

3-2-1-5 現地業者の活用に係る方針

前項で述べたように一般土工部の工事については現地業者を活用する。集水井工事は「ホ」国においては初めて経験する特殊工事となるが、今後の普及展開を考慮して日本のオペレーターの指導のもと OJT を行いながら現地業者を活用する方針とする。

3-2-1-6 実施機関の運営・維持管理能力に対する対応方針

協力対象事業の確実な実施と維持管理のために、関係機関（対外協力庁（SETCO）、公共事業・運輸・住宅省（SOPTRAVI）、天然資源環境省（SERNA）、テグシガルパ市（AMDC）、国家防災委員会（COPECO）の役割と責任分担を明らかにする。ホンジュラス側との協議の結果、次の内容で合意し実施されている（2008年4月16日ミニッツ参照）。

2010年10月に実施機関が SOPTRAVI からテグシガルパ市へ移行したことにより、構成メンバーは同じであるが、議長にはテグシガルパ市長が就任する。合同調整委員会は少なくとも年一回、各年の雨期が始まる前及び必要に応じて会合を持つ。

① 合同調整委員会の設置：

- SETCO、SOPTRAVI、SERNA、AMDC、及び COPECO より構成される。
- 議長はテグシガルパ市長。ホンジュラス側委員は 12 名。日本側委員は JICA ホンジュラス事務所より 3 名。

② 各機関の役割分担：

- 地すべりモニタリング、地すべり地管理、施設維持管理は AMDC が主務。
- チョルテカ川護岸維持補修は SOPTRAVI が主務。
- SERNA は技術面で連携。
- 住民啓発・住民移転は COPECO 及び AMDC が主務。

③ 情報の共有：

- 各機関は委員会を通して情報を共有する。

地すべり防止施設の設置は「ホ」国においては初めての事例となるので、施設建設後の維持管理についてもこれまで経験がない。一般土工部（排土、盛土、水路、護岸等）の維持管理には特段の問題はないが、集水井についてはその機能の保持に関する管理のノウハウを十分に伝達する必要がある。これに関しては、モニタリングの一環としてのソフトコンポーネント計画と合わせて対応する方針である。なお、維持管理にはモニタリング計器の設置以外には大きな経費は生じないが、定期的なパトロールや観測等の人件費の予算確保が必要である。

3-2-1-7 施設のグレードの設定に係る方針

地すべり防止施設はその設置により地すべりが完全に停止するとは限らず、その発生リスクの軽減を目指して計画安全率の指標が導入されている。基本方針の項で述べた通り、計画安全率の要件を満たし、かつ経済的な方法で対処できる排水や排土等による抑制工（杭やアンカー等の抑止工ではない）を採用する。したがって地すべり警戒のためのモニタリング体制の導入が必須である。また周辺住民の知識の向上やコミュニティ防災活動と連携する。

3-2-1-8 工法・工期に係る方針

(1) 工法に係る方針

地すべり地での工事は斜面上のものであることから、大型機械の搬入に際しての工事用道路の仮設が必要であり、安全性や作業効率を考慮した道路最適配置には意を用いる必要がある。さらに小回りのきく小型機械の活用も考慮する必要がある。また、排水が滞りなく行われるために施工順序も考慮する必要がある。集水井の深い掘削においてはいたずらに人力に頼ることなく安全上の見地から機械力の導入を行う。集水井内の酸欠についても防止に努めるシステムを導入する。

(2) 工期に係る方針

テグシガルパの雨期は5月から始まり10月までと半年に及ぶ。雨期の工事は土工にとってはその降雨パターンによって大きな影響を受ける。気候変動の影響からか経年からの予測は大変難しくなっている。工事可能日数の見積もりにおいて雨期に影響を受けにくい工種を当てるなどの方策、施工順序の制限、施工パーティ数等の考慮を行い、経済的でかつできるだけ短い工期を検討する。

3-2-2 基本計画

3-2-2-1 計画安全率の設定

(1) 一般

日本においては行政機関により個別に計画安全率の基準があるが、概ね前述の国土交通省監修の「河川砂防技術基準」に準拠している。地すべりの活動状況に応じた現況安全率を定め、計画安全率は計画地の重要度、規模、被災影響、対策工の種類（抑制・抑止）を考慮して定めることとしている。

地すべり対策における計画安全率とは、現況での安全率（滑動力と抵抗力の比）を対策工事によって何パーセント上昇させるかを定めたものである。日本においては、大規模かつ社会的重要性の高い地すべり対策事業の場合、計画安全率として $F_s=1.20$ が用いられる例が多い。しかしながら、 $F_s=1.20$ を満たすためには鋼管杭、深礎杭、アンカー工等に代表される抑止工が必要となる場合が多い。経済性の面からは一旦抑制工による安全率の上昇を図った後、段階的に抑止工により安全率を上昇させることも行われている。

表 3-1 代表的大規模地すべり地における計画安全率

地区名	地すべり規模	現況安全率	計画安全率	
地附山地すべり	L:700m×W:500m×D:60m	Fs=1.00	P.Fs=1.20	集水井、排水工、鋼管杭、深礎杭、アンカー工
善徳地すべり	L:250m×W:200m×D:40m	Fs=1.00	P.Fs=1.20	集水井、深礎杭、アンカー工
山際地すべり	L:300m×W:300m×D:60m	Fs=0.98	P.Fs=1.05	1.集水井、排水工
			P.Fs=1.10	2.排土工
			P.Fs=1.15	3.深礎杭工
			P.Fs=1.20	4.アンカー工
大江地区	L:200m×W:150m×D:20m	Fs=0.95	PFs=1.20	排水工、明暗渠、集水井、横ボーリング
村井の沢	L:900m×W:450m×D:20m	Fs=0.98	PFs=1.15	集水井、横ボーリング、抑止杭工
閑定地区	L:60m×W:40m×D:28m	Fs=0.98	PFs=1.17	集水井、横ボーリング、アンカー工
水上地区	L:300m×W:250m×D:40m	Fs=0.95	PFs=1.20	集水井、横ボーリング、排出工、押え盛土工、抑止杭工
モーリシャスラビュッテ地区	L:400m×W:700m×D:30m	Fs=1.00	P.Fs=1.20	集水井、排水工、排土工、鋼管杭

エル・ベリンチェ地区及びエル・レパルト地区のような規模の地すべりの場合、計画安全率 1.20 を満たすには相当規模の対策工が必要となる。経済性の観点から、抑制工による安全率上昇を図り河川砂防技術基準の範囲（Fs=1.10～Fs=1.20）を満たした上で、非構造物対策（モニタリングを活用した警戒避難体制の構築等）を併用するのが適当と考える。

(2) 本計画で採用する計画安全率（案）

エル・ベリンチェ地区は地すべりが発生した場合に直接家屋への影響は少ないが、チョルテカ川の閉塞を引き起こし広範囲の冠水等の二次災害が発生する恐れがある。しかし規模が広大であることから対策工による計画安全率の上昇には限度があり、膨大な投資を要する抑止工によらず、抑制工で引き上げが可能な安全率の上限である FS=1.10 を確保することとする。

エル・レパルト地区は地すべりが発生した場合に周辺家屋に重大な影響を与える。規模が中程度であることから、抑止工によらず、抑制工で引き上げが可能な安全率の上限である FS=1.15 程度を目標とする。

3-2-2-2 すべり面の想定と安定計算

(1) すべり面の想定

1) 調査地域の地質の概要

2002 年に JICA により実施された「ホンジュラス国首都圏洪水・地すべり対策計画調査」によると、調査対象地域の地質は表 3-2 に示される地層のうち、白亜紀の Valle de Angeles 層群の赤褐色の泥岩・シルト岩・砂岩(Krc)と、新第三紀の Padre Miguel 層群に含まれるイグニンプライト（熔結凝灰岩）および流紋岩、酸性凝灰岩（Tpm1, Tpm3）などで構成されている。

表 3-2 テグシガルパ市地域の地質層序表

Era	Period	Epoch	Symbols	Features
Cenozoic	Quaternary	Alluvial	dt	Detritus sediment (based on a landslide, a slope failure, etc.). It consists of debris and earth and sand.
			Qa1	The latest alluvial sediment. It consists of clay, sand and boulders.
			Qe3	Lower terrace sediment : Fan of Sands and cobbles
		Pleistocene	Qe2b	Terrace sediment of middle rank: It consists of sand and stones. A matrix is not solid. An old fan or the sediment on the bottom of a river. It mainly consists of volcanic rock after the Tertiary. The color is from dark gray to gray.
			Qe2a	Terrace sediment of middle rank: It consists of sand, stones, and silt. Tightness is good although a matrix is not solid. An old fan or bottom of river, and the sediment of a lake. It mainly consists of rock of Valle de Angeles group, and volcanic rock after the Tertiary. The color is from dark brown to blackish brown.
			Qe1	Higher terrace sediment: It mainly consists of sand and stones, and tuff layer is inserted. By oldest terrace deposits, the matrix is consolidated weakly.
			Qb	Lava of basalt (olivine slanting feldspar and scoria)
			Qan2	It is distributed on the hill of Cerro Grande. It consists of andesite lava. Although the rock itself is precise hard, joint progresses and it is easy to dissociate massively. In the border part of a range, this stratum serves as cap rock and tends to cause a landslide.
			Qan1	It is distributed over the low rank of Qan2. It consists of andesitic and rhyolitic tuff. Banded structure progresses. It is weak in weathering and easily to deteriorate in it. It becomes the cause of a landslide rarely.
			Odt	It is mainly distributed near a Villa Nueva area. It consists of debris of the stones which made the subject rhyolite with a diameter of 20cm – 3m, and has a Valle de Angeles Group origin. Half a matrix is solid, tightness is good.
	Tertiary	Miocene (Padre Miguel Group)	Tpm3	Ignimbritic sequence, upside member: Tuff of rhyolite of many colors. Some sedimentary rocks equipped with volcanic debris, tuff of quartz andesite nature, and tuff that andesitic tuff. This rock itself is massive and it is solid. When a stratum with weak intensity is distributed over the low rank of this stratum, it is easy to generate a landslide.
			Tep	It consists of rhyolitic tuff and conglomerate, sandstone, and siltstone. It deposits in underwater environments, such as a river. Stratified structure progresses almost horizontally. It is easy to dissociate from a stratum side, and may become the cause of a landslide in the part where the stratum inclines.
			Tcg	Cerro Grande member: Ignimbrite and rhyolite lava equipped with the matrix of crystals of the glassy quartz and crystal feldspar of a violet color. The rock itself is very hard, it is strong in weathering, and tends to form a steep cliff. Logic progresses and it is easy to dissociate. When this rock is distributed on a layer with weak intensity, this rock serves as cap rock and it is easy to generate a landslide. The deterioration action is received locally, and in the portion, intensity is falling remarkably and it is easy to generate a slope failure.
			Tpm2	Ignimbritic sequence middle member: Tuff by which quartz andesite nature was divided by class by style rhyolite. Banded structure progresses and it becomes the cause of a layer slide.
			Tpm1	Member of an Ignimbritic sequence low rank: Tuff of rhyolite of many colors. Some sedimentary rocks equipped with volcanic debris, tuff of quartz andesite nature, and andesitic tuff.
			Tpml	Lahars (debris flow tuff) with clast of tertiary volcanic rocks and cretaceous sediments. It consists of debris and consolidated sandstone. It is hardly the cause of a landslide by massive and hard ones.
			Oligocene (Matagalpa F)	Ti
Tm		Matagalpa formation: It consists of tuff, tuff breccia, and the andesite lava which presents a green color as it's base. It is easy to weather and changes in the shape of clay easily near the surface of the earth. For this reason, it is easy to become the cause of a landslide.		
Mesozoic	Cretaceous (Valle de Angeles Group)	Krc	Rio Chiquito formation: It consists of mudstone, siltstone, sandstone, thin conglomerate layer, and thin limestone layer. Stratified structure is made. It's colors are blackish brown. It is easy to weather and changes simply to earth and sand. It is the stratum which is easy to generate a landslide and a slope failure.	
		Kvn	Villa Nueva formation: Conglomeratic siliciclastic layers (with clast of metamorphic and volcanic rock and limestone). Brown to light red sandstone and some volcanic tuff. Stratified structure progresses partially. It's colors are thin red to dark purple. Although it is strong compared with Krc, the landslide is generated locally.	

JICA:「ホンジュラス国 首都圏洪水・地すべり対策計画調査」(2002)

2) エル・ベリンチェ地すべり

地形・地質

エル・ベリンチェ地すべりは面積 320,000m²、幅 400m、長さ 800m の地すべりである。地すべりの頭部標高は約 EL 1,060 m であり、末端部の標高は Cholteca 川の河床と同様の EL 920m である。地すべり地の下半部にはソトと呼ばれる集落があったが、1998 年のハリケーン・ミッチの際の滑動により壊滅している。

地すべり頭部の背後には標高 1,000m から 1,200m の平坦な小起伏面が広がっており、一時宅地造成のための道路建設が試みられたが現在は中断されており、未完成のまま残されている。地すべりと頭部の緩斜面との境には比高 80~100m で傾斜が 40 度近い急斜面となっており、Padre Miguel 層群に含まれる柱状節理の発達したイグニブライト（熔結凝灰岩）ないし流紋岩（Tcg）が露出している。この急斜面は古期地すべりの滑落崖と考えられている。

地すべりのメカニズムの検討

この古期滑落崖の脚部から Cholteca 川の河岸までの約 800m の間は、平均傾斜が約 10 度の緩斜面となっている。1998 年のハリケーン・ミッチの際にはこの緩斜面全体が滑動したと考えられる。この緩斜面について「ホンジュラス国首都圏洪水・地すべり対策計画調査」や、米軍工兵隊（US Army Corps of Engineers）による報告書（2001 年 6 月）などは、滑動形態の相違などからいくつかのブロックに分割している。ここでは以下の 5 ブロックに分けてすべり面の検討をおこなった。

- A：地すべり地中段の南側に位置するブロックで、凸状の地形を呈する。主に流紋岩（Tcg）などの岩塊を含む崩積土からなる。
- A'：中段から北側壁に沿って Cholteca 川左岸まで、東西方向に伸張した形態のブロックである。A ブロックの北東に位置する上半部は細長い卵形の形態を有する。一方下半部は民間の土捨場として利用されており、厚さ 10m 程度の盛土で覆われている。また北側壁との間には沢が形成されている。
- B：A ブロックと Cholteca 川の間位置する台地状のブロックである。ハリケーン・ミッチの際の滑動以前はソトの集落が形成されていたところで、頂上部は標高 975m から 980m の平坦な面が形成されており、現在サッカーグラウンドとして使われている。末端は傾斜約 15 度の斜面で Cholteca 川の河岸へ続いており、河床とグラウンドの面との比高は約 50m である。
- C：A ブロックおよび A'ブロックと旧滑落崖との間に分布する、約 20 度の傾斜の斜面である。その形態から、A ブロックと A'ブロックの滑動に追従して移動したものと考えられる。
- D：旧滑落崖南端の、流紋岩類の柱状節理の剥離によって形成された急崖の脚部から、A ブロックの頂部にかけて分布する、傾斜 20~30 度の急斜面からなるブロックである。C ブロックと同様に A ブロックの滑動に追従して移動したものと考えられる。

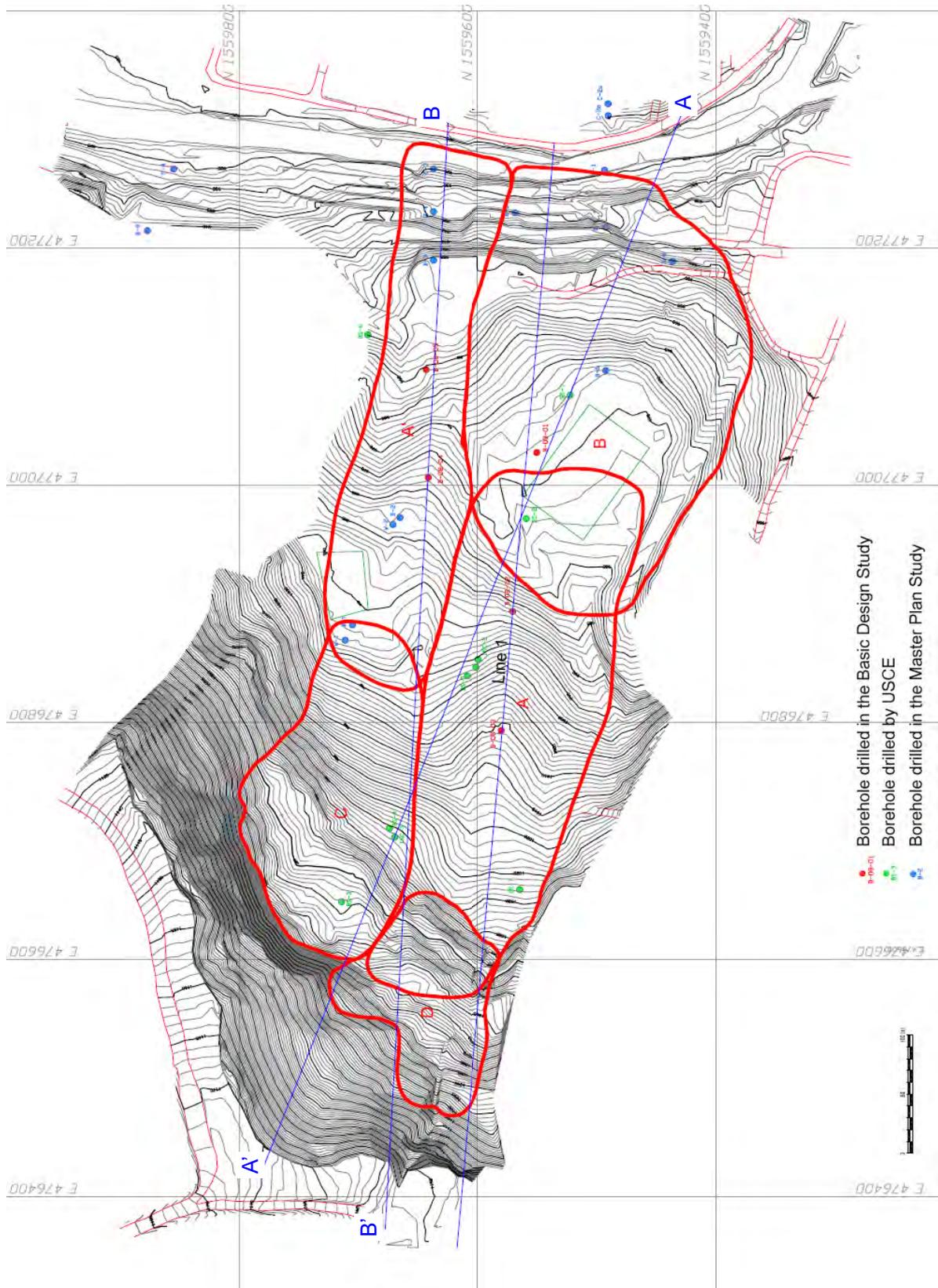


図 3-2 エル・ベリンチエ地すべりのブロック区分

ハリケーン・ミッチ前後のエル・ベリンチェ地すべりの空中写真図を比較すると、Aブロックの移動量は約100mと大きく、A'ブロックも Cholteca川を閉塞するなどかなりの移動量を示している。このような現象からAおよびA'ブロックはハリケーン・ミッチの豪雨による滑動に対して主要な働きをしたと考えられる。一方、AブロックとBブロックとの間には圧縮域が形成されているところから、BブロックはAブロックに押し寄せつつも抵抗体として作用した可能性が高い。さらに、AおよびA'ブロックの滑動にCブロックとDブロックが追随し、Cブロックの頭部には比高20~30mの新たな滑落崖が形成された。

このように、エル・ベリンチェ地すべりはそれを構成するブロックにより滑動に対する寄与の程度は異なるが、全体としては一連の動きを示しているところから、対策工の設計に際してはひとつのブロックとして扱うことにした。

解析用断面の設定とすべり面の判定

地すべりの安定解析と対策工の設定のための断面は、エル・ベリンチェ地すべり全体をひとつのブロックとしてあつかうために、旧滑落崖の中央からAブロックとA'ブロックの間を通り、サッカーグラウンドの北側の縁をかすめて Cholteca川に至る測線を設定した。

エル・ベリンチェ地すべりで掘削されたボーリングによれば、地すべり土塊の表層部には旧滑落崖に露出する新第三紀の Padre Miguel 層群の流紋岩類起源の岩塊や角礫を、白亜紀の堆積岩の風化物である赤褐色のシルトや砂が充填する、崖錘性の崩積土 (Dt1) で構成されている。この崩積土の下層には、Valle de Angeles 層群の泥岩・シルト岩・砂岩のさまざまな程度の風化岩からなる崩積土 (Dt2) が分布している。すべり面はこの風化岩の崩積土 (Dt2) の下面としたが、コアによる判定が困難な場合は、破碎部や採取率の低い箇所をもってすべり面とした。

解析用断面に関連するボーリング孔において設定されたすべり面の深度と標高を次表に示す。また、全体を代表する測線 A-A'における安定解析断面を図 3-3 に示す。さらに関連のボーリング孔における参考測線 B-B'及び Line1 の断面をそれぞれ図 3-4 及び図 3-5 に示す。

