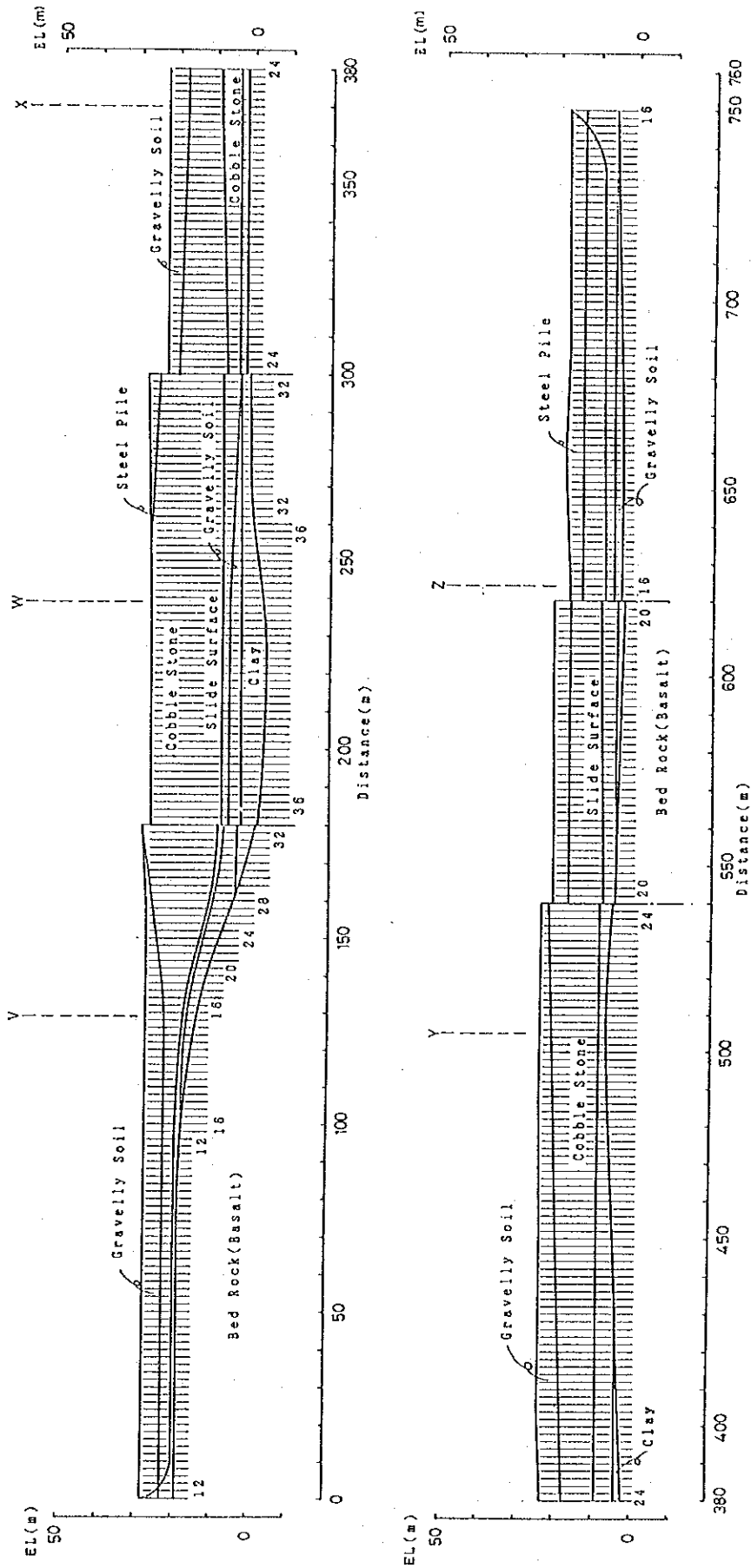
- DRAINAGE WELL
- INTERMEDIATE WELL
- △ HORIZONTAL BOREHOLE
- ▨ STEEL PILE WORKS

0 50 100m

長期防止対策の施工位置図

GOVERNMENT OF MAURITIUS
 LANDSLIDE PROTECTION PROJECT IN PORT LOUIS
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

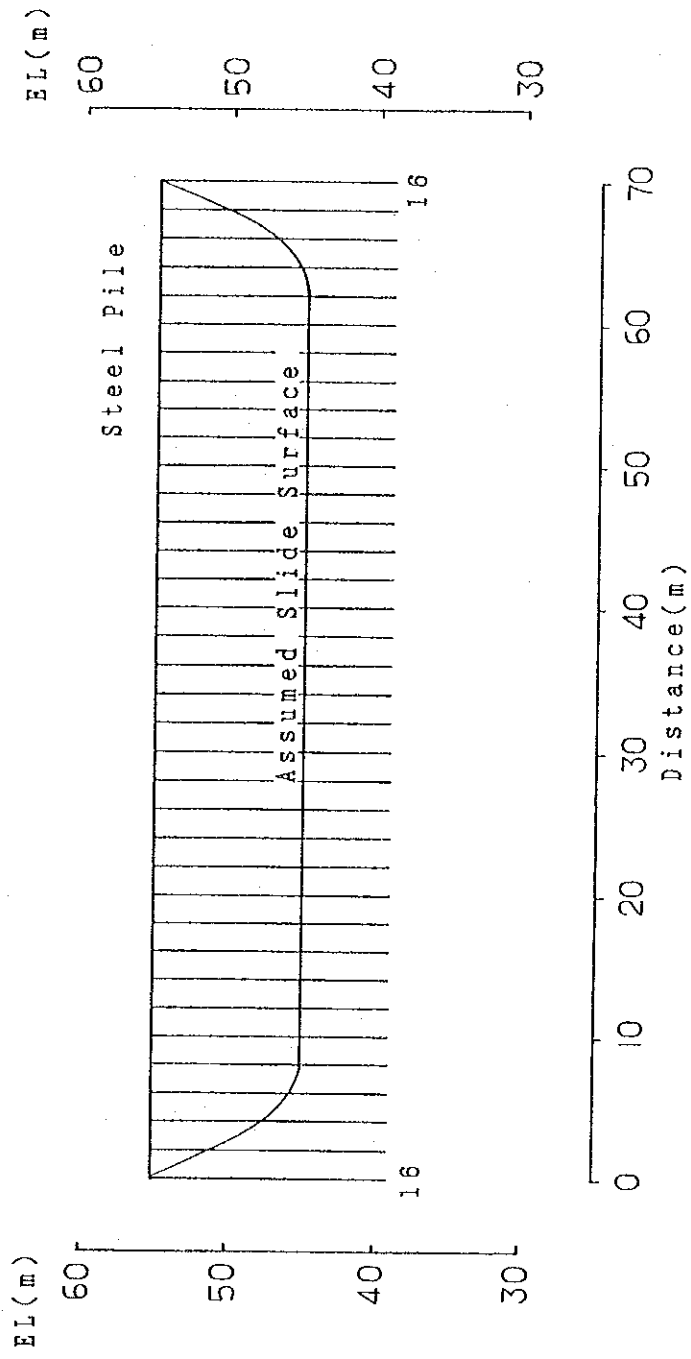
Fig. 4.2



主要地すべりに対する鋼管パイの断面配置

GOVERNMENT OF MAURITIUS
 LANDSLIDE PROTECTION PROJECT IN PORT LOUIS
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Fig. 4. 3



小規模地すべりに対する鋼管グイの断面配置

GOVERNMENT OF MAURITIUS
LANDSLIDE PROTECTION PROJECT IN PORT LOUIS

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Fig. 4.4

Items	Quantity	NTP																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
KEY EVENTS	L.S.	L/A																					
		Contract																					
		Completion																					
PRE-CONSTRUCTION STAGE																							
1. Loan Procedure	L.S.																						
2. Selection of Consultant	L.S.																						
3. Tender Document	L.S.																						
4. Tendering and Evaluation	L.S.																						
5. Contract and Award	L.S.																						
CONSTRUCTION STAGE																							
1. Mobilization	L.S.																						
2. Temporary Works	L.S.																						
3. Drainage Well																							
a. Excavation	45 m																						
b. Water collection boring	2,100 m																						
c. Water drainage boring	200 m																						
4. Horizontal Boring	1,670 m																						
5. Piling																							
a. Vertical boring	9,376 m																						
b. Pile installation	8,420 m																						
c. Pile installation	576 m																						
d. Filling in piles	416 nos.																						
e. Plug works	416 nos.																						

プロジェクト実施計画

GOVERNMENT OF MAURITIUS
 LANDSLIDE PROTECTION PROJECT IN PORT LOUIS
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Fig. 4. 5



GOVERNMENT OF MAURITIUS
LANDSLIDE PROTECTION PROJECT IN PORT LOUIS
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

想定可能被害地域

JICA

1