

#### 4.5 防災施設

この節では、最適な防災施設の検討結果を示す。この検討は図4.5-1 に示すフローにそって行なった。

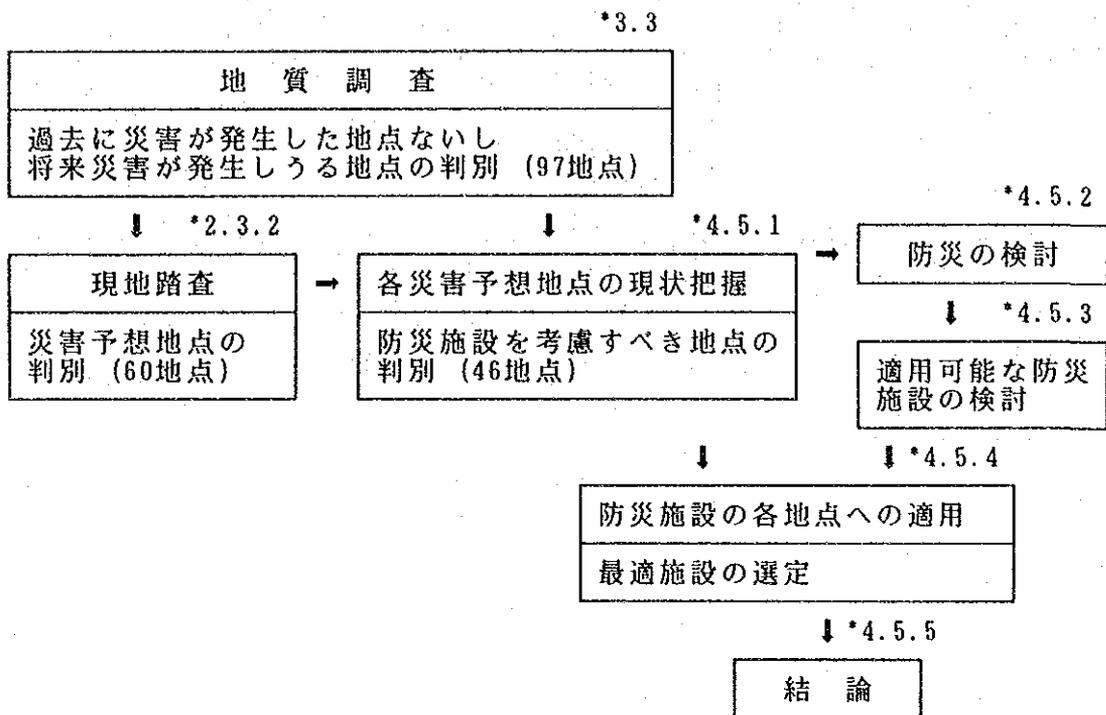


図4.5-1 防災施設の選定手法

図4.5-1 に示した通り、防災施設の検討に先立ち、災害予想地点の判定を行なった。

はじめに、第3章において述べたように、過去に災害が発生した地点ないし将来災害が発生しうる地点を判別し、それらを次のように安定度によって等級付けした。

グレードⅠ：安定	37地点
Ⅱ：降雨時不安定	41地点
Ⅲ：不安定	19地点
計 97地点	

次に、2.3.2において述べたように、各地点の状況及び特性を検討した結果、以下のことが判明した。

- －グレードⅠ地点は明らかに安定した状態にあるため、災害の可能性はないと考えられる。
- －グレードⅡないしⅢ地点は災害の可能性が充分あると考えられる。  
グレードⅡないしⅢ地点を災害予想地点と判定した。

#### 4.5.1 各災害予想地点の現状把握

図4.5-2 に各災害予想地点の位置を示す。また、それらの地点の現状を表4.5-1 に示した。

表4.5-1 には各地点の安定度が示されている。グレードⅡ地点は降雨時に災害が発生する可能性のある地点であり、グレードⅢ地点は常に災害が発生する地点である。

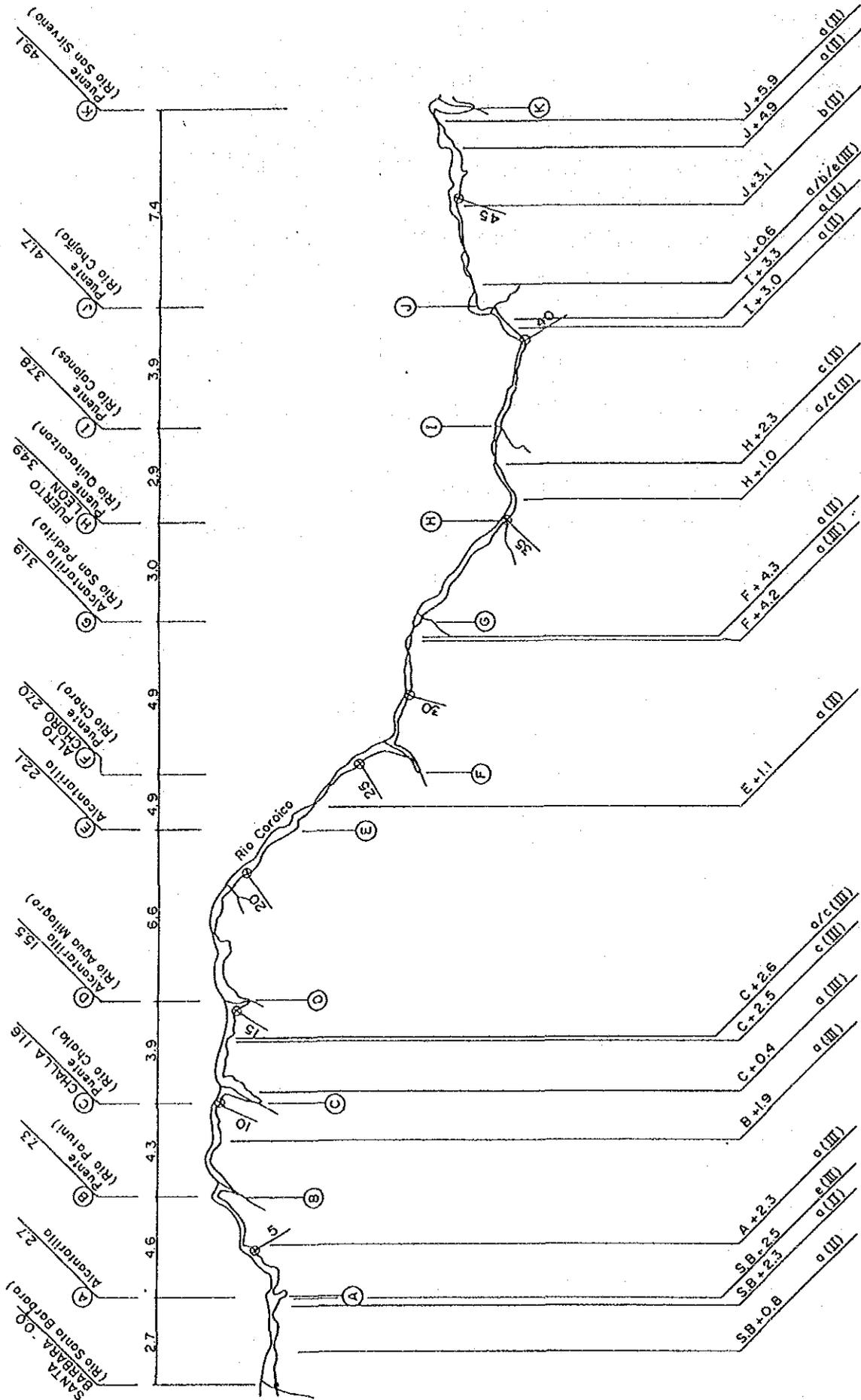


图 4.5-2 (1) 災害予想地点位置图

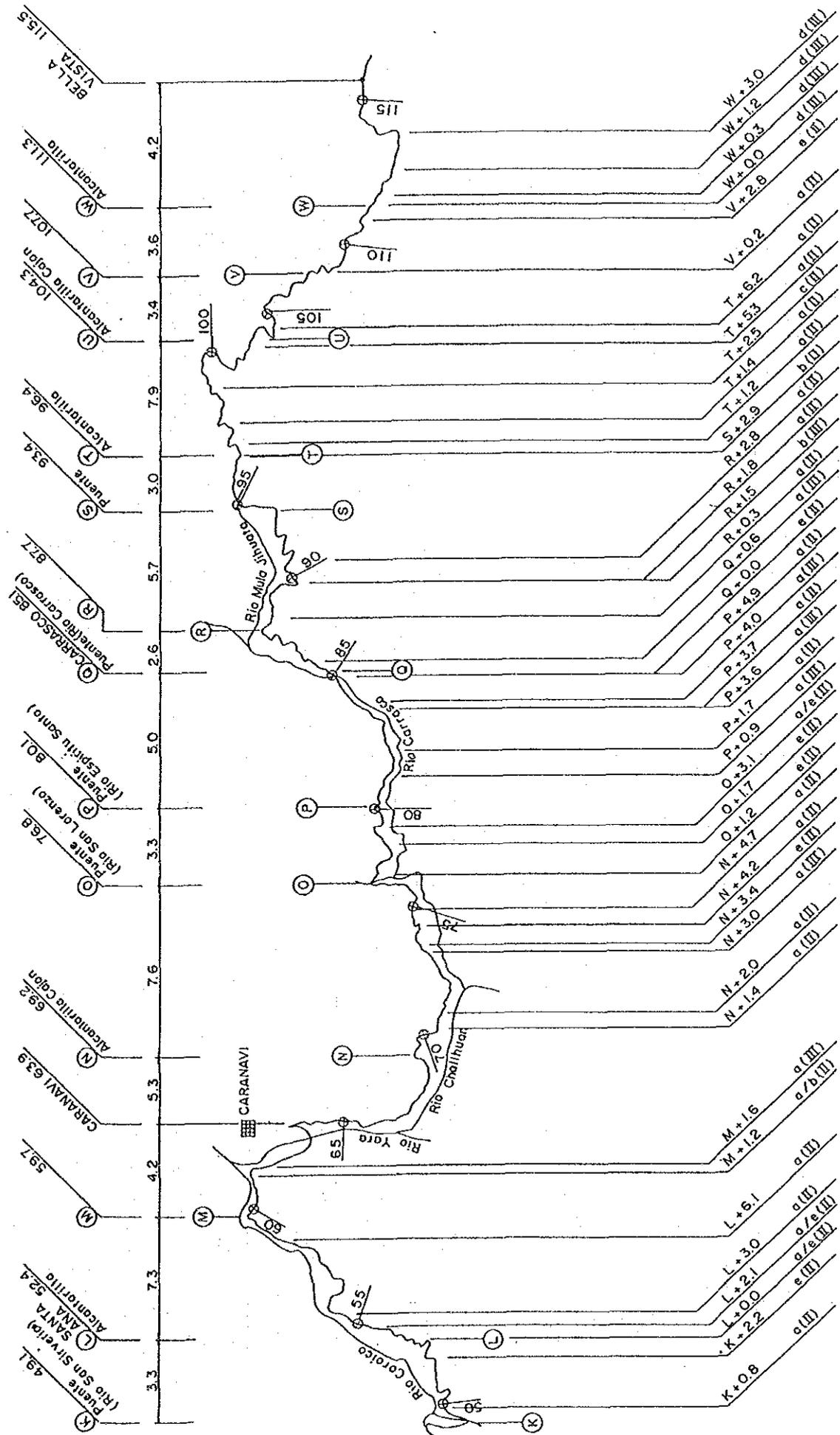


图 4.5-2 (2) 災害予想地点位置图

表 4.5-1(1) 災害予想地点の現状

Station	Type of Disaster				Stability Grade	Material	Site Condition			Slope Gradient			Remarks	
	Existing Alignment	New Alignment	a	b			c	d	Seepage Water	Scale of Boulders	Clearance	Area of debris/earthflow		Natural
S.B +0.8		No. D+700	●			Soil w/gravel	-				45°	60°	1.5:1 (56°)	
S.B +2.3		No. 2+200	●		II	-ditto-	-				45°	60°	1.5:1	
S.B +2.5***					III	-ditto-	-			L	30°	-	1.5:1	A better detour than the existing road was found.
A +2.3		No. 4+375	●		II	unsound rock	-				40°	45°	2.0:1 (63°)	
B +1.9		No. 8+100	●		III	-ditto-	-				60°	80°	2.0:1	
C +0.4		No. 10+900	●		III	soil w/gravel	-				40°	70°	1.5:1	
C +2.5		No. 12+600	●		III	unsound rock	-	B	-		60°	-	2.0:1	
C +2.5		No. 12+780	●	▲	III	-ditto-	-	B	-		60°	70°	2.0:1	
E +1.1		No. 21+200	●		II	-ditto-	-				-	-	2.0:1	
F +4.2		No. 29+500	●		III	soil w/gravel	-				35°	55°	1.5:1	
F +4.3		No. 29+600	●		II	unsound rock	-				-	-	2.0:1	
H +1.0		No. 33+700	●	▲	II	-ditto-	○	C	-		-	60°	2.0:1	
H +2.3		No. 35+580	●		II	-ditto-	-	B	-		-	70°	2.0:1	
I +3.0		No. 38+740	●		II	soil w/gravel	-				30°	60°	1.5:1	
I +3.3		No. 39+30	●		III	unsound rock	-				40°	65°	2.0:1	
J +0.5		No. 40+300	●	▲	III	-ditto-	-			L	60°	90°	2.0:1	Disaster "b" would be solved by cut slope protection work.
J +3.1			●		II	soil w/gravel	-				40°	55°	1.5:1	The location would be avoided by means of improvement of horizontal alignment.
J +4.9		No. 44+400	●		II	-ditto-	-				60°	55°	1.5:1	
J +5.9		No. 45+230	●		II	unsound rock	-				60°	55°	2.0:1	
K +0.8		No. 47+520	●		II	-ditto-	-				40°	55°	2.0:1	

Notes: 1) The location indicated with an asterisk on left side of this table, means the location where would not be necessary to consider any countermeasures for the reason described in the remarks.  
 2) Stations indicated according to nominal milestones on the existing road defined in "2.3.2(1)".  
 3) a: Cut slope failure, b: Embankment slope failure, c: Rock fall, d: Landslide, e: Debris/earth flow, ●: Main disaster, ▲: Subordinate disaster (S)  
 4) The type of disaster indicated with an asterisk, means the disaster which would not be necessary to consider any countermeasures for the reason described in the remarks.  
 5) I: Unstable when it rains, II: Unstable water would occur.  
 6) The location indicated with a circle, means the location where remarkable seepage water would occur. The location indicated with a triangle, means the location where little seepage water would occur.  
 7) The condition should be considered for rock falls. Each location shall be graded by the scale of boulders which would fall. A: Large scale, B: Medium Scale, C: Small scale  
 8) The condition should be considered for rock falls. I: The spot where sufficient road side clearance is possible, 2: The spot where sufficient clearance is possible on top of the slope  
 9) The condition should be considered for debris/earth flow. L: The spot where large debris/earth flow area would be considered, S: The spot where small debris/earth flow area would be considered.

表 4.5-1 (2) 災害予想地点の現状

Station	Type of Disaster				Stability Grade	Material	Site Condition				Slope Gradient			Remarks	
	Existing Alignment	a	b	c			d	e	Seepage Water	Scale of Boulders	Clearance	Area of debris/earthflow	Natural		Cut
K +2.2	No. 49+210				●	II	Soil w/gravel	△			S	15°	55°	1.5:1	
L +0.0*		▲			●	II	soil	-			L	50°	45°	1.0:1	The location would be avoided by means of improvement of vertical alignment.
L +2.1		▲			●	II	-ditto-	-			L	45°	60°	1.0:1	(45°) -ditto-
L +3.0	No. 52+200	●				II	-ditto-	-				20°	60°	1.0:1	
L +6.1	No. 55+500	●				II	soil w/gravel	-				45°	50°	1.5:1	
M +1.2	No. 57+750	●	▲			II	unsound rock	-				40°	50°	2.0:1	Disaster "b" would be solved by means of improvement of horizontal alignment.
M +1.6	No. 58+200	●				III	soil	-				20°	-	1.0:1	
N +1.4	No. 66+0	●				II	unsound rock	-				30°	60°	2.0:1	
N +2.0	No. 66+500	●				II	soil w/gravel	-				30°	60°	1.5:1	
N +3.0	No. 68+440	●				III	soil	-				25°	60°	1.0:1	
N +3.4	No. 68+820				●	II	-ditto-	△		S		25°	70°	1.0:1	
N +4.2		●				II	-ditto-	-				-	-	1.0:1	The location would be avoided by means of improvement of horizontal alignment.
N +4.7	No. 70+100	●				II	-ditto-	-				-	65°	1.0:1	
O +1.2	No. 71+800				●	II	unsound rock	-		S		-	-	2.0:1	
O +1.7					●	II	soil	-		S		-	-	1.0:1	The location would be avoided by means of improvement of vertical alignment.
O +3.1	No. 73+880	▲			●	II	-ditto-	-		S		-	-	1.0:1	Disaster "a" would be solved by means of improvement of horizontal alignment.
P +0.9	No. 75+570	●				III	unsound rock	-				-	63°	2.0:1	
P +1.7	No. 76+320	●				II	-ditto-	-				60°	-	2.0:1	Spalling of slope surface would occur.
P +3.6	No. 77+800	●				III	soil	△				15°	-	1.0:1	
P +3.7	No. 78+100	●				II	-ditto-	-				20°	50°	1.0:1	

Notes: 1) The location indicated with an asterisk on left side of this table, means the locations where would not be necessary to consider any countermeasures for the reason described in the remarks.  
 2) Stations indicated according to nominal of milestones on the existing road defined in "2.3.2(1)".  
 3) a: Cut slope failure, b: Embankment slope failure, c: Rock fall, d: Landslide, e: Debris/earth flow, ●: Main disaster, ▲: Subordinate disaster (S)  
 4) The type of disaster indicated with an asterisk, means the disaster which would not be necessary to consider any countermeasures for the reason described in the remarks.  
 5) I: Unstable when it rains, II: Unstable  
 6) The location indicated with a circle, means the location where remarkable seepage water would occur. The location indicated with a triangle, means the location where little seepage water would occur.  
 7) The condition should be considered for rock falls. Each location shall be graded by the scale of boulders which would fall. A: Large scale, B: Medium Scale, C: Small scale  
 8) The condition should be considered for rock falls. I: The spot where sufficient road side clearance is possible, 2: The spot where sufficient clearance is possible on top of the slope  
 9) The condition should be considered for debris/earth flow. I: The spot where debris/earth flow area would be considered, S: The spot where small debris/earth flow area would be considered.

表 4.5-1 (3) 災害予想地点の現状

Station	Type of Disaster					Stability	Material	Site Condition			Slope Gradient		Remarks	
	Existing Alignment	a	b	c	d			Grade	Seepage Water	Scale of Boulders	Clearance	Area of debris/earthflow		Natural
P +4.0	No.78+600	●				III	unsound rock	-			20°	40°	2.0:1	
P +4.9	No.79+500	●				II	soil	-			35°	45°	1.0:1	
Q +0.0	-					II	-ditto-	-		S	40°	60°	1.0:1	The location would be avoided by means of improvement of horizontal alignment.
Q +0.5	No.80+350	●				III	-ditto-	-			40°	60°	1.0:1	
R +0.3	No.82+400	●				II	soil w/gravel	-			40°	60°	1.5:1	
R +1.5	-		●			III	unsound rock	-			45°	60°	2.0:1	The location would be avoided by means of improvement of horizontal alignment.
R +1.8	No.84+350	●				II	soil w/gravel	-			-	-	1.5:1	
R +2.8	-		●			II	-ditto-	-			50°	80°	1.5:1	The location would be avoided by means of improvement of horizontal alignment.
S +2.9	-		●			II	unsound rock	△			70°	-	2.0:1	The location would be avoided by means of improvement of vertical alignment.
T +1.2	-		●			II	soil w/gravel	△			-	-	1.5:1	-ditto-
T +1.4	-		●			II	-ditto-	-			35°	60°	1.5:1	-ditto-
T +2.5	No.92+900		●			II	unsound rock	-	B		60°	80°	2.0:1	
T +5.3	-		●			II	-ditto-	○			55°	70°	2.0:1	The location would be avoided by means of improvement of vertical alignment.
T +6.2	-		●			II	soil w/gravel	○			70°	-	1.5:1	-ditto-
V +0.2	No.101+475	●				II	unsound rock	-			-	40°	2.0:1	
V +2.8	No.103+190		●			II	soil w/gravel	-		S	20°	-	1.5:1	
W +0.0	No.104+20		●			III	soil	-			10°	45°	1.0:1	
W +0.3	No.104+670		●			III	-ditto-	-			10°	45°	1.0:1	
W +1.2	No.105+840		●			III	-ditto-	-			10°	45°	1.0:1	
W +3.0	No.107+500		●			III	-ditto-	△			15°	-	1.0:1	
No. of Spools		34	0	3	4	5								46: Total of Location Requiring Countermeasure(S)

Notes: 1) The location indicated with an asterisk on left side of this table, means the location where would not be necessary to consider any countermeasures for the reason described in the remarks.

2) Stations indicated according to nominal of milestones on the existing road defined in "2.3.2(1)".

3) a:Cut slope failure, b:Embankment slope failure, c:Rock fall, d: Landslide, e:Debris/earth flow, ●:Main disaster, ▲: Subordinate disaster (S)

4) The type of disaster indicated with an asterisk, means the disaster which would not be necessary to consider any countermeasures for the reason described in the remarks.

5) II: Unstable when it rains, III: Unstable

6) The location indicated with a circle, means the location where remarkable seepage water would occur. The location indicated with a triangle, means the location where little seepage water would occur.

7) The condition should be consider for rock falls. Each location shall be graded by the scale of boulders which would fall. A: Large scale, B: Medium Scale, C: Small scale

8) The condition should be consider for rock falls. 1: The spot where sufficient road side clearance is possible, 2: the spot where sufficient clearance is possible on top of the slope

9) The condition should be consider for debris/earth flow. I: The spot where large debris/earth flow area would be considered, S: The spot where small debris/earth flow area would be considered.