表 3-3 エル・ベリンチェ地すべりのすべり面標高一覧表

孔番号	孔口標高 (m)	掘削深度 (m)	すべり面深度 (m)	すべり面標高 (m)
BS-3	1,055.0	27.3	>27.3	>1,027.7
BS-4	1,028.8	52.7	30.3	998.5
BS-5	996.1	56.7	21.2	974.9
B-08-02	987.9	35.0	24.7	963.2
BS-2	977.3	27.3	>27.3	>950.0
B-08-01	974.9	45.0	39.0	935.9
BS-1	972.9	25.5	>25.5	>947.4
B-6	965.1	60.0	43.5	921.6
B-7	933.1	25.0	16.0	917.1
B-8	939.7	25.0	19.7	920.0
C-1	917.9	15.0	5.50	912.4

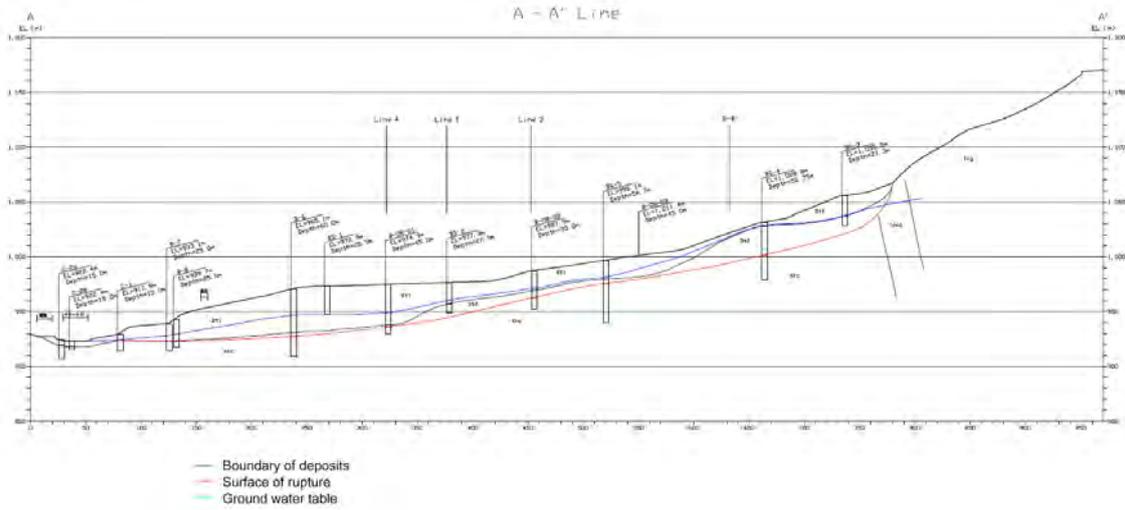


図 3-3 エル・ベリンチェ地すべりの安定解析測線(A-A')の断面図

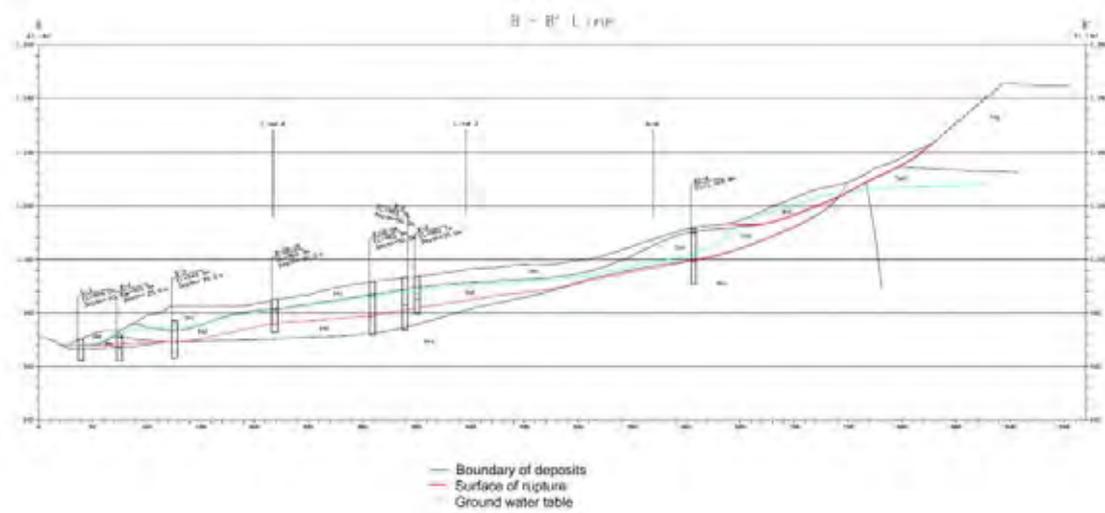


図 3-4 エル・ベリンチェ地すべりの安定解析測線(B-B')の断面図

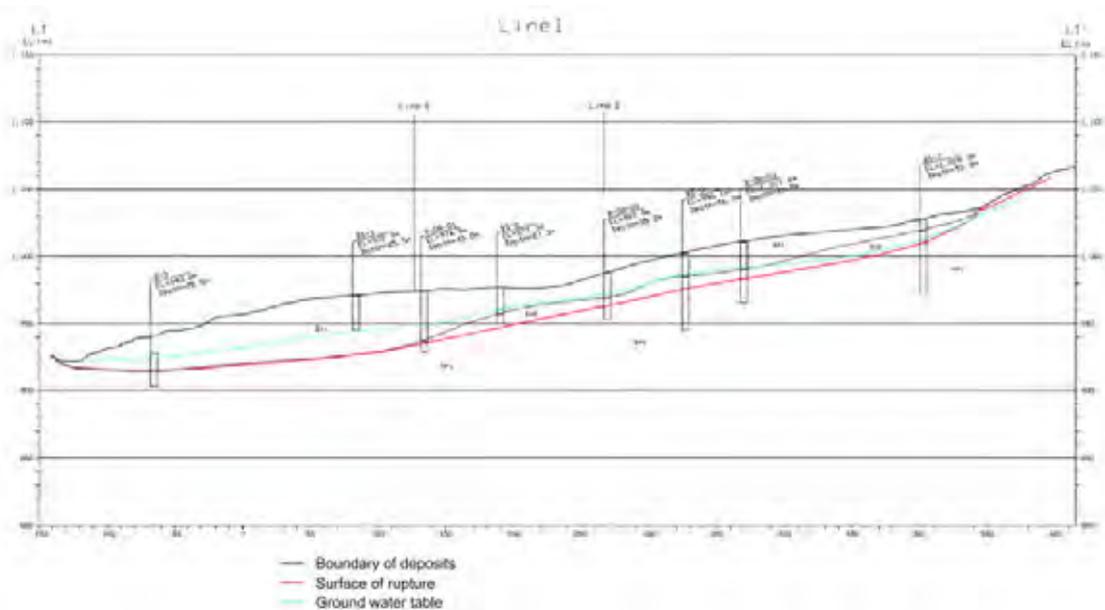


図 3-5 エル・ベリンチェ地すべりの Line1 測線の断面図

3) エル・レパルト地すべり

地形・地質

エル・レパルト地すべりは面積約 30,000m²、長さ 200m 幅 150m の地すべりである。ピカチョ山の東斜面には断続的に分布する標高 1,150m 前後の段丘状の平坦面があり、エル・レパルト地すべりの主滑落崖はこの平坦面の末端に形成されている。この平坦面を構成するのは新第三紀のイグニンブレライト（熔結凝灰岩）や流紋岩の岩塊を含む崖錘性の崩積土（Dt3）で、良く締まっているところから、やや古い時代に形成されたと考えられる。

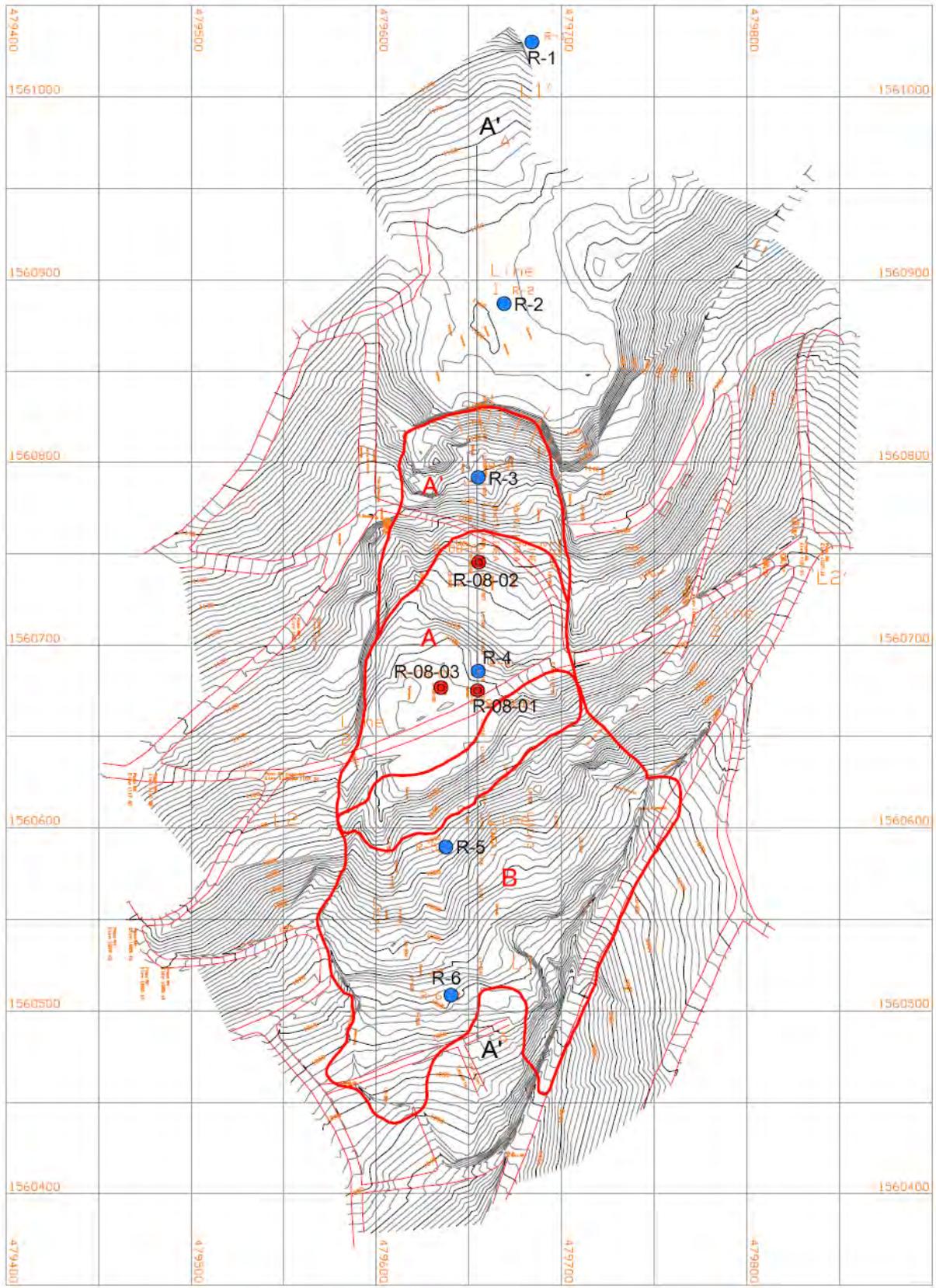
崩積土（Dt3）の下位の岩盤は、白亜紀の Valle de Angeles 層群の赤褐色の泥岩・シルト岩・砂岩（Krc）と、及び新第三紀 Padre Miguel 層群の流紋岩、酸性凝灰岩（Tpm1, Tpm3）などで構成されている。頭部の崩積土（Dt3）の下部からピカチョ山の山腹にかけては灰白色の酸性凝灰岩（Tpm3）が分布している。また、主動土塊の下部の岩盤は白亜紀の赤褐色の泥岩・シルト岩・砂岩（Krc）で構成されている。

地すべりのメカニズムの検討

地すべりは中央の長さ約 120m、厚さ約 15m のブロックを主動土塊（A ブロック）としており、頭部には主動土塊に追従して移動したと見られる小ブロック（A'ブロック）が階段状の地形を呈して分布している。主動土塊は新第三紀 Padre Miguel 層群の酸性凝灰岩（Tpm3）起源の岩塊と、それらを充填する白亜紀の Valle de Angeles 層群の赤褐色の泥岩・シルト岩・砂岩（Krc）起源の赤褐色のシルト～砂からなる崩積土（Dt1）で構成されている。

今回 R-08-01 孔に設置した自記地下水位計と、2002 年に JICA により設置された R-3 孔での手動式水位計の観測結果によると、7 月末から 8 月初めにかけて 3m から 14m の孔内水位の上昇が認められている。この値がそのまま地下水位の変動を反映したものと見ることは問題もあるものの、地下水がある程度変動していると考えらるべきであろう。したがって、ハリケーン・ミッチの際も地下水の上昇が主動土塊の滑動を誘発したことは十分考えられる。

なお主動土塊の末端は、現在の道路付近で遷急線をなして傾斜 15 度程度の山腹斜面と接している。ハリケーン・ミッチの際に押し出された土塊が急斜面上部に押出したために、下部の急斜面に深さ数 m 程度のすべり面が形成されて表層の土塊（B ブロック）が流動化した。このために、斜面上にあったエル・レパルトの集落が壊滅したものと考えられる。



- R-08-01 Borehole drilled in the Basic Design Study
- R-1 Borehole drilled in the Master Plan Study



図 3-6 エル・レパルト地すべりのブロック区分

解析用断面の設定とすべり面の判定

エル・レパルト地すべりの構造は大きくみれば単一のブロックで構成されている。したがってブロックの中央を通る測線を解析用断面として設定した。

主動土塊の主体をなす崩積土 (Dt1) の下層には、Valle de Angeles 層群の泥岩・シルト岩・砂岩のさまざまな程度の風化岩からなる崩積土 (Dt2) が分布している。すべり面はこの風化岩の崩積土 (Dt2) の下面としたが、コアによる判定が困難な場合は、破碎部や採取率の低い箇所をもってすべり面とした。また主動土塊のほぼ中央の R-08-02 に設置した孔内傾斜計で深度 16m 付近にわずかながら変位が認められたため、この深度にすべり面を設定した。

解析用断面に関連するボーリング孔において設定されたすべり面の深度と標高を次表に示す。また、測線 A-A'における解析用断面を表 3-4 に示す。

表 3-4 エル・レパルト地すべりのすべり面標高一覧表

孔番号	孔口標高 (m)	掘削深度 (m)	すべり面深度 (m)	すべり面標高 (m)
R-3	1,135.3	35.0	9.0	1126.3
R-08-02	1,119.2	30.0	16.0	1103.2
R-4	1,107.4	35.0	15.0	1092.4
B-08-01	1103.8	30.0	14.0	1089.8
R-5	1088.2	7.0	4.0	1084.2

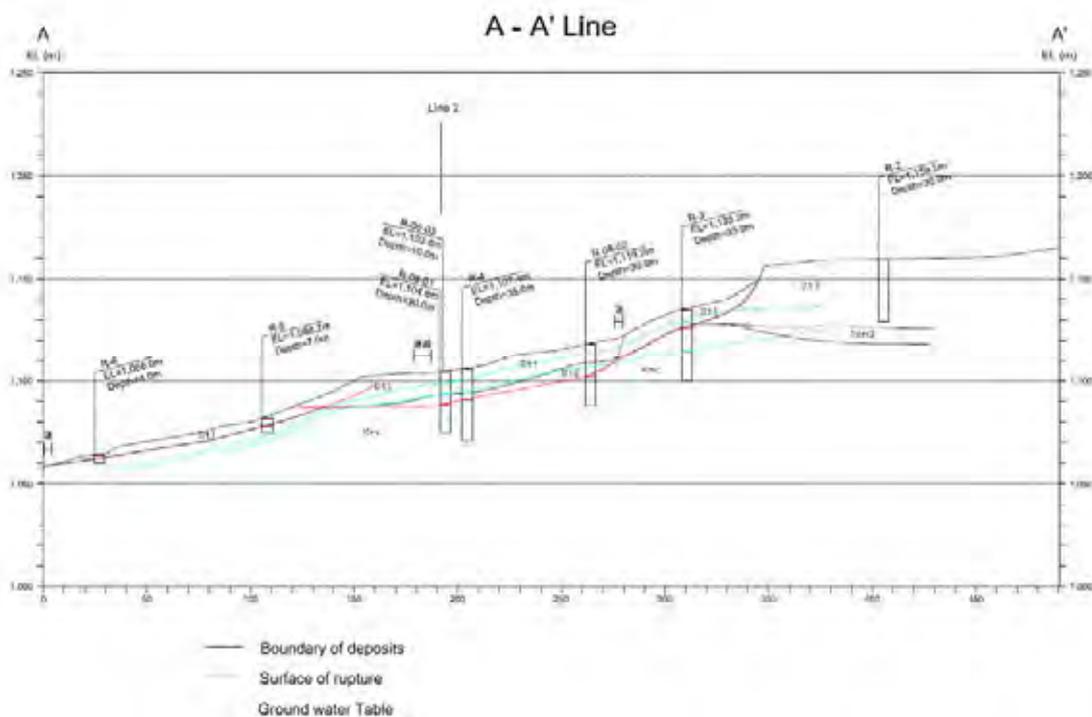


図 3-7 エル・レパルト地すべりの安定解析測線(A-A')の断面図

(2) 安定計算

必要な対策工法の数量等を検討する基礎資料を得るため、地すべり斜面の安定解析を行った。

1) 計算方法

安定計算は、地形やすべり面の形態が複雑で、かつ地すべり斜面が不均質な土質から構成されていることから、分割法（Fellenius 法）を用いる。この計算式は次式で示される。

$$F_s = \frac{\Sigma(N - U) \cdot \tan \phi' + c' \Sigma l}{\Sigma T}$$

- F_s : 安全率
- N : 分割片の重力による法線力(kN/m)
- T : 分割片の重力による切線力(kN/m)
- U : 分割片に働く間隙水圧(kN/m)
- L : 分割片のすべり面長(m)
- C' : すべり面の粘着力(kN/m²)
- ϕ' : すべり面の内部摩擦角(°)
- θ : すべり面の分割片部における傾斜角(°)

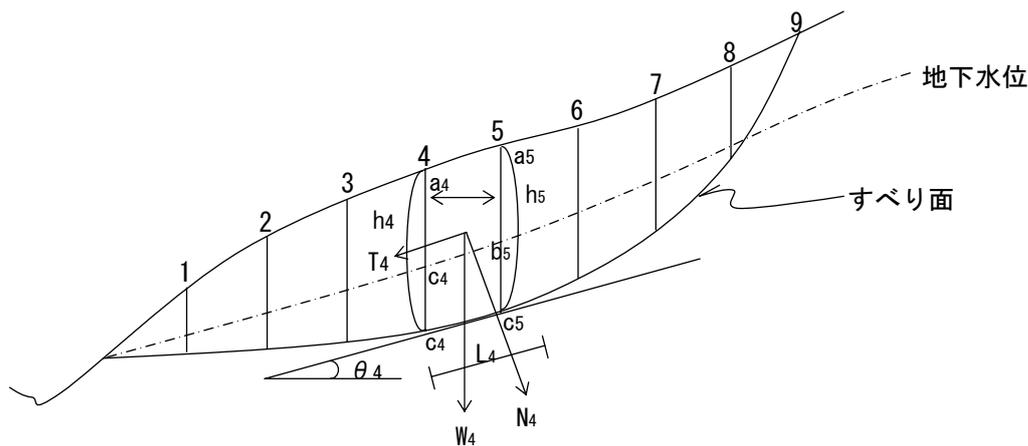


図 3-8 分割法の模式図

2) 計算条件

安定計算に際し、各種条件を次のように設定した。

a) 解析断面

エル・ベリンチェ地区及びエル・レパルト地区とも地すべり運動方向に沿った断面とする。

b) 地表面の形状

航測図化された平面図を用いた。

c) すべり面の形状

現地踏査結果およびボーリングコアの観察結果にもとづいて決定した（2-2-2(1)項参照）。

d) 間隙水圧

地下水位から間隙水圧を換算することとし、観測期間中（2002 以降）の最高水位を適用した。

e) 土塊の単位体積重量

前述の「河川・砂防技術基準」に従い、 $\gamma_t=18.0 \text{ kN/m}^3$ とする。

f) 現況安全率

地すべり地内に設置した孔内傾斜計観測では微弱な変動が確認されているが、確定変動にはいたっていないため、観測期間中の最高水位時の安全率を $F_s=1.00$ と仮定した。

g) 計画安全率

エル・ベリンチェ地区の計画安全率は $F_s=1.10$ とし、エル・レパルト地区は $F_s=1.15$ 程度と設定した (2-2-1 項参照)。

h) 土質定数

すべり面の粘着力 c' は、「河川砂防技術基準」から想定する (表 3-5)。なお、エル・ベリンチェ地区の最大鉛直層厚は 25m を超えるため、指針の記述にしたがって $c'=25 \text{ (kN/m}^2)$ とする。

表 3-5 最大鉛直層厚と粘着力の関係

地すべり土塊の最大鉛直層厚(m)	粘着力 c' (kN/m ²)
5	5
10	10
15	15
20	20
25	25

また、内部摩擦角 ϕ (°) は逆算によって求める。

i) 地下水位の計画低下高

集水井工による地下水位の計画低下高は「河川砂防技術基準」に従い 5m とする。

3) 安定計算結果

安定計算に使用する土質定数は以下のとおりである。

表 3-6 すべり面の土質定数

地区	粘着力 c' (kN/m ²)	$\tan \phi$	内部摩擦角 ϕ (°)
エル・ベリンチェ	25.0	0.159	9.01
エル・レパルト	18.2	0.175	9.93

設定した計算条件により対策工事の効果を算定する。安定計算結果を次に示す。

表 3-7 安定計算結果

地区	地形条件	地下水位条件	安全率 F_s	備考
エル・ベリンチェ	現況地形	観測最高水位	1.00	—
	現況地形	5m 水位低下	1.086	集水井施工効果
	排土+押え盛土工	同上	1.10	—
エル・レパルト	現況地形	観測最高水位	1.00	—
	同上	5m 水位低下	1.136	集水井施工効果
	排土+押え盛土工	同上	1.146 \div 1.15	—

3-2-2-3 施設計画

以上の検討結果に基づき、地すべり防止の抑制工として、地すべり地内の地下水位を低下させる集・排水ボーリング工、集水井工、横ボーリング工を配置するとともに地表水の迅速な排除を行うための水路工を配置する。さらに地すべり安定性の向上のため地すべり頭部のハイドや末端部の押え盛土を配置する。

表 3-8 地すべり防止施設の概要

目的	施設の種類	役割
地下水位の低下	集水井	集水ボーリングからの集水の貯留
	集水ボーリング工	地下水位の低下(集水井内部からの掘削)
	排水ボーリング工	集水井からの下部への排水
	横ボーリング工	地下水位の低下(地表からの掘削)
地表水の浸透防止	水路工(開渠)	地表面排水及び集水井からの排水処理
	水路工(明暗渠工)	地表面排水及び浅層地下水位の低下
地すべり土塊の安定	排土工	地すべり土塊の滑動力の軽減
	盛土工	地すべり土塊の滑動抵抗の増加

エル・ベリンチェ地区及びエル・レパルト地区における防止工法立案の基本方針を以下に示す。

(1) 施設計画の概要

1) エル・ベリンチェ地区

エル・ベリンチェ地区は地すべり面積の規模が大きいため、集水ボーリング長及び地下水の賦存状況等を考慮して集水井工を適切に配置する。滑落崖直下には湧水が分布していること、地すべりの引っ張り領域で土塊の透水性が高いと推察されること、湧水から延びる沢地形には植生が繁茂していることなどから、集水井工及び明暗渠工による地下水排除を積極的に行う。また、滑落崖南西側の小ブロックにおいても横ボーリング工を行って地下水を排除する。

地形傾斜が緩く各集水井からの排水ボーリングでは直接地表へ出すことができないため、下部に位置する集水井に排水ボーリングを連結することとし、もっとも下部に位置する集水井から地上へ排水するよう配置する。

地表水及び浅層地下水の迅速な排除は地すべり対策上、非常に有効な工法であることから、凹地形部分には地表水を排除するための水路工を整備する。これらによって集めた地表水及び地下水は、水路工で Cholteca 川に排水する。

地すべり地上部の土塊を排土して下部にあるサッカーフィールドに盛土することにより、地すべりブロック全体の安定化を図る。

地すべり土塊が Cholteca 川に面する末端部は、侵食の恐れのある斜面に対して対策(ふとん籠による護岸工)を実施する。

2) エル・レパルト地区

地すべりブロックの滑落崖下から車両が通行する道路までの中央部にかけては地形傾斜が比較的緩く、水がたまって湿地状をなすところがあり、沢をなす部分では植生が繁茂している。地下水位観測結果から地下水位は比較的高いと推測されることから、集水井工を上部及び中部に配置する。また地すべり地全体において、地表水の排水を促進するための水路工を設置する。

滑落崖の傾斜は鉛直に近く、小規模な斜面崩壊あるいは落石の危険性があるため、排土により斜面整形してのり面保護工を施す。この排土による土塊は押え盛土に用いるものとし、地すべり地内を横断する道路を整備するために利用する。

(2) 施設計画の内容

1) 集水井工

- ◆ 構造形式：集水井形式は円形ライナープレートとし、集水ボーリング工の施工容易性を確保するため一般に用いられる直径 3.5m とする。
- ◆ 細部構造：集水井の底部は基盤層への地下水の供給を絶つ目的で底張コンクリートを厚さ 50cm(河川・砂防技術基準による)で施工する。集水井の頂部は、部外者が集水井に立ち入らないよう、地表面より井筒の頂部を 0.5m 出して天蓋を設けるとともに防護柵を設置する。井筒は地表面でコンクリート固定する。集水井内には維持管理用のタラップを設ける。また、集水井の変形に備えて、ラテラルストラット（横方向梁材）等を取り付けられるようにバーチカルスティフナー（垂直補強材）を設置する。さらにバーチカルスティフナーを取り付けるため、また施工中の安全確保のためにライナープレートの上に補強リングを設置する。
- ◆ 設置深さ：集水井の深さは、地すべり斜面内に設置されることから地すべり土塊の移動による集水井の破壊を防ぐため底部を 2m 以上すべり面より浅くする。ただし、集水井施工時に地すべり斜面の地質及び土質状態、すべり面の位置及びすべり面の状態等を直接観察し確認するため、エル・ベリンチェ地区に計画する集水井 8 基のうち 1 基はすべり面を貫いて施工する。
- ◆ 設計方法：設計は前述の「河川・砂防技術基準」に従って行う。同基準によると主要設計条件は以下の通りである。
 - 静止土圧係数 $K=0.5$
 - 単位体積重量は $\gamma t=18.0 \text{ kN/m}^3$
 - 土圧強度は GL-15m までの三角分布荷重とし、これ以深では土圧の増加はないものとする。
 - 集水井は地すべりブロック内に設置されるため、地すべりに起因する偏土圧が作用することが予想される。このため、均等土圧に偏土圧 100kN/m^2 を集水井の深さ方向の全長にわたり作用するものと想定する。
 - 集水孔等によるライナープレート断面性能の低減率は次のとおりとする。
(断面積 A : 20%、断面係数 Z : 20%、断面二次モーメント I : 20%)

2) 集水ボーリング工

- ◆ 集水ボーリングは、先端での間隔が 5~10m となるよう放射状に設計する。帯水層が厚い場合は上下 2 段行う。掘進角度は斜め上向き 3~5° とする。エル・ベリンチェ地区は隣接する集水井の集水ボーリング工と重ならないよう 1 段当たり 10 孔行うこととする。エル・レパルト地区は地すべりブロックの大きさから平面的に集水ボーリング工でカバーできるため、斜面上部から流入する地下水をできるだけ多く集水する目的で 1 段当たり 19 孔または 13 孔を計画する。同地区ではすべり面を貫いて 5~10m の余掘りを行うように計画するが、方向によりすべり面を貫くことができない場合は 1 孔の延長は、河川・砂防技術基準に定める標準的な長さである 50m までとする。
- ◆ 保孔管には内径 40mm の硬質塩ビ管を用い、ストレーナーを設ける。なお、井筒に近い部分は保護管を設置する。

3) 排水ボーリング工

- ◆ 集水井からの恒常的な排水は、排水ボーリングからの自然排水とする。
- ◆ エル・ベリンチェ地区では地すべり地が広大で地形傾斜が緩いため、集水井の連結あるいは地表への排水ボーリング長は長くならざるを得ないが施工の確実性を考慮して最長でも 75m 程度までとする。またエル・レパルト地区では集水井の配置状況から連結する排水ボーリング長さは約 60m、水路への排水ボーリングは長さ 85m 程度とする。
- ◆ 排水管は内径 90mm の鋼管を使用するが、集めた地下水が排水できない場合は複数の排水ボーリングを施工する。
- ◆ 排水ボーリングの流末はフトンカゴを用いてのり面の保護を行う。

4) 横ボーリング工

- ◆ 横ボーリングの長さは、すべり面を貫いて 5~10m の余掘りを行うように計画するが、すべり面に到達できない場合は河川・砂防技術基準に定める標準的な長さである 50m とする。
- ◆ 掘進角度は集水した地下水が自然流下するように仰角 3° とする。
- ◆ ボーリング先端での間隔を 5~10m とするため展開角は 10° とし、5 孔を放射状に配置する。
- ◆ ボーリング孔口は排水による孔口の崩壊を防止するために保護工を設置する。
- ◆ 保孔管には内径 40mm の硬質塩ビ管を用い、ストレーナーを設ける。なお、地表に近い部分は保護管を設置する。

5) 水路工

- ◆ 地すべり地内の幹線水路では、計画最大高水流量を求めて水路の通水断面を決める。なお、過去の降雨量に基づいて確率降雨を決定し、地形から流量を想定して計画諸元を決定する。計画対象降水量は超過確率 1/50 年とする（河川砂防技術基準）。
- ◆ 水路断面は土砂等の堆積による断面の減少を考慮し、20%の余裕を見込む。
- ◆ 幹線水路以外の水路は幅が広い浅い形状となるようにし、少なくとも幅 30cm 以上とする。
- ◆ 地下水位が高いと想定されるところに設ける水路は、暗渠を併用した明暗渠工とする。
- ◆ 水路は支沢との合流点や屈曲部、勾配の変化点では集水柵を設け、水路の肩は表流水が流れ込みやすいよう、また水路への雑草の倒れこみが懸念される場所では、水路の両側 1m 程度をコンクリートで被覆する。
- ◆ 集水柵あるいは落差工は、最大でも 50m ごとに設ける。
- ◆ 暗渠の深さは 2m 程度とし、底には漏水防止のために防水シートを敷設する。また、暗渠管の周囲には土砂の吸出しを防止するため吸出し防止材を敷設する。
- ◆ 暗渠管周囲は、浅層地下水の集水を良くするためにフィルター材を詰める。
- ◆ 地形傾斜が比較的急なところに設置する水路工は、鉄筋を挿入してすべり防止とする。
- ◆ 道路横断部分はヒューム管またはボックスタイプの水路とする。
- ◆ エル・レパルト地区の末端に面する部分の既存水路は破損して荒廃している。掘削によって新たな地すべりあるいは崩壊を招く危険性があるため、道路に埋めて水路として整備する。
- ◆ 計画高水流量はラショナル式（合理式）を用いて設定する。
- ◆ 設計流速は Manning 式を用いる。

6) 排土工及び押え盛土工等

- ◆ 両地区とも明瞭に認められる滑落崖の下部において土塊を排土し、地すべりブロック全体の安定化を図る。切土勾配は土工の規定（日本道路協会：道路土工指針等）において一般的な 1:1.0 とする。排土して斜面整形した部分については植生マットによるのり面保護工を施す。
- ◆ エル・ベリンチェ地区の滑落崖南西側の小ブロックは滑落崖が不明瞭であり、排土を行うと上部斜面が地すべり活動する危険性があるため、この部分では排土工は行わない。
- ◆ この排土工は、地すべり地内の押さえ盛土として使用する。その位置はエル・ベリンチェ地区では地すべり地中央部のサッカーフィールドとし、盛土の高さは排土工の数量に見合う最大 4m 程度とする。エル・レパルト地区では下部を横断する道路に高さ約 2m の盛土を行う。余剰化する土塊はテグシガルパ市の処分場にて処分することとする。
- ◆ 排土した斜面下部及び盛土ののり肩には水路工、盛土ののり尻にはフトンカゴ土留めと水路を設置する。

7) 仮設道路

地すべり地内では工事車両が通ることできる道路がないため、仮設道路として林道 2 級相当として設計する。

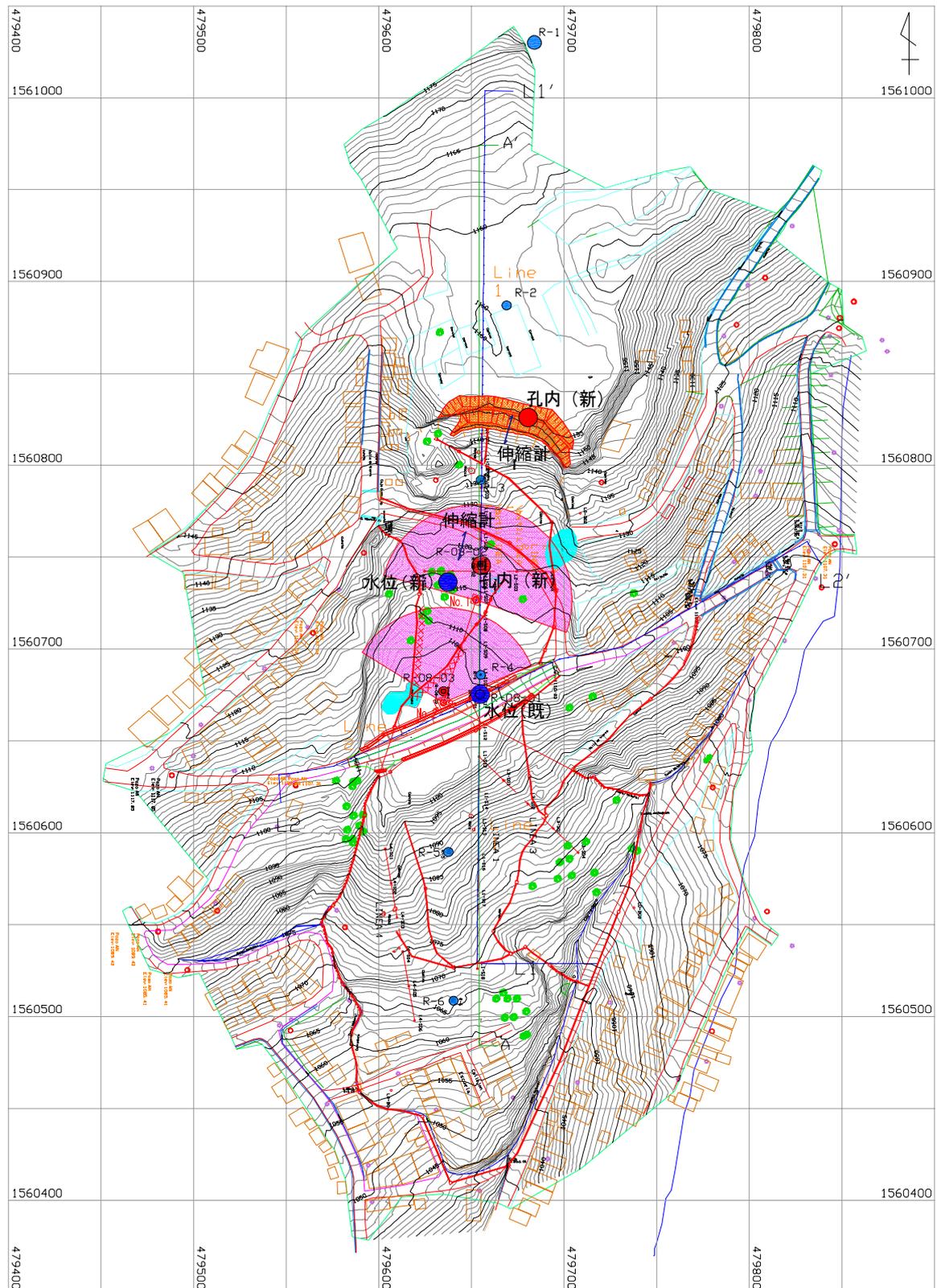
8) 床固工

2010 年 7 月に実施された現地再調査によると水路工設置予定の沢地形部分の一部では洗掘が進行しており、水路工の排水機能を確保するためには床固工を洗掘箇所へ施す必要がある。また、エル・ベリンチェ地区の水路最下流では洗掘の程度が大きいため、水路位置の両側に掘り込まれて形成された斜面についてその崩落を防ぐための護岸工を設置する必要がある。自然斜面のまま放置すると崩落土砂が水路工を塞ぐ恐れがある。

床固工はエル・ベリンチェ地区では 6 箇所、エル・レパルト地区では 10 箇所の設置が必要である。水路護岸工はエル・ベリンチェ地区の水路最下流部 217m 区間を対象としている。床固工及び水路護岸工の標準面を図 3-24 及び図 3-25 に示す。設置予定箇所を図 3-26 及び図 3-27 に示す。なお、両工種とも、ホンジュラス国の現地技術で設計・施工が可能な工種であるが、床固工及び水路護岸工は水路工との一体施工となるため、本無償資金協力で設置する必要がある。

(3) 設計結果

エル・ベリンチェ地区及びエル・レパルト地区の地すべり防止施設の全体配置図は図 3-8 及び図 3-9 に示す通りである。また、エル・ベリンチェ地区及びエル・レパルト地区の主要施設の数量を表 3-9 及び表 3-10 に示す。



モニタリング計器配置		凡例	
● 孔内傾斜計 2箇所	— 水路工および集水ます	● 集水ボーリング工	0 50 100(m)
● 自記水位計 2箇所	— 明暗渠工および集水ます	● 集水井工	
→ 伸縮計 2箇所	— 排土工	● 排水ボーリング工	
	— 盛土工		

図 3-9 エル・レパルト地区対策工事計画平面図

表 3-9 エル・ベリンチェ地区の主要施設の数量

項目	数量	単位
集水井	8	基
集水ボーリング工	6,500	m
排水ボーリング工	692	m
横ボーリング工	250	m
水路工(開渠)	1,621	m
水路工(明暗渠工)	1,758	m
集水樹工	95	基
排土工	16,199	m ³
盛土工	16,699	m ³
搬出土	5,669	m ³

表 3-10 エル・レパルト地区の主要施設の数量

項目	数量	単位
集水井	2	基
集水ボーリング工	3,200	m
排水ボーリング工	147	m
水路工(開渠)	1,649	m
水路工(ボックスカルバート)	216	m
水路工(明暗渠工)	86	m
集水樹工	51	基
排土工	3,736	m ³
盛土工	4,209	m ³
搬出土	765	m ³

また、工事の数量の内訳をまとめると下表のとおりである。

表 3-11 エル・ベリンチェ地区集水井工・横ボーリング工数量一覧表

工種	数量等	標高 (m)
集水井工 (No.1)	径 3.5m、L=17.50m(地上部 0.5m 含む)、ライナープレート製	1023.50
	上段集水ボーリング(VP40):L=50m×10 孔、仰角 5°、展開角 10°	1014.75
	下段集水ボーリング(VP40):L=50m×10 孔、仰角 5°、展開角 10°	1007.75
	排水ボーリング(SGP90A):L=62.6m、俯角 12°	1007.25
集水井工 (No.2)	径 3.5m、L=28.50m(地上部 0.5m 含む)、ライナープレート製	1014.50
	上段集水ボーリング(VP40):L=50m×10 孔、仰角 5°、展開角 11°	1001.75
	下段集水ボーリング(VP40):L=50m×10 孔、仰角 5°、展開角 11°	993.75
	排水ボーリング(SGP90A):L=66.8m、俯角 3°	987.25
集水井工 (No.3)	径 3.5m、L=17.50m(地上部 0.5m 含む)、ライナープレート製	999.50
	上段集水ボーリング(VP40):L=50m×10 孔、仰角 5°、展開角 11°	988.75
	下段集水ボーリング(VP40):L=50m×10 孔、仰角 3°、展開角 11°	983.75
	排水ボーリング(SGP90A):L=67.9m、俯角 6.5°	983.25
集水井工 (No.4)	径 3.5m、L=17.50m(地上部 0.5m 含む)、ライナープレート製	991.50
	上段集水ボーリング(VP40):L=50m×10 孔、仰角 5°、展開角 11°	979.75
	下段集水ボーリング(VP40):L=50m×10 孔、仰角 3°、展開角 11°	975.75
	排水ボーリング(SGP90A):L=69.2m×2 孔、俯角 3°	975.25
集水井工 (No.5)	径 3.5m、L=17.50m(地上部 0.5m 含む)、ライナープレート製	987.50
	上段集水ボーリング(VP40):L=50m×10 孔、仰角 5°、展開角 10°	975.75
	下段集水ボーリング(VP40):L=50m×10 孔、仰角 5°、展開角 10°	971.75
	排水ボーリング(SGP90A):L=74.6m、俯角 7°	971.25
集水井工 (No.6)	径 3.5m、L=14.00m(地上部 0.5m 含む)、ライナープレート製	974.50
	集水ボーリング(VP40):L=50m×10 孔、仰角 3°、展開角 11°	962.25
	排水ボーリング(SGP90A):L=70.6m×2 孔、俯角 2.5°	961.75
集水井工 (No.7)	径 3.5m、L=14.00m(地上部 0.5m 含む)、ライナープレート製	979.50
	集水ボーリング(VP40):L=50m×10 孔、仰角 3°、展開角 10°	967.25
	排水ボーリング(SGP90A):L=70.1m、俯角 2°	966.75
集水井工 (No.8)	径 3.5m、L=13.50m(地上部 0.5m 含む)、ライナープレート製	976.50
	集水ボーリング(VP40):L=50m×10 孔、仰角 3°、展開角 10°	964.75
	排水ボーリング(SGP90A):L=70.2m、俯角 2°	964.25
横ボーリング工 (No.HB-1)	横ボーリング(VP40):L=50m×5 孔、仰角 3°、展開角 10°	1155.00

表 3-12 エル・ベリンチェ地区幹線水路の計画高水流量計算結果

項目	全 域	A	B
計画降雨量(mm/日)	70	70	70
流域面積(k m ²)	0.2792	0.0329	0.2029
流域標高差(m)	240	167.2	217
流路長(m)	1125.59	404.16	928.26
流域勾配	1 / 4.695	1 / 2.415	1 / 4.367
洪水到達速度(m/秒)	7.91	11.777	8.26
洪水到達時間(分)	32.37	30.57	31.91
降雨強度(mm/時)	135.59	139.63	136.64
流出係数	0.50	0.50	0.50
計画洪水流量(m ³ /秒)	5.26	0.64	3.86

表 3-13 エル・ベリンチェ地区幹線水路の計画高水位計算結果

項目	全 域	A	B
計画洪水流量(m ³ /秒)	5.26	0.64	3.86
粗度係数:n	0.015	0.014	0.015
設計水路勾配:i	1 / 6.322	1 / 2.406	1 / 7.71
流下断面:A(m ²)	0.560	0.0724	0.440
潤辺長:P(m)	2.13	0.714	1.831
径深:R(m)[=A/P]	0.263	0.1014	0.240
流速:v(m/秒)[マニング式]	10.88	10.01	9.279
流量:Q(m ³ /秒)[=A×v]	6.09	0.72	4.08
水路形状	現場打ち B=1000 型逆台形	BF400	現場打ち B=700 型逆台形

表 3-14 エル・レパルト地区集水井工数量一覧表

工 種	数 量 等	標高 (m)
集水井工 (No.1)	径 3.5m、L=11.50m(地上部 0.5m 含む)、ライナープレート製	1115.00
	上段集水ボーリング(VP40):L=50m×19 孔、仰角 5°、展開角 10°	1109.25
	下段集水ボーリング(VP40):L=50m×19 孔、仰角 5°、展開角 10°	1105.25
	排水ボーリング(SGP90A):L=62.6m、俯角 10°	1104.75
集水井工 (No.2)	径 3.5m、L=12.50m(地上部 0.5m 含む)、ライナープレート製	1104.50
	上段集水ボーリング(VP40):L=50m×13 孔、仰角 5°、展開角 10°	1097.75
	下段集水ボーリング(VP40):L=50m×13 孔、仰角 3°、展開角 10°	1093.75
	排水ボーリング(SGP90A):L=84.4m、俯角 9°	1093.25

表 3-15 エル・レパルト地区幹線水路の計画高水流量計算結果

項目	A	B
計画降雨量(mm/日)	70	70
流域面積(km ²)	0.1865	279163
流域標高差(m)	146.5	76
流路長(m)	784.4	453.4
流域勾配	1 / 5.348	1 / 5.952
洪水到達速度(m/秒)	7.31	6.85
洪水到達時間(分)	31.79	31.1
降雨強度(mm/時)	136.76	138.37
流出係数	0.50	0.50
計画洪水流量(m ³ /秒)	3.55	1.15

表 3-16 エル・レパルト地区幹線水路の計画高水位計算結果

項目	A	B
計画洪水流量(m ³ /秒)	3.55	1.15
粗度係数:n	0.015	0.015
設計水路勾配:i	1 / 6.332	1 / 4.500
流下断面:A(m ²)	0.392	0.200
潤辺:P(m)	1.820	1.300
径深:R(m)[=A/P]	0.215	0.154
流速:v(m/秒)[マニング式]	9.52	9.023
通水可能量:Qa(m ³ /秒)	3.73	1.80
水路形状	ボックスカルバート 700×700	現場打ち 500×500

表 3-17 排土盛土量一覧表

項目	エル・ベリンチェ地区	エル・レパルト地区	合計
掘削土(m ³) (排土)	34,847 (16,199)	7,833 (3,736)	42,680 (19,935)
盛土・埋戻(m ³) (盛土)	29,178 (16,699)	7,068 (4209)	36,246 (20,908)
残土(m ³)	5,669	765	6,434

3-2-2-4 モニタリング計画

モニタリング施設は地すべり活動を的確に把握できるよう主要ブロックに配置する。また、またモニタリング施設は工事中の安全管理にも併用する。

既存孔（水位計および孔内傾斜計用観測孔）を活用する他、エル・ベリンチェ地区では雨量計 1 箇所、伸縮計 4 箇所、孔内傾斜計観測孔 1 箇所、自記水位計及び同観測孔 3 箇所の新設を行う。エル・レパルト地区においては雨量計 1 箇所、伸縮計 2 箇所、孔内傾斜計観測孔 1 箇所、自記水位計 1 箇所及び同観測孔を新設する。モニタリング計器の全体配置は図 3-8 及び図 3-9 に示す通りである。なお、既設置の移動杭はエル・ベリンチェ及びエル・レパルト地区とも工事による広範囲の乱れを考慮してモニタリングには用いないこととする。

表 3-18 モニタリング計器一覧

	新 設 計 器 (施工工事時)	準備調査時設置計器 (2008年6月)	既存孔 ¹⁾ (2001年以前)
エル・ベリンチェ地区			
雨量計	1 箇所 (現場事務所内)	1 箇所 (SOPTRAVI 構内)	—
伸縮計	4 箇所(自記) (A,B,C,A'各ブロック間)	—	—
孔内傾斜計	1 箇所 ²⁾ (B-08-04 の上方 5~10m 地点、深さ 60m)	2 箇所 (B-08-01(45m)) (B-08-03(45m))	4 箇所 (B1(40m),B2(50m)) INC-2(60m),INC-4(35))
水位計	3 箇所(自記) (No.2 井と B-08-03 の間、深さ 30m) (No.4 井近傍下方、深さ 20m) (No.6 井と B-08-04 の間、深さ 20m)	1 箇所(手動) (B-08-02(35m))	6 箇所(手動) (BS-2(27m),BS-5(56m)) BS-6,BS-7(55m) W-1(25m),W-2(35m))
エル・レパルト地区			
雨量計	1 箇所 (現場事務所内)	1 箇所 (AMDC 構内)	—
伸縮計	2 箇所(自記) (主滑落崖中央部と R-3 の間 15m 区間) (第二すべり面(上部細道)と No.1 井の間 15m 区間)	—	—
孔内傾斜計	1 箇所 (主滑落崖中央部(30m))	1 箇所 (R-08-02(30m))	1 箇所 (R4(35m))
水位計	1 箇所(自記) (R-08-02 の下方(南西)20m、 深さ 20m)	2 箇所(自記、手動) (R-08-01 自(30m)) (R-08-03 手(10m))	2 箇所(手動) (R3(35m),R5(7m))

注 1) 計測可能孔、計器番号は図 3-8 及び図 3-9 に記載。

注 2) ボーリング孔及びガイドパイプの設置(孔内傾斜計本体は準備調査時導入のものを使用)。

上記測定値は管理主体 (CODEM-DC) の事務所にて集中管理し、あらかじめ定めた管理値に応じて現場巡検を行い、現場の状況 (地表部の変状、クラック発生、集水井排水量変化、構造物異常等) を確認の上、警戒・避難行動の判断に用いる。

なお、2010 年 7 月に実施された現地再調査に際して、エル・ベリンチェ地区の工事対象範囲に隣接した 2 箇所での地すべり活動が確認された。同地すべりそのものは、本プロジェクトが対象とする地すべりブロックとは別のものであるが、工事への影響をモニタリングする必要があり、隣接箇所近傍に伸縮計を 5 箇所増設する。

3-2-3 概略設計図

以上の基本計画に基づいて作成した基本設計図を以下のように掲載する（図 3-9～図 3-21）。

なお、集水井については全 10 基（エル・ベリンチェ 8 基、エル・レパルト 2 基）の中、エル・ベリンチェ No.2 井、エル・レパルトの中 No.1 井を代表として示す。また、水路工については各サイズにわたるがその内の代表的な断面を示す。

(1) エル・ベリンチェ地区

- ① 集水井工平面配置図（図 3-9）
- ② 集水井工配置断面図（図 3-10）
- ③ No.2 井 集・排水ボーリング工孔口部詳細図（図 3-11）
- ④ No.2 井 構造図（図 3-12）
- ⑤ 横ボーリング工流末処理工詳細図（図 3-13）
- ⑥ 水路工規格区分図（図 3-14）
- ⑦ 水路工標準断面図（図 3-15）

(2) エル・レパルト地区

- ① 集水井工平面配置図（図 3-16）
- ② 集水井工配置断面図（図 3-17）
- ③ No.1 井 集・排水ボーリング工孔口部詳細図（図 3-18）
- ④ No.1 井 構造図（図 3-19）
- ⑤ 水路工規格区分図（図 3-20）
- ⑥ 水路工標準断面図（図 3-21）

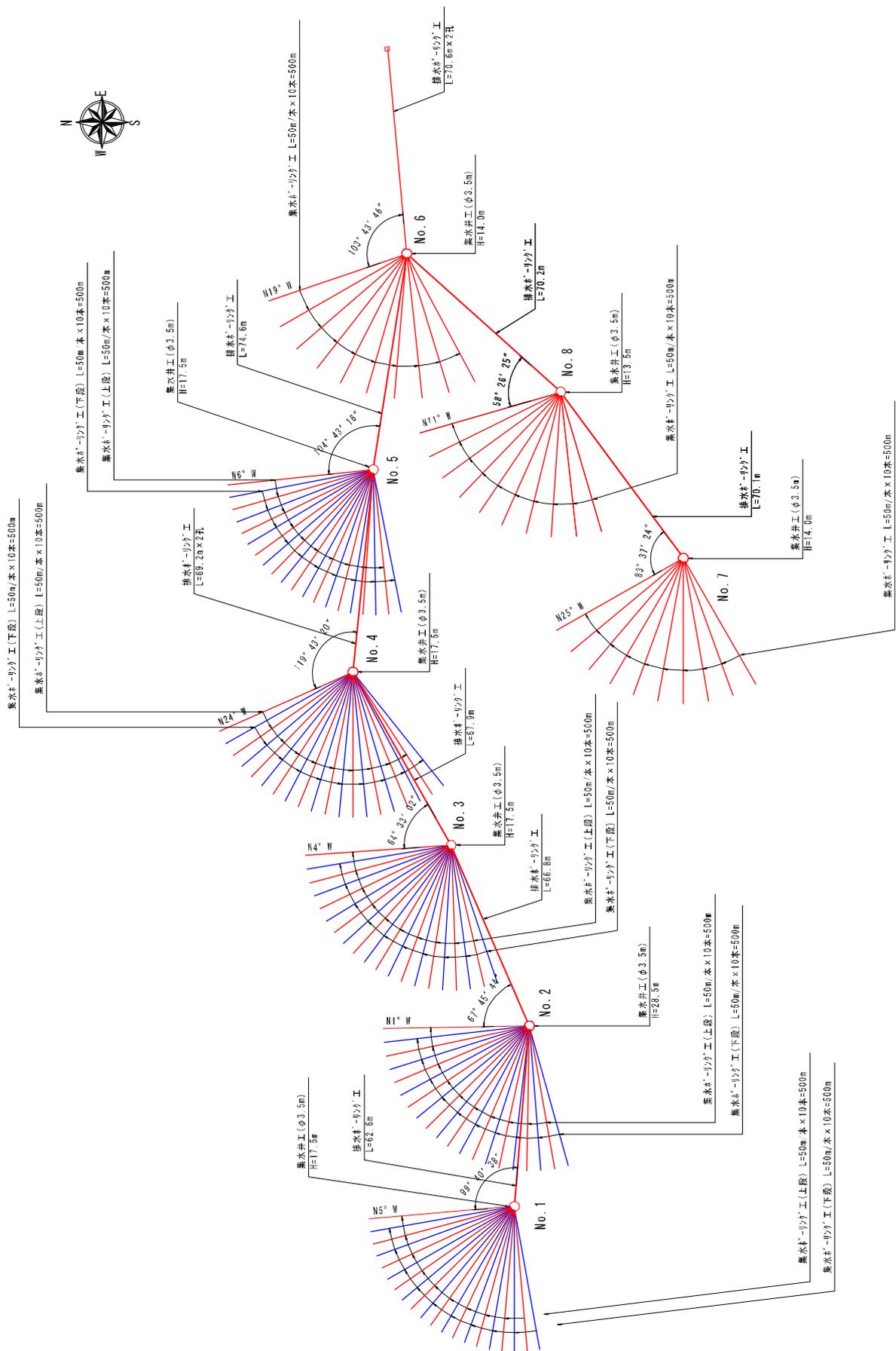


図 3-9 集水井工平面配置図 (エル・ベリンチェ)

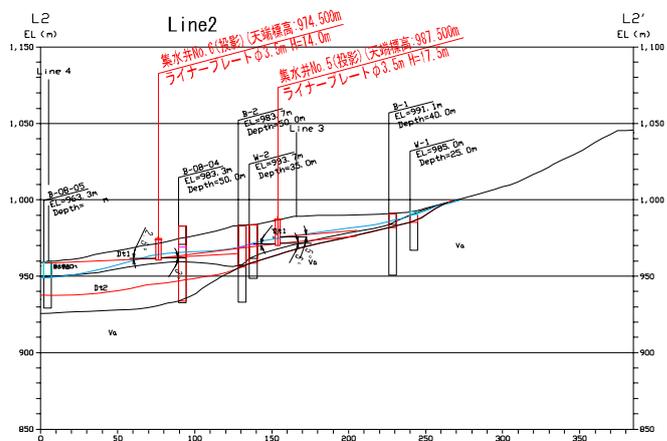
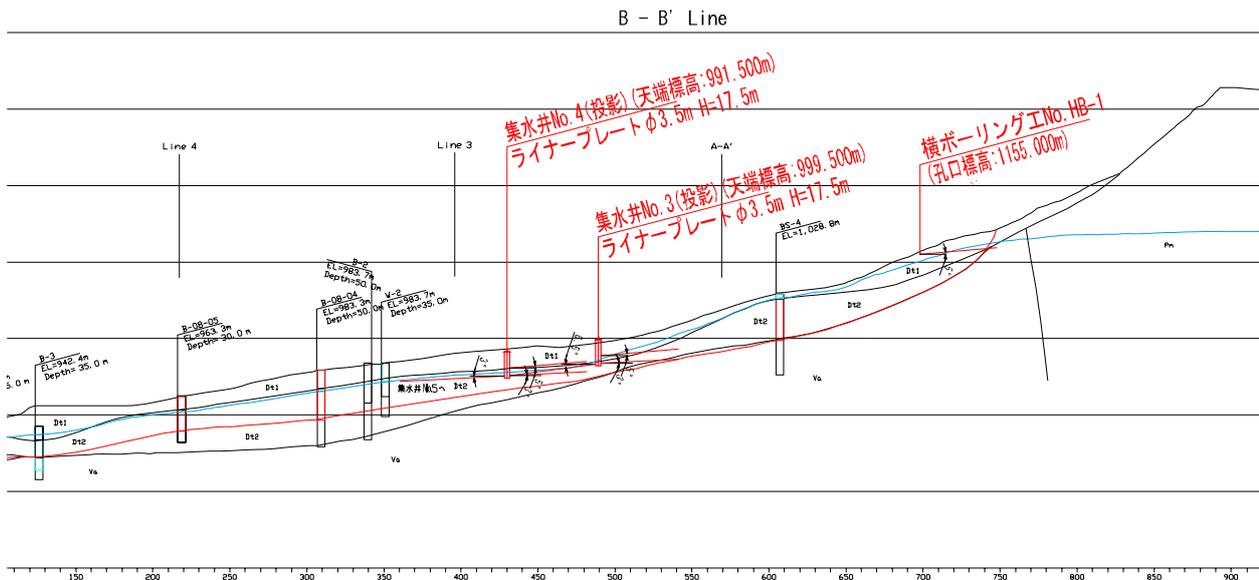
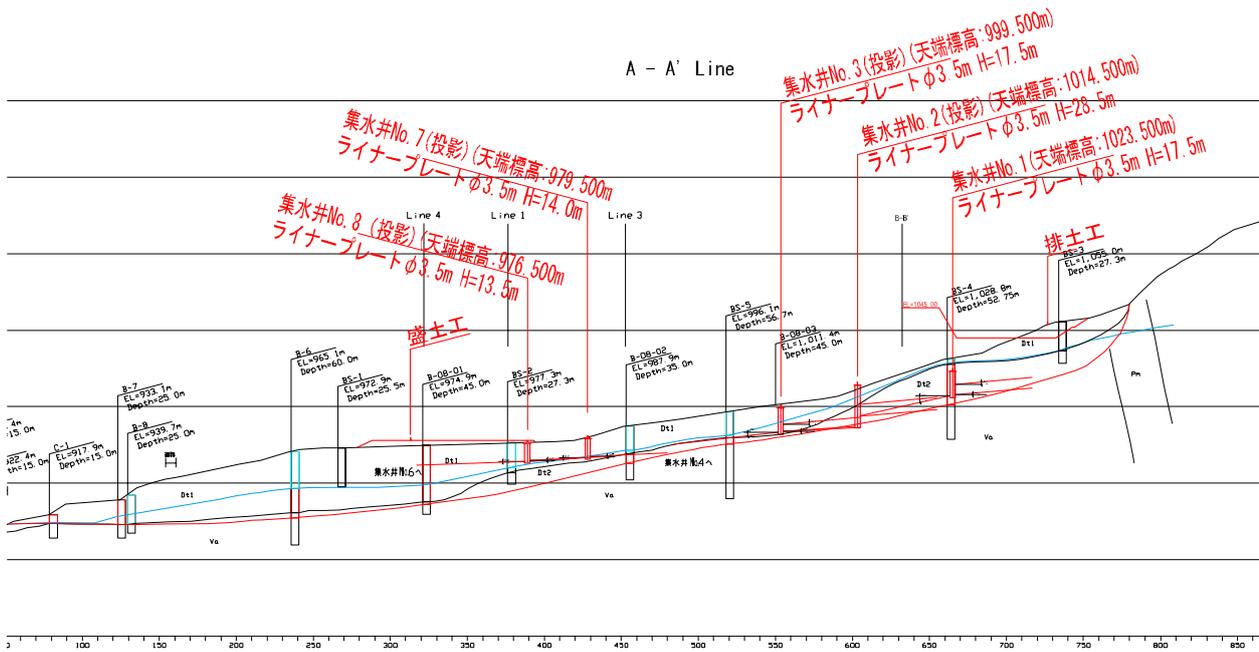


図 3-10 集水井工配置断面図 (エル・ベリンチェ)

側面図

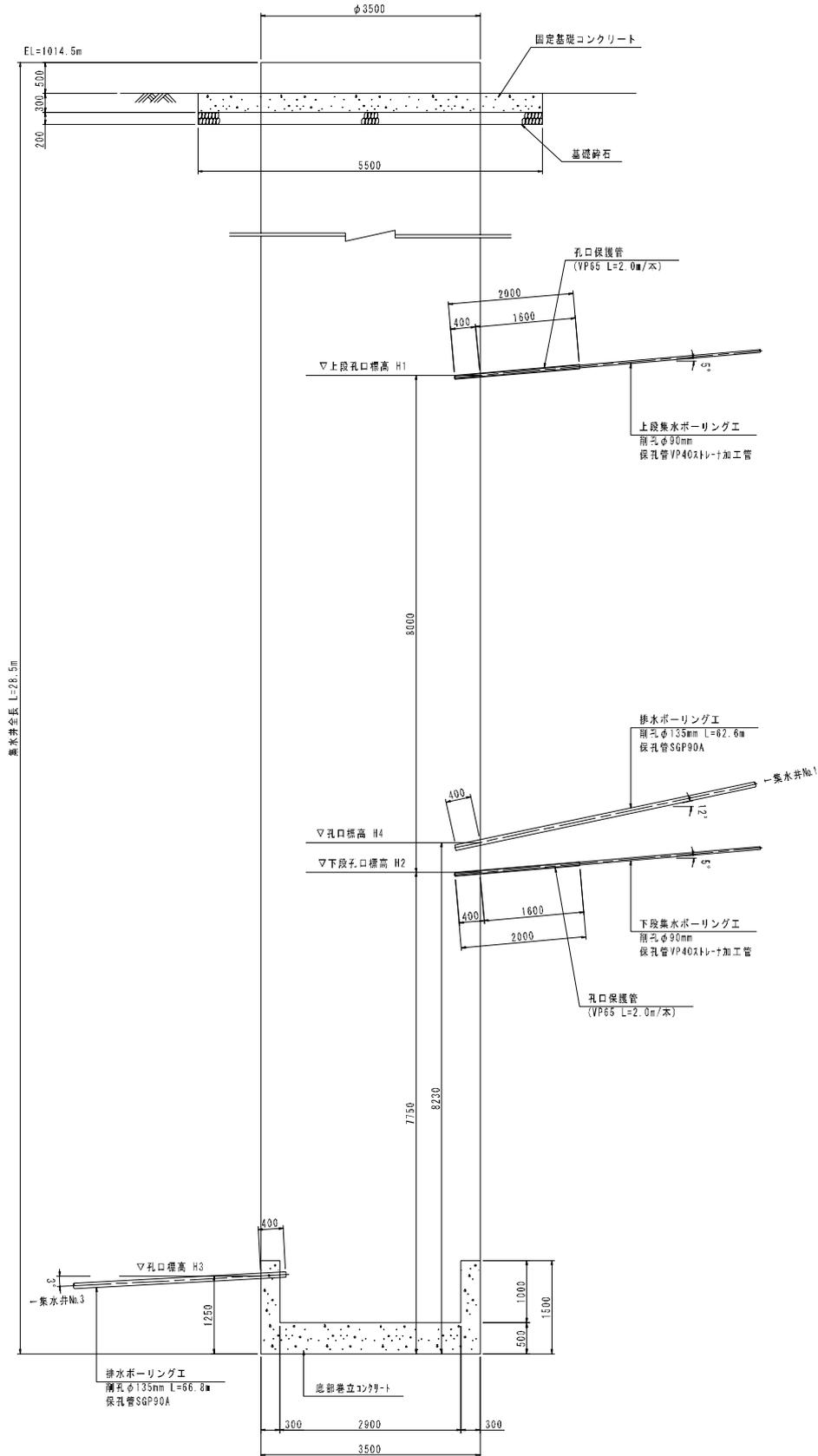


図 3-11 No.2 集・排水ボーリング孔口部詳細図 (エル・ベリンチェ)

流末処理工詳細図

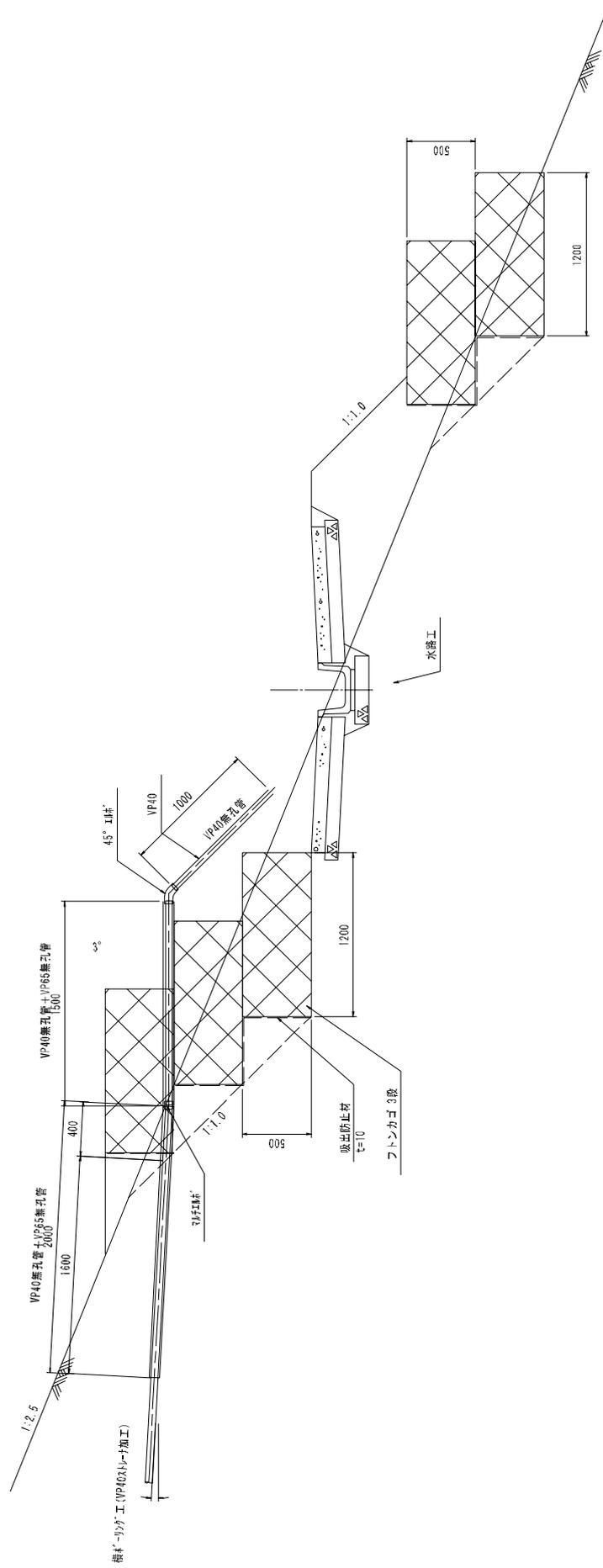


図 3-13 横棒リソング工流末処理工詳細図 (エル・ベリンチェ)

水路工規格区分図

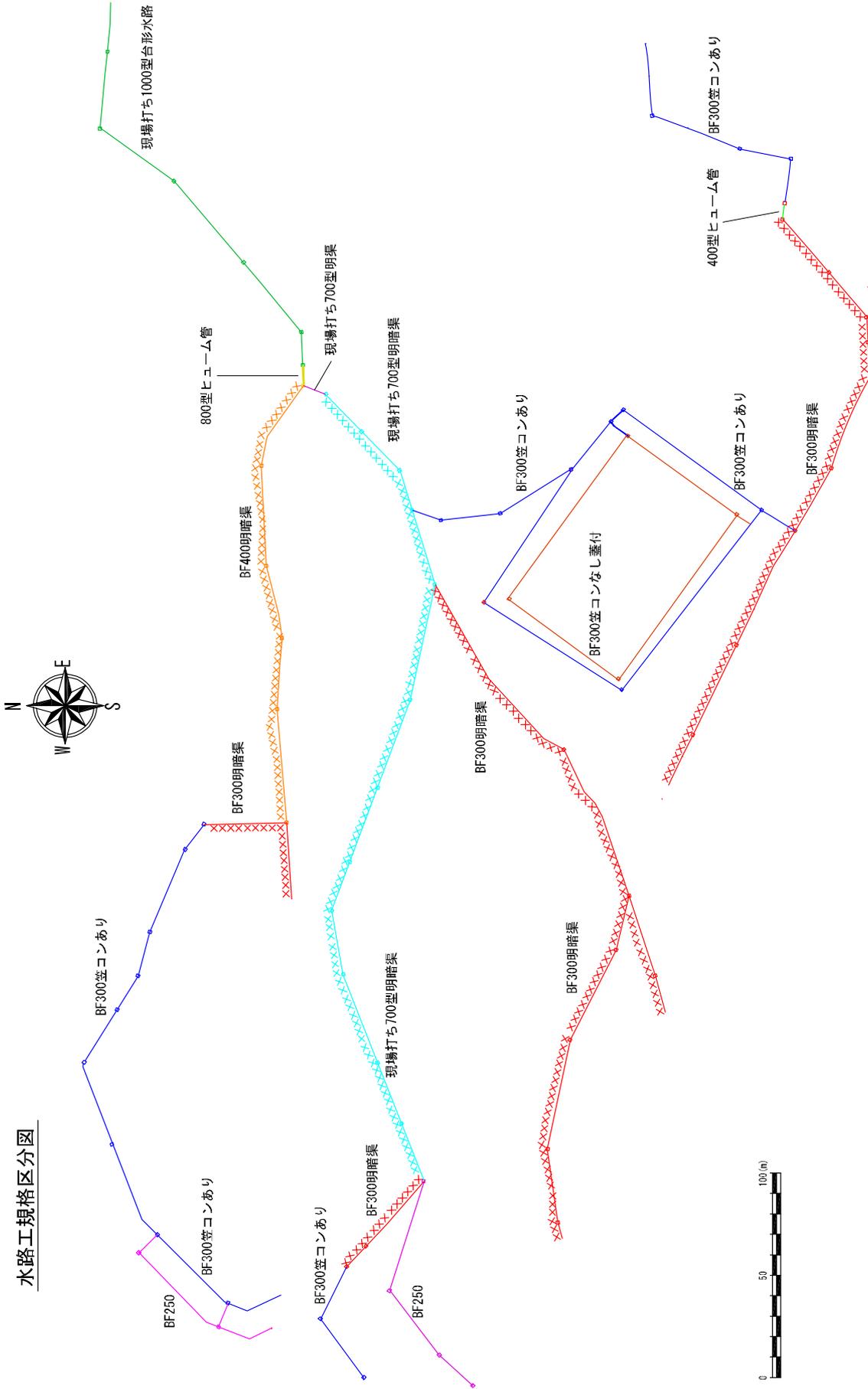
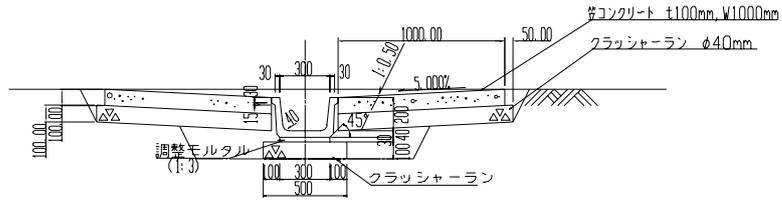
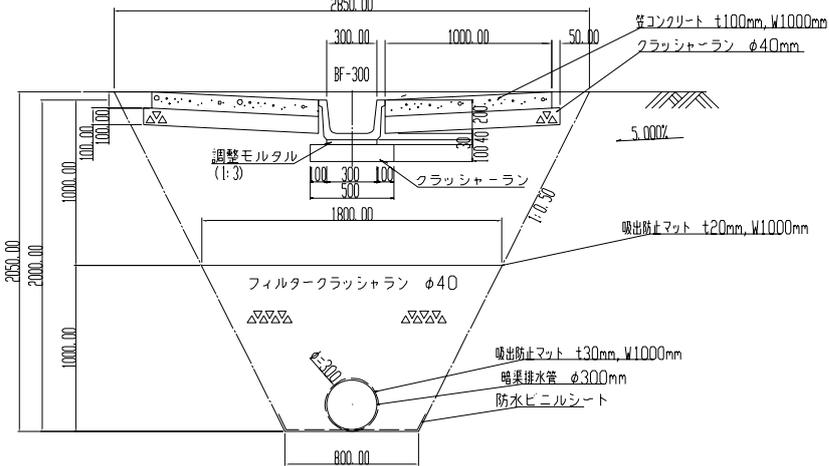


図 3-14 水路工規格区分図 (エル・ベリンチエ)

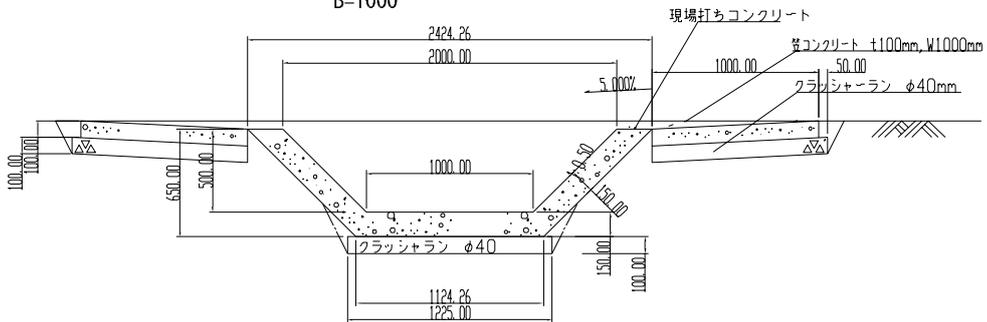
ベンチフリューム
BF-300



明暗渠工
ベンチフリューム(300型)



水路工標準図
B=1000



明暗渠工
B=700用

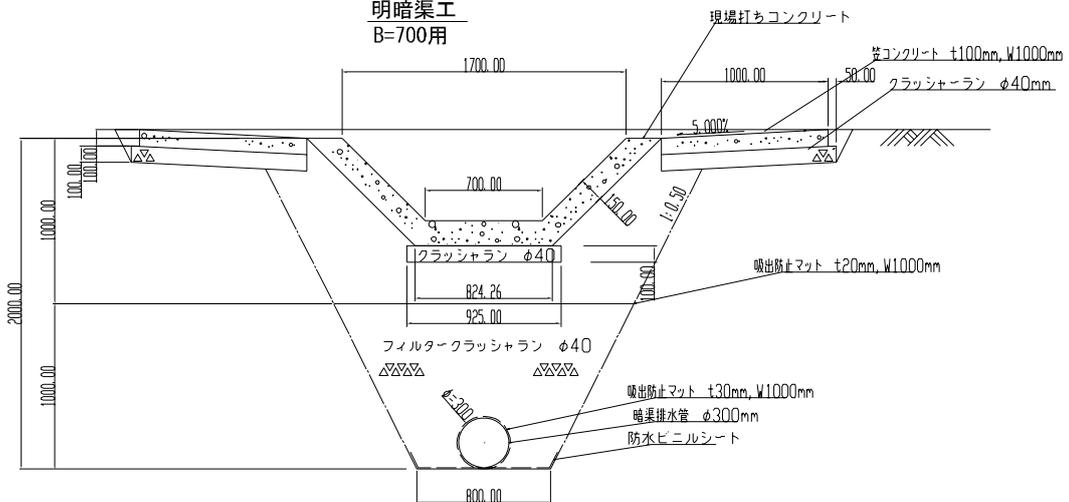


図 3-15 水路工標準断面図 (エル・ベリンチェ)

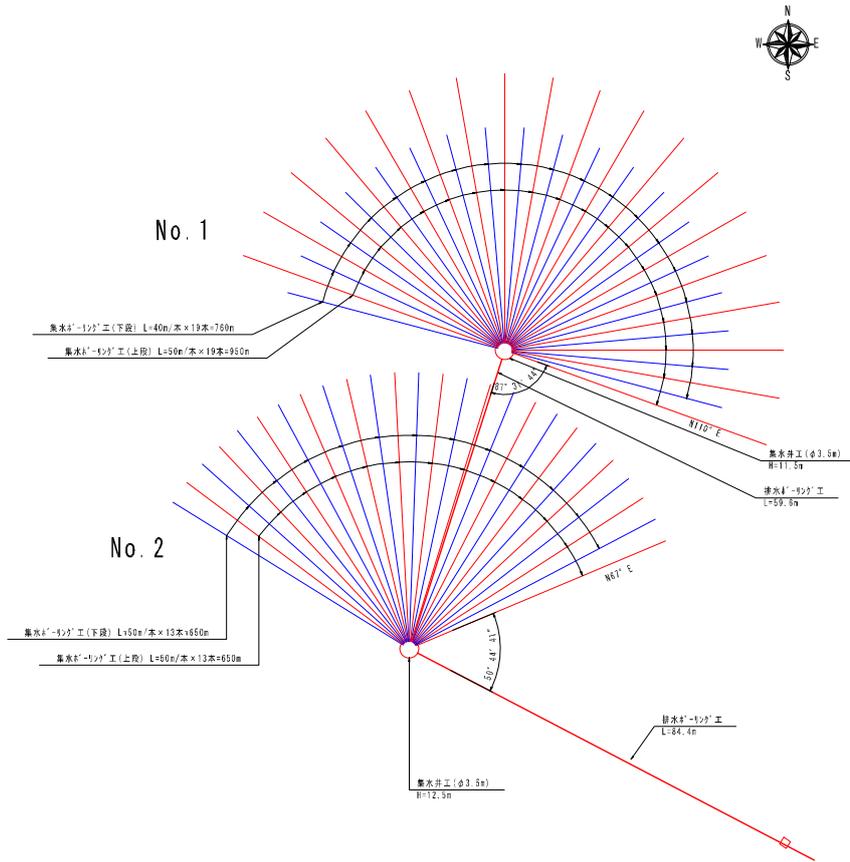


図 3-16 集水井工平面配置図 (エル・レパルト)

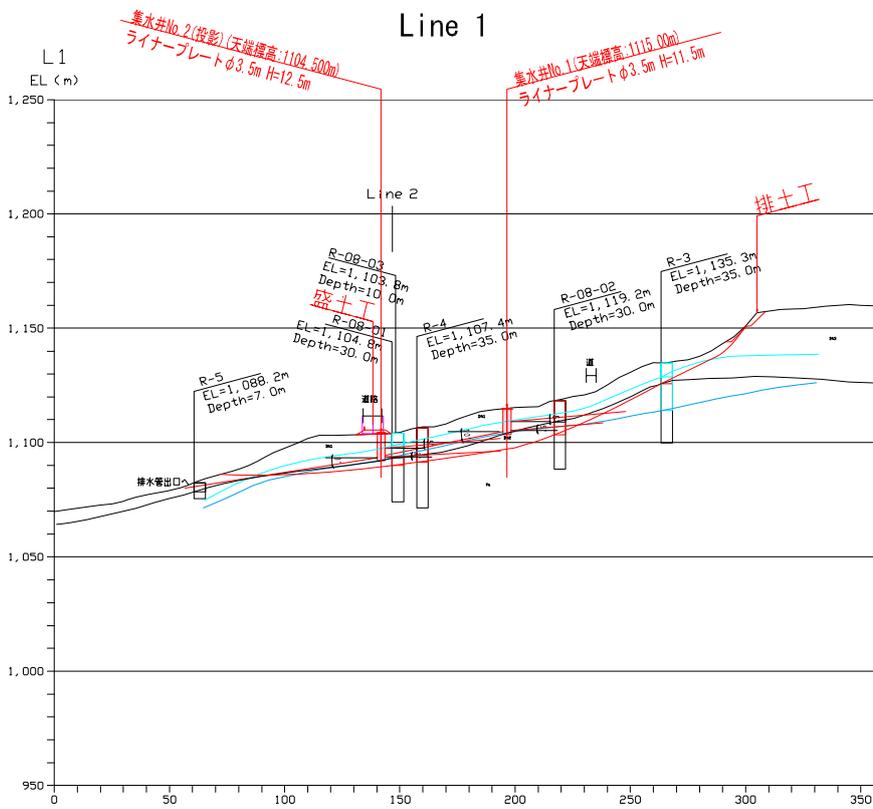


図 3-17 集水井工配置断面図 (エル・レパルト)

側面図

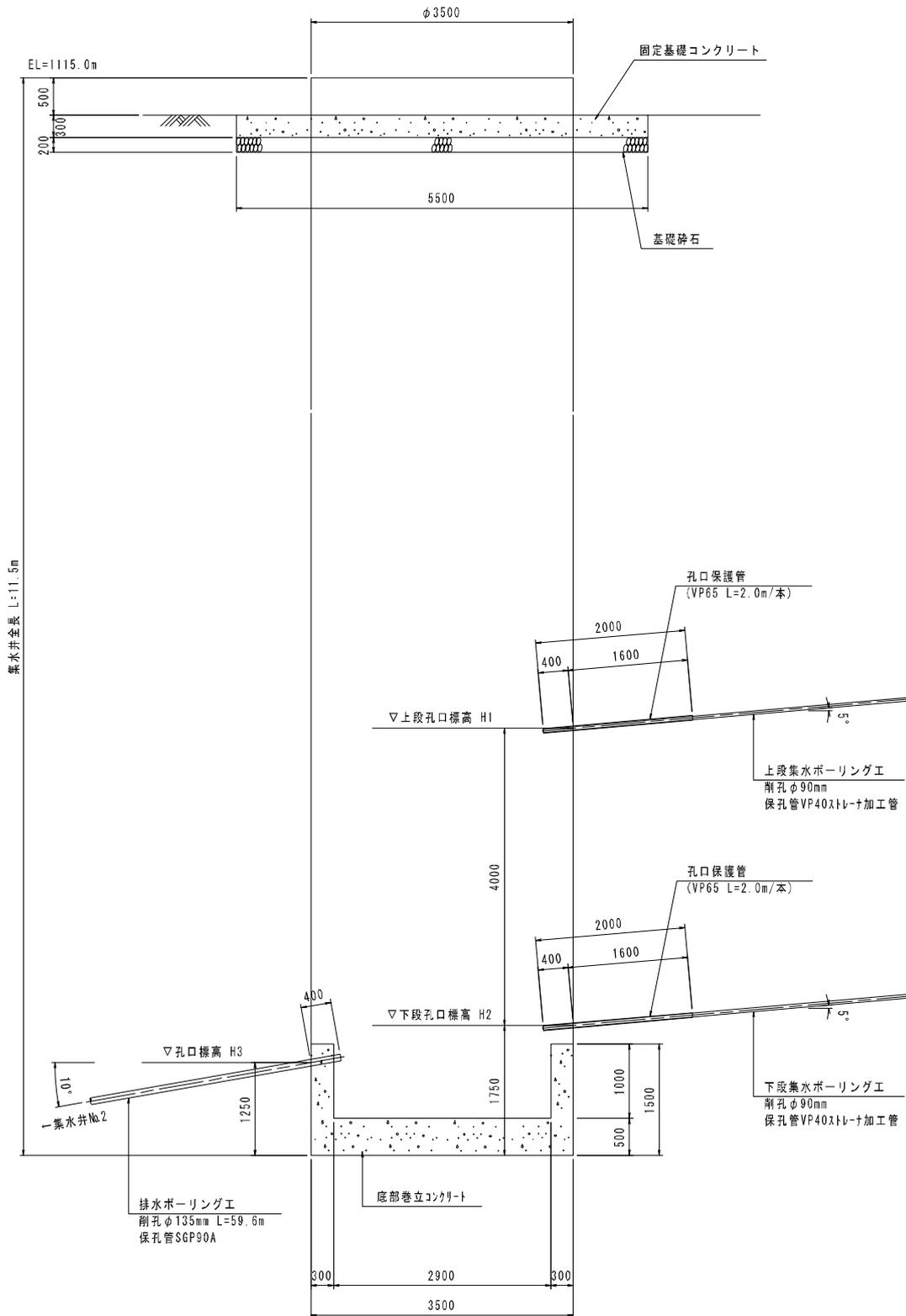
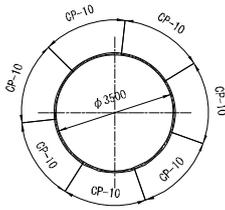
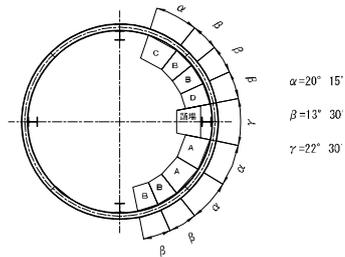


図 3-18 No.1 集・排水ボーリング工孔口部詳細図 (エル・レパルト)

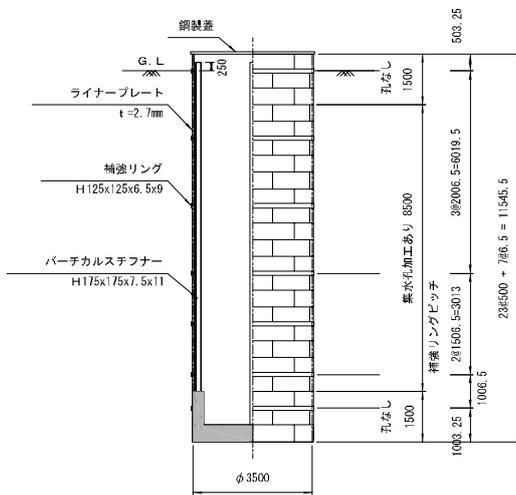
平面図 s=1/100



タラップ配置図



断面図及び側面図 s=1/100



内面展開図 s=1/100

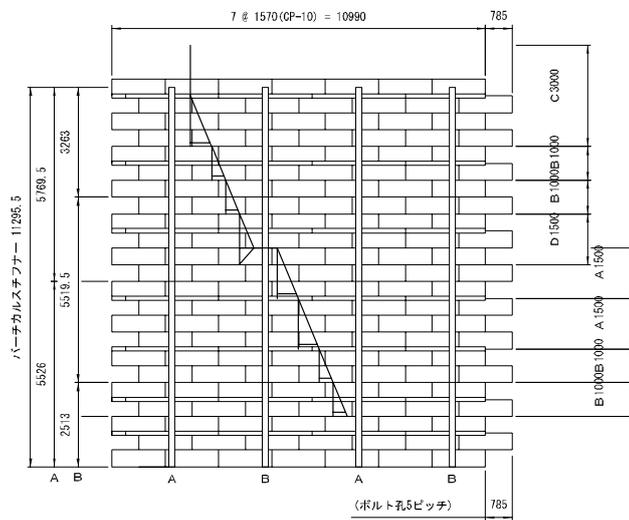


図 3-19 No.1 井 構造図 (エル・レパルト)

水路工区分図

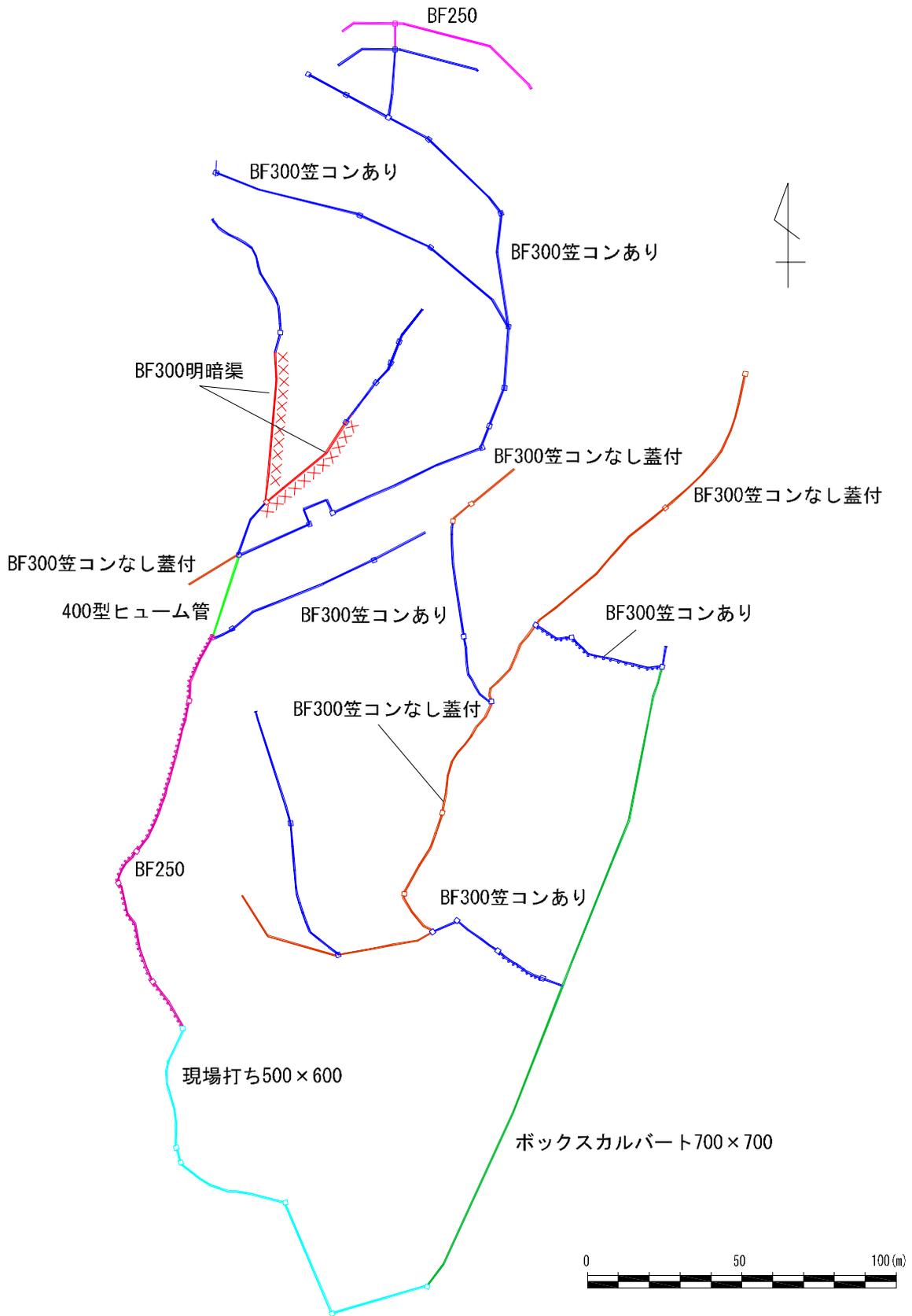
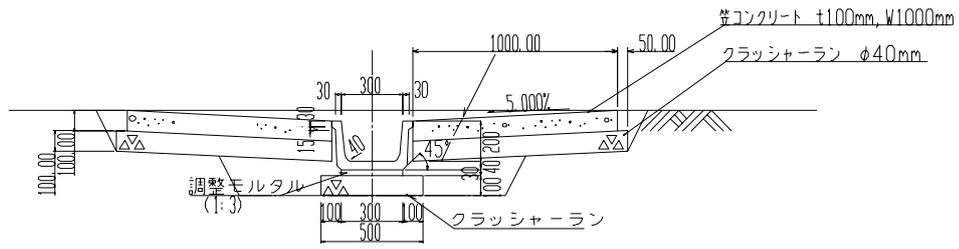
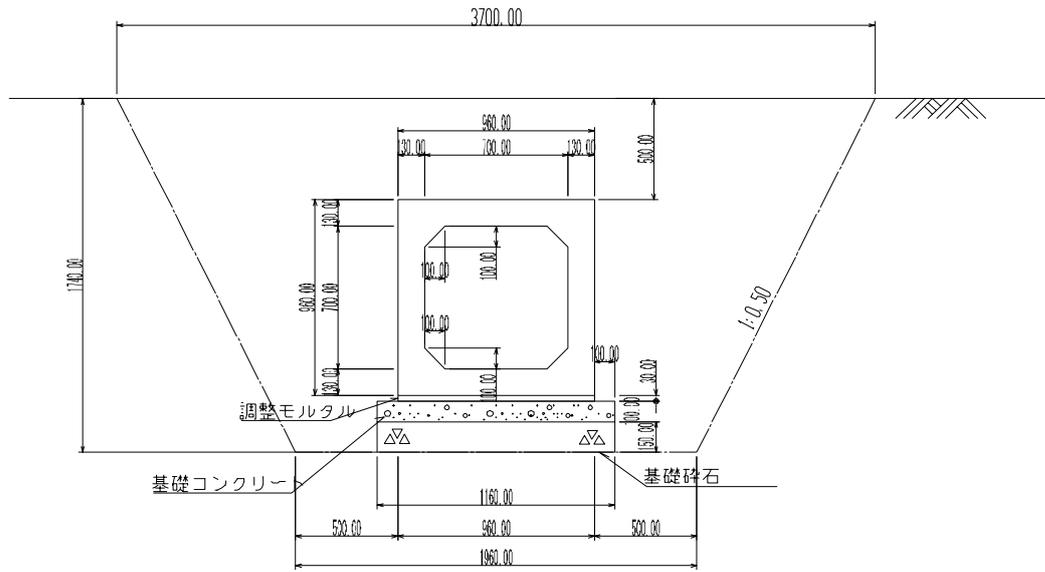


図 3-20 水路工規格区分図 (エル・レパルト)

ベンチフリーム
BF-300



RCプレキャストボックスカルバート700×700



水路工標準図(φ400ヒューム管)

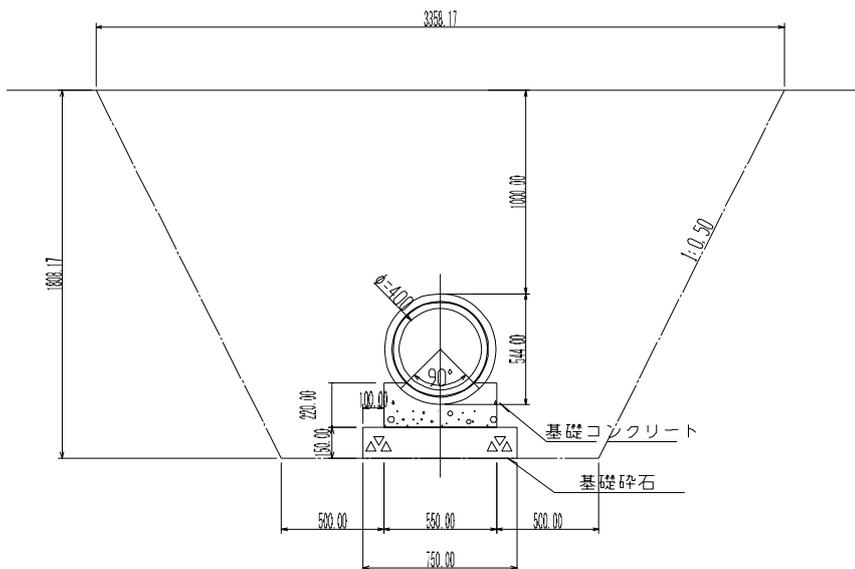


図 3-21 水路工標準断面図(エル・レパルト)

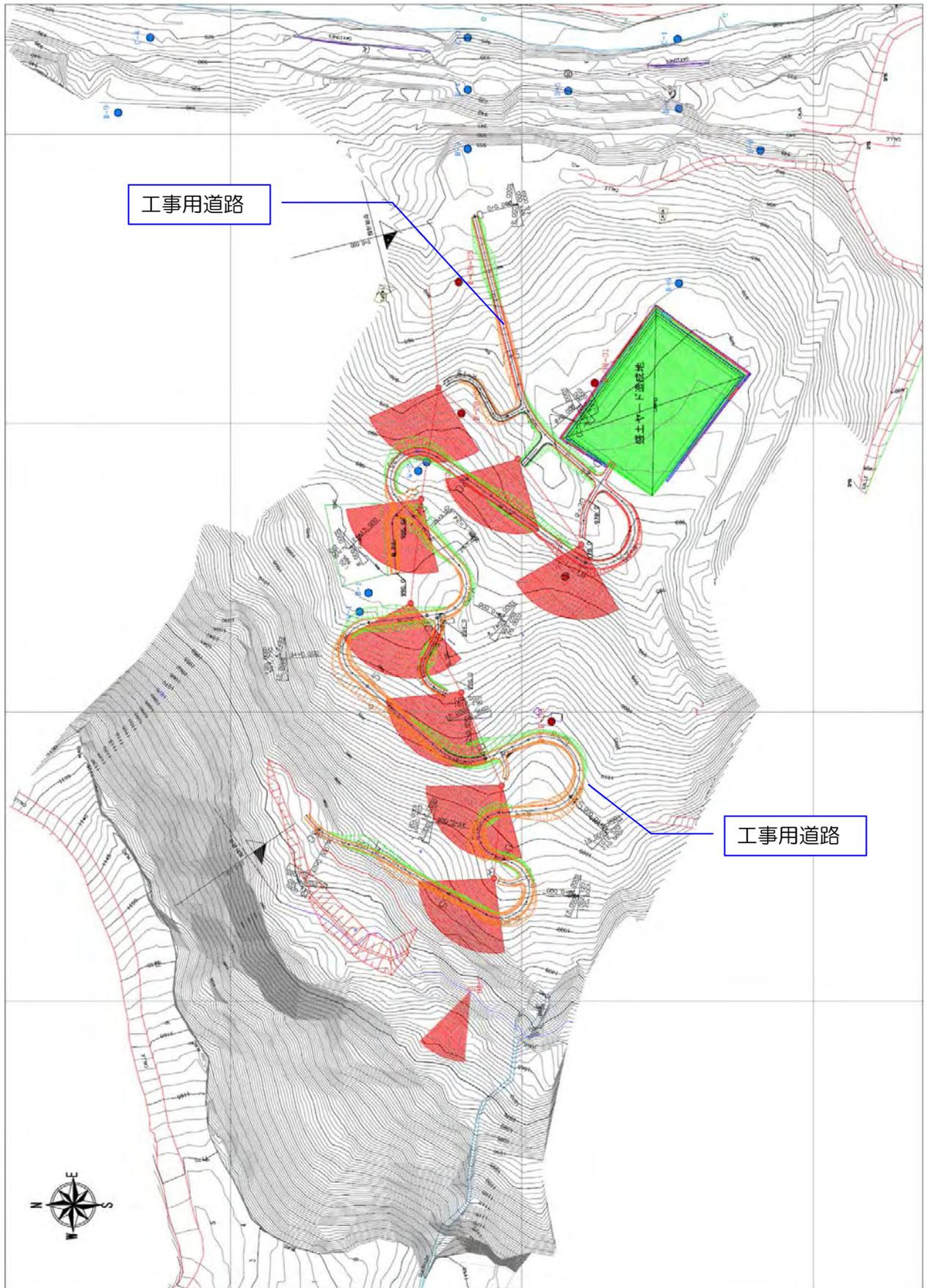


図 3-22 工事用道路平面図 (エル・ベリンチェ)

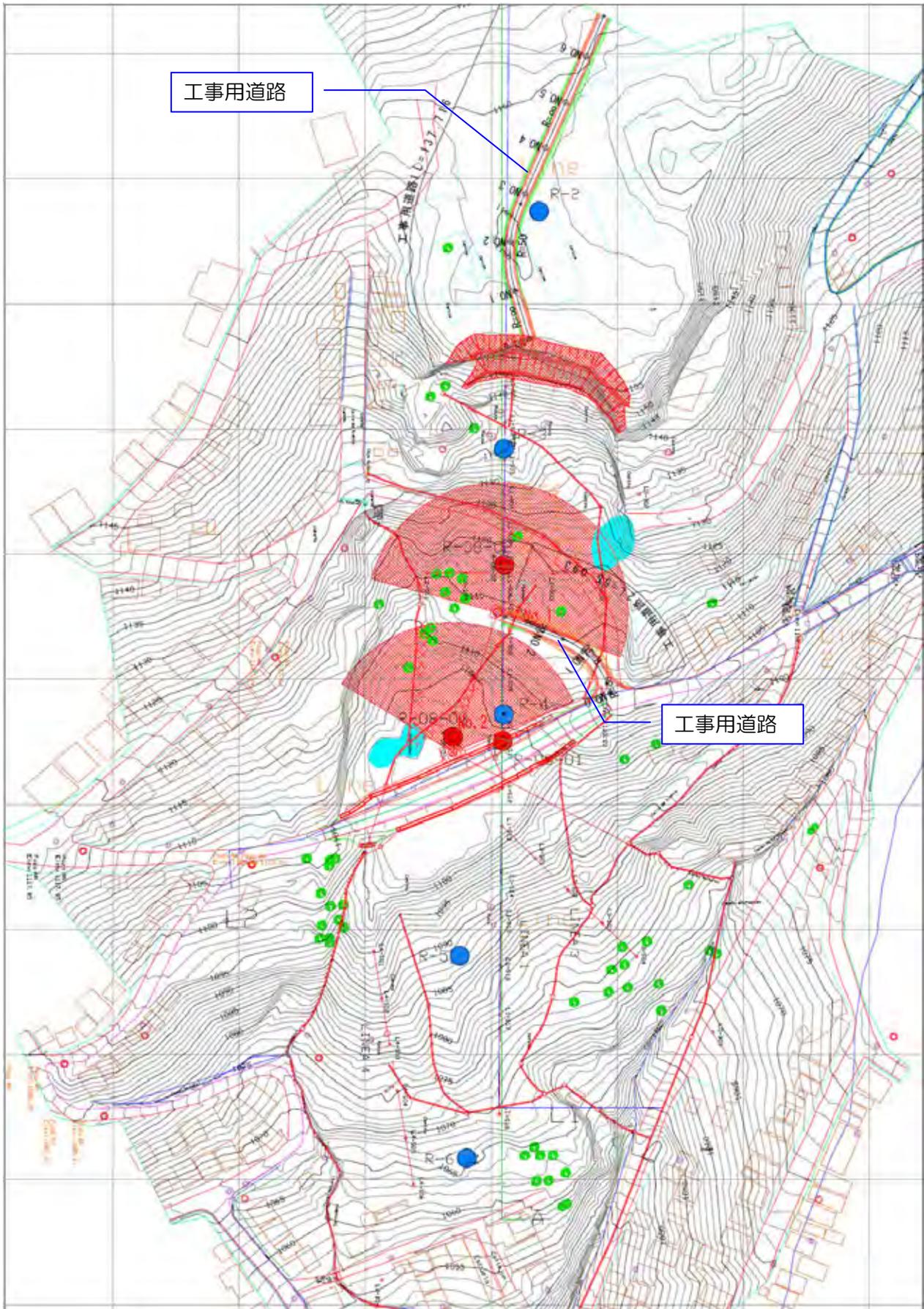


図 3-23 工事用道路平面図（エル・レパルト）

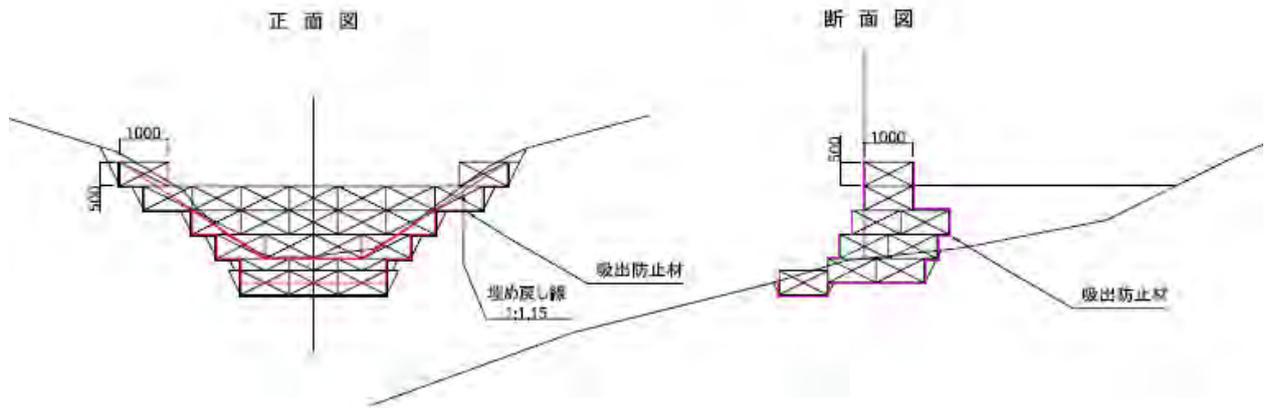


図 3-24 床固工標準図

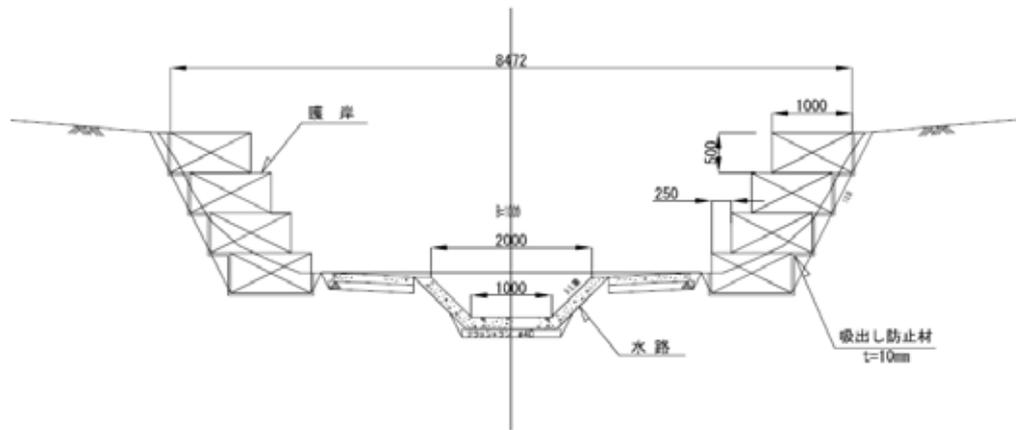


図 3-25 水路護岸工標準図



[西端 No.1 集水井付近]



[チョルテカ川最下流部]

図 3-26 エル・ベリンチェにおける床固工(フトンカゴエ)及び水路護岸工の位置

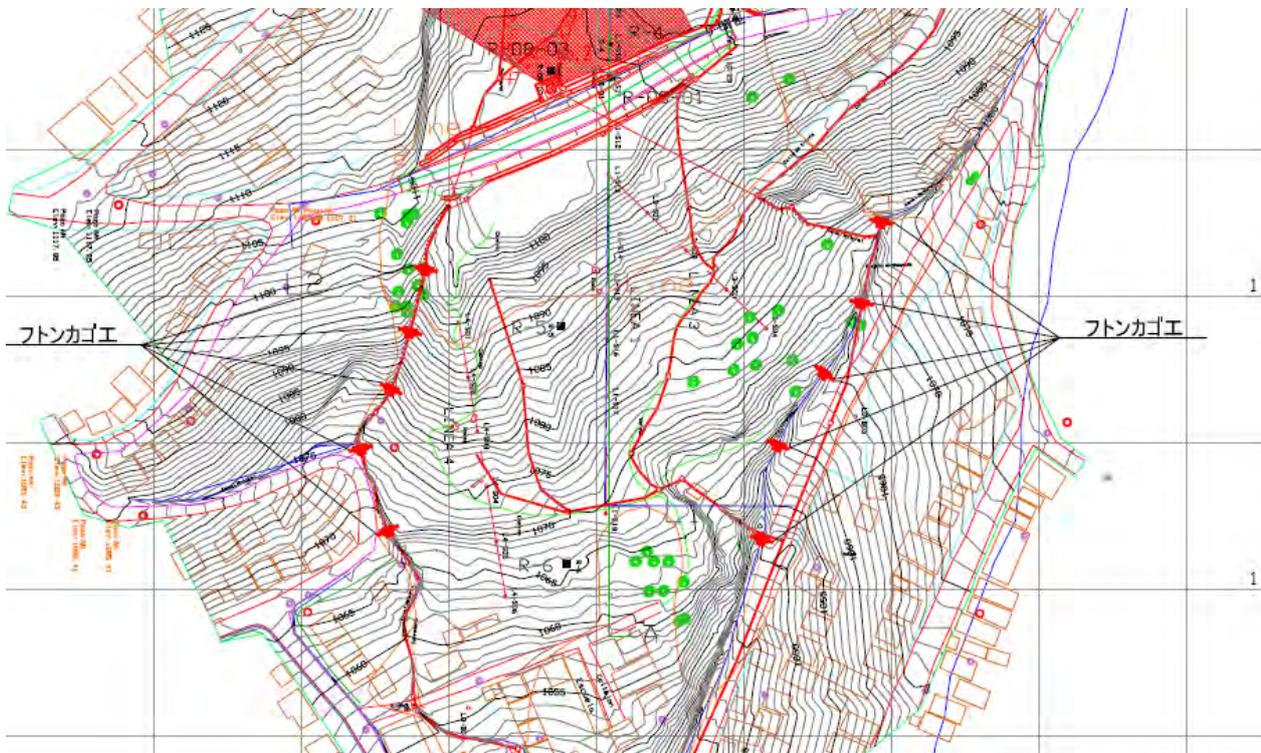


図 3-27 エル・レパルトにおける床固工(フトンカゴエ)の位置

3-2-4 施工計画

3-2-4-1 施工方針

本計画は日本国の無償資金協力の枠組みで実施されることを想定し、施工方針として以下の事項を考慮する。

- ① 地すべり危険地での施工、傾斜地での施工、深い掘削を伴う工事となるため、工事の安全な実施に配慮した計画とする。
- ② 地質状況及び降雨状況を勘案し適切な施工方法を採用し、現実的かつ確実な施工計画を立案する。
- ③ 地域経済の活性化、雇用機会の創出、技術移転の促進に資するため、本計画の実施に際しては現地の技術者、労務者、資機材を最大限に活用する。
- ④ 工事完了後の施設維持管理や地すべり警戒のモニタリングの方法および運用面での方策を提案し、今後の維持管理を担当する「ホ」国関係者の能力向上をソフトコンポーネント計画の実施を通して図る。

3-2-4-2 施工上の留意事項

協力対象事業実施に際しての留意すべき事項を以下に示す。

(1) 工事期間中の安全確保

- ◆ 地すべり危険地であることから、工事期間中には地すべり警戒モニタリングを実施する。
- ◆ 傾斜地施工や深い掘削においては作業員への教育を徹底するとともに安全管理員を配置するよう計画する。建設業者との契約に安全管理の充実を規定する。
- ◆ 市街地における工事となるため、工事区域への一般市民の立ち入りを制限するための警備員を配置するとともに警察官を配置する。さらに資機材の搬入・搬出は周辺の狭隘な一般道路を利用するため要所に交通警察官を配置する。

(2) 工事期間中の環境社会配慮

プロジェクトの実施による考慮すべき環境項目について、その緩和策及びモニタリング方法を「6-3 モニタリング計画」に述べる。

(3) ホンジュラス国の労働法規の遵守

「ホ」国の労働法規に基づくと、基礎労働時間は週44時間、基礎労働日は月～土曜日の週6日制である。これら条件に降雨による作業不能日、祝祭日を加算し稼働日数率を算定する。これら稼働条件は入札図書に記載し、実際の工事工程に反映させる。

(4) 乾期の最大限の活用

協力対象事業における建設施設は水抜きボーリング、集水井（10基）、水路、護岸、排土、盛土等の土工であり施工可能日数は降雨の影響を大きく受ける。各工種において降雨の影響を最も受けやすい排土や盛土の工事をなるべく乾期に集中させること等により全体工期を短縮するよう各工種の施工計画を検討する。

(5) 実際の地質・地下水位賦存状況に応じた適正な排水ボーリング孔の配置

地質や地下水位賦存状況は限られた調査情報から想定された計画と実際では異なるのが通常である。水抜きボーリングや集水井は地下水の集水を主目的とした施設であるので、計画と実際の違いにより意図した集水量が得られない場合は全体コストに大きな影響を与えないような施工計画の変更（例えば水抜きボーリングの施工順序や配置の変更等）を立案する。

3-2-4-3 施工区分

協力対象事業を実施する場合、日本および「ホ」国政府それぞれの負担事項の概要は以下の通りである。

表 3-19 日本およびホンジュラス国政府それぞれの負担事項

日本側負担事項	「ホ」国側負担事項
<ul style="list-style-type: none"> ・「基本計画」に示された協力対象事業であるエル・ベリンチェ地区及びエル・レパルト地区の地すべり防止施設の建設。 ・エル・ベリンチェ地区およびエル・レパルト地区におけるモニタリング施設の一部新設。 ・仮施設（資機材ヤード、事務所等）の建設・撤去。 ・工事期間中における工事、及び工事区域内を通過する一般交通の安全対策の検討。 ・工事期間中における工事による環境汚染防止対策。 ・「資機材調達計画」に示された建設資機材の調達、輸入および輸送。 ・「施工監理計画」で示された実施設計、入札・契約書の作成、入札補助および工事の施工監理。環境管理計画の監視を含む。 	<ul style="list-style-type: none"> ・本計画に必要な用地取得の実施。 ・本協力対象事業に必要な仮施設用地の無償提供。 ・本協力対象事業の実施によって影響を受ける電力線、通信線の撤去・移設工事。 ・本協力対象事業の実施によって影響を受ける水道管の移設。 ・本協力事業工事に必要な廃材処分場の提供。 ・工事サイトへの警察官及び交通警察官の配置。 ・「ホ」国政府が課す関税、国内税、その他税制上の課徴金等の免除。 ・本協力事業に関係する日本人および第三人の入国、滞在等に対する便宜供与。 ・銀行手数料の負担（銀行口座(B/A)開設、支払授權書(AP)の手続き)

3-2-4-4 施工監理計画

(1) 施工監理業務の基本方針

協力対象事業は、日本国の無償資金協力の枠組みで実施されることを想定し、施工管理業務の基本方針として下記事項を掲げる。

- ◆ 工事の品質は完成した施設の寿命・耐久性に大きく影響を及ぼすので、品質監理を最優先課題として掲げ施工監理業務を遂行する。
- ◆ 品質監理に続く監理項目として進捗監理、安全監理、支払い監理を重視する。
- ◆ これら課題を達成するために週1回の間隔で建設業者と施工監理コンサルタントとで合同現場点検と定例会議を開催し、問題点の確認と対処方針を協議する。
- ◆ これに加え、月1回顧客である「ホ」国政府の合同調整委員会（主要メンバーは SOPTRAVI、SERNA、AMDC、COPECO）の代表（AMDC）と建設業者、施工監理コンサルタントとで定例会議を開催し、問題点の確認と対処方針を協議する。
- ◆ 建設業者への指示、全ての会議の記録、顧客への報告等は文書で残し、文書でもって報告するものとする。

(2) コンサルタントの施工監理業務

コンサルタント契約に含まれる主な業務内容を以下に示す。

1) 詳細設計段階

準備調査時から雨期を経た対象地区について、施設設計のための測量を実施する。

基本設計調査報告書の結果に従い、各施設の実施設計を行う。

2) 入札図書作成段階

工事契約図書の作成を行い、下記成果品に対し「ホ」国政府の AMDC の承認を得る。

なお、特記仕様書作成に当たっては、本プロジェクト特有の課題である①工事中における地すべり活動発生時の対応、②地質変動に対する精算システムの導入、③不測の状況に対する設計変更の容認等について検討する。

- ◆ 設計報告書
- ◆ 設計図
- ◆ 入札図書

3) 工事入札段階

AMDC はコンサルタントの補佐の下、公開入札により日本国籍の工事業者を選定する。コンサルタントは以下の役務に関し AMDC を補佐する。

- ◆ 入札公示
- ◆ 事前資格審査
- ◆ 入札および入札評価

4) 施工監理段階

入札の結果選定された建設業者と AMDC との工事契約調印及び工事着工命令を経て、コンサルタントは施工監理業務に着手する。施工監理業務では工事進捗状況を AMDC、在ホンジュラス日本大使館及び JICA へ直接報告するとともに、その他関係者には必要に応じて月報を郵送にて報告する。施工業者には作業進捗、品質、安全、支払いに関わる事務行為および工事に関する改善策、提案等の監理業務を行う。

また、工事の完了から 1 年後、瑕疵検査を行う。これをもってコンサルタントサービスを完了する。

(3) 要員計画

詳細設計、工事入札、施工監理段階にそれぞれ必要とされる要員、役割は下記の通りである

1) 詳細設計段階

- ◆ 業務主任：詳細設計における技術面及び業務調整全般を監督及び顧客への主対応責任者
- ◆ 地すべり対策工技術者：集排水ボーリング、集水井に係る現地調査、構造計算、設計図作成、数量算出を行う。
- ◆ 土工技術者：排土、盛土、水路等の詳細検討、排水設計、設計図作成、数量算出を行う。
- ◆ モニタリング技術者：既設及び新設のモニタリング設備の計画、施設設計、設計図作成、数量算出を行う。

- ◆ 積算技術者(施工計画・積算)：施工計画の作成、及び詳細設計成果からの設計数量・工事単価を用いた積算作業を行う。
- ◆ 土木技師：入札図書作成(契約書、仕様書、図面等)を行う。

2) 工事入札段階

事前資格審査図書及び入札図書の最終化、事前資格審査の実施、工事入札評価において、AMDCを補佐する。

- ◆ 業務主任：入札作業全般を通して、上記コンサルタントサービスを統括する。
- ◆ 土木技師：入札図書の承認、及び入札評価の補助を行う。

3) 工事監理段階

- ◆ 業務主任：工事監理におけるコンサルタントサービス全般を統括する。
- ◆ 常駐技師：現地における工事監理の総括及び「ホ」国関係機関への工事進捗報告及び調整を行う。
- ◆ 地すべり対策工技術者：集排水ボーリング、集水井の効果判定を行い、修正等の指示を行う。また、地質硬軟によるボーリング工等の精算のため地質判別を行う。
- ◆ モニタリング技術者：ボーリング、機器設置、動態観測・評価を行い、工事中の地すべり危険を監視する。また維持管理段階での「ホ」国管理者への地すべり警戒避難基準等(マニュアル)の作成及び技術移転を行う。
- ◆ コミュニティ防災指導者：維持管理段階での「ホ」国管理者への地すべり警戒避難体制構築の指導を行う。

3-2-4-5 品質管理計画

「ホ」国では、地すべり防止施設についての経験はなく、設計基準や品質管理基準は規定されていない。このため、本プロジェクトの品質管理は、日本における諸基準に準拠し下記の計画に従って行うものとする。

表 3-20 品質管理項目一覧表

項目		試験方法	試験頻度	
集水井工	材料	ライナープレート	品質証明書(規格・寸法)	ロット毎
		補強リング	品質証明書(規格・寸法)	
		パーチカルスティブナー	品質証明書(規格・寸法)	
		トラップ	品質証明書(規格・寸法)	
		天蓋	品質証明書(規格・寸法)	
	敷設	無筋コンクリート工	セメント	打設日毎
			配合量	
			スランプ	
集水ボーリング工	材料	保孔管(波型Φ60)	品質証明書(規格・寸法)	ロット毎
排水ボーリング工	材料	保孔管(SGP80A)	品質証明書(規格・寸法)	ロット毎
工事用道路	材料	砕石	規格・寸法	材料毎
地表排水路	材料	プレキャスト水路部材	規格・寸法	ロット毎
土工	敷設	盛土	締め固め度	

3-2-4-6 資機材等調達計画

(1) 労務調達

「ホ」国には、これまで無償資金協力による橋梁工事で経験を積んだ建設会社・技術者・労務者がいる。盛土、排土、水路、護岸等の一般土工においてはこれまでの経験からその能力に問題点はないことから現地労働力を活用する方針とする。しかしながら、集水井施工は経験がなく特に深い掘削、ライナープレート組み込み、水平ボーリング等は高度の技術や安全上の配慮を要することから、一部日本から技術者・オペレーターの派遣は必須である。その上で現地業者を指導する方針とする。

(2) 工事用資材調達

セメント、砂、砕石等の一般土石材料は「ホ」国内での調達に問題はない。鉄筋は橋梁案件の事例から第三国調達が可能である。集水井関連の資材(ライナープレート、補強リング、保孔管等)は第三国調達では特注となり規格・品質・納期の面が確認できないことから日本からの調達とする。

表 3-21 主要建設資材の可能調達先

項目	調達先			日本調達とする理由
	ホンジュラス	日本	第三国	
集水井関連の資材 (ライナープレート、補強リング、保孔管等)		○		対象国には流通していない。第三国からの調達は可能であるが、スペックを保証するのが難しい事から本件の仕様を満足しない可能性が高い。
昇降用設備		○		昇降用設備は、集水井の維持管理に重要な設備であり、対象国および第三国の製品では特注となり、規格、品質のばらつき、出来上がりの不具合が生じて本件の仕様を満足しない可能性が高い。
井戸蓋材		○		第三国調達が可能であるが、実績等がないため、品質が保障できないため、日本調達とした。
排水管		○		対象国には流通しているが、継ぎ手部分の加工が特殊であり、精度の確保が難しく工事に支障が出る可能性が高いため、日本調達とした。
ボーリングマシンツール		○		ボーリングマシンが日本調達であるため、部品類は同じメーカーのものを使用する必要がある。
プレキャスト水路部材	○			
骨材	○			
アスファルト歴青材	○			
ポルトランドセメント (混合セメント)	○			
セメント用添加剤	△	○		対象国でも添加剤の入手は可能であるが、高性能の添加剤は少ない。事前に配合設計を行い、本件に適切なものを選ぶ事になる。
鉄筋	○		○	
鉄筋(亜鉛鍍金仕様)		○		対象国には流通は確認できなかったため、日本調達とした。
型枠用木材	○			
軽油	○			
ガソリン	○			

(3) 工専用機械調達

一般土工部におけるブルドーザ、ダンプトラック、コンプレッサー等の汎用機はリースで取り扱う業者が存在し「ホ」国において調達は可能である。しかしながら、斜面部で多用する小型のバックホウや集水井掘削に用いるクレーン、クラムシェル、水平ボーリングマシン、グラウトポンプ等は「ホ」国では取り扱っていない。これら機械は第三国あるいは日本からの調達とする。表 3-22 に主要建設機械の調達可能先と日本調達（第三国調達）とする理由を示す。

表 3-22 主要建設機械の調達

機 種	調 達 先			日本調達とする理由
	ホンジュラス	日 本	第三国	
ブルドーザ	○			
ダンプトラック	○			
バックホウ (0.35m ³ 、0.40m ³ 、0.60m ³)	○			
小型バックホウ (電動式クローラ型 0.022m ³)		○		この種のバックホウは現地で取扱っておらず、需要が少ないのでリースも困難。集水井の掘削に必要な特殊なタイプの掘削機械である。
クラムシェル (アタッチメント)		○		上記機種用の特殊タイプ
バックホウ (後方超小旋廻型クローラ)		○		この種のバックホウは現地で取扱っておらず、需要が少ないのでリースも困難。集水井の掘削に必要な特殊なタイプの掘削機械である。
不整地運搬車 (油圧ダンプ式)		○		この種の運搬車は現地で取扱っておらず、需要が少ないのでリースも困難。工事用道路がない箇所を使用する特殊なタイプの運搬機械である。
ボーリングマシン (ロータリーパーカッション式スキッド型)		○		集水井内で 85m までの水平ボーリングを実施する機材は現地で取扱っておらず、需要が少ないのでリースも困難。特殊なタイプのボーリングマシンである。
グラウトポンプ(横型二連 複動ピストン式 200L)		○		この種のグラウトポンプは現地で取扱っておらず、需要が少ないのでリースも困難。
油圧クラムシェル テレスコピック式		○		この種のクラムシェルは現地で取扱っておらず、需要が少ないのでリースも困難。集水井の掘削に必要な特殊なタイプの掘削機械である。
クローラクレーン (油圧伸縮ジブ型)		○		この種のクローラクレーンは現地で取扱っておらず、需要が少ないのでリースも困難。集水井の掘削に必要な特殊なタイプの掘削機械である。
トラッククレーン (油圧伸縮ジブ型)	△	○		この種のトラッククレーンは現地で取扱っておらず、需要が少ないのでリースも困難。集水井の蓋設置に必要な特殊なタイプの掘削機械である。
大型ブレーカ	○			
振動ローラ	○			
ロードローラ	○			
モータグレーダ	○			
アスファルト ディストリビュータ	○			
コンクリートミキサ	○			
ラインマーカ	○			
アスファルトフィニッシャ	○			

本件の施設建設工事に使用される資機材のうち、日本から調達されるものは、これまでの実績からエル・サルバドルのアカフトラ港を原則とする。また、コンテナ船の利用が出来ない重機・機材の輸送については「ホ」国のサン・ロレンソ港を利用する。

なお、工事に使用する資機材のうち、日本から調達されるものの輸送費は工事費に含まれる。

3-2-4-7 ソフトコンポーネント計画

(1) 背景

協力対象事業では、テグシガルパ首都圏のエル・ベリンチェ地区およびエル・レパルト地区において、地すべり防止施設の建設を行う計画であるが、同施設は地下水位低下工法を主とする抑制工であり、杭工やアンカー工などのように地すべりの滑動を直接抑止するものではない。そのため、施設の完成後も地下水位や地すべり土塊の移動量などを継続的に監視していかなければならない。また、施設が抑制工としての機能を発揮し続けるためには、施設が効果を発揮する原理を理解したうえで、施設の適切な維持管理作業を継続する必要がある。さらに、国及び市の防災関係者や周辺住民が、地すべり防止施設の整備後も地すべり発生リスクが存在することを正しく理解し、地すべりに滑動の徴候が認められたときに備えて、早期警戒システムやコミュニティにおける警戒・避難体制を確立しておくことが求められる。

しかしながら、「ホ」国においては対策事業に関する経験・実績が極めて乏しく、上記のような活動を実施する能力が欠けている。したがって地すべり防止施設の維持管理がホンジュラス側に引き継がれる時に備え、ホンジュラス側関係機関に対して以下の項目に係る技術支援が必要であり、協力効果の持続性を最低限確保することを目的として、かかる技術指導を行うために必要な講習会、実習、ワークショップ等をソフトコンポーネントにより実施することが適切かつ必要である。

- ◆ 地すべり発生のメカニズムと素因・誘因
- ◆ 地すべりの安定性評価とモニタリング手法
- ◆ 地すべり防止施設の原理・設計法と維持管理作業
- ◆ 地すべり被害軽減のための早期警戒システムとコミュニティ防災体制の構築

なお、本ソフトコンポーネントは、施設の建設初期、建設途中、及び施設の一部完工後に実施しなければならないものがそれぞれあることから、3期（ターム）にわたって実施する必要がある。

(2) 目標

今回実施するソフトコンポーネントは、「ホ」国テグシガルパ首都圏の地すべり対策を担う中枢の技術者が、

- ① 地すべり発生のメカニズムと素因・誘因、被害の特性などについての理解を深めること。
- ② 地すべりの安定性評価とモニタリング手法について、モニタリング計器の操作やモニタリングデータの解析、安定解析の実習などを通して十分に習熟すること。
- ③ 地すべり防止工法について、講習や建設現場の見学などを通して対策工の原理と設計法、およびその機能に対する理解を深めるとともに、維持管理技術を習得すること。
- ④ 地すべり被害軽減のための早期警戒システムのマニュアルを作成し、それぞれのコミュニティに適した防災体制を、ワークショップなどを通して構築すること。

を目標とする。

(3) 活 動

以下の項目について、講習、実習、ワークショップ開催指導を行う。

- ① 地すべりメカニズムと素因・誘因
 - 地すべり発生メカニズムと素因・誘因
 - 地すべり被害の特性
 - 地すべり調査計画
 - 地すべり解析、変動状況の評価
- ② モニタリング計器設置指導と操作指導
 - モニタリング計器設置計画
 - モニタリング計器設置と観測
 - モニタリング計器の維持管理とデータ取得方法
 - モニタリングデータの解析、変動状況の評価
- ③ 対策工の原理と設計・施工・維持管理
 - 対策工の原理と設計方法
 - 対策工の機能
 - 対策工の実地見学
 - 対策工の維持管理
- ④ 早期警戒システム/コミュニティ防災
 - 地すべりハザードマップの作成
 - 警戒避難の基準値設定
 - 警戒避難連絡体制構築
 - 警戒避難訓練実習

ソフトコンポーネントの活動は、地すべり発生のリスクが高まる 3 回の雨期において実施機関担当者グループに対する指導を行う。第 1 期 (2.5 ヶ月)、第 2 期 (1.5 ヶ月)、第 3 期 (1.5 ヶ月) の 3 期に分けて実施する。

- ◆ 第 1 期は、地すべり発生のメカニズムと素因・誘因、被害の特性に関する講習、地すべり調査計画、エル・ベリンチェ地区およびエル・レパルト地区に建設される対策工の原理と設計法、およびその機能についての講習、モニタリング計器設置計画の立案と、モニタリング計器の設置方法、維持管理技術およびデータ解析およびデータ取得方法の実習などを実施する。
- ◆ 第 2 期は、主に施工中の対策工の実地見学などによる対策工の機能の講習、および第 1 期以降に得られたモニタリングデータの解析および変動状況の評価方法の実習、各地すべり地を対象とするハザードマップ作成の実技指導などを実施する。
- ◆ 第 3 期は、完成した抑制工の見学と維持管理技術の実習、モニタリング観測結果の評価と警戒・避難に関わる基準値の設定、警戒・避難警報の連絡体制の構築、警戒避難訓練などに関するワークショップなどを実施する。

ソフトコンポーネントを担当する要員は下記の2名とする。

- ◆ 要員1：地質、動態観測（地すべり観測、解析および対策工管理計画）
- ◆ 要員2：コミュニティ防災（地すべり理論、早期警戒システム、コミュニティ防災）

投入計画としては目標②と③項について要員1を5.5M/M、①と④項については要員2を4.5M/M、本邦から派遣する（(6)実施工程の通り）。

活動の自立発展性を確保するため、3回の雨期にわたる経験をもとに担当者グループが成果品として関係マニュアルやワークショップ資料を作成する。成果品は合同調整委員会の承認を経て正式版とする。

(4) 実施工程

表 3-23 ソフトコンポーネントの実施工程

時期	第1期				第2期				第3期			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
施設建設												
ソフトコン要員派遣工程												
要員1 計5.5M/M												
要員2 計4.5M/M												

（要員1：地質・動態観測、施工効果判定技術者、要員2：コミュニティ防災指導者、着色部は雨期）

(5) 成果品

- ◆ コミュニティ防災ワークショップ資料
（地すべりに関する住民向けパンフレット等の資料）
- ◆ 地すべりモニタリング・解析マニュアルおよびモニタリング記録
- ◆ モニタリングデータ解析用および簡易安定解析用ソフトウェア
- ◆ 地すべり対策工の維持管理マニュアル
- ◆ 地すべり早期警戒システム・オペレーション・マニュアル
- ◆ コミュニティ防災組織・支持系統図
- ◆ 地すべり発生時の避難誘導マニュアル
- ◆ ハザードマップ
- ◆ 完了報告書

3-2-4-8 実施工程

我が国の無償資金協力のシステムに基づき、本協力対象事業の事業実施工程を表3-24に示す。本協力対象事業の実施に必要な工期は、実施設計5ヶ月、工事期間23ヶ月と見積られる。

表 3-24 事業実施工程表

月		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
実施設計	現地調査																																
	詳細設計																																
	入札関連																																
施工	準備工																																
	工事用道路																																
	集水井工																																
	水路工等																																
	後片付け																																

3-3 相手国側負担事業の概要

3-3-1 我が国の無償資金協力事業における一般事項

- ◆ 事業計画の実施に必要なデータ、情報を提供する。
- ◆ 事業計画の実施に必要な用地を確保する（施設の建設用地、道路用地、作業用地、キャンプヤード、資機材保管用地）
- ◆ 日本国内の銀行に「ホ」国政府名義の口座を開設し、支払授權書を発行する。
- ◆ 「ホ」国への荷役積み下ろし地点での速やかな積み下ろし、免税措置および関税免除を確実に実施する。
- ◆ 認証された契約による生産物あるいはサービスの調達に関して、「ホ」国内で課せられる関税、国内税、あるいはその他の税金を免除する。
- ◆ 承認された契約に基づいて、あるいはサービスの供給に関係し、プロジェクト関係者の「ホ」国への入国および作業の実施の為の同国での滞在を許可する。
- ◆ 必要に応じて、プロジェクトの実施に際しての許可、その他の権限を付与する。
- ◆ プロジェクトによって建設される施設を正しくかつ効果的に維持・管理・保全する。
- ◆ プロジェクトの作業範囲内で日本国の無償資金協力によって負担される費用以外のすべての費用を負担する。

3-3-2 本計画固有の事項

- ◆ 工事区域内での不法投棄の禁止（常時）
- ◆ 地すべり工事区域内における不法占拠住居侵入の防止（常時）
- ◆ 工事の支障となる電柱・配電線の移設（工事開始迄に）
- ◆ 工事の支障となる下水道管の改善（工事開始迄に）
- ◆ 仮設ヤードの提供（工事開始迄に）
- ◆ 土捨て場及び廃材処分場の提供（工事開始迄に）
- ◆ 工事期間中の警察官及び交通警官の配置（工事期間中）

- ◆ チョルテカ川左岸洗掘箇所に対する布団かご護岸工の設置（工事期間中）
- ◆ 地すべりの定期的モニタリング実施(毎年雨期に2回)及び非常時警戒体制の構築（2008年12月9日ミニッツ別添4参照）

3-4 プロジェクトの運営・維持管理計画

本プロジェクトにおける地すべり防止施設の運営・維持管理は「ホ」国政府（AMDC）が主管する。地すべり防止施設の維持管理には以下の点検作業及び必要に応じて修繕が必要である。

点検頻度：年に1度（定期点検）及び豪雨等の後（異常時点検）に実施する。

表 3-25 地すべり防止施設の維持管理計画

施設	点検	修繕
(1) 集水井 (要換気、酸欠対策)	<ul style="list-style-type: none"> ・集・排水管の腐食、閉塞、集水状況 ・付帯施設の破損変形、腐食状況 ・集水井周辺の変状(亀裂、陥没等) ・本体の破損変形、腐食状況、湛水有無 	集水管の高圧水洗浄 (スライム除去) ポンプ排水 本体破損には栗石充填
(2) 横ボーリング	<ul style="list-style-type: none"> ・孔口保護施設の破損変形状況 ・集水管孔口の腐食、閉塞状況 	水路への接続確保 スライム除去
(3) 排水路	<ul style="list-style-type: none"> ・土砂等堆積による閉塞 ・目地の開き、割れ等の損傷 ・集水枡の破損変形 	堆積土砂、雑草の除去 目地や蓋の修繕
(4) 排土、盛土斜面	<ul style="list-style-type: none"> ・斜面からの湧水の有無 ・斜面の崩落の有無 	ふとん籠等による洗掘防止、 崩落拡大防止
(5) 護岸工	<ul style="list-style-type: none"> ・護岸・斜面の変状の有無 	補強

3-5 プロジェクトの概略事業費

3-5-1 協力対象事業の概略事業費

本プロジェクトを日本の無償資金協力により実施する場合、必要となる日本側負担額の概略総事業費は総額：約11.10億円となる。また、先に述べた日本と「ホ」国との負担区分に基づく双方の経費内訳は以下に示す通りである。ただし、この額は必ずしも交換公文上の供与限度額を示すものではない。

3-5-1-1 概略事業費

概略総事業費：約1,110百万円

表 3-26 概略総事業費

費目		概算事業費(百万円)
施設	エル・ベリンチェ地区 及び エル・レパルト地区	集水井、 集・排水ボーリング工、 水路工、 排土工、盛土工、
		907
実施設計・施工監理		163
ソフトコンポーネント費		41

3-5-1-2 ホンジュラス国側負担経費

表 3-27 ホンジュラス国側負担経費

事業費区分	負担金額(Lps)	円貨換算(百万円)
(1) 電柱・配電線の移設	160,000	0.78
(2) 下水流入箇所の改善	200,000	0.97
(3) 仮設ヤードの提供	0	0
(4) 廃棄物の処理	90,000	0.44
(5) 工事中の警察官・交通警察官の配置	130,000	0.63
(6) チョルテカ川左岸洗掘箇所に対するふとんかご護岸工の設置	350,000	1.70
合計	930,000	4.52

3-5-1-3 積算条件

積算時期： 平成 22 年 8 月、入札時点（2011 年 8 月）の物価変動を考慮
 米ドル為替交換レート： US\$1.0=91.76 円（平成 22 年 7 月 31 日から過去 6 ヶ月間平均）
 レンピーラ為替交換レート： Lps 1.0 =4.85 円（平成 22 年 7 月 31 日から過去 6 ヶ月間平均）
 工事施工期間： 23 ヶ月
 その他： 本計画は日本政府の無償資金協力の制度に従い実施されるものとする。

3-5-2 運営・維持管理費

地すべり防止施設の維持管理は、定期的な施設管理及び不具合が発見された場合の修繕が必要である。定期管理は年 1 回（雨期前）及び異常降雨後に実施する各施設の目視点検及び地表排水路の清掃がある。また集・排水管の目詰まり等の不具合発生にも対応する必要がある。これらに要する費用は年約 8～35 万レンピーラと見積もられる。地すべり防止施設への投資はこれまでに経験がないため今後地すべり施設のための維持管理予算項目を新たに設定する必要があるが、2009 年度の市の公共投資額約 4.2 億レンピーラに対してこれは 0.02～0.08% であり特段の負担となるような額ではなく、定期管理の実施は十分対応可能であると判断される。

表 3-28 主な維持管理項目と費用

分類	頻度	点検部位	作業内容	概算費用		備考
				LPS	百万円(相当額)	
定期管理	年 2 回 (雨期前、雨期後)	集水井 集・排水管 横ホーリング管 排土・盛土斜面 護岸工	目視点検	16,000	0.08	2 箇所
	年 2 回 (雨期前、雨期後)	地表排水路	清掃、除草、 堆砂除去	60,000	0.29	2 箇所
修繕	不具合発生時	集・排水管	目詰まり洗浄	230,000	1.12	1 回当たり
		排土・盛土斜面	崩落拡大防止	15,000	0.07	工事費の 10%
		護岸工	補強	35,000	0.17	工事費の 10%
毎年必要な維持管理費の合計				356,000	1.73	

3-6 協力対象事業実施に当たっての留意事項

Cholteca川の狭窄部河道拡幅について

JICA 調査団は 2008 年 4 月 16 日の協議議事録で確認・合意したとおり、地すべりの影響がある Cholteca川の左岸ではいかなる掘削も行わないこととしている。このことに留意し、河道右岸側の掘削による河道拡幅工事を検討・実施することが望まれる。

第4章

プロジェクトの評価

第 4 章 プロジェクトの評価

4-1 プロジェクトの前提条件

4-1-1 事業実施のための前提条件

事業実施のための前提条件としては自然環境条件と社会経済条件の 2 面がある。

まず、自然環境条件としては 3-2-1-2 に記述した通りであり、前提条件としては対象が地すべり危険地であり地質や気象における想定外の事象（地すべり活動の活発化等）が生じない事である。施設工事が終了する以前に地すべり活動が活発化すると施設の建設工事の遂行は不可能となる。

次に、社会経済条件としては 3-2-1-3 に記述した通りであり、用地取得および建設許可手続きが事業実施に当たり解決しておく必要がある。現在のところ、用地取得及び不法占拠住居の移転については所定の合意形成がなされている。また環境許可は既に取得されており、建設許可の手続きは実施主体であるテグシガルバ市が行うので実施に当たっての問題は解決されている。なお、先方負担行為事項については 3-5-1-2 に記述した通り、その実施については特段の問題はない。

以上を表に示すと以下の通りとなる。

表 4-1 事業実施のための前提条件

前提条件	現況	見通し
地すべりが活動しない。	現在は休止状態である	今後の気候変動による
用地取得が完了する	不在地主との売買契約締結	解決済である。
不法占拠住居の移転が完了する。 新たな不法侵入が生じない。	レバルト地区の不法占拠住居について移転の合意がなされている。	現不法占拠については解決済である。新たな不法侵入がないようテグシガルバ市による監視が必要である。
環境許可が取得されている。	2009 年 6 月に取得済み。	取得済である。
建設許可が取得されている。	建設許可は申請されていない。	取得確実。テグシガルバ市が建設許可を発布する。
先方負担行為事項が遂行される。	—	予算・組織ともに遂行可能である。

4-1-2 プロジェクト全体計画達成のための前提条件・外部条件

本プロジェクトと協力対象事業の位置付けについては図 3-1 に示す通りであり、協力対象事業での負担部分と先方政府による負担部分から成る。すなわち、地すべり防止施設の建設、地すべりモニタリング施設の整備及びソフト対策支援（ソフトコンポーネント）は協力対象事業で実施するが、本プロジェクトの全体計画達成のためには、施設維持管理の実施、地すべりモニタリング活動、警戒避難体制の整備から成る施設の運営管理が適切に継続されることが要件である。

なお、外部条件としては必ずしも本プロジェクトを実施する上での前提条件ではないが、以下の連携がなされれば地すべり防止の啓発に関してなお効果的である。現在実施中の JICA による「中米広域防災能力向上プロジェクト (BOSAI)」はホンジュラスを含む中米 6 カ国の選定されたコミュニティに対する防災活動を支援することにより、各国防災関連機関及び中米防災センターがコミュニティ

防災を推進する能力を向上させることを目指して実施されている。本プロジェクトにおける警戒・避難体制の構築を担当するテグシガルパ市の防災機関であるテグシガルパ市防災委員会（CODEM-DC）は BOSAI プロジェクトの実施機関でもある。コミュニティ防災の視点で本プロジェクトとは密接な関係があり、相互に連携することによる防災能力向上として効果が期待される。

表 4-2 プロジェクト全体計画達成のための前提条件・外部条件

前提条件	現況	見通し
施設維持管理の継続実施	施設はまだ建設されていない。	予算・組織ともに実施可能である。
地すべりモニタリング活動の継続実施	継続中	予算・組織ともに実施可能である。
警戒避難体制の整備	準備中	予算・組織ともに実施可能である。
外部条件	現況	見通し
JICA「中米広域防災能力向上プロジェクト(BOSAI)」との連携	準備中	実施機関のテグシガルパ市が BOSAI プロジェクト対象地区の一つとなっており、防災技術についての連携が期待される。

4-2 プロジェクトの評価

4-2-1 妥当性

テグシガルパ市は傾斜地の多い盆地に発達した都市であり、自然災害に対する脆弱性を抱えている。本プロジェクトは首都圏における地すべり危険の軽減を目的としている。本プロジェクトの対象サイトは、2002年に JICA が実施した開発調査「ホンジュラス国首都圏洪水・地すべり対策計画調査」において対策の優先度が高い地区とされており、地すべりが発生した場合にはエル・ベリンチェ地区については Cholteca 川の閉塞による広範囲の冠水被害、エル・レパルト地区については住宅密集地への多大な影響が懸念されており、きわめて緊急性が高い。

河川沿いの低平地や地すべり傾斜地には貧困層住民が多く居住している。地すべり危険の放置による生産性の高い地域の不安定性は、生命財産の損失や社会経済活動に大きな負の影響を及ぼすことになる。本プロジェクトの実施は他にも同様の地すべり危険地域に対する対策実施の先駆をなすものであり国民経済上、重要性、緊急性がある。また貧困削減にも寄与する。

地すべり防止技術については、「ホ」国はもとより、中米各国でも独自の技術は育っておらず、有効な対策を講ずることが出来ていない。最近の気候変動の影響による国土の脆弱性に対処するため、「ホ」国では 2010 年に「気候変動国家戦略」を策定しており、自然災害対策は重点分野のひとつに位置付けられている。有効な地すべり対策を行うためには、地すべり対策先進国である日本の技術及び経験の導入が極めて有効である。なお本プロジェクト実施後の施設維持管理等は「ホ」国政府が通常技術で実施可能な計画となっており、実施に伴う負の環境影響は発生しない。また、本プロジェクトの運営・維持管理についての相手国側体制は、人員・資金ともに十分である。

以上のように重要性、裨益対象の広さ、緊急性から本プロジェクトを我が国の無償資金協力で実施することの妥当性が確認された。

4-2-2 有効性

本プロジェクトの実施による効果を以下に記す。

(1) 定量的効果

指標名	基準値 (2010年実績値)	目標値 (2013年)
災害リスク	不安定(安全率 1.00)	安定化(安全率 1.10~1.15)
地すべり警戒・避難体制	判断基準なし	判断基準整備済み

構造物対策及び非構造物対策によりエル・ベリンチェ地区及びエル・レパルト地区の地すべり災害リスクが軽減される。構造物対策によりエル・ベリンチェ地区の安全率¹は現在の 1.00 から 1.10、エル・レパルト地区のそれは 1.15 に上昇する。

これにより、エル・ベリンチェ地区は、地すべりが発生した場合の Cholteca 川の閉塞による広範囲の冠水等の二次災害が発生するリスクが軽減される。また、エル・レパルト地区は地すべりが発生した場合に周辺家屋の災害リスクが軽減される。

(2) 定性的効果

- ① モニタリング実施による地すべり挙動の観測を通して、地すべり現象の理解が促進され、観測ノウハウが蓄積されることに寄与する。
- ② 施設維持管理の実施による地下水の挙動（排水量の変化等）や地すべり現象の理解が促進され、維持管理ノウハウが蓄積されることに寄与する。
- ③ 地すべり警戒・避難の判断基準が整備されることに寄与する。
- ④ 地すべり現象や防災に関して、行政担当者、学校、関係住民等の啓発が図られる。
- ⑤ 首都圏の他の地すべり危険地区に対する地すべり災害リスクの軽減に対して、モデルケースとしての先導的役割が期待される。

4-2-3 結論

以上の内容により、本プロジェクトの妥当性は高く、また有効性が見込まれると判断される。本プロジェクトの実現は、日本・「ホ」両国の友好関係の発展に大きく寄与するものと考えられる。

¹ 「安全率」とは、滑動力と抵抗力の比を表す。一般的な地すべり防止工事としては、現在の滑動状況に応じて現況安全率を 0.95~1.00 に仮定し、地すべり発生・運動機構や保全対象の重要度、想定される被害の程度等を総合的に考慮して計画安全率を 1.10~1.20 に設定する。