言い換えれば、グレードⅢ地点はより災害の発生する可能性のある地点と言える。表4.5-1にはまた、法面の土質区分が示されている。これらは4つに分類しており、土砂、砂利混り土砂、軟岩及び硬岩である。改良後の法面勾配については次のように土質区分により設定した。

土 砂	- 1.0 : 1
砂利混り土砂	- 1.5 : 1
軟 岩	- 2.0 : 1
硬 岩	- 4.0 : 1

タイプf（断層破碎帯）の存在するすべての地点には主要な災害としてタイプa（法面崩壊）ないしタイプc（落石）があり、その主要な災害への対策により、タイプfは同時に防止しうる。そのため、タイプfは表4.5-1より当初から除外されている。

#### 防災施設を考慮すべき地点の判別

タイプb（盛土法面崩壊）の存在する地点は全て平面ないし縦断線形の改良により避けうる。

地すべり発生の可能性のある地点はベジャビスタ（本計画道路終点）に集中している。この地すべり域は付近に広く分布しているため、地すべりを避けうる、迂回路は見出し難い。これに加えて、現地踏査の結果、現在のところ安定しており、近い将来深刻な地すべりの発生する可能性は極めて低いことが確認されている。

上記の2点を考慮すると、拡巾及び線形改良を行なうとともに、適切な防止施設を設置すべきである。

大規模な土石流／土砂流の発生の可能性のある地点が次の4地点判別された。

- サンタバルバラ + 2.5km
- ポイント (J) + 0.6km
- ポイント (L) + 0.0km
- ポイント (L) + 2.1km

この内、ポイント(L) +0.0km およびポイント(L) +2.1km の地点の前後区間は縦断線形改良のためルート変更を行なうこととしている。従い、これらの地点は結果的に避けうる。

サンタバルバラ+2.5km の地点については、迂回路の設定により避けることが可能である。しかしながら、ポイント(J) +0.6km の地点は地形上迂回路の設定は不可能である。

さらに、タイプ(a) (切土法面崩壊) 地点のうち6地点は平面ないし縦断線形の改良により避けることが可能である。

以上の検討から、何らかの防災施設を考慮すべき地点は46地点であるとの結論に達した。

#### 4.5.2 防災の検討

##### (1) タイプ(a) (法面崩壊)

2.3.2 “現地踏査結果” 及び第3章 “地質調査” において述べたように、現道沿いの法面崩壊は全て表層崩壊が想定される。従って、このタイプの災害については擁壁を含めた法面保護工で防止しうる。

##### (2) タイプ(c) (落石)

この落石は全ての地点において、岩に亀裂が生じたことに起因するものである。従い、落石防護工で防止することができる。

##### (3) タイプ(d) (地すべり)

地すべりは除々に進行するため、その発生を感知するのが困難である。道路への損害を最小限に食い止めるには、定期的な観測が肝要であろう。さらに、この地すべりの主要な原因となる地下水の下層土への浸透を防止することが不可欠である。

##### (4) タイプ(e) (土石流/土砂流)

1回の土石流/土砂流でどの程度の流下があるかを定量的に把握することは

困難であるため、想定される堆積物の全量を補足しうる対策工が必要となるう。

#### 4.5.3 適用可能な防災施設の検討

4.5.2 “防災の検討”の結果をうけて、他の類似した道路建設プロジェクトで実用的に採用されている防災施設を選定した。それらの適用範囲を表4.5-2に示した。

(1) タイプ(a) に対して適用可能な防災施設

表4.5-2(1)に提示したように、各施設の適用範囲は安定度、土質区分、湧水への適用性、法面勾配及び法高で示した。

グレードⅢの地点はより災害の発生する可能性が高いため、より耐用度の高い施設を採用すべきである。

(2) タイプ(c) に対して適用可能な防災施設

表4.5-2(2)に各施設の適用範囲を示した。この表に提示したように主として落石規模によって施設を選定すべきである。

(3) タイプ(d) に対して適用可能な防災施設

地下水の下層土への浸透を防止するため、暗梁工を採用すべきである。

(4) タイプ(e) に対して適用可能な防災施設

小規模な土石流／土砂流の発生が予想される地点に対しては砂防ダム(gabion またはコンクリート)を採用すべきである。

ポイント(J) +0.6km の地点では比較的規模の大きい土石流／土砂流が予想されるが、この地点は地形上、他の迂回路を見出し難い。従って、この地点については土石流／土砂流を完全に避けようよう土石流覆工を採用すべきである。

表 4.5-2(1) タイプ(a) に対して適用可能な防災施設

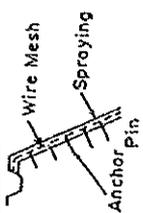
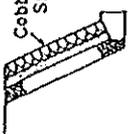
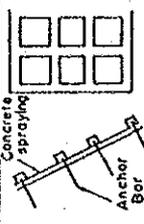
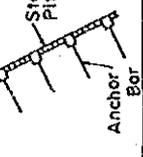
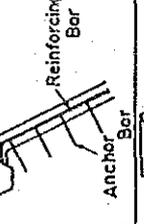
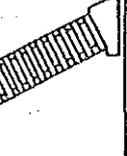
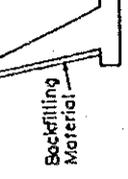
Type of Countermeasure	Illustration	Applicable Grade	Applicable Material	Applicability for seepage water	Applicable Slope Gradient	Limit of Slope Height	Limit of Slope Length	Remarks
Type 1: Concrete Spraying		II	for unsound rock or sound rock	Not applicable for any seepage water	practically gentler than 4.0:1	--	--	It is most economical in all slope protection works. Thus, it should be applied, if the spot is adaptable these conditions.
Type 2: Stone Masonry Retaining wall		II	for soil or talus layer	Applicable for little seepage water	3.3:1 2.5:1 2.0:1	3.0m 5.0m 7.0m	-- (height)	Adaptable to the spot where is advantageous from topographical view point.
Type 3: Concrete Crib with concrete spraying and Anchoring		II / III	for soil with gravel or unsound rock	Applicable for little seepage water	practically gentler than 2.0:1	-- (length)	Practically less than 13.0m for a slope	
Type 4: Concrete Crib with stone pitching and Anchoring		II / III	for soil or soil with gravel or unsound rock	Applicable for remarkable seepage water	practically gentler than 1.0:1	-- (length)	Practically less than 13.0m for a slope	Adaptable to the spot where remarkable seepage water would exist.
Type 5: Concrete Pitching and Anchoring		II / III	for soil or talus layer	Applicable for little seepage water	practically gentler than 1.0:1	-- (length)	Practically less than 10.0m	
Type 6: Grid Type Concrete Retaining Wall		II / III	for soil or soil with gravel or unsound rock	Applicable for remarkable seepage water	3.3:1 -- 2.5:1 -- 2.0:1 --	18.0m 22.5m 30.0m	-- (height)	Adaptable to the spot where is advantageous from topographical view point.
Type 7: Supported Type Concrete Retaining Wall		III	for soil or talus layer	Applicable for little seepage water	practically gentler than 2.0:1	practically lower than 15.0m	-- (height)	- ditto -

表4.5-2(2) タイプ(c) に対して適用可能な防災施設

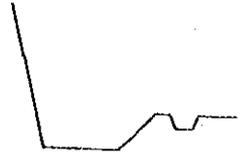
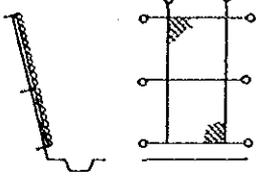
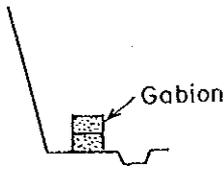
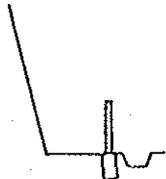
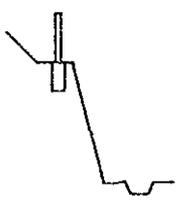
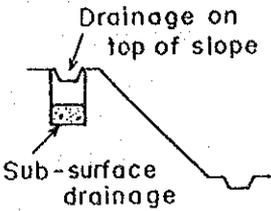
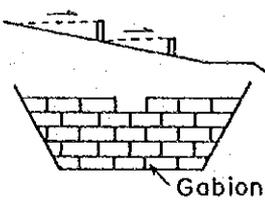
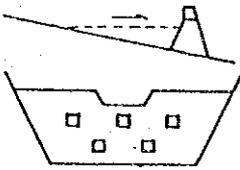
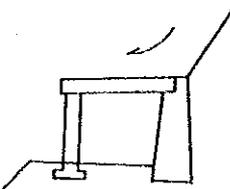
Type of Countermeasure	Illustration	Applicable Grade	Applicable Site Concition
Type 8: Catch Ditch		II	The spot where small scale of boulders would fall, and sufficient road side clearance is possible.
Type 9: Catch Netting		II / III	The spot where medium/small scale of boulders would fall, or spalling of slope surface (type A) would occur.
Type 10: Gabion Catch Wall		II	The spot where small scale of boulders would fall, or spalling of slope surface (type A) would occur.
Type 11: Catch Fence installed at road side		II / III	The spot where midium scale of boulders would fall.
Type 12: Catch Fence installed at top of slope		III	The spot where large scale of boulders would fall, and sufficient clearance is possible on top of the slope.
Type 13: Concrete Catch Wall		III	The spot where large scale of boulders would fall.

表 4.5-2(3) タイプ (d) またはタイプ (e) に対して適用可能な防災施設

Type of Countermeasure	Illustration	Applicable Grade	Applicable Site Concition ,
Type 14: Sub-surface Drainage for Landslide		II / III	Applicable to the spot where little seepage water would occur.
Type 15: Gabion Dam for Debris/earth flow		II	Applicable to the spot where debris/earth flow would occur when it rains.
Type 16: Concrete Dam for Debris/earth flow		III	Applicable to the spot where frequent debris/earth flow would occur.
Type 17: Debris/earth flow shed		II / III	Applicable to the spot where installation of clam(s) would be difficult because of steep and narrow stream bed and sufficient road side clearance would not be secured.

#### 4.5.4 防災施設の各地点への適用

防災施設の各地点への適用は、以下の手順に従って行なった。

- 1) 図4.5-3 のフローに従って各地点へ適用可能な施設を選定
- 2) 適用可能な施設をコスト及び地形条件により比較検討
- 3) 最適な防災施設の選定

これらの結果を表4.5-3 に示す。詳細な比較検討内容については付録4-4 に示した。

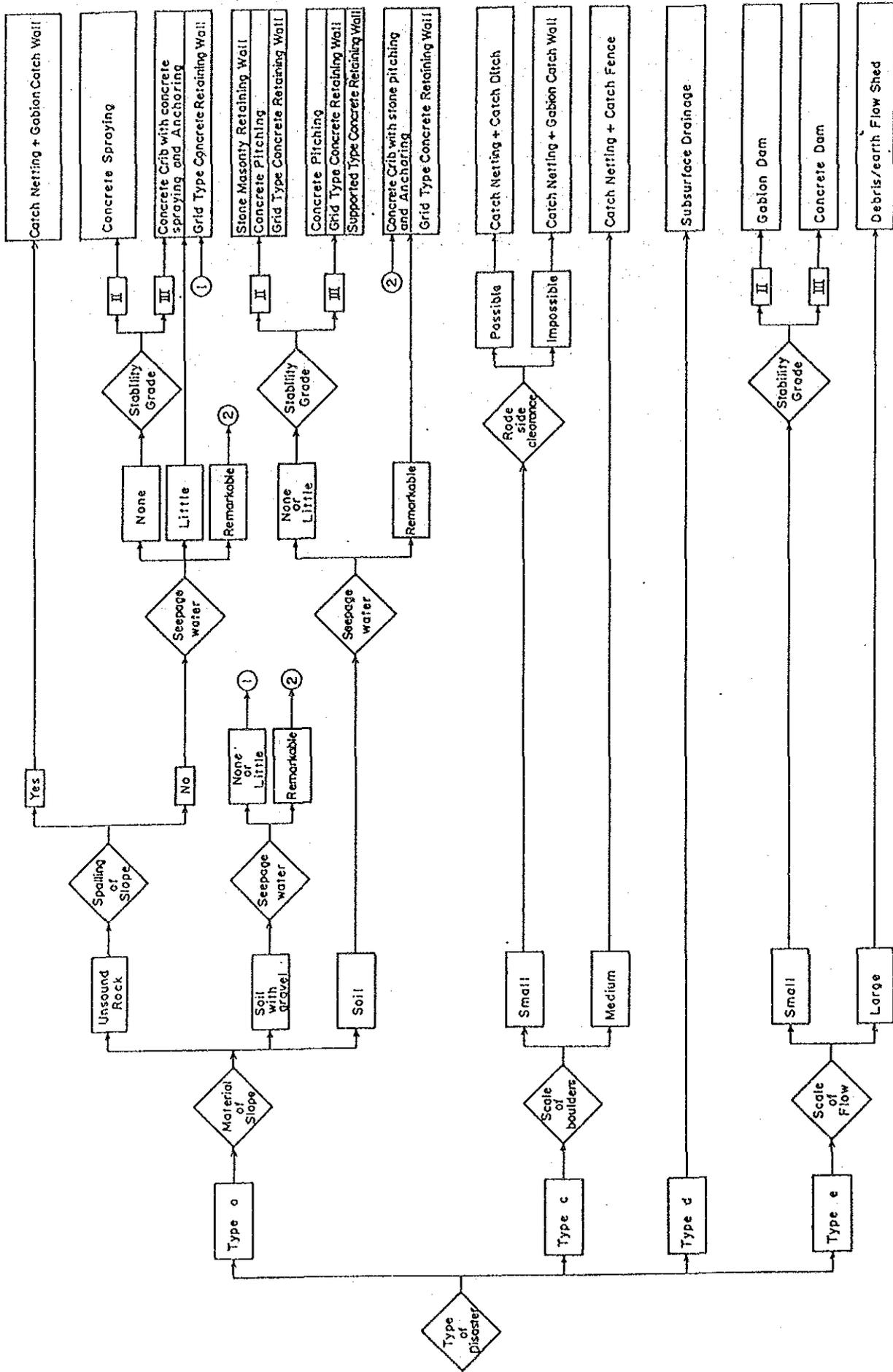


図 4.5-3 防災施設の適用

表 4.5-3 (1) 防災施設の比較検討

Spot	Station on Existing Alignment		S.B+0.6		S.B+2.3		A+2.3		B+1.9		C+0.4		C+2.5		C+2.6		E+1.1		F+4.2		F+4.3		H+1.0	
	Station on New Alignment		No. 0+700	No. 2+200	No. 4+375	No. 8+100	No. 10+900	No. 12+500	No. 12+700	No. 21+700	No. 23+500	No. 29+500												
Disaster type and the Grade		A(II)	A(II)	A(II)	A(III)	A(III)	A(III)	A(III)	A(III)	A(III)	A(III)	A(III)	A(III)	A(III)	A(III)	A(III)	A(III)	A(III)	A(III)	A(III)	A(III)	A(III)	A(III)	A/C (I)
Type 1	Concrete Spraying			●										●										
Type 2	Stone Masonry Retaining Wall																							
Type 3	Concrete Crib with concrete spraying and Anchoring	△	●		●																			
Type 4	Concrete Crib with stone pitching and Anchoring																							△
Type 5	Concrete pitching and Anchoring																							
Type 6	Grid Type Concrete Retainig Wall	●			△																			●
Type 7	Supported Type Concrete Retaining Wall																							
Type 8	Catch Ditch																							
Type 9	Catch Netting																							
Type 10	Gabion Catch Wall																							●
Type 11	Catch Fence installed at road side																							
Type 12	Catch Fence installed at top of slope																							
Type 13	Concrete Catch Wall																							
Type 14	Sub-surface Drainage for Landslide																							
Type 15	Gabion Dam for Debris/earth Flow																							
Type 16	Concrete Dam for Debris/earth Flow																							
Type 17	Debris/earth Flow Shed																							
** Selection Factor		C	T	-	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	C/T
Remarks (Appendix No.)		4-(1)	4-(2)	4-(3)	4-(4)	4-(4)	4-(4)	4-(4)	4-(4)	4-(4)	4-(4)	4-(4)	4-(4)	4-(4)	4-(4)	4-(4)	4-(4)	4-(4)	4-(4)	4-(4)	4-(4)	4-(4)	4-(4)	4-(7)

Notes: 1) Stations indicated according to nominal of milestones on the existing road defined in "2.3.2(1)".  
 2) A: Gut slope failure, C: Rock fall, D: Landslide, E: Debris/earthflow, II: Unstable when it rains, III: Unstable  
 3) ●: Optimum Countermeasure(S), △: Possible Countermeasure(S)  
 4) C: Cost, T: Topographical Condition  
 5) Due to steep Topographical condition, the stable slope gradient would not be applied to this location. Thus, Concrete Spraying should be applied to prevent the rock fall instead of Catch Netting + Catch Fence.

表 4.5-3 (2) 防災施設の比較検討

Spot	Station on Existing Alignment		I +3.0	I +3.3	J +0.5	J +4.9	J +5.9	K +0.8	K +2.2	L +3.0	L +6.1	M +1.2
	No. 35+550	No. 36+740										
Station on New Alignment		No. 39+30	No. 40+300	No. 44+400	No. 45+230	No. 47+520	No. 49+210	No. 52+200	No. 55+500	No. 57+750		
Disaster type and the Grade		A(II)	A(III)	A/E(III)	A(II)	A(II)	E(II)	A(III)	A(II)	A(II)		
Type 1	Concrete Spraying				●	●						●
Type 2	Stone Masonry Retaining Wall						●					
Type 3	Concrete Crib with concrete spraying and Anchoring	●	△		●					●		
Type 4	Concrete Crib with stone pitching and Anchoring											
Type 5	Concrete pitching and Anchoring							△				
Type 6	Grid Type Concrete Retainig Wall	△	●	△				△		△		
Type 7	Supported Type Concrete Retaining Wall											
Type 8	Catch Ditch											
Type 9	Catch Netting	●										
Type 10	Gabion Catch Wall											
Type 11	Catch Fence installed at road side	●										
Type 12	Catch Fence installed at top of slope											
Type 13	Concrete Catch Wall											
Type 14	Sub-surface Drainage for Landslide											
Type 15	Gabion Dam for Debris/earth Flow						●					
Type 16	Concrete Dam for Debris/earth Flow											
Type 17	Debris/earth Flow Shed			● <sup>2)</sup>								
*1 Selection Factor		-	T	C	-	T	-	-	-	C/T	T	-
Remarks (Appendix No.)			4-(9)	4-(9)	4-(10)	4-(11)	4-(12)					

Notes: 1) Stations indicated according to nominal of milestones on the existing road defined in "2.3.2(1)".  
 2) A:Cut slope failure, C:Rock fall, D:Landslide, E:Debris/earthflow, II:Unstable when it rains, III:Unstable  
 3) ●:Optimum Countermeasure (S), △:Possible Countermeasure (S)  
 4) C:Cost, T:Topographical Condition

表 4.5-3 (3) 防災施設の比較検討

Spot	Station on Existing Alignment		N +1.6	N +1.4	N +2.0	N +3.0	N +3.4	N +4.7	O +1.2	O +3.1	P +0.9	P +1.7	P +3.6	P +3.7
	No. 58+200	No. 56+0												
Station on New Alignment														
Disaster type and the Grade														
Type 1	A(III)	A(II)	A(II)	A(III)	E(II)	E(II)	E(II)	E(II)	E(II)	A(III)	A(II)	A(III)	A(III)	A(III)
Type 2		●												
Type 3			●				△							●
Type 4														
Type 5			●			△		●					●	△
Type 6	△		△		△	●	△			△			△	△
Type 7	△		△		△	△							△	
Type 8														
Type 9												●		
Type 10												●		
Type 11														
Type 12														
Type 13														
Type 14														
Type 15							●		●					
Type 16														
Type 17														
*1 Selection Factor														
Remarks (Appendix No.)														
4-(13) T - - - - - T C/T 4-(14) 4-(15) T 4-(16) T 4-(17) 4-(18) 4-(19)														

Notes: 1) Stations indicated according to nominal of milestones on the existing road defined in "2.3.2(1)".  
 2) A: Out slope failure, C: Rock fall, D: Landslide, E: Debris/earthflow, II: Unstable when it rains, III: Unstable  
 3) ●: Optimum Countermeasure (S), △: Possible Countermeasure (S)  
 4) C: Cost, T: Topographical Condition

表 4.5-3 (4) 防災施設の比較検討

Spot	Station on Existing Alignment		P +4.0 No. 78+600 A(III)	P +4.9 No. 79+500 A(II)	Q +0.6 No. 80+350 A(III)	R +0.3 No. 82+400 A(II)	R +1.3 No. 84+350 A(II)	T +2.5 No. 92+900 C(II)	V +0.2 No. 101+475 A(II)	V +2.3 No. 103+190 E(II)	W +0.0 No. 104+ 20 D(III)	W +0.3 No. 104+570 D(III)	W +1.2 No. 105+840 D(III)	W +3.0 No. 107+500 D(III)
	Disaster type and the Grade	Station on New Alignment												
Type 1	Concrete Spraying								●					
Type 2	Stone Masonry Retaining Wall			●										
Type 3	Concrete Crib with concrete spraying and Anchoring		●		△		●							
Type 4	Concrete Crib with stone pitching and Anchoring													
Type 5	Concrete pitching and Anchoring			△	△									
Type 6	Grid Type Concrete Retaining Wall		△	△	●		△							
Type 7	Supported Type Concrete Retaining Wall				△									
Type 8	Catch Ditch													
Type 9	Catch Netting							●						
Type 10	Gabion Catch Wall													
Type 11	Catch Fence installed at road side							●						
Type 12	Catch Fence installed at top pf slope													
Type 13	Concrete Catch Wall													
Type 14	Sub-surface Drainage for Landslide										● <sup>2)</sup>	●	●	●
Type 15	Gabion Dow for Debris/earth Flow									●				
Type 16	Concrete Dow for Debris/earth Flow													
Type 17	Debris/earth Flow Shed													
*1 Selection Factor			T	C/T	C/T	C	T	-	-	-	-	-	-	-
Remarks (Appendix No.)			4-(20)	4-(21)	4-(22)	4-(23)	4-(24)							

Notes: 1) Stations indicated according to nominal of milestones on the existing road defined in "2.3.2(1)".  
 2) A:Cut slope failure, C:Rock fall, D:Landslide, E:Debris/earthflow, H:Unstable when it rains, M:Unstable  
 3) ●:Optimum Countermeasure(S), △:Possible Countermeasure(S)  
 4) C:Cost, T:Topographical Condition

#### 4.5.5 結論

最適な防災施設を選定した結果、最終的には11タイプの防災施設を採用することとした。これらの対策については表4.5-4 にまとめられている。結果として、法面崩壊5タイプ、落石3タイプ、地すべり1タイプ、土石流または土砂流2タイプの防止策が採用された。

表4.5-4 最適防災施設

Adopted Countermeasure	Number of Countermeasures		
	Grade II location	Grade III location	Total
Type 1 Concrete Spraying	8	1*	9
Type 2 Stone Masonry Retaining Wall	3	-	3
Type 3 Concrete Crib with Concrete Spraying and Anchoring	7	6	13
Type 5 Concrete Pitching and Anchoring	1	2	3
Type 6 Grid Type Concrete Retaining Wall	3	3	6
Type 9 Catch Netting	3	0	3
Type 10 Gabion Catch Wall	2	0	2
Type 11 Catch Fence installed at road side	2	1	3
Type 14 Sub-surface Drainage for Landslide	0	4	4
Type 15 Gabion Dam for Debris/earth Flow	5	-	5
Type 17 Debris/earth Flow Shed	0	1	1
Total number of Countermeasures	34	18	52
Number of Locations having two countermeasures	5	1	6
Total number of Spots requiring countermeasures	29	17	46

\* It was adopted to a peculiar location.(Refer to Table 4.5-3(1))

## 第 5 章 概略設計

## 第5章 概略設計

概略設計の主な調査内容は道路概略設計、構造物概略設計、施工計画および維持管理計画の5分野に分類できる。また、道路、構造物概略設計は工事数量の算出が含まれる。

概略設計は、1989年9月から10月にJICA Study Teamの測量班により実施された縮尺1:5,000地形図を基に実施した。

概略設計の対象路線は、第4章で述べた比較路線検討で抽出された最適路線をベースとした。

以下に概略設計の主な作業内容について記述する。

### 5.1 道路概略設計

道路概略設計の主な内容は、平面・縦断設計、横断設計、舗装設計および排水設計からなる。

これらの設計は、注意深い現地調査、地形・地質調査および構造物現況調査結果を基に実施した。

設計の基本条件である設計条件は、第4章に述べた設計基準を採用している。

#### 5.1.1 平面・縦断設計

平面・縦断設計は、計画対象路線全長108.63km区間を、その地形特性、地質特性等から以下に述べるように6区間に区分し設計を実施した。

- a) サンタバルバラ～ポイント(F) 区間…………… 区間1
- b) ポイント(F)～ポイント(K) 区間…………… 区間2
- c) ポイント(K)～カラナビ区間…………… 区間3
- d) カラナビ～ポイント(Q) 区間…………… 区間4
- e) ポイント(Q)～ポイント(V) 区間…………… 区間5
- f) ポイント(V)～ベジャピスタ区間…………… 区間6

##### (1) サンタバルバラ～ポイント(F) 区間

この区間の主な設計内容は下記のとおりである。

- a) 現道谷側は急峻な地形であり、盛土構造による現道拡幅が不可能である

ため、山側拡幅を採用した。

- b) ポイント(A)付近は、第3章および第4章で述べたように災害規模が大きく、簡単な災害対策工の設置が困難であるため、現道を迂回する新路線を選定した。
- c) No.0 + 200～No.6 + 300区間の現道縦断勾配は一部7%を越える区間があるが、現道を盛土、切土構造で対処し、7%の縦断勾配を設定した。
- d) 上記c)以外の現道縦断勾配は、7%以下であるため、現道に整合させた縦断勾配を設定した。

## (2) ポイント(F)～ポイント(K) 区間

- a) この区間の地形状況は前区間と異なり高低差はあまりないが、コロイコ川と現道とが隣接し道路用地がない川側への盛土は難しい。そのため、平面線形は前区間と同様、山側拡幅で路線選定を行なった。
- b) No.35 + 500～No.36 + 500 区間は4.3.3 で検討したように、2本のトンネルで計画した。  
トンネル断面等は後述5.3.1 に記されている。
- c) No.39 + 800～No.40 + 100 区間の現道は小さな曲線で蛇行しており見通しも悪い。また、チョホニヤの集落を通過しており地域分断、あるいは交通事故等の問題がある。現道に平面線形を合せて計画すると線形が悪くなるばかりか、チョホニヤ橋の架橋位置も悪くなるため、集落の端を直線で通過し、No.40の尾根をR=50の曲線で回る線形とした。
- d) No.42～No.44 + 400 区間の沢は地形が比較的緩やかであり、本プロジェクトは残土が非常に多く出るため、土捨場を兼ねた盛土で路線選定した。(盛土箇所：No.42 + 200, No.42 + 700, No.43 + 700, No.44 + 300)
- e) 現道縦断勾配は緩やかで道路の幾何構造上問題がないため、現道に合せた縦断線形を設定した。

## (3) ポイント(K)～カラナビ区間

- a) No.54 + 50～No.57 + 800 区間は地形が急峻であるが、その他は地形が緩い。前記したように、本プロジェクトは捨土が多いため、極力盛土ができる箇所は盛土構造の採用を考慮し、平面線形を設定した。

- b) No.49 + 200 ~No.51 + 700 区間は4.3.4 の検討結果から、新設ルート案の方が優れているため、新設ルートで路線設定を行なった。
- c) No.58 ~No.60 + 100 区間は既に道路およびカラ橋の改良工事が完了しているため、現道中心線と計画道路中心線を一致させて計画した。
- d) 新設ルート区間以外の縦断線形は現道縦断勾配に幾何構造上問題がないので現道に合せ計画した。
- e) 新設ルート区間の縦断線形は盛土が極力多くなるように計画を行なった。

#### (4) カラナビ～ポイント(Q) 区間

- a) No.60 + 100 ~No.61 + 200 区間の現道はカラナビの町の方に大きく迂回している。また、カラ橋取付部では現道との高低差が30mあり、直接カラ橋と現道を取り付けることが出来ない。この区間の平面線形は縦断勾配6.5%を採用し、出来る限り地形に整合させた路線を設定した。
- b) No.73 + 200 ~600 区間は4.3.5 で検討した結果、選ばれた新設ルートで路線選定を行なった。上記2箇所以外の区間で地形が急峻な所は山側拡幅になるような路線選定を行なった。
- c) 地形が緩く盛土が可能な所は谷側拡幅で計画した。例えば、No.64 + 630, No.66 + 200, No.69 + 600, No.73 + 900, No.77 + 600, No.78 + 850 等がある。
- d) 現道縦断勾配で2箇所問題箇所があるが、一方は新設ルートとしたため、問題はなくなった。また他方は現道勾配が急であるが、現道の前後を多少盛切すれば特例値の $i=8\%$ ,  $L=400\text{m}$ 以内で計画できる。また、この区間の前後の縦断勾配は下り勾配であるため、低下した速度の回復は速い。
- e) その他の区間は現道が7%以下であるため、現道に沿わせ計画した。

#### (5) ポイント(Q)～ポイント(V) 区間

- a) この区間は図5.1-1 で見ると地形はNo.79 + 550 ~No.89 区間が緩くNo.89 ~No.101+ 350 区間が急峻である。また、現道縦断勾配はNo.84 + 300 ~No.85 + 500 およびNo.89 ~No.101+ 350 区間が急勾配である。縦断線形の厳しい区間は4.3.6 で検討した結果、代替案が優れ

ているため、平面線形はこの代替案ルートで路線選定を行なった。縦断線形は残土量を極力少なくするよう、盛土を多く計画した。

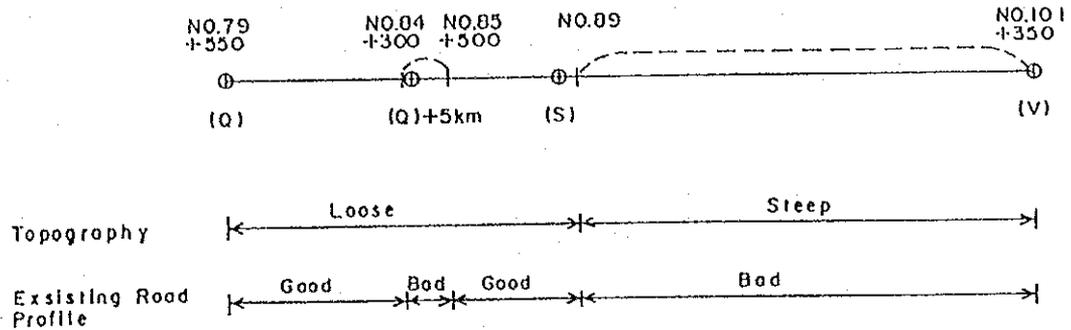


図5.1-1 地形と現道縦断状況

- b) No.79 + 550 ~No.84 + 300 およびNo.85 + 500 ~No.89 区間は地形が緩いので、盛土ができる箇所は谷側拡幅するよう路線選定を行なった。特にNo.80 + 100, No.80 + 950~No.81 + 400, No.85 + 650, No.86 + 300, No.87, No.87 + 950等は15m ~20m 高盛土で計画した。この区間の縦断線形は現道が7%以下の緩い勾配であるので、現道に沿わせて縦断計画を行なった。

(6) ポイント(V) ~ベジャピスタ区間

- a) No.101+ 350 ~No.103区間の地形は急である。谷側拡幅を行なえば構造物で法を止めなくてはならない。このため山側拡幅になるよう、また大きな切土が出ないように、現道に沿わせた平面線形を選定した。
- b) No.103~終点区間の地形は緩く、盛土で処理できる所は谷側に拡幅するよう路線選定を行なった。
- c) 縦断線形はこの区間全線現道勾配に問題がないので、現道に沿わせた縦断線形を計画した。

## 5.1.2 横断設計

### (1) 幅員構成

道路の幅員構成は4.1 で定めた路面幅で設計した。

### (2) 法面勾配

盛土および切土法面勾配は盛土材料の種類、切土部の地盤を構成する地質によって異なるため、表5.1-1 の値を標準として設計した。

表5.1-1 標準法面勾配

Type of Slope Method	Gradient of Slope(H/V)
Fill (high-quality material)	1.5(H)/1(V)
Cut Hard rock	1/4
Soft rock	1/2
Weathered rock	1/1.5
Earth	1/1

本プロジェクトの切土は盛土材としての良質材が多く発生するので盛土法面勾配は1:1.5 とした。

### (3) 小段

- a) 小段は法面の安定を高め、法面を流下する水の勢いを弱め法面の浸蝕をできるだけ少なくするように設置した。
- b) 盛土小段は原則として盛土高8m以上の場合に設置することとした。なお、小段を設置する場合には、法肩から5m毎とし、1.5m幅とした。
- c) 切土法面には原則として、土砂および風化岩の場合、高さ5m毎に小段を設置し、その幅は1.5mとした。軟岩の場合、高さ10m 毎に、幅1.0mの小段を設置することとした。

- d) また硬岩の場合は法面の安定および浸蝕に影響ないため、小段を設置しないこととした。

#### (4) 横断設計

横断設計は前項5.1.1で設計した路線に基づき、地形図から約100m間隔の土量計算に必要な測点の、中心線と直角方向の地盤を読み取った横断図をもとに実施した。上記(1)～(3)の基準に基づいて道路横断形状を計画した。

#### 1) 盛土擁壁

- a) 道路の工事費は擁壁等の設置量によって大きく左右されるから、擁壁等は出来るだけ少なくするように計画した。
- b) しかし、土工ではどうしても計画できない地形とか、構造物を使用した方が、より経済的または安全性が高いと判断した場合、擁壁等を用いて横断計画を行なった。

擁壁の型式と壁高範囲を表5.1-2に示す。

表5.1-2 盛土擁壁の型式と壁高範囲

Type	height Range (m)
Gravity	0 ~ 3
Masonry (fill)	0 ~ 5
Grid Single	5 ~ 7.5
(H/V = 1/2.5) Double	7.5 ~ 15
Triple	15 ~ 22

#### 2) 切土法面

標準法勾配で計画した場合、切土量が非常に大きくなったり、長大切土法面となる場合は、経済性および安定性を考慮して以下の特殊法面工を採用した。

- a) 土砂の場合

切土石積擁壁を採用

法勾配  $n = 1/2$

壁高  $H \leq 7.0\text{m}$

b) 風化岩の場合

コンクリート吹付工を採用

法勾配  $n = 1/2$

法高  $H \leq 10\text{m}$

c) 軟岩の場合

コンクリート吹付工を採用

法勾配  $n = 1/4$

法高  $H \leq \infty$

### 5.1.3 舗装設計

舗装設計は、“AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1986”を基に行なった。この設計手法については図5.1-2 に示した。

#### (1) 耐用年数

耐用年数は2001年の本計画道路供用開始より10年間とした。

#### (2) 設計交通量

設計交通量として使用する車種別将来累積交通量（2001年～2010年）を表5.1-3 に示す。

表5.1-3 車種別累積交通量（2001年～2010年）

Section	Vehicle Type					Total
	Passenger Car	Bus	Light Truck	Medium Truck	Heavy Truck	
Sta. Barbara - Caranavi	272,175	154,889	1,116,271	172,920	2,644,552	4,360,807
Caranavi - Bella Vista	58,870	18,031	210,107	31,735	1,425,347	1,744,090

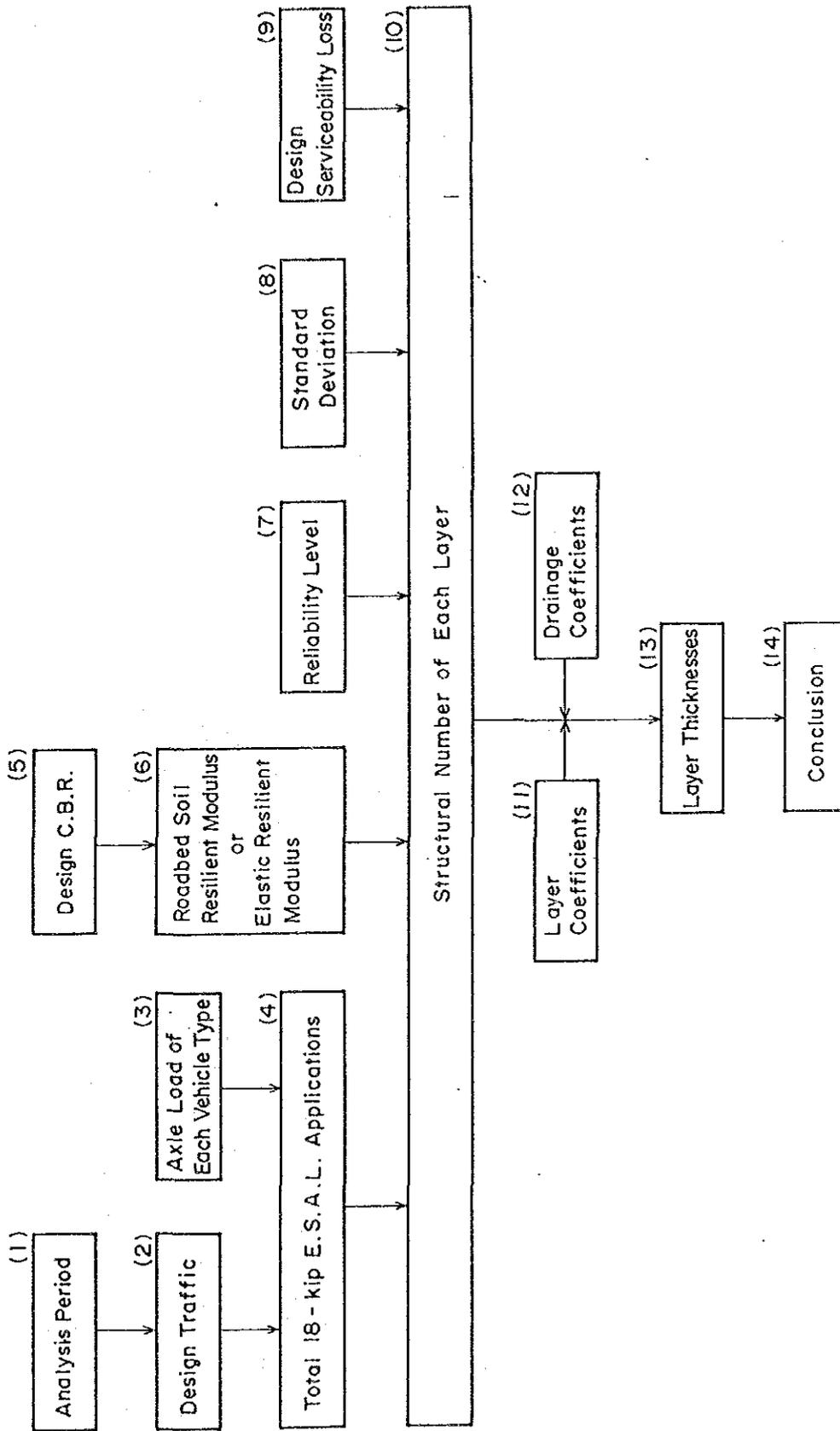


图 5.1-2 舗装設計手法

### (3) 車種別軸重

この設計手法では、各車種の18-Kip等値単軸重 (ESAL) への変換のために車種別軸重分布を設定する必要がある。

しかしながら、ボリヴィア国においてはこれらの十分なデータがないため、本計画道路に類似した日本の幹線道路のデータを採用することとした。(表 5.1-4 )

### (4) 設計18 Kip等値単軸重 (ESAL)

表5.1-5 に示すように、設計交通量と等値係数 (ESAL factor)より、18 Kip等値単軸重 (ESAL) を算出した。

次に累積18 Kip等値単軸重を下記の式により算出する。

$$W_{18} = D_D \times D_L \times W_{18}$$

$D_D$  = 方向分布係数 (Directional Distribution Factor)  
通常0.5 とする。

$D_L$  = 車線分布係数 (Lane Distribution Factor)

$W_{18}$  = 設計18 Kip等値単軸重 (ESAL)

結果は次のとおりとなった。

工 区	累積18 Kip等値単軸重
サンタバルバラ-カラナビ	861,066
カラナビ-ベジャビスタ	409,645

### (5) 設計CBR の設定

路床土の設計CBR の設定のため、代表的な土質特性を持つ4カ所からサンプリングし、土質試験を行なった。その結果を図5.1-3 に示す。

表 5.1-4 車種別軸重分布

Average Vehicle Type	Vehicle Weight	Vehicle Model	Ratio of Axle Load Axle Load Distribution			
			Front Wheel	Rear Wheel	Front Wheel	Rear Wheel
Passenger Car	1.30 (t)		0.501W + 0.03	0.498W - 0.03	S (t) 0.6813	S (t) 0.6174
Bus	13.80		0.376W - 0.464	0.624W + 0.464	S 4.7248	S 9.0752
Light Truck	3.60		0.231W + 0.76	0.769W - 0.76	S 1.5916	S 2.0084
Medium Truck	6.20		0.182W + 1.38	0.818W - 1.38	S 2.5084	S 3.6916
Heavy Truck	17.00		0.109W + 3.22	0.891W - 3.22	S 5.073	T 11.927

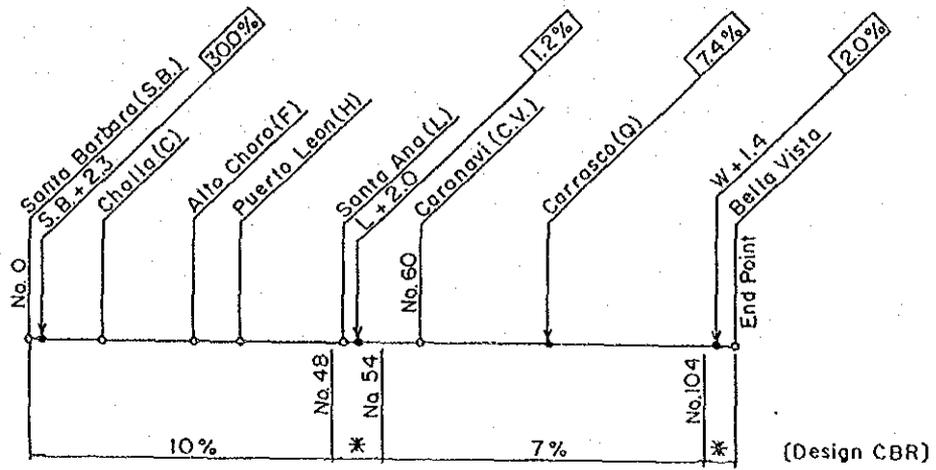
Note : W = Vehicle Weight, S = Single Axle, T = Tandem Axle

表 5.1-5 設計 18 Kip等値単軸重 (ESAL) の算定

Section	Vehicle Type	Design Traffic(A)	ESAL Factor(B)	Design ESAL(A) x (B)
Sta. Barbara - Caranavi	Passenger Cars	272,175	0.0004	109
	Buses	154,889	1.598	247,513
	Light Trucks	1,116,271	0.004	4,465
	Medium Trucks	172,920	0.044	7,608
Total	Heavy Trucks	2,644,552	0.553	1,462,437
	Passenger Cars	58,870	0.0004	24
	Buses	18,031	1.598	28,813
Caranavi - Bella Vista	Light Trucks	210,107	0.004	840
	Medium Trucks	31,735	0.044	1,395
	Heavy Trucks	1,425,347	0.553	788,217
Total				819,290

Note : ESAL Factors were derived from Appendix 5-1(1).

図 5.1-3 設計 CBR の設定



\* The section requiring displacement of roadbed soil

図5.1-3 に表わしたように、低いCBR 値を示した箇所があった。(CBR=1.2 もしくは2.0) これらの前後の区間については、材料コストの低減のため路床土の置換えを行なうこととする。路床土改良後(置換え後)のCBR 値は通常、次の式により算定される。

$$CBR_m = \left( \frac{(Dd-20) \times CBR_a^{1/3} + 20 \times CBR_o^{1/3}}{Dd} \right)^3$$

Dd = 置換え厚 (cm)

CBR<sub>m</sub> = 置換え後のCBR 値

CBR<sub>a</sub> = 置換えに使用する材料のCBR 値

CBR<sub>o</sub> = 現況路床土のCBR 値

置換えを100cm、置換えに使用する材料のCBR 値を10% (付近で充分調達可能であると判断される)と想定すると、置換え後のCBR 値は次のとおりとなった。

工 区	No48-No54	No104-終点
現況路床土のCBR 値	1.2%	2.0%
置換えに使用する材料のCBR 値	10.0%	10.0%
置換え厚	100.0cm	100.0cm
置換え後のCBR 値	7.0%	7.0%

#### (6) 各層の弾性係数 (Glastic Resilience Modulus) の設定

##### 路床土

路床CBR 値を弾性係数に変換する式は次のとおりである。

$$M_R = 1,500 \times CBR(\%)$$

従って、弾性係数は、

$$CBR = 10 \text{ の場合、 } M_R = 1,500 \times 10 = 15,000 \text{ psi}$$

$$CBR = 7 \text{ の場合、 } M_R = 1,500 \times 7 = 10,500 \text{ psi}$$

### 上層路盤

上層路盤の弾性係数は通常、次の式により求める。

$$E_{BS} = K_1 \times \theta_{BS}^{K_2}$$

$\theta$  = Stress state

$K_1, K_2$  = 材料特性を表わす係数

Stress stateは表層厚を4～6インチと想定すると、15.0となる。

$K_1$ 及び $K_2$ は材料特性により次のとおりとなる。

湿 潤 度	$K_1$	$K_2$
乾燥状態	6,000-10,000	0.5-0.7
湿った状態	4,000-6,000	0.5-0.7
かなり水分を含んだ状態	2,000-4,000	0.5-0.7

ここでは、 $K_1 = 8,000$ ,  $K_2 = 0.6$ とする（現場付近で調達可能な材料ではこの値が適切と考えられる）

従って、弾性係数は、

$$E_{BS} = 8,000 \times 15^{0.6} = 40,620 \text{psi}$$

となる。

### 下層路盤

下層路盤の弾性係数は通常、上層路盤の場合と類似した次の式により求める。

$$E_{SB} = K_1 \times \theta_{SB}^{K_2}$$

Stress stateは表層厚を4インチ以上と想定すると、5.0となる。

$K_1$ 及び $K_2$ は材料特性により次のとおりとなる。

湿 潤 度	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>
乾燥状態	6,000-8,000	0.4-0.6
湿った状態	4,000-6,000	0.4-0.6
かなり水分を含んだ状態	1,500-4,000	0.4-0.6

ここでは、K<sub>1</sub> = 8,000, K<sub>2</sub> = 0.6とする（現場付近で調達可能な材料ではこの値が適切と考えられる）

従って、弾性係数は、

$$E_{SB} = 8,000 \times 5.0^{0.6} = 21,012 \text{psi}$$

となる。

(7) “Reliability Level ” の設定

AASHTOでは次のような値が推奨されている。

表5.1-6 Reliability Level (推奨値)

Functional Classification	Recommended Level of Reliability	
	Urban	Rural
Interstate and other freeways	85 - 99.9	80 - 99.9
Principal Arterial roads	80 - 99	75 - 95
Collectors	80 - 95	75 - 95
Local roads	50 - 80	50 - 80

Note : Results based on a survey in the AASHTO Pavement Design Task

本計画道路は、当国の基幹道路であって、米国でのInterstate Highwayまたは、それとPrincipal Roadとの中間に位置するものと考えられる。その意味では、“Reliability ” を90%以上にする考えもあったが、SNCと協議の結果、85%とすることとした。

(8) 標準偏差 (Standard Deviation) の設定

たわみ性舗装の場合、通常0.45とする。

(9) "Design Serviceability Loss" の設定

通常、次の式により設定される。

$$PSI = P_o - P_t$$

$P_o$  = Initial serviceability

$P_t$  = Terminal serviceability index

AASHTOでは、"Initial serviceability" ( $P_o$ )はたわみ性舗装の場合4.2を、"Terminal serviceability index" ( $P_t$ )は幹線道路の場合、2.5をそれぞれ推奨している。

従って、"Design Serviceability Loss" は

$$PSI = 4.2 - 2.5 = 1.7$$

となる。

(10) "Structural Number" の算定

"Structural Number" は、上記の累積18 Kip等値単軸従、弾性係数、"Reliability Level"、標準偏差及び"Design Serviceability Loss"の値を使用してノモグラムより求められる。(アペンディックス 5-1参照) 結果は次のとおりとなった。

表5.1-7 舗装厚指数

Section	No.0 (Santa Barbara) - No.48	No.48 - No. 60 (caranavi)	No.60 (Caranavi) - End (Bella Vista)
Layer			
Design CBR of Sub-grade	10.0 %	7.0 %	7.0 %
Roadbed Soil (Subgrade)	2.9	3.0	2.7
Subbase Course	2.3	2.3	2.0
Base Course	1.7	1.7	1.5

Note : The estimation is described in Appendix 5-1(2).

(11) 相対強度係数の設定

各層の"Layer Coefficient" は次の値が推奨されている。

表層 : 0.44

上層路盤 : 0.14

下層路盤 : 0.11

(12) ドレイニジ コエフィシエント設定

“Drainage Coefficient” の推奨値は次のとおりである。

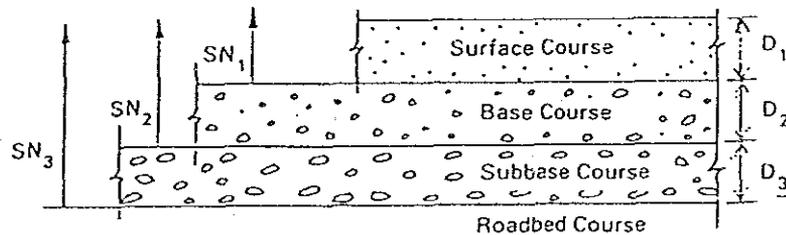
表5.1-8 ドレイニジ コエフィシエント (推奨値)

Percentage of Time Pavement Structure is Exposed to Moisture Levels Approaching Saturation				
Drainage Quality	Less Than	1 - 5%	5 - 25%	Greater Than
	1%			25%
Excellent	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Good	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Fair	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Poor	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Very Poor	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

現場の状況を勘案して、本設計では1.0を採用する。

(13) 舗装構成の設定

層厚は次の式により決定される。



$$D_1^* \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN_1^* = a_1 D_1^* \geq SN_1$$

$$D_2^* \geq \frac{SN_2 \cdot SN_1^*}{a_2 m_2}$$

$$SN_1^* \div SN_2^* \geq SN_2$$

$$D_3^* \geq \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 m_3}$$

各層厚を算定した結果、舗装構成は表5.1-9 のとおりとなった。

表5.1-9 舗装構成

Section	No.0(Santa Barbara)	No.48	No.60(Caranavi)
Layer	- No.48	- No.60(Caranavi)	- End Point(Bella Vista)
Surface	4 inches	4 inches	4 inches
Base	6	6	6
Subbase	6	6	6

Note: The determinations are presented in Appendix 5-1(3).

(14) 結 論

表層に関しては、上記の加熱式混合アスファルト以外にアスファルト・マカダム方式も考えられる。しかしながら、アスファルト・マカダムは耐用期間が短いため、将来交通量の急激な増加が見込まれている本計画道路では、経済的な観点から推奨しがたい。

従って、本計画道路では、加熱式混合アスファルトを採用すべきである。また、現実的には供用後2～3年は砂利道（上層路盤まで施工、すなわち段階施工）を考えるべきである。この理由は以下のとおりである。

- a) 本計画道路に接続しているコタバタ～サンタバルバラ間は、アスファルト・マカダムにて計画されている。従って、一定期間においては、コタバタ～サンタバルバラ～ベジャビスタ間の道路の均一でないし連続性の観点から本計画道路が未舗装であってもさほど支障がないと考えられる。
- b) 道路沿いの法面は一般的には、施工後安定するまで数年を要する。本計画道路が当初から舗装道路で供用された場合には、法面崩壊によって発生する崩落土等の除去に使用されるブルドーザー等の建設機械によって、数年の内に舗装がいたんでしまうことが考えられる。

しかしながら一方においては、段階施工とした場合には資金調達が困難となる。 (資金調達のための手続が2度必要となる)

SNCとの協議の結果、本プロジェクトの円滑な推進のために、一括施工

(当初から舗装道路) とすることとした。

結論として、本スタディでは次の舗装構成を提案する。

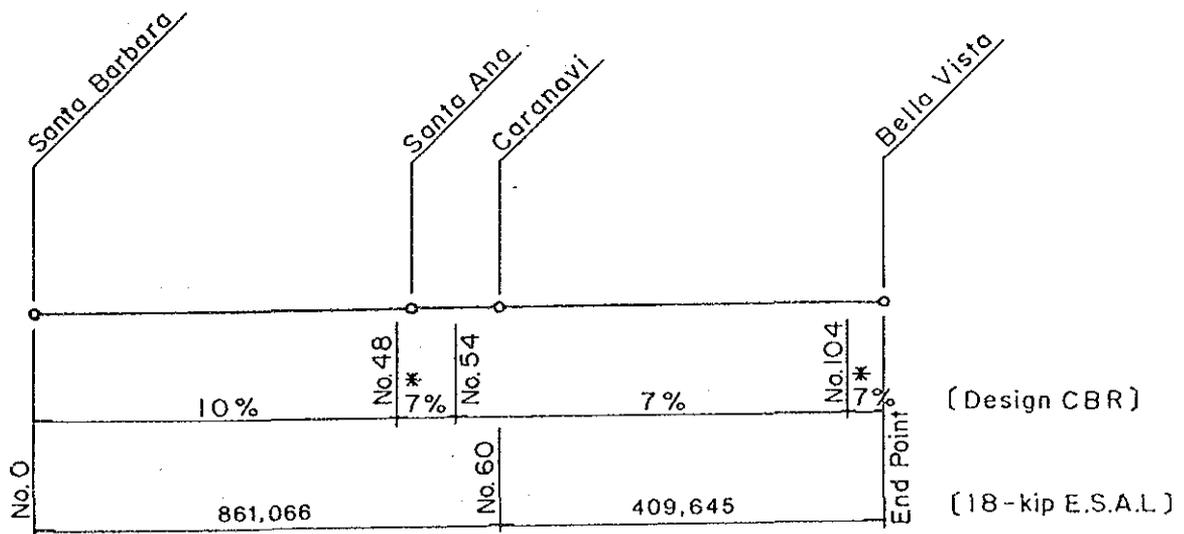
No.48 - No.54 / No.104 - End Point		Other Sections	
		(cm)	
Surface Course	10	Surface Course	10
Base Course * (80%)	15	Base Course * (80%)	15
Subbase Course * (30%)	15	Subbase Course * (30%)	15
Improved Roadbed * (10%)	100	Existing Roadbed (7% or 10%)	40
	140		

\* Materials to be adopted

Surface - Hot-mixed Asphalt Paving

Base - Graded Crashed Stone having a CBR value of 80%

Sub-base - Sandy Gravel having a CBR value of 30%



\* The value obtained by means of displacement

図5.1-4 舗装構成 (推奨案)

#### 5.1.4 排水計画

##### (1) 時間降雨強度

調査対策周辺地域には時間降雨強度のデータがないため、国土基本図 (S=1/50,000) を使用し、流域面積の判る4箇所の河川について、河川の断面、高水位および縦断勾配を実測し、この結果を用いて降雨強度を推計した。各河川の流域面積および測量結果は表5.1-10に示す。

表5.1-10 河川の流域面積；断面積および勾配

Name of River	Catchment Area (A Km <sup>2</sup> )	Cross-Sectional Area of Flow(a m <sup>2</sup> )	Wetted Perimeter (S m)	Gradient (%)
Patuni River	8.0	20.3	18.6	13
Challa River	9.0	17.9	14.8	14
Chorro River	135.5	182.4	51.2	2
San Pedrito	2.5	10.3	10.9	5

上記データより流速および通水量をマニング式により求めた。また通水量と流域面積の関係から流出量の式を用いて設計降雨強度を推計することができる。計算結果は表5.1-11に示す。

表5.1-11 推計設計降雨強度

Name of River	Flow Velocity (V m/sec)	Runnoff volume (Q m <sup>3</sup> /sec)	Design Rainfall Intensity (I mm/h)
Patuni River	9.55	193.87	145.4
Challa River	10.62	190.10	126.7
Chorro River	8.25	1504.80	66.9
San Pedrito	5.38	55.41	133.0

マニング式

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$Q = V \cdot a$$

V : 流速 (m<sup>3</sup>/sec)

R : 径深 (a/s) (m)

a : 通水断面 (m<sup>2</sup>)

s : 潤辺 (m)

I : 勾配 (%)

n : 粗度係数 (0.04)

Q : 通水量 (m<sup>3</sup>/sec)

流出量の式

$$Q = \frac{1}{3.6 \times 10^{-6}} \cdot C \cdot \gamma \cdot A \dots\dots\dots (i)$$

Q : 流出量 = 通水量 (m<sup>3</sup>/sec)

C : 流出係数 (0.6)

γ : 設計降雨強度 (mm/hr)

A : 流域面積 (m<sup>2</sup>)

設計降雨強度は (i) 式より

$$\gamma = \frac{3.6 \times 10^{-6} \times Q}{C \cdot A}$$

となる。

時間降雨強度の推定は流達時間による補正値を用い、設計降雨強度の算定手順を逆算する方法で行なった。

表5.1-12 推定時間降雨強度

河川名	L (km)	H (km)	平均流速 (V' km/hr)	流達時間 (T min)	補正値 (K)	時間降雨強度 (γ <sub>0</sub> mm/hr)
Rio Patuni	5.40	1.74	36.5	8.8	2.0	72.7
Rio Challa	4.50	1.54	37.8	7.1	2.0	63.4
Rio Chorro	17.50	2.24	21.0	50.0	1.1	60.8
Rio San Pedrito	2.90	0.88	35.2	4.9	2.0	66.5
平均時間降雨強度			Σ γ <sub>0</sub> ≒ 65mm/hr			

流域の平均流速

$$V' = 72 \left( \frac{H}{L} \right)^{0.6}$$

V': 平均流速 (km/hr)

L: 最上流地点から流量を求める地点までの河動水平距離 (km)

H: L の区間落差 (km)

流達時間

$$T = \frac{L}{V'} \cdot 60$$

T: 流達時間 (min)

補正值

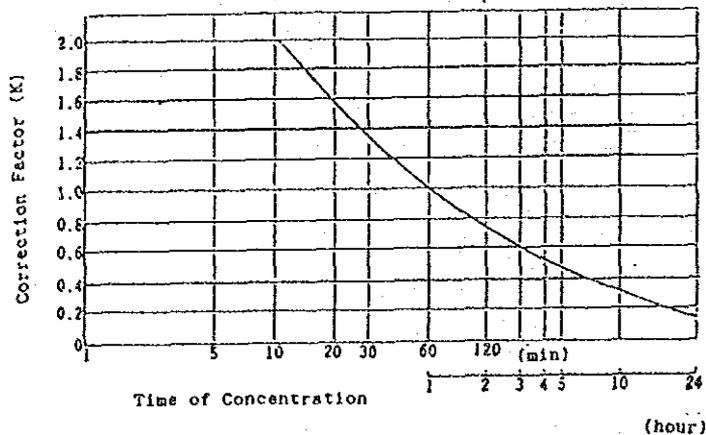


図5.1-5 流達時間による補正係数

以上の結果、本プロジェクトで使用する時間降雨強度は  $\gamma_0 = 65\text{mm/hr}$  とする。

## (2) 横断排水構造物

### 1) 構造物の種類と適用範囲

道路横断構造物は、排水施設の流下能力と実際の流出量に合わせて設けなければならない。

ここでは、架橋予定位置を除いた流下量がそれほど大きくない地点につい

て、経済的に流せる排水構造物を選定した。

ボリヴィアで一般的に使用されている下記の構造物に対して比較検討を行った。

- a) コルゲートメタルカルバートパイプ
- b) コンクリートカルバートパイプ
- c) 1連カルバートボックス
- d) 2連カルバートボックス

図5.1-6 で検討した結果、種類と適用範囲を下記のように決定した。

流下量 (Q m <sup>3</sup> /sec)	排水構造物
$0 \leq Q < 24$	コンクリートカルバートパイプ
$24 \leq Q < 100$	1連カルバートボックス
$100 \leq Q$	2連カルバートボックス

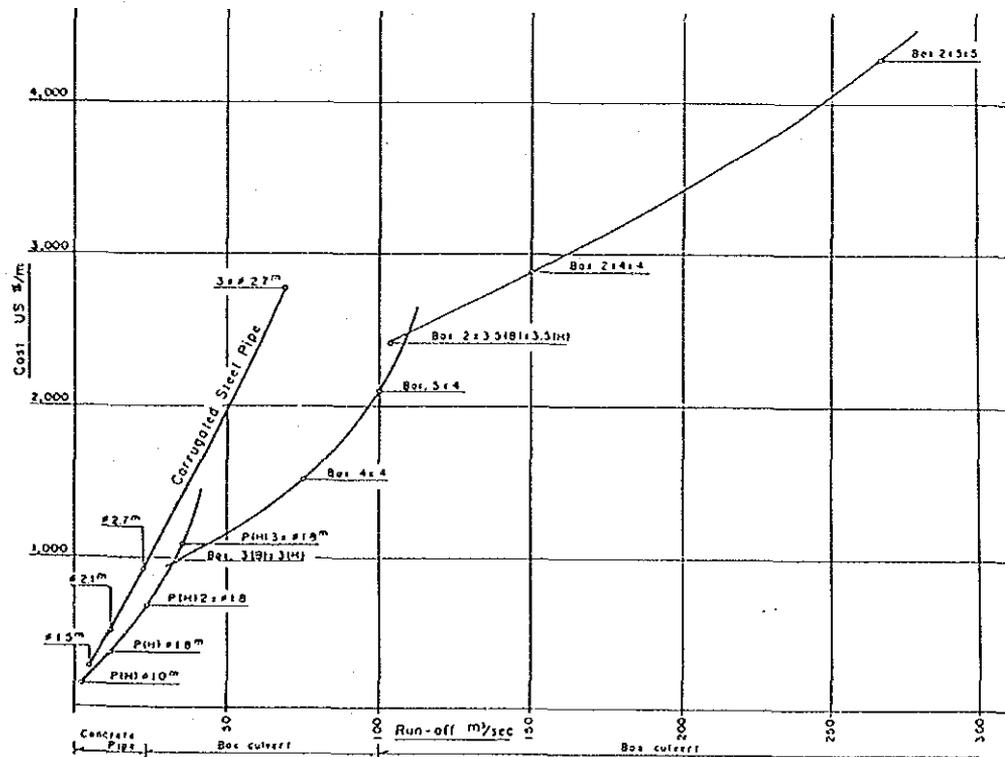


図5.1-6 流下量と工事費の比較検討

## 2) 流域面積と排水構造物の規模

流域面積と排水構造物の規模を決定するには、流域面積と流下量の関係を設定した。

また、各構造物の規模別に通水量を計算して図から構造物の規模と流域面積の関係を読み取った。

流域面積と流下量の関係は前項(1)の流出量の式を用いて、下記の条件で算出した。

C : 流出係数 (0.6)

$\gamma$  : 設計降雨強度 ( $\gamma = K \cdot \gamma_0 = 2 \times 65\text{mm/hr} = 130\text{mm/hr}$ )

(流域面積(A)  $\leq 6.0\text{km}^2$ では流達時間が10min以下であるため  
K = 2となる。)

計算結果は下記のようなになる。

流域面積 (A km <sup>2</sup> )	流下量 (Q m <sup>3</sup> /sec)
0.5	10.8
2.0	43.3
4.0	86.7
6.0	130.0

また流域面積と流下量の間を関係図と示すと図5.1-7のようになる。

構造物の規模別にマンニング式より通水量を計算すると下記のようなになる。

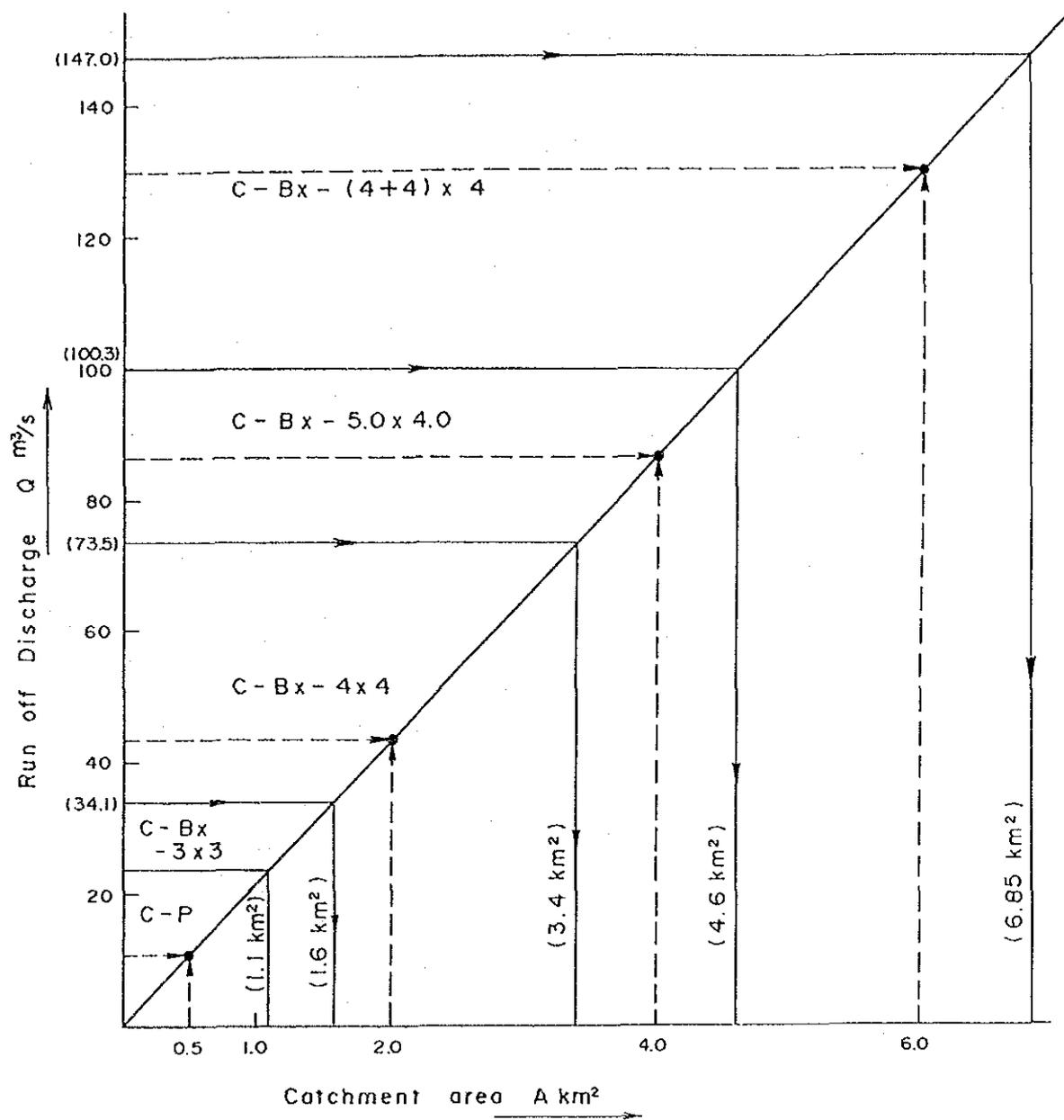


図5.1-7 流域面積と流下量の関係

カルバートボックス寸法	通水断面 ( $a \text{ m}^2$ )	通水量 ( $Q \text{ m}^3/\text{sec}$ )
3.0 × 3.0	7.2	34.1
4.0 × 4.0	12.8	73.5
5.0 × 4.0	16.0	100.3
(4.0 + 4.0) × 4.0	25.6	147.0

- 注) ・通水断面は8割水深とする。  
 ・粗度係数(m) は0.015 とする。  
 ・勾配(I) は4%とする。

以上の結果を図5.1-7 から構造物の規模と流域面積の関係を読み取ると下記  
 のようになる。

構造物	流域面積 ( $A \text{ km}^2$ )
カルバートパイプ	$0 \leq Q < 1.1$
カルバートボックス 3.0 × 3.0	$1.1 \leq Q < 1.6$
カルバートボックス 4.0 × 4.0	$1.6 \leq Q < 3.4$
カルバートボックス 5.0 × 5.0	$3.4 \leq Q < 4.6$
カルバートボックス (4.0+4.0) × 4.0	$4.6 \leq Q < 6.85$

### 3) 横断排水構造物計画

流水量のあまり多くないところでは直径100cm のパイプカルバートを250mおきに敷設することで側溝の水を処理するのに十分である。従って、429箇所  
 に直径100cm のコンクリートパイプカルバートを敷設することにする。

カルバートボックスについては各沢毎に流域面積を計り、前項2)の結果を用いて下記のように計画した。

カルバートボックス計画箇所

測 点	流域面積 (km <sup>2</sup> )	断 面 (m)
No.14 + 160	1.65	4.0 × 4.0
No.20 + 540	1.30	3.0 × 3.0
No.28 + 145	1.10	3.0 × 3.0
No.30 + 180	2.50	4.0 × 4.0
No.43 + 700	1.53	3.0 × 3.0
No.49 + 210	1.28	3.0 × 3.0
No.49 + 685	1.20	3.0 × 3.0
No.64 + 660	1.18	3.0 × 3.0
No.96 + 490	1.15	3.0 × 3.0
No.97 + 225	1.18	3.0 × 3.0
No.98 + 420	1.42	3.0 × 3.0

(3) その他排水構造物

一般に盛土・切土などの土構造物の崩壊は水が直接の原因となって起こるものが極めて多く、その崩壊には表面水による法面洗掘、浸食および浸透水による法面の滑りなどから進むことが考えられる。

ここで計画する排水構造物は土構造物の安定性確保のために設置する。

道路の排水は図5.1-8 に示すようにいろいろなものがあるが、対象とする水によって表面排水、地下排水、法面排水、構造物の裏込め部の排水などに分けられる。

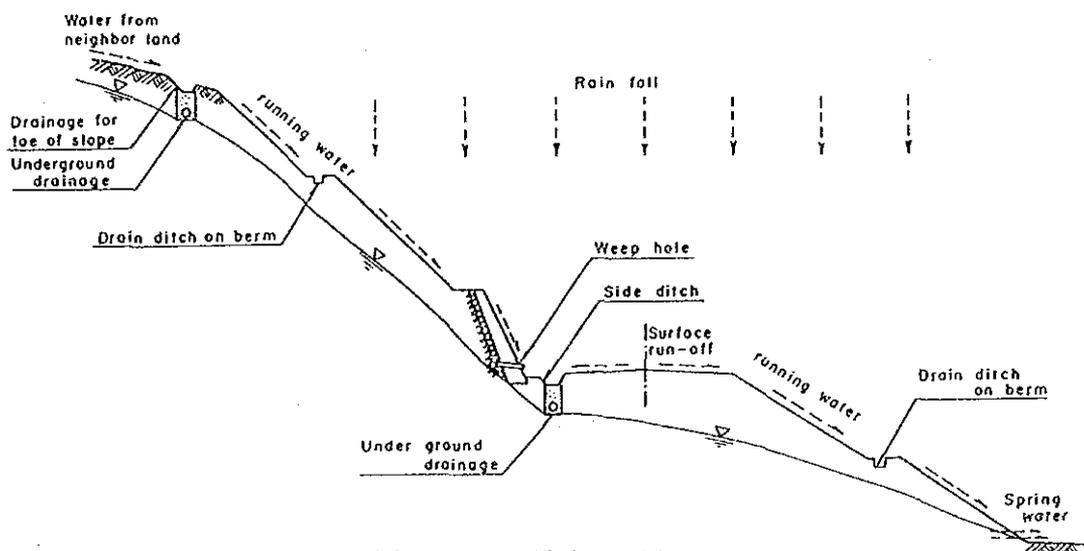


図5.1-8 排水の種類

以下本調査道路に設ける排水工について述べる。

1) 切土路側側溝

切土路側側溝は切土法面を流下する水、路面の表面水および湧水等を集水し、切土法尻の洗堀、浸食による崩壊を防止する。また、路盤および路床への浸透を遮断し、舗装を良好に維持することを目的として、切土区間全線に切土路側側溝を設ける。

2) 法先排水溝

上部斜面に降った雨水や湧水を法面に流入させないようにするために切土法先全線に設ける。

3) 小段排水溝

法面が長大になると、法面を流下する雨水の量も多くなる。土砂の法面の場合、高さ5m毎の小段に排水溝を設けることにより、長大法面の浸食防止のために有効である。

このため、土砂の各小段毎に排水溝を設ける。

4) 地下排水溝

湧水箇所や地下水位が高い箇所では法面の滑りなどで崩壊が起ると思われる。また、地盤からの浸透水によって路床、路盤が軟弱化し、舗装が著しく損傷することがある。

このような箇所には、地下排水溝を設け、地下水位を低下させ、法面および舗装を良好な状態に維持する。

5) 構造物裏込め排水

地下水などが構造物の背面にたまると、安全性が低下し、それが構造物の破損にもつながる場合があるため、構造物には水抜きを設ける。

## 5.2 概略橋梁設計

### 5.2.1 概要

4.3.8 節においてはプロジェクト道路のどこに橋をかけ、その橋長がいくらかであるかについて検討がなされた。この検討結果は表2.1-1 に示されている。図5.2-1 にはこれらの橋梁の位置が示されている。

表5.2-1 選択した橋梁名とその橋長

Bridge Name	Bridge Length (m)	Curved Bridges
1) Point (A) Bridge	132.5	
2) Patuni Bridge	40	0
3) Challa Bridge	20	0
4) Cascada Bridge	18.5	
5) Alto Choro Bridge	50	0
6) Pto. Leon Bridge	75	
7) Cajones Bridge	25	
8) Chojña Bridge	22	
9) San Silverio Bridge	50	0
10) San Lorenzo Bridge	52	0
11) Espiritu Bridge	52	0
12) Carrasco Bridge	30	
13) Avaroa Bridge	25	0

### 5.2.2 上部工型式

#### (1) 橋梁の型式

表5.2-1 に示されているように、13橋のうち 7橋が曲っている。これらの曲線橋は構造上から大きなねじり剛度をもつ床版型か、箱桁型かのいずれかである。

さらに、以下の理由から連続構造が望ましい。

- a) ねじり剛度を維持する。

b) ねじりモーメントを少なくさせる。

c) 負反力を生じさせない。

(2) 支間長の決定

4.3.8 節で説明した方法（表5.2-1 参照）のもとで決定された橋長の支間長の決定は、以下の条件のもとで得られた。

1) 30m 以下の橋は単支間とする。

2) 力学的特長から曲線橋の支間は単純橋に対する交角が $30^\circ$ 以下である。

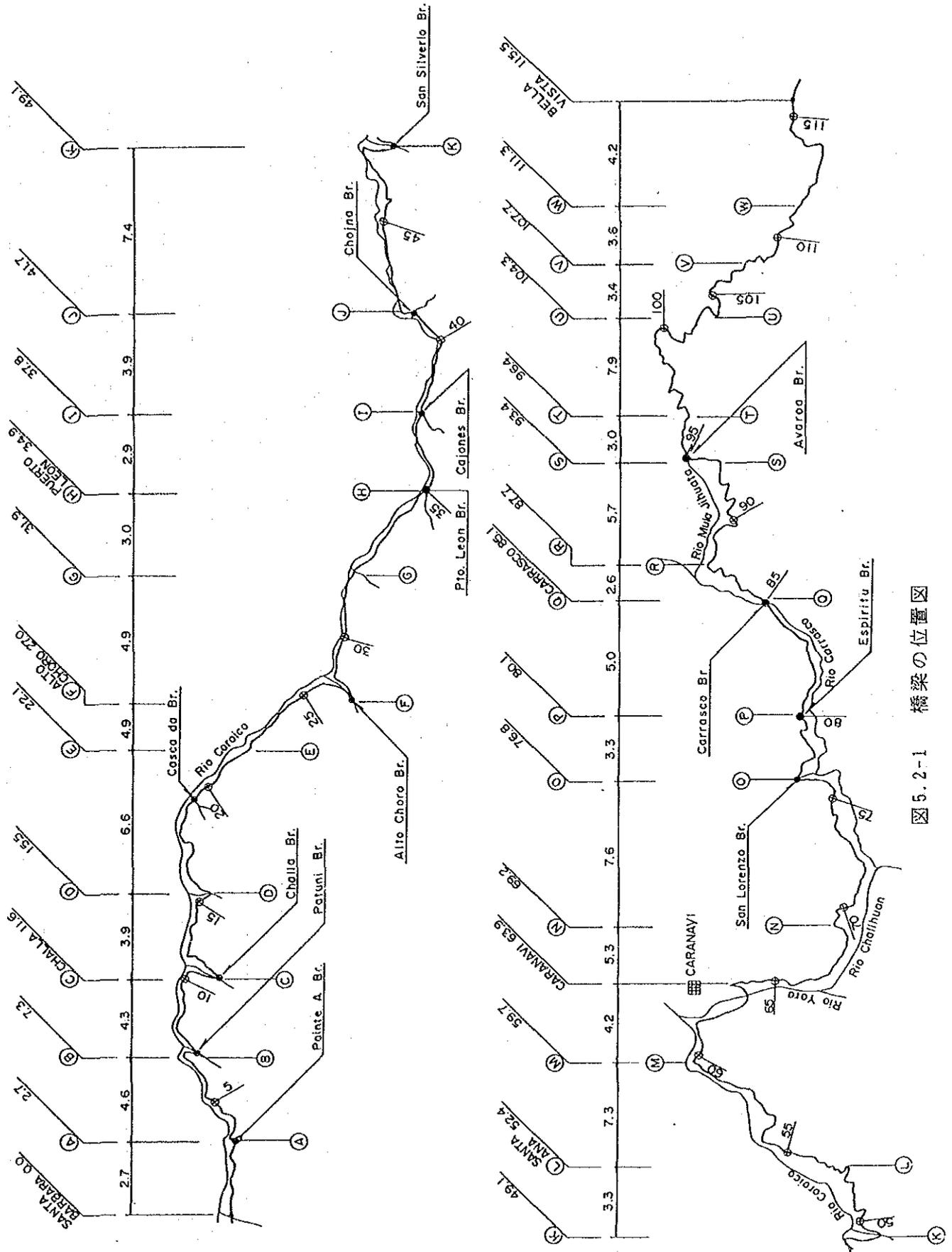


図 5.2-1 橋梁の位置図



(また、支間ができるかぎりどこでも等しい) よう設定する。

3) 上記 a), b) (ポイント A とプエルトレオン) で述べた以外の支間は別に決める。

(表 5.2-2 と表 5.2-7(3) 参照)

a) ポイント A の橋の支間長は橋梁の型式、橋梁の位置の経済的、地形的条件を勘案して、26.0m + 80.0m + 26.5m として決定した。

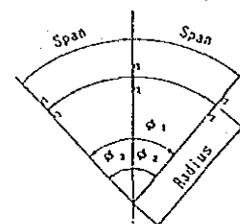
b) 検討の結果、3 径間連続橋が以下の理由によりプエルトレオン橋に対して採用された。

－ 3 径間連続橋の建設コストは 2 径間連続橋のコストよりも安い。

－ 3 径間連続橋の建設方法は橋脚が水の流れの中心から避けられるため、2 径間連続橋よりも容易である。

表 5.2-3 は決定した支間長とともに橋長を示したものである。

表 5.2-3 橋長と支間長



Name of Bridge	Type of Bridge ※	Bridge Length(m)	Effective Width	Span (m)	Angle (Curved Bridges)	
					φ1	φ2
Point A	S	132.5	7.3~9.5	25.6 + 80.0 + 26.1	—	—
Patuni	C	40.0	10.4	19.65 + 19.65	45 °02'04"	22 °31'02"
Challa	C	20.0	10.4	19.3	22 °06'58"	—
Cascada	S	18.5	9.0	17.7	—	—
Alto Choro	C	50.0	9.5	24.60 + 24.60	56 °29'37"	28 °11'22"
Pto. Leon	S	75.0	7.3	24.65 + 25.0 + 24.65	—	—
Cajones	S	25.0	9.0	24.3	—	—
Chojña	S	22.0	9.0	21.3	—	—
San Sirverio	C	50.0	9.5	24.60 + 24.60	56 °29'37"	28 °11'22"
San Lorenzo	C	52.0	9.5	25.60 + 25.60	58 °47'08"	29 °20'08"
Espiritu	C	52.0	9.5	25.60 + 25.60	58 °47'08"	29 °20'08"
Carrasco	S	30.0	12.0	29.3	—	—
Avaroa	C	25.0	10.4	24.3	27 °50'45"	—

※ "S" and "C" above stand for "straight" and "curved" respectively

橋長は4つのグループ、すなわち18m-22m, 25m-30m (長線橋), 25m-30m (曲線橋), 80m以上12分類される。橋梁の概略設計はこの4つのグループに基づき実施された。

(3) 構造型式

表5.2-4 に示されているように、各橋の構造はその構造特性と経済状態に基づいたそれ自身の標準支間長をもっている。表5.2-5 はここで考慮された4つのグループ毎に橋梁の型式を比較したものである。これらは以下の事柄を考慮しながら、表5.2-4 に示された基準を用いて決定された。

- a) その他の資材の利用可能性
- b) ポリヴィアにおける建設方法や維持方法の経験
- c) 経済性

調査の結果、各グループの橋梁型式は表5.2-4 に示されているように選択された。

表5.2-4 橋梁の標準支間長

Type		Span			Suitability for Carved Structure (main Structure)
		50m	100m	150m	
Steel Bridge	Simple composite girder	○	○	○	○
	Continuous I-girder	○	○	○	○
	Simple box girder	○	○	○	○
	Continuous box girder	○	○	○	○
	Continuous truss	○	○	○	×
	Arch	○	○	○	×
Concrete Bridge	Pretensioned girder*	○	○	○	×
	PC hollow slab	○	○	○	○
	PC simple T-girder*	○	○	○	×
	PC composite girder	○	○	○	×
	Simple box girder	○	○	○	○
	Continuous box girder (staging method)	○	○	○	○
	Continuous box girder (cantilever method)	○	○	○	○
	RC T-girder	○	○	○	×

(4) 地覆、高欄および舗装

地覆、高欄は当該道路が山岳地であり、転落事故の多発地帯であることから壁式高欄を採用することとした。現在、壁式高欄はサンタバルバラ橋およびヤラ橋で用いられている。

舗装はボリヴィア国で従来から用いられているコンクリート舗装（厚さ2.0cm）とする。

表 5.2-5 グループ別橋梁の比較

Groups	Span (m)	Name of Bridges	Type of Bridges *	Bridges Length (m)	Type of Comparison Bridges
I	$\varnothing = 18 \sim 22$	Cascada	S	18.5	PC T-Girder PC Composite Girder
		Chojna	S	22.0	
		Patuni **	S	40.0	
		Challa **	S	20.0	
II	$\varnothing = 25 \sim 30$	Pto. Leon	S	75.0	PC Composite Girder PC box Girder
		Cajones	S	25.0	
		Carrasco	S	30.0	
III	$\varnothing = 25 \sim 30$	Alto Choro	C	50.0	PC Follow Slab PC box Girder (Uniform Section)
		San Silverio	C	50.0	
		San Lorenzo	C	52.0	
		Espiritu	C	52.0	
		Avaroa	C	25.0	
IV	$\varnothing = 80 \sim 90$ (Center Span)	Point A	S	132.5	Steel Arch Bridge PC box Girder (Ununiform Section)

Note: \* "S" and "C" above stand for "straight" and "curved" respectively.

\*\* Since these bridges have small spans and shifts (1.0m or less) and thus can be adapted to curved sections using slabs, they are planned as straight bridges.

表 5.2-6 グループ別橋梁構造型式

Group	Span	Type of Bridges※	Type of Superstructure
I	18m~22m	S	PC Composite Girder
II	25m~30m	S	PC Composite Girder
III	25m~30m	C	PC Box Girder (Uniform)
IV	$\varnothing \geq 80m$	S	PC Box Girder (Ununiform)

※ : "S" and "C" above : stand for "Straight" and "Curved" respectively.  
PC : Prestressed Concrete



表 5.2-7 (2) グループ IV 橋梁型式の比較 (ポイント A)

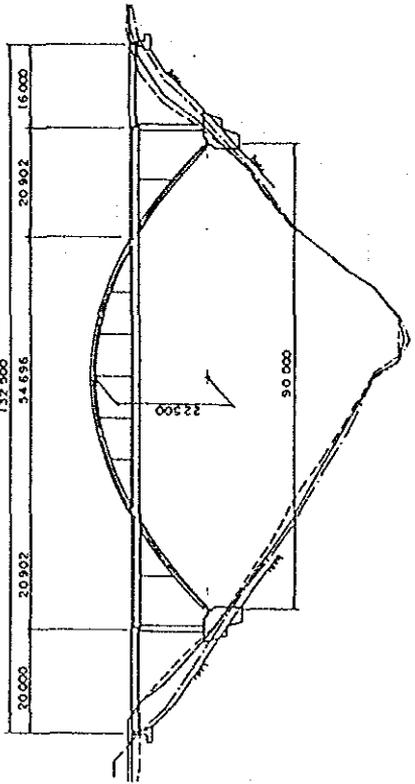
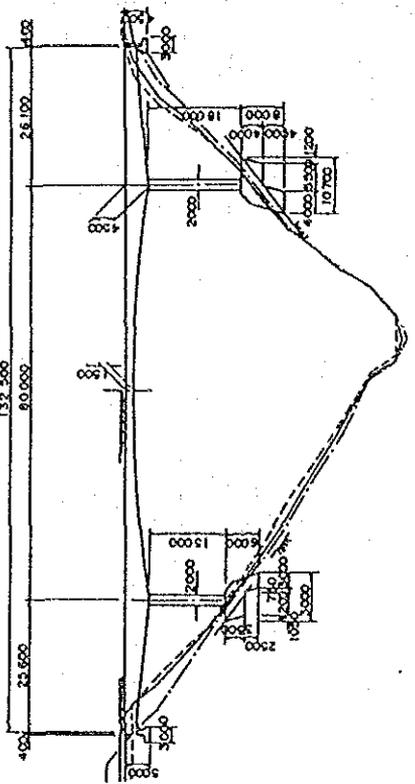
	Midheight-Deck Steel Arch Bridge	These-Span Continuous Rigid Frame Bridge
Side View or Cross Section		
Span (m)	Arch Span 90.0	25.6+80.0+26.1
Horizontal curvature (m)	50-∞-50	50-∞-50
Concrete	205	1.023
Steel	420.7	-
PC-Cable	-	56.3
Reinforcement Bar	43.1	122.8
Rough Cost Estimation	2,340,000\$ (1.37)	1,710,000\$ (1.00)
Evaluation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Commonly built in V-shaped valleys and has aesthetic advantage over types of bridges.</li> <li>- No bridge of this type has been built in Bolivia to date. Cable construction requires a higher level of technology and skill.</li> <li>- Bridges materials (steel) need to be imported, which makes this type less economical.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Commonly used with long-span concrete structures.</li> <li>- A considerable number of bridges of this type have been built in Bolivia.</li> <li>- This type of bridges offers fewer construction problems.</li> <li>- More economical than the steel arch bridge.</li> </ul>
	X	O

表 5.2-7(3) グループⅢ 橋梁型式の比較 (曲線橋、 $\phi = 25-30m$ )

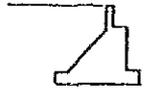
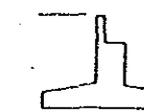
	PC Hollow Slab Bridge	PC Box Girder Bridge (Uniform Section)
Side View or Cross Section		
Span (m)	24.65 + 24.65	50.0
Horizontal curvature (m)	50.0	288
Concrete	314	1,350
Form	712, 716	48,960
Reinforcement Bar	34,540	
PC-Cable	7,850	
Rough Cost Estimation (Superstructure)	361,000\$ (1.01)	358,000\$ (1.00)
Evaluation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Although this is the type commonly used for curved bridges, only a small number of bridges of this type were ever built in Bolivia.</li> <li>- Construction is slightly more complex than that of the box girder type.</li> <li>- Is economically similar to that of the PC box girder bridge.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- This is one of the types commonly used for curved bridges.</li> <li>- This type of bridge is most commonly found in Bolivia, and is easier to build than the PC hollow slab bridge.</li> <li>- Is economically similar to that of the PC hollow slab bridge.</li> </ul>
	X	O

### 5.2.3 下部工型式

#### 1) 橋台

橋台型式は単純な構造型式とし、高さに応じて図5.2-8 に示す型式を適用した。

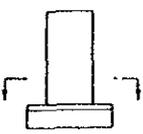
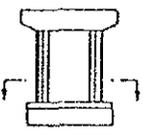
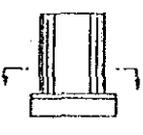
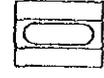
表5.2-8 橋台の型式

Height (h)	Type of Abutments	Cross Section
$h < 5\text{m}$	Gravity-Type Abutment	
$5 \leq h < 10\text{m}$	Inverted T-shaped Abutment	

#### 2) 橋脚

橋脚は陸上部における橋脚と河川部における橋脚とに分ける。河川部の橋脚は漂流物や流速を考慮して躯体を小判型の断面とし陸上部では長方形断面とした。

表5.2-9 橋脚の型式

	Type	Cross Section	Remarks
On Land			Point A Br.
In the Water Flow			Patani Br. Pt. Leon Br.
			Alto Choro Br. San Silverio Br. San Lorenzo Br. Espiritu Br.

### 3) 基礎

現地踏査及び地質調査から明らかのように、橋梁を設置する箇所は岩盤が地表面から浅い位置にあるか、あるいは露出した状態である。したがって、本計画では地表面付近に良質な支持層があると想定して基礎型式はすべて直接基礎とする。

## 5.2.4 橋梁の概略設計

### (1) 設計条件

設計にはAASHTOのStandard Specification for Highway Bridge を適用する。以下は主な設計条件である。

- 型式 PC合成桁、PC箱桁（等断面）、PC箱桁（変断面）
- 荷重 トレーラー荷重（HS20）
- 幅員 図5.2-1 ～図5.2-3 参照
- 基礎 直接基礎
- 材料 ○コンクリート設計基準強度（Vck）
  - PC部材 Vck = 350kg/cm<sup>2</sup>
  - RC部材 Vck = 210kg/cm<sup>2</sup>
  - PC鋼線 G270
  - 鉄筋 Grade60 (fg = 4200kg/cm<sup>2</sup>)

注) PC…プレストレストコンクリート

RC…鉄筋コンクリートを表わす。

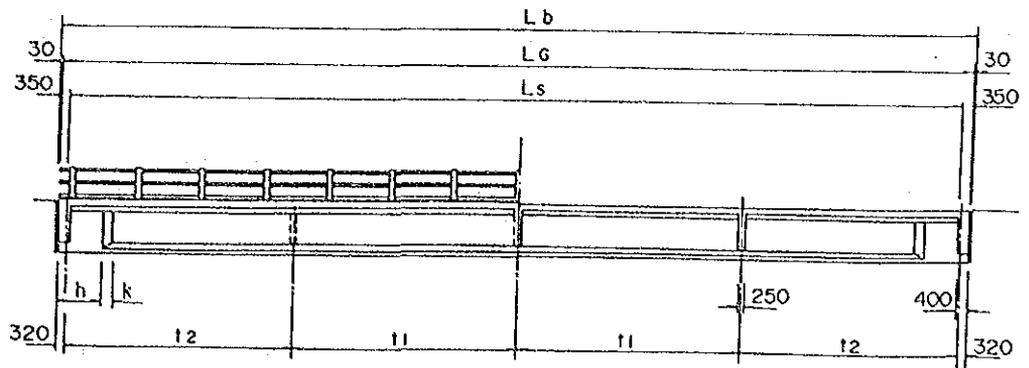
### (2) 概略設計

本プロジェクトで採用された上部工型式はポリヴィアで最も多用されている型式である。本概略設計においては構造計算等を行わず同国の実績および既存資料を参考にして断面形状等を決定した。図5.2-2 から図5.2-4 に主桁断面形状を示してある。

グループ I およびグループ II のPC合成桁橋は最も良くみられる橋である。BPR 桁型式が桁の型式やサイズにたいして採用された。BPR 桁は公共道路局、AASHTO およびプレスコンクリート研究所により開発、推薦されているものである。

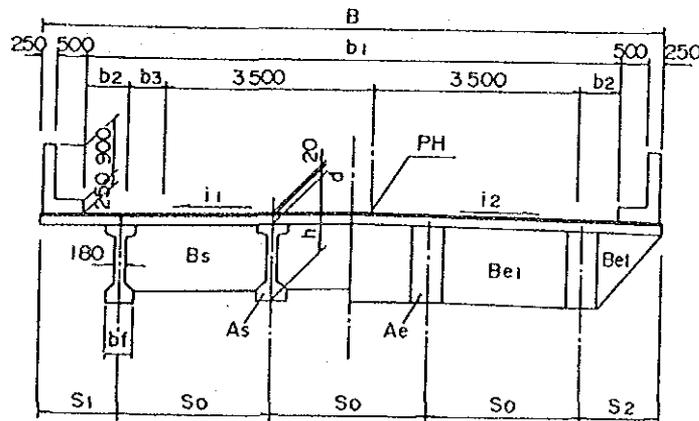
PC箱桁橋（グループⅡ）は長支間長橋に対して採用された。桁部分は型枠の建設方法および最小主桁高が1.5mであることを考慮し、等桁部分として維持した。他の構造の大きさは図5.2-3 と図5.2-4 にしめしたアルトベニ橋にしたがっている。

ポイントA橋に中央支間（グループⅢ）は80.0m でその中心の桁高と支間の端はそれぞれ1.5mおよび4.5mである。ウェブは鉄筋コンクリートウェブのゆえに図5.2-4 に示した傾きをもったウェブを採用している。



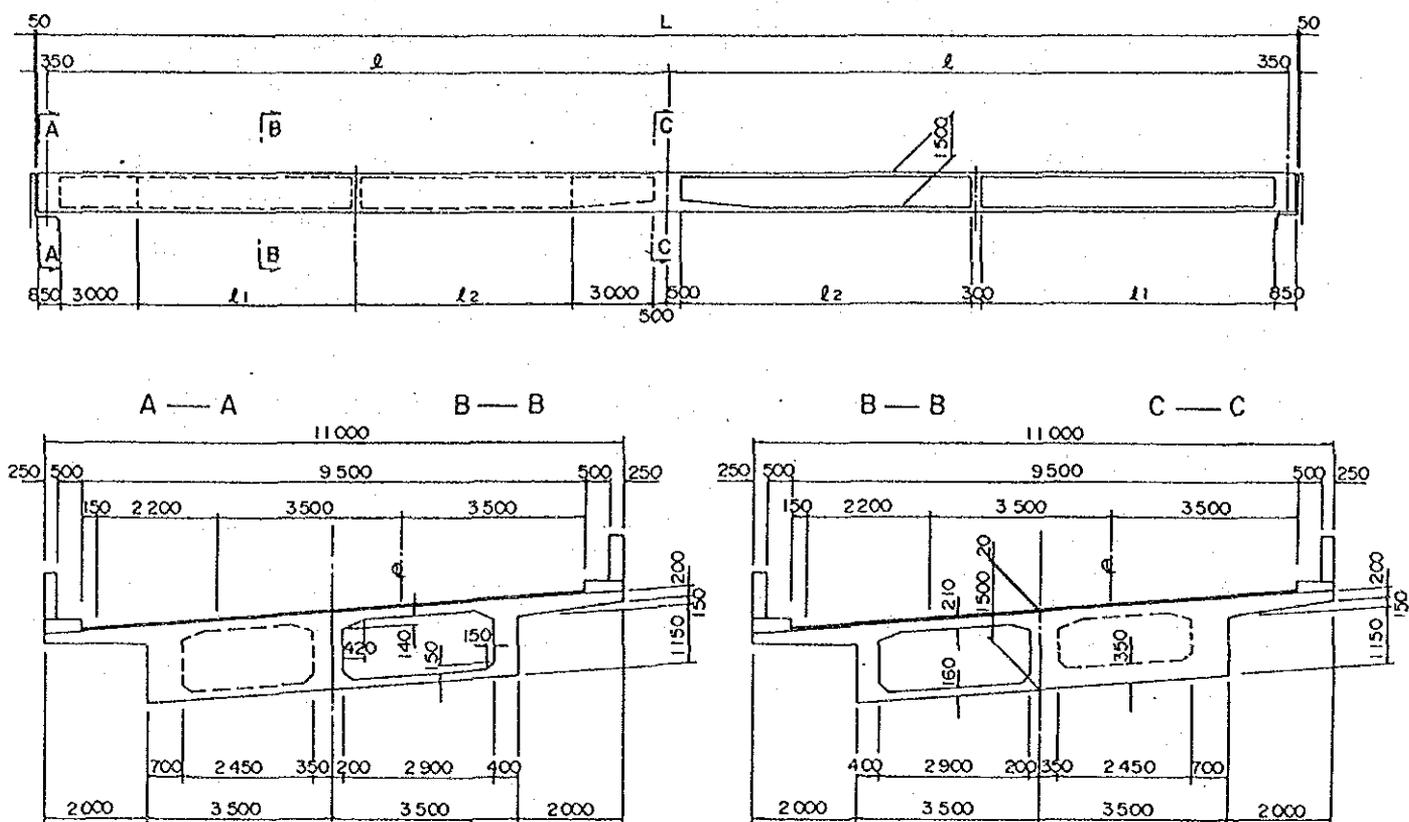
(Unit : m)

Name of Bridges	Total Bridge Length ( $L_b$ )	Girder Length ( $L_g$ )	Span ( $L_s$ )	Cross Beam				K
				$T_1$	$T_2$	$h_t$	m	
Patuni	40,000	19.94×2	19.65×2	6,400	6,450	0.770	2	0.40
Challa	20,000	19.94	19.3	6,400	6,450	0.770	2	0.40
Cascada	18,500	18.44	17.8	6,140	6,150	0.770	2	0.40
Pto. Leon	75,000	24.94×3	24.65×3	6,000	6,150	0.975	3	0.40
Cajones	25,000	24.94	24.3	6,000	6,150	0.975	3	0.40
Chojña	22,000	21.94	21.3	7,100	7,100	0.870	2	0.40
Carrasco	30,000	29.94	29.3	7,350	7,300	1.115	3	0.50



Name of Bridges	Width				Spacing of Girder			Slab d	Girder		
	B	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$S_0$	$S_1$	$S_2$		h	$b_f$	n
Patuni	11.90	10.40	0.60	2.00	2.40			0.19	1.10	0.51	5
Challa	11.90	10.40	0.60	2.00	2.40	0.64~ 1.804	1.660~ 0.753	0.19	1.10	0.51	5
Cascada	10.50	9.00	1.00	—	2.60	1.35	1.35	0.19	1.10	0.51	4
Pto. Leon	8.80	7.30	0.15	—	2.20	1.10	1.10	0.18	1.50	0.51	4
Cajones	10.50	9.00	1.00	—	2.60	1.35	1.35	0.19	1.50	0.51	4
Chojña	10.50	9.00	1.00	—	2.60	1.35	1.35	0.19	1.20	0.51	4
Carrasco	13.00	12.00	2.50	—	2.60	1.30	1.30	0.19	1.70	0.56	5

図 5.2-2 グループ I, II 橋の上部構の諸元



Name of Bridge	Bridge Length	Center of Girder (m <sup>2</sup> )			
		L	$l$	$l_1$	$l_2$
Alto Choro	50.000	48.038	23.669	8.400	8.269
San Silverio	50.000	48.038	23.669	8.400	8.269
San Lorenzo	52.000	50.778	25.039	9.100	8.939
Espiritu	52.000	50.778	25.039	9.100	8.939
Avaroa					

図5.2-3 グループⅢ橋の上部構の諸元

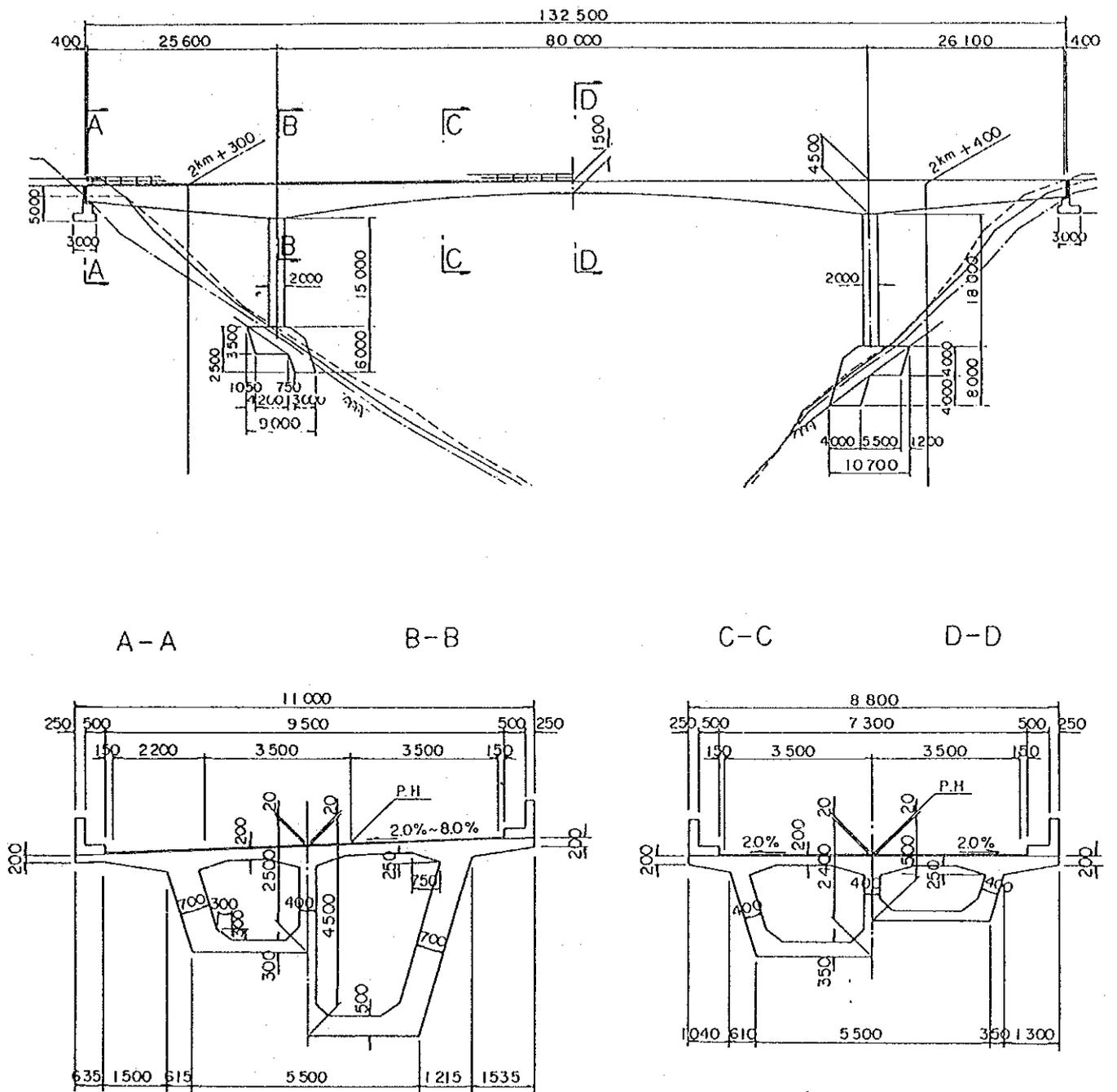


図 5.2-4 ポイント A 橋の諸元

### 5.2.5 架設計画

架設工法は、架設位置の地形地質、河川状況および橋梁型式によって選定される。架設位置は地盤が良く、乾季における河川の水量も少ない。しかし、地形が急峻であり、雨季における架設も考えられるので、ポイントAを除く橋梁の架設方法は、架設位置で桁を製作する梁式支保工架設とする。（図5.2-5 参照）

ポイントAは谷の深さが50m程あること。中央径間に比べ側径間が小さいことから側径間は、支保工を用いて、先行施工し、中央径間は、側径間をカウンターウェイトとする張出し工法とする。また、施工時の浮上がり転倒を防止するために、橋台付近にロックアンカーを設置し、側径間の桁を支持する。

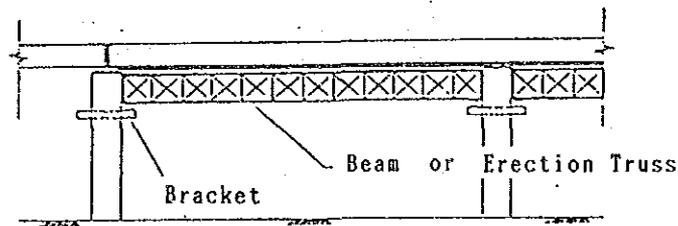


図5.2-5 橋式支保工架設の概略図

### 5.2.6 材料

橋梁に使用するコンクリートの材料強度はPC部材で設計基準強度（ $\Sigma 28$ ）が $350\text{kg/cm}^2$ 、RC部材で $210\text{kg/cm}^2$ を予定している。骨材はコロイコ川やヤラ川から採取可能であるが、SNCの材料試験室によると、この骨材を使用したコンクリートの圧縮強度は、最大 $180\text{kg/cm}^2$ 程度と低く橋梁用コンクリート骨材としては、使用できない。したがって、橋梁用コンクリート骨材は、サンタバルバラ橋およびヤラ橋の建設に使用したアルトベニの砂利とスワビの砂を使用することとする。アルトベニおよびスワビはベジャピスタからキキベ方向へ約10km、プエルトリレス方面へ約25kmのところに位置する。

## 5.3 構造物設計

### 5.3.1 トンネル設計

No35+500 からNo36+400 付近の現道は道路幅員が狭く、また小さな平面線形があり、それに加え現道両側の地形はすこぶる急峻で道路改良が極めて困難な地域である。

この両地域の道路改良方法について、前節4.3.3でトンネル案と現道拡幅案とが比較検討された。結果、経済的、また技術的にトンネル案が抽出された。ここでは、この2本のトンネル概略設計について記述する。

#### (1) 地形・地質状況

##### 1) 地形状況

トンネル計画区間の地形は現道に沿いコロイコ川が流れている。この川にはほぼ直角に2つの尾根が延び、この尾根と尾根の間にはカホネス川が流れていて、大きな滝がある。尾根の先端はコロイコ川で断崖絶壁となっていて、壁高約150m、延長約500mにおよぶ。(写真-8および写真9参照)トンネルはこの2つの尾根に計画した。

##### 2) 地質状況

本地域はトンネル計画が当初より考えられていたため、ボーリング調査および岩石試験を行なった。この2つの尾根の地質は古生層の粘板岩である。この岩は灰色、緻密堅硬で新鮮である。また亀裂の発達も少なく、平均一軸圧縮強度の結果も530kg/cm<sup>2</sup>であった。

#### (2) 線形設計

##### 1) 平面線形設計

トンネル工事費は道路土工工事費に比較して、かなり高価であるため、工事費節減の意味から、極力トンネル延長を短くすることが望ましい。

本計画では、下記の理由によりトンネル区間内の平面曲線形は直線を採用した。

- a)直線にすることにより、トンネル延長が短くなり、工事費節減を図った。

b)この地域は、電力供給が行なわれていないため、トンネル内の安全を確保するために直線とした。

また、トンネル抗口付近の平面線形は交通事故防止の観点から極力大きな曲線の導入が望まれるが、周辺の地形状況から、曲線半径  $R = 90\text{m}$  を採用せざるをえなかった。

尚、上記に加え、平面線形決定に際し、偏土圧が作用しないように、極力、山の斜面に直角になるよう考慮してある。

## 2) 縦断線形設計

トンネルの縦断勾配は、トンネル掘削方法、自動車の排気ガスの影響等から極力低い値が望ましい。

しかし、トンネルを短く計画すること、およびカホネス橋との取付を考慮し、4%を採用した。

このように計画することにより、トンネル延長は、それぞれ370mおよび365mとなり、自動車による排気ガスの影響は少ないものと判断される。尚、平面線形および縦断線形図は前節図4.3.1 および4.3.2 に述べてある。

## (3) 断面の設計

トンネルの内空断面は4.1.4で定めた建築限界を包含していなければならない。(図4.1-2,3 参照) トンネルの内空断面形状は安定性および掘削量を考慮して図5.3-1 に示す。

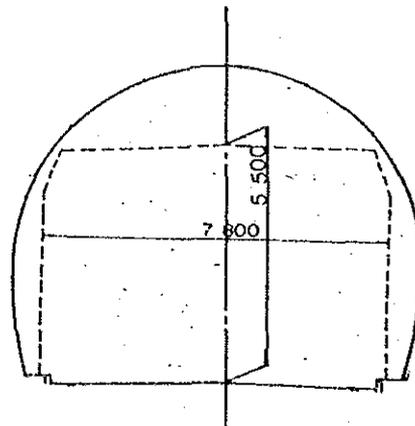


図5.3-1 トンネルの内空断面

#### (4) 構造の設計

##### 1) トンネル内部の構造

本トンネルの地山条件は新鮮な堅硬で亀裂の少ない岩であるため、トンネル内部の構造は脱落しようとする岩塊を止めるために金網、ロックボルトおよび吹付けコンクリートを使用して補強した。

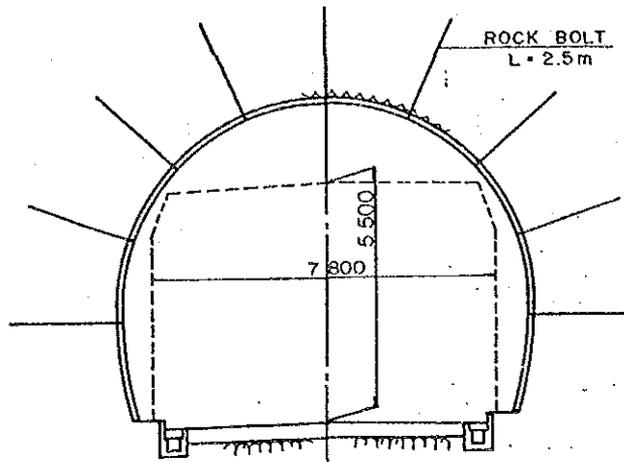


図5.3-2 トンネル内部の構造

##### 2) トンネル抗口部の構造

地山条件は良好であるが、トンネル抗口部は多少表土もあり、内部に比べ亀裂も風化も進んでいると思われるため、安定を確保するために、抗口30mは覆工コンクリートを設けた。

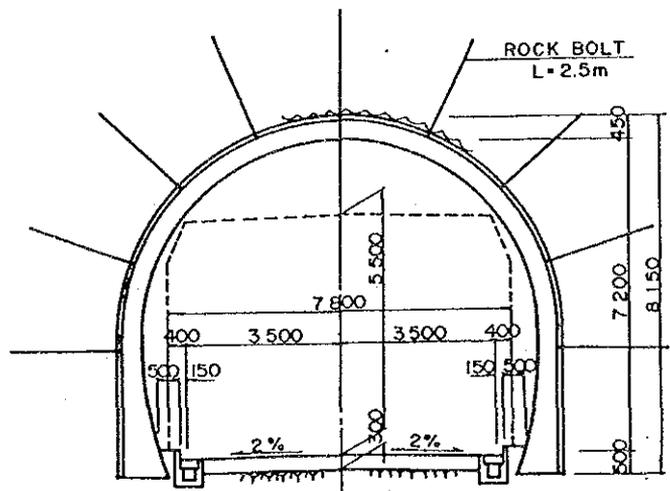


図5.3-3 トンネル抗口部の構造

### 5.3.2 災害対策工

ここでは、最適防災施設として選定された災害対策工の概略設計について述べる。この概略設計は各対策工の、標準的な適用地点及び類似の道路建設での実績を考慮して行なった。

#### (1) タイプ1：コンクリート吹付工

この対策工は、法面をアンカーピンで固定したワイヤーメッシュで覆い、その上に15cm厚のコンクリートを吹付けたものである。更に、法尻には吹付けコンクリートのずり落ちを防止するため基礎を設ける。(図5.3-5(1))

#### (2) タイプ2：石積擁壁

この対策工は、通常の石積擁壁で、控長35cmとし、裏込コンクリート(厚20cm)、裏込材(厚40cm)を設置する。(図5.3-5(2))

#### (3) タイプ3：現場打法枠工

この法枠工は、現場打鉄筋コンクリート・フレーム及びこれを固定するためのモルタルを充填したアンカーバーよりなる。又、風化を防止するため法枠内はコンクリート吹付を行なう。(図5.3-5(3))

#### (4) タイプ5：コンクリート張工

この対策工は、法面全面を鉄筋コンクリートで覆ったものである。(図5.3-5(4))

#### (5) タイプ6：井桁組擁壁

この擁壁はコンクリート部材を井桁状に積み上げて土圧に対抗する構造のものである。(図5.3-5(5)) また、実際の適用については図5.3-4に示した。

#### (6) タイプ9：落石防止網

ワイヤーメッシュ及びワイヤーロープを法面に覆うことにより落石を防止するものである。(図5.3-5(6))

#### (7) タイプ10：落石防止壁(ふとんかご)/タイプ11：落石防止柵(図5.3-5(7))

これらの対策工には次のことが考慮されるべきである。

- 落下した“れき”等を一時的に堆積させるため側方余裕を3.0m確保する。
- 壁高ないし柵高は2.0mとする。（過去の実績では、落下する“れき”等の跳躍高は2.0m以内といわれている）

(8) タイプ14：暗渠工（図5.3-5(8)）

暗渠工の適用には次のことが考慮されるべきである。

- 法肩に沿って設置する。
- 透水性のある材料で地下水を集め、たて排水溝で排水する。

(9) タイプ15：砂防ダム（gabion dam）

砂防ダム（gabion dam）の設計では以下のことが考慮された。

ダム高

想定される上流の堆積物の全量を捕捉できるよう考慮する。

水通し巾

水通し巾は想定される土石の最大径の2倍とするのが通常である。ここでは水通し巾を3.0mと設定した。

水たたき

水たたきの延長は次の式で算定される。

$$L = 1.5(h + H_1) - nH_1$$

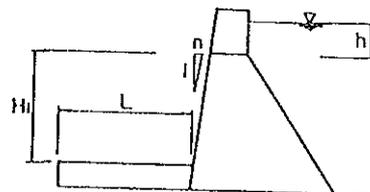
ここに、

L = 水たたき長 (m)

h = 越流水深 (m)

H<sub>1</sub> = ダム有効高 (m)

n = 全面勾配



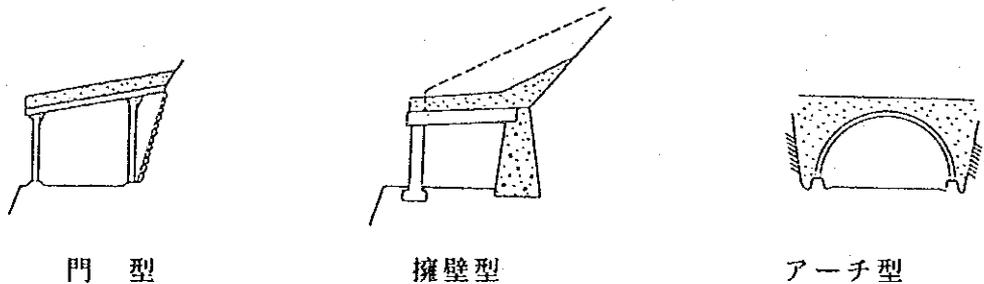
また、水たたき厚はこの場合2.0mとする。

### 根入れ深さ

砂防ダムの設置を考慮しているサイトの土質条件から、2.0mを考える。  
砂防ダムの構造は図5.3-5(9)に示した。

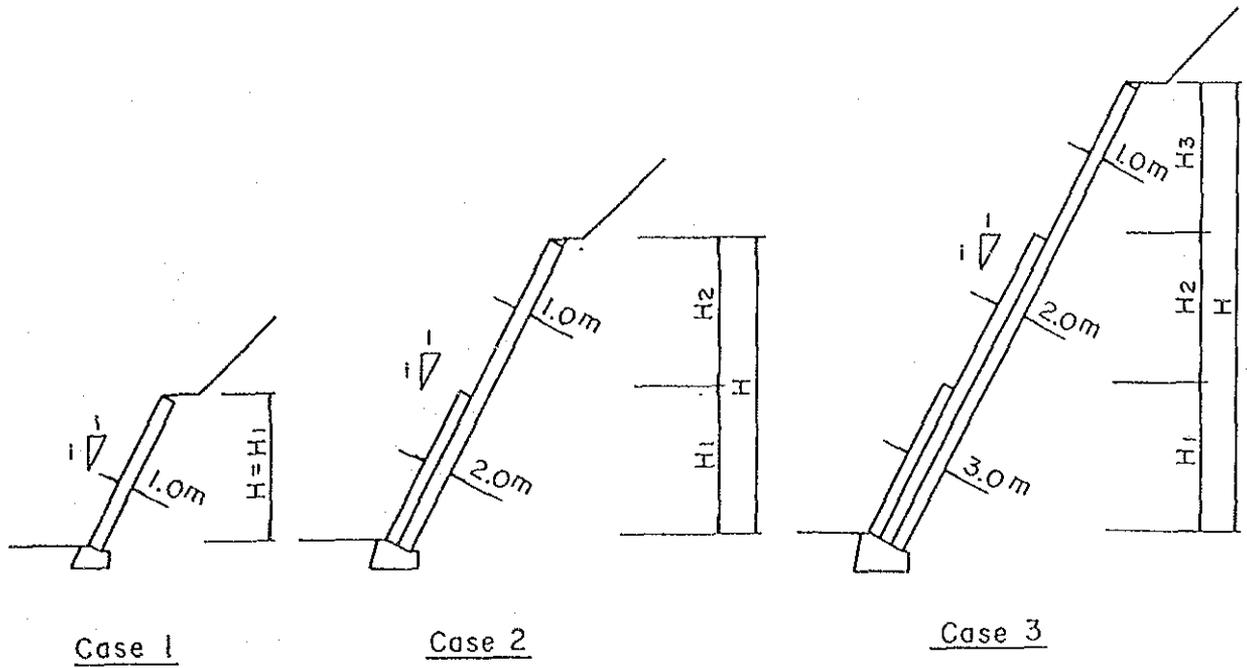
#### (10)タイプ17: 土石流覆工

表4.5-3 に示したように、この土石流覆工の採用はポイント(J)+0.6(No40+300)の地点に限られる。覆工のタイプとしては次の3タイプが通常考えられる。



この地点の法面は比較的安定しており、かつ主として軟岩から成っているため、擁壁で法面をささえる必要はなく、擁壁タイプは除外される。門型とアーチ型を比較すると、門型が施工性の観点からよりベターと考えられる。従って、この地点には門型タイプを採用することとした。構造形式については、経済性からRC形式とすることとした。

この覆工の構造は、図5.3-5(10)に示すとおりである。



$i = 2.0$

Slope Height	Case	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>
$H \leq 10$	Case 1	H	-	-
$10 < H \leq 20$	Case 2	10.0	$H - 10.0$	-
$20 < H \leq 30$	Case 3	10.0	10.0	$H - 20.0$

$i = 2.5$

Slope Height	Case	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>
$H \leq 7.5$	Case 1	H	-	-
$7.5 < H \leq 15$	Case 2	7.5	$H - 7.5$	-
$15 < H \leq 22.5$	Case 3	7.5	7.5	$H - 15.0$

$i = 3.3$

Slope Height	Case	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>
$H \leq 6$	Case 1	H	-	-
$6 < H \leq 12$	Case 2	6.0	$H - 6.0$	-
$12 < H \leq 18$	Case 3	6.0	6.0	$H - 12.0$

图 5.3-4 井桁攙壁形状

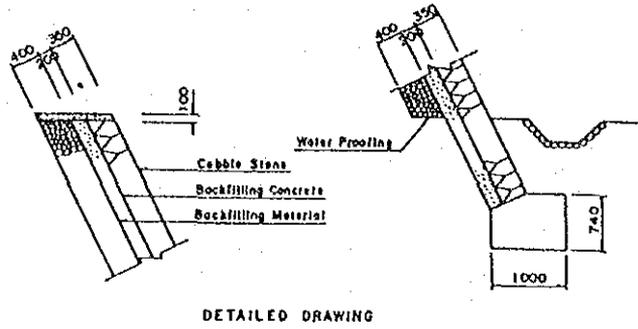
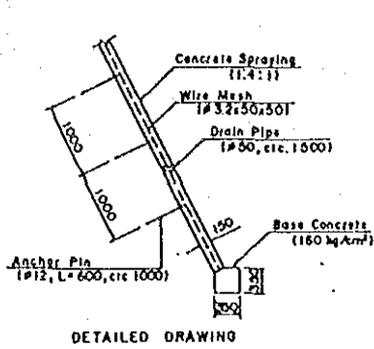


図 5.3-5 (1) コンクリート吹付 (タイプ 1)

図 5.3-5 (2) 石積擁壁 (タイプ 2)

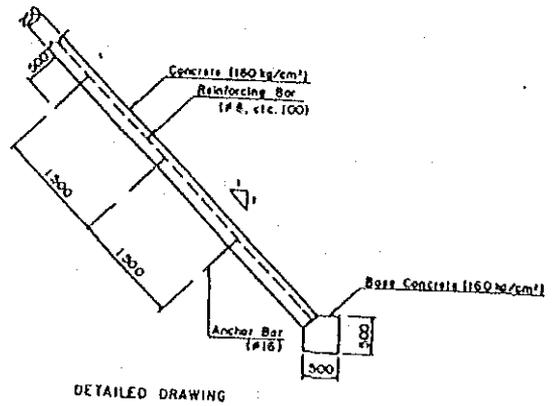
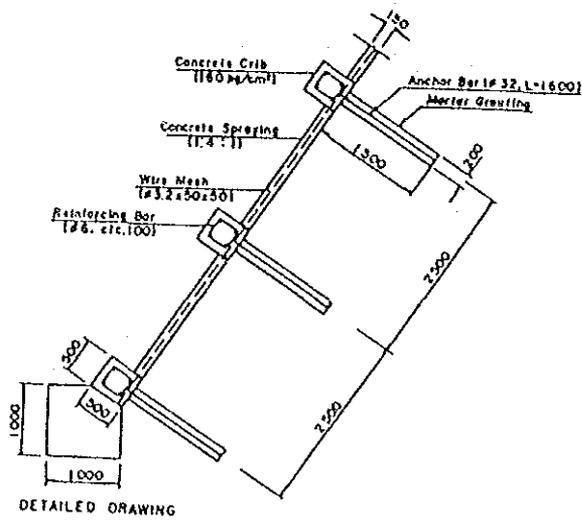


図 5.3-5 (3) コンクリート法枠工  
およびアンカー (タイプ 3)

図 5.3-5 (4) コンクリート張工  
およびアンカー (タイプ 5)

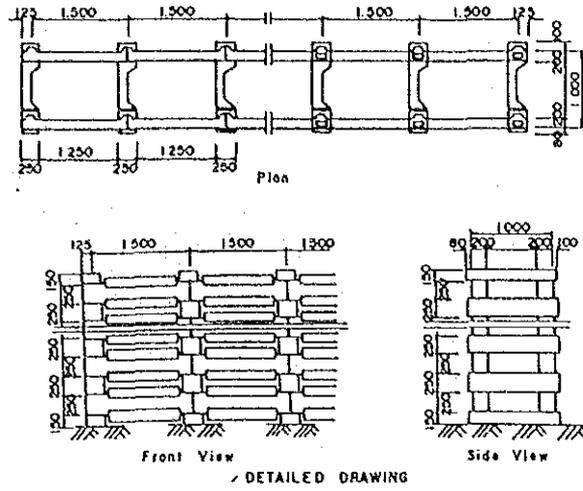


図 5.3-5 (5) 井桁擁壁 (タイプ 6)

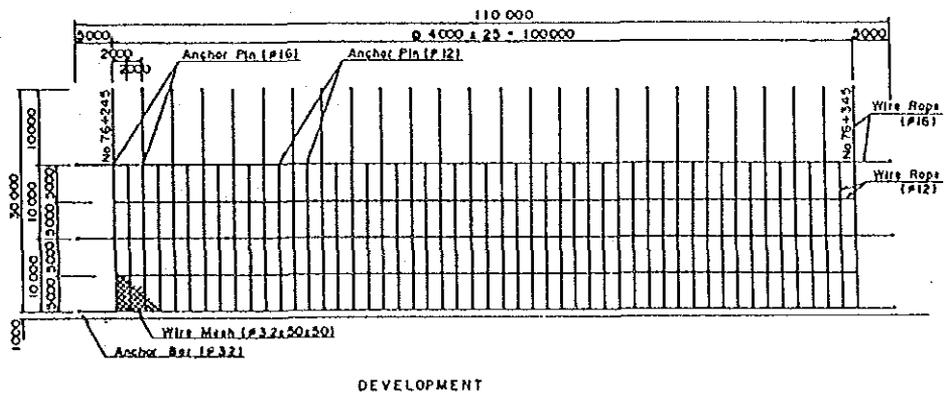


図 5.3-5 (6) 防護ネット及びびじゃかご壁 (タイプ 9/10)

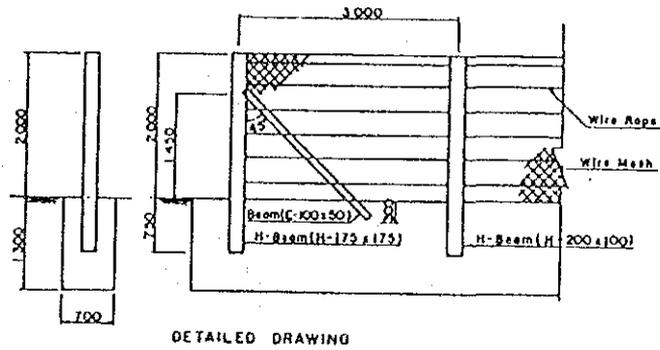
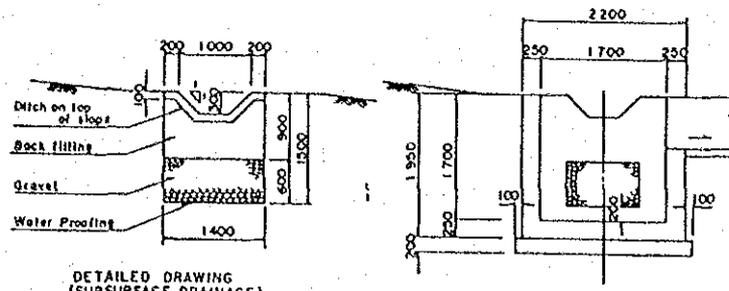
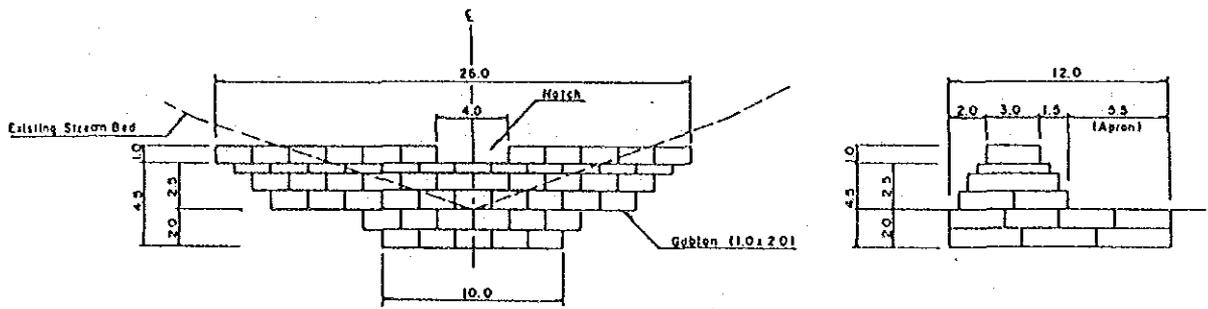


図 5.3-5 (7) 防護ネットおよび防護フェンス (タイプ 9/11)



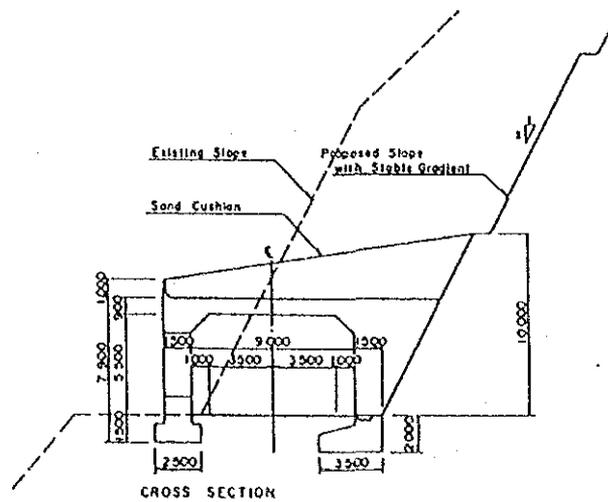
DETAILED DRAWING (SUBSURFACE DRAINAGE)

図 5.3-5(8) 盲排水 (タイプ14)



DETAILED DRAWING (Di-Gabion Dam)

図 5.3-5(9) じゃかご (タイプ15)



CROSS SECTION

図 5.3-5(10) ロックシェッド (タイプ17)

### 5.3.3 擁壁工

擁壁工は5.1.2(4)で述べたように、できるだけ設置量を少なくするように務めた。しかし、土工で施工するよりも、擁壁で施工した方が、安全性または経済性に優れていれば擁壁を使用した。

また、擁壁の型式は使用目的、許容高さおよび経済性から決定した。

#### (1) 重力式擁壁

重力式擁壁は現地発生材の栗石とコンクリートで施工する無筋構造とした。また壁高は3m以下が経済的であるゆえ、図5.3-6 で見ると、前壁が垂直であるため、急傾斜地盤の3m以下の盛土部に採用した。

#### (2) 石積擁壁

石積擁壁はポリヴィアでも通常良く使用されており、比較的経済的である。また、この擁壁の特徴は前面に現地発生材の割り石を使用することによって型枠を省略することができ、且、コンクリートを貧配合としても耐久性を保護できる。

擁壁の裏込め材は、透水性のある良質な材料を用い土圧の軽減に役立つような厚さにすることによって簡易な断面とすることができる。

盛土及び切土に施工する場合の値を図5.3-5 に示す。

#### (3) 井桁擁壁

井桁擁壁は山岳地の急峻な斜面の盛土または切土法面が自然斜面に平行して長大となることを避ける場合や、法面に湧水が多い場合などに用いる。井桁擁壁は透水性が極めて良いのが特徴で、部材はプレキャストコンクリートを井桁状に組み合わせて、中詰めは現地発生材を利用し構築するため、山岳地の施工に適している。

壁高が高くなる場合は枠を二重、三重構造にすることができる。

枠組の基礎は良好な地盤に置き沈下が生じないように留意する必要がある。

盛土及び切土に施工する場合の寸法、形状は図5.3-5 に示す。

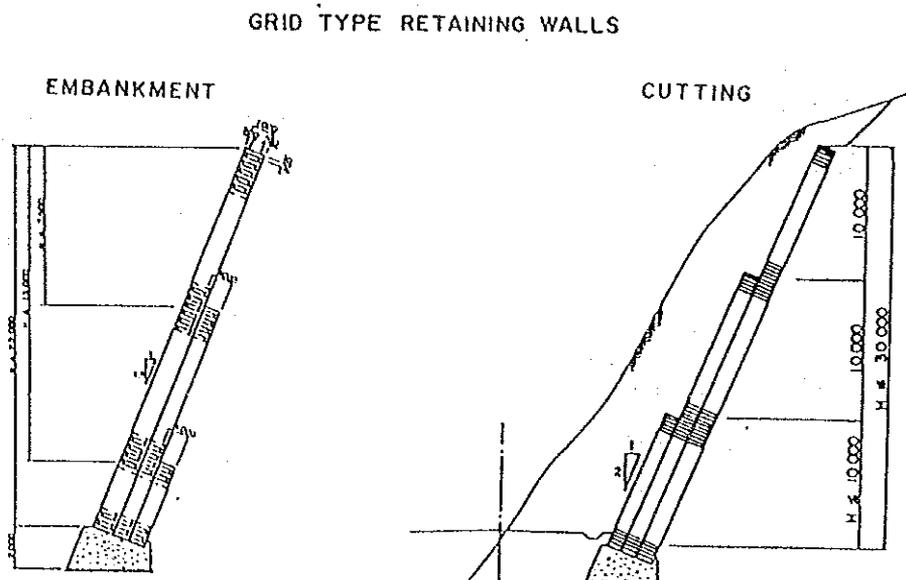
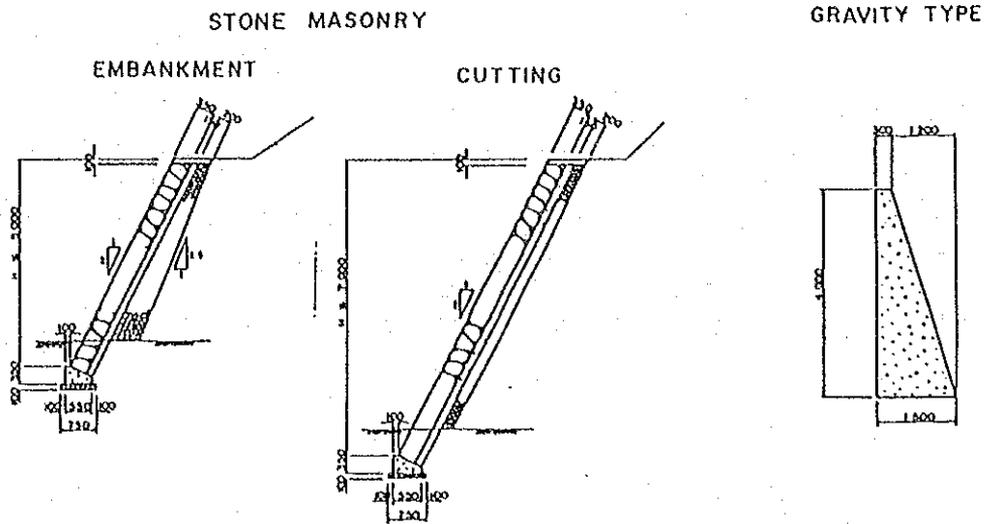


図 5.3-6 擁壁構造図

#### 5.3.4 排水構造物

排水構造物は5.1.4 で計画した主な種類について述べる。

##### (1) カルバートパイプ

円形カルバートは流量の比較的小さい道路横断排水に用いられる。ポリヴィアで良く使用されている種類はコンクリート管及びメタルコルゲート管である。本プロジェクトでは経済性の面からコンクリート管を採用することとした。

(2) カルバートボックス

カルバートボックスはカルバートパイプに対して横断排水の流量が大きい場合に用いる。断面決定は流量計算により行ない、本プロジェクトでは3.0m×3.0m及び4.0m×4.0mを使用した。

構造はRC鉄筋コンクリート構造とした。

ボックスを計画する小川は流速が速いため、呑吐口は路体の洗掘を防止する構造を考慮した。

(3) 切土路側側溝

切土路側側溝は図5.3-7に示すようなポリヴィアで最も一般的に用いられている石張排水溝を採用した。

石張排水溝は本プロジェクトで発生する割り石が利用出来るため経済的な構造である。

側溝の形状は下記の考えで定めた。

道路側は輪荷重をまた切土法尻は土圧及び法面の安定性を考慮して側壁勾配をやや緩めの45°とした。

断面積は法面の侵食による土砂などの堆積により、通水断面の縮小が考えられるのでやや大きめに定めた。

(4) 法先排水溝

法先排水溝は切土路側側溝と同様に石張排水溝を採用した。

側溝の形状は荷重及び土圧が切土路側側溝より小さいので、側壁は図5.3-8に示すようにやや急な勾配とした。

(5) 小段排水溝

小段排水溝は狭い小段幅(W=1.5m)に設置するので、施工性の良いプレキャストの側溝を使用するよう計画した。

側溝断面は、維持管理の行ないにくい所にあるので通水量に対してやや大きめの寸法(30cm×30cm)とした。

形状は図5.3-9に示す。

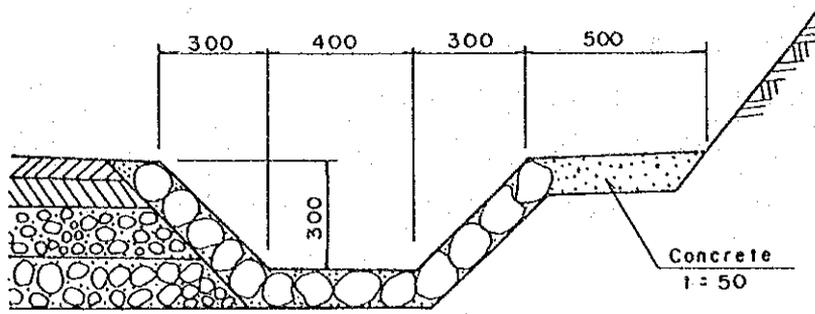


图 5.3-7 切土路侧侧沟

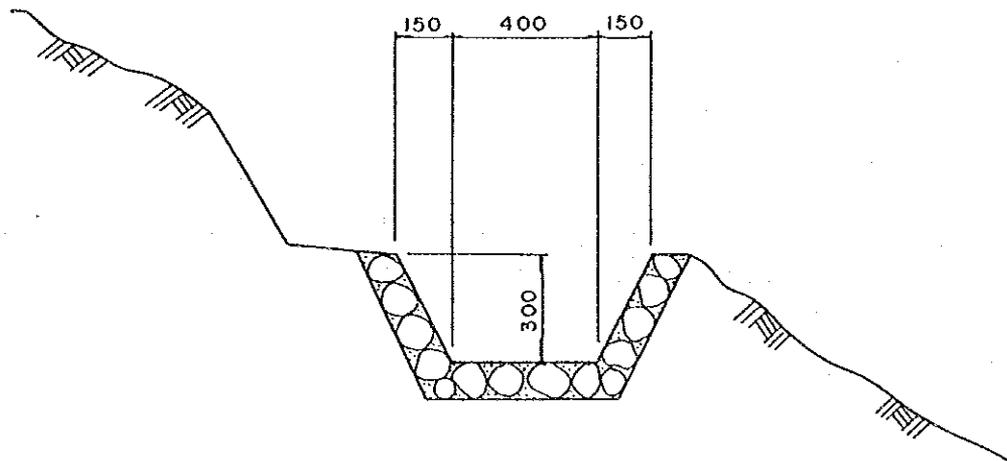


图 5.3-8 法先排水沟

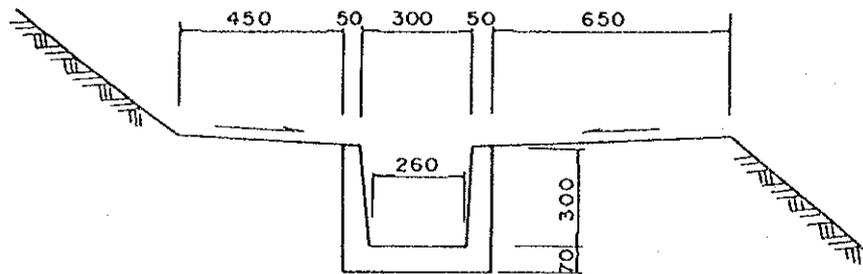


图 5.3-9 小段排水沟

## 5.4 運土計画

### 5.4.1 土量状況

サンアバルバラ～ベジャビスタ間の全掘削土量は約10,220千 $m^3$ あり、そのうち盛土に利用される流用土量は約1,513千 $m^3$ で、残りの約8,707千 $m^3$ が捨土となる。土量の状況は図5.4-1で示した。

#### (1)切土

起点からポイント(K) (No.46 + 750)区間は全体の切土量の半分以上を占め約5,514千 $m^3$  (118千 $m^3$ /km)ある。ポイント(K)からポイント(Q) (No.79 + 550)区間は切土量が2,063千 $m^3$  (63千 $m^3$ /km)と少なく、ポイント(Q)からポイント(V) (No.101 + 30)区間はまた切土量が2,303千 $m^3$  (106千 $m^3$ /km)と多くなる。ポイント(V)～終点(No.108 + 630)区間は切土量が330千 $m^3$  (45千 $m^3$ /km)と少なくなる。

切土量の多く発生するこの2つの区間の要因として、地形の険しさが一番である。現道を拡幅する際現道法面は、ほとんど地質に対する規定法勾配で形成されていなく、直切りとなっていて、所々オーバーハングの状態(写真-5)で放置されている。本プロジェクトでは規定法勾配を確保し、改良計画を行なったため、最大切土高が50mに及ぶところもでてきた。

また、現道の線形の悪さから、本設計は最小曲線半径を50m以上確保し、縦断勾配も7% (特例*i* = 8%、*L* ≤ 400m)に納めたため、かなりの線形の変更が必要となり、全区間で1,000万 $m^3$ 以上の掘削土量が発生した。

#### (2)盛土

起点からポイント(K)区間は盛土量が264千 $m^3$  (6千 $m^3$ /km)と非常に少なく、ポイント(K)から終点区間は盛土量が1,249千 $m^3$  (20千 $m^3$ /km)と前の区間より多くなっている。特にポイント(Q)からポイント(V)区間は盛土量が643千 $m^3$  (30千 $m^3$ /km)本プロジェクトのうちで最も多いところである。

全区間の切土量が約1,000万 $m^3$ 以上にたいし、盛土が約150万 $m^3$ と少ない要因として、特に起点からポイント(K)区間は地形が険しいばかりでなくコロイコ川に平行しているため盛土ができず線形を山側に寄せ計画したためである。

(3) 捨土

前述した切土量と盛土量はバランスが悪く盛土を全部流用土にしても、全捨土量は871 万m<sup>3</sup>と膨大な量になってしまう。

2つの区間に大きな切土量が発生したが、ポイント(Q) からポイント(V) 区間は盛土量も多いためさほど捨土は多くならなかった。

他方の起点から、ポイント(K) 区間は非常に盛土量が少ない為捨土量が5,250 千m<sup>3</sup>(113千m<sup>3</sup>/km)と全体の捨土量の約60%をこの区間で占めている。

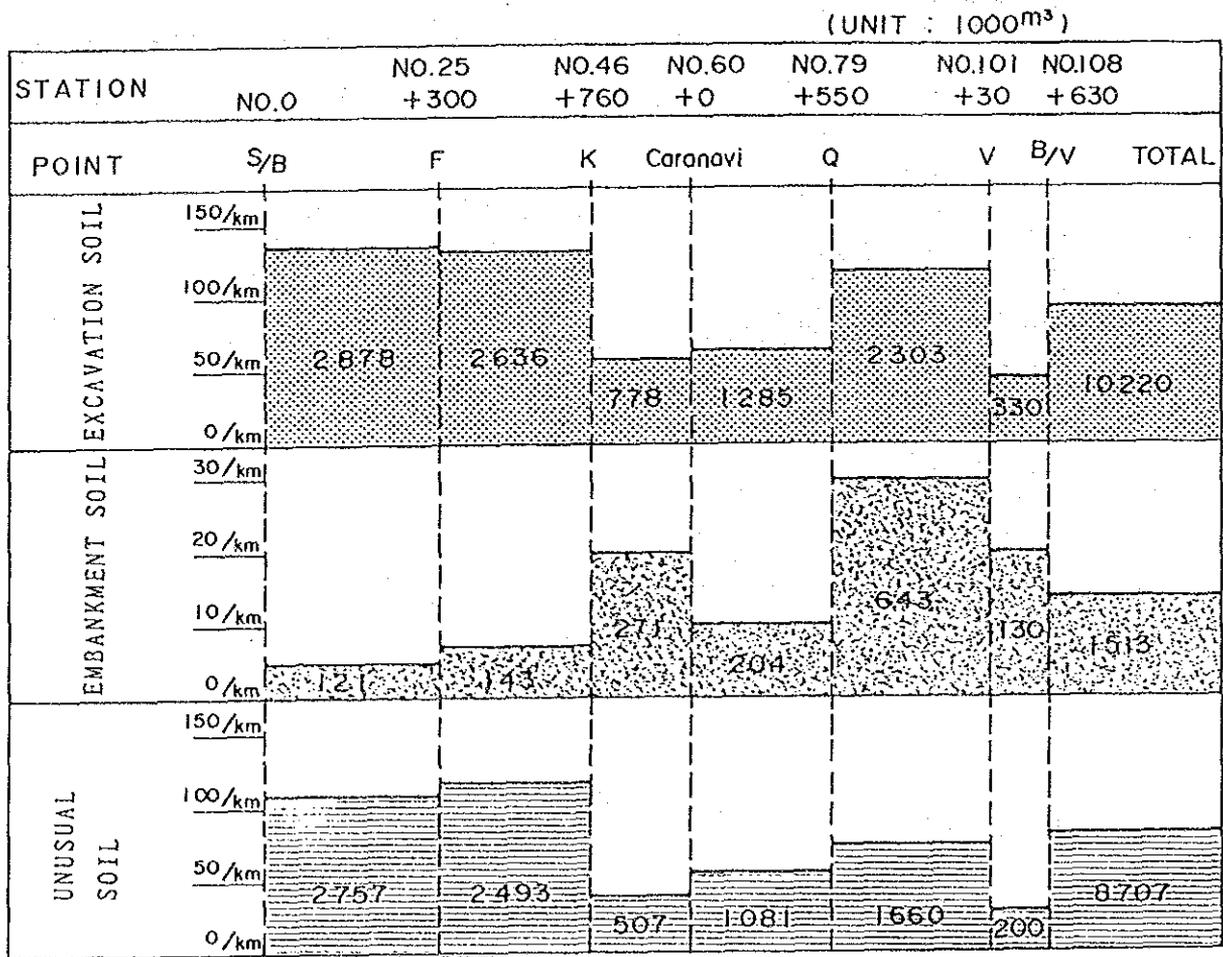


図5.4-1 区間別の土量及びkmあたりの土量

#### 5.4.2 土捨場計画

全捨土量871万 $m^3$ の土捨場確保は、この調査でも最も苦慮したところだが、その選定に当っては、第1にできるだけ運搬距離を短く取り、工事費を低くする条件の基に、コロイコ川の河川敷の広いところでできるだけ畑や果樹園など耕作地を避けた荒地や樹林地を選定した。

やむをえず、こうした耕作地を土捨場としなければならない箇所については、地主との交渉で買収を行なうか、捨土終了後耕作地として使用できるよう、整形を行ない、その表面に厚さ1m以上の表土を置く等の処理を行ない、耕作地に復旧するものとする。また、代替地を新たに開墾等によって開拓することも一案である。

コロイコ川河川敷に選定した土捨場は捨土完了後法面および表面整形を行ない、最小限必要な川幅を確保し、上記のように表土を敷き、出来るだけ耕作地として使用できるようにすれば耕作地は、現状よりも増加するものと思われる。特に、法面保護については崩壊により川が堰き止められないよう、法面を大きな石で整形したり、蛇かご等を施す必要もある。

チョロ川(No.26付近)からキタカルソン川(No.33付近)間の約7kmは現道とコロイコ川までの高低差が少なく、河川敷も狭い区間で、この区間に約110万 $m^3$ の土捨場あり、その土捨場を確保するのが困難なところである。この区間の唯一の広い土捨場はサンベドロ(No.30付近)に約35,000 $m^2$ の河川敷があり、ここには約50万 $m^3$ の土捨場を予定している。

No.80を過ぎると道路は川から離れ、土捨場としては緩やかな山腹や谷間を利用して選定した。選定した土捨場は起点からNo.40区間に29箇所、No.40からNo.80区間に15箇所、No.80から終点区間に20箇所、全区間で64箇所ある。そのなかで50万 $m^3$ 以上捨てられる大きな土捨場は起点からカラナビ間に集中し、5箇所あるほとんどの土捨場は現道から河川敷へ直接捨てられる。

#### 5.4.3 土運搬計画

土捨場1箇所あたりの掘削現場延長は108kmに65箇所以上の土捨場があるので約1.7kmとなる。土捨場までの平均運搬距離は掘削延長が1.7kmあるので約500m弱となるが、場所によっては現道から直接捨てることのできないため搬入路を通して捨てるところもあるので平均1kmとした。

土捨場および土運搬計画は図5.4-2に示す。

全区間を通して、土運搬計画は平均運搬距離が1kmと短く、経済的に処理できたが、土捨場のほとんどが河川敷を利用しているため、環境破壊のないよう、十分な対策が必要である。特に雨季の河川高水位を配慮した土捨場計画、また捨土完了後の土捨場安定性型と崩壊防止に対する十分な処置が必要である。

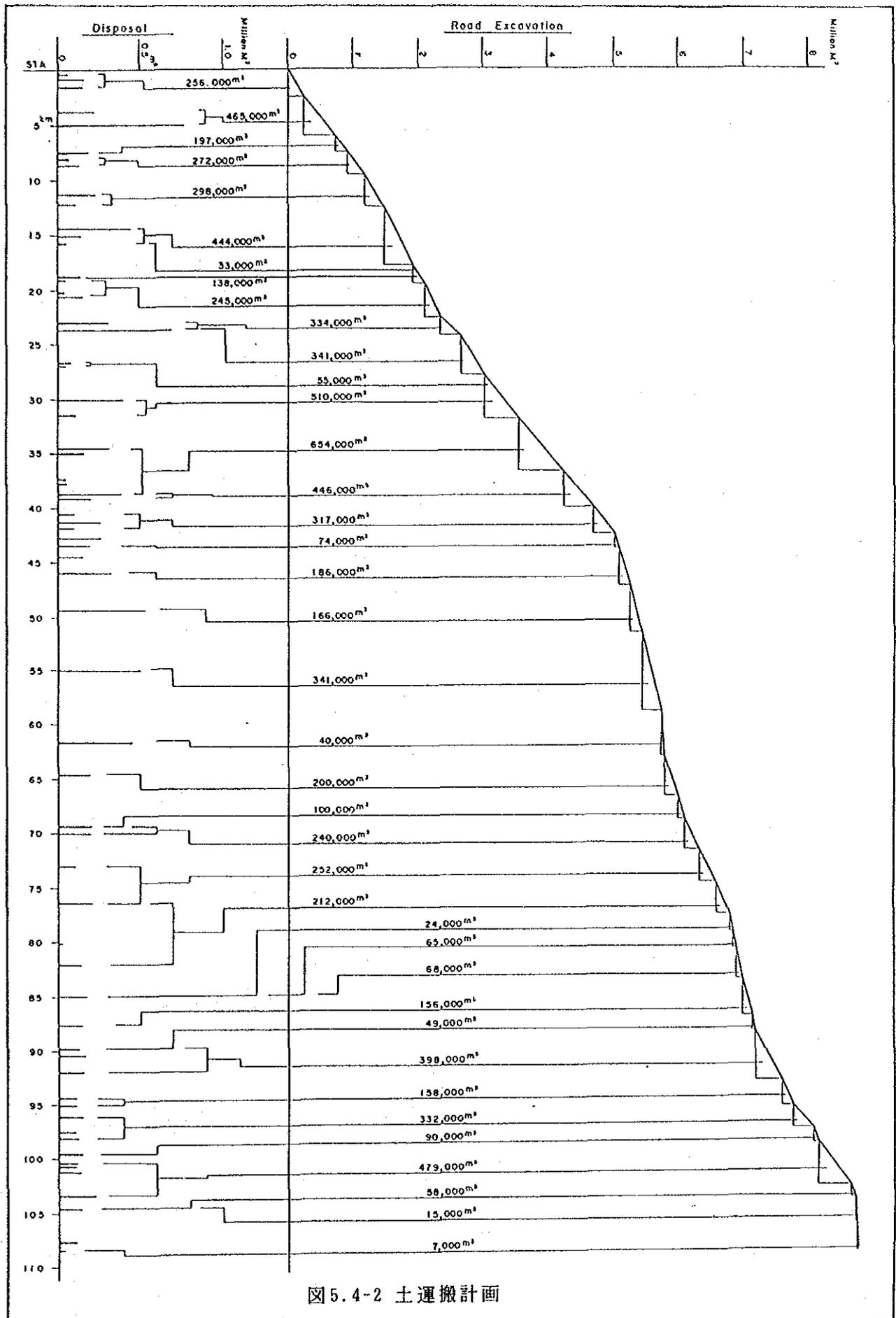


図5.4-2 土運搬計画

## 5.5 維持管理

道路は建設した時の価値を保ち、使用よい状態にしておくために維持修繕をする。

維持修繕は破損を予防し、破損したら手入れを行なう。

### 5.5.1 管理の方法

当区間の管理は他の国道と同様SNCの直轄で行なう。

管理事務所は現在有る5箇所で行なう。(図5.1-1 参照)

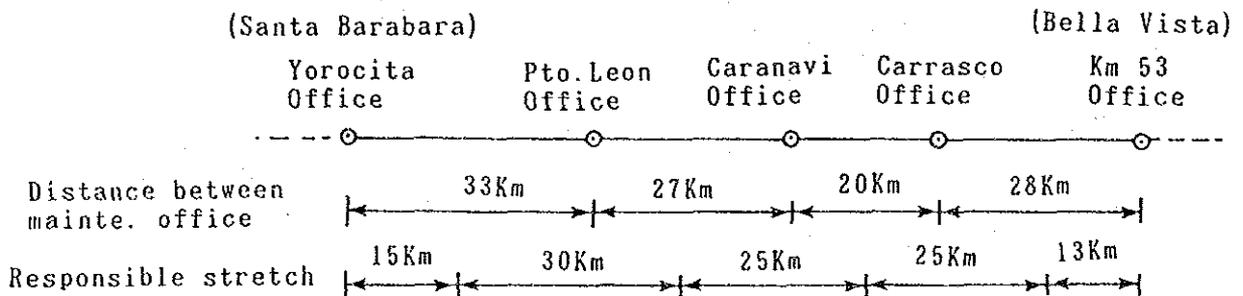


図5.5-1 維持管理システム

### 5.5.2 維持修繕の工種と作業

当道路維持修繕の工種は巡回、路面に属するもの、法面に属するもの、排水施設の清掃及び道路敷地内の樹木の伐採などが主である。

#### 1) 巡回

- 道路の以上、破損等を発見し道路構造の保全を図る。
- 交通に支障を与える道路の障害物及び障害発生危険を発見する。
- 道路交通状況を把握する。

上記巡回作業は各管理事務所毎に、作業員1人、運転手1人、巡回作業者(ピックアップ)1台で行なう。

#### 2) 路面に属するもの

当道路の路面はアスファルト舗装で施工されている。

0 スファルト舗装路面の維持修繕はポットホール、段差、局部的なひびわれ及びくぼみ等の路面の破損があり、これらを修理するには、パッチング工法が一般的に用いられている。使用機械はトラック、小型振動ローラ、資材は砕石、砂、プライムコート、タックコート、アスファルト、作業は世話役、オペレーター、運転手、人夫で行なう。

### 3) 法面に属するもの

法面や擁壁は通常巡回によるほか、豪雨等の以上気象等の後にその都度点検を行なうなどして、実態を把握しておくとともに、破損、欠陥に対して、早期に適切な対策をたてる必要がある。

### 4) 排水施設の清掃

道路の破損は水が原因となることが多いので排水施設の維持管理は重要である。当地域で特に注意することは横断排水施設の呑口に流木等が詰まるため道路を越流して、破損させるおそれがある。

排水施設の機能が十分発揮できるよう、点検を行ない、状況を把握し、清掃を行なう。

作業は人力（人夫）、またはトラクターショベル（ホイール式）を使用し清掃する。

### 5) 道路沿いの樹木の伐採

当地域は自然発生する樹木が多く、成長が著しい。そのため、路面の日照、通風が悪くなり、降雨後の路面が乾きにくく、塗れたと面を車が走行すると痛みが早い。

また、建築限界や見通し視距による空間制限の阻害を受ける。これらの障害を無くすために樹木の伐採を定期的に行なう。

作業員は人力（人夫）、トラクターショベル（ホイール式）、グレーダーを使用し行なう。

## 第6章 事業費

## 第6章 事業費の算出

### 6.1 建設費の構成

#### 6.1.1 建設費の構成

プロジェクトの費用は、図6.1-1 に示したように構成できる。

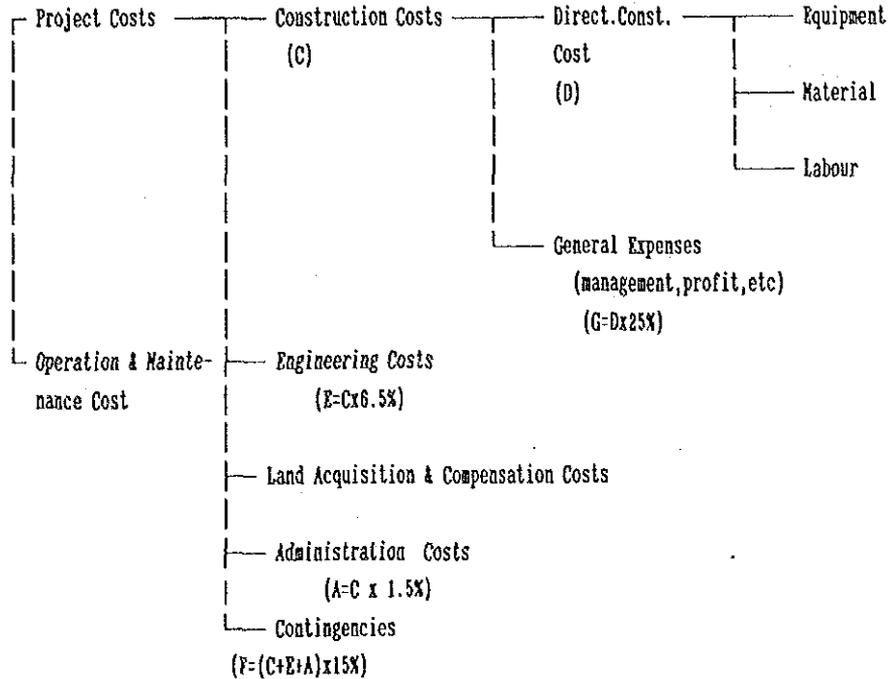


図6.1-1 事業費の構成

図6.1-1 に示されたパーセンテージは、本プロジェクトの規模および過去においてSNCによって実施されたプロジェクトのコストを勘案して決められた。

#### 6.1.2 内貨と外貨への分解

建設費の内貨分は以下のものを含む。

- a) ボリヴィアで生産される資材のコスト  
ガソリン、潤滑油、プロパンガス、セメント、レンガ
- b) 現地スタッフの人件費
- c) 土地取用費および補償費
- d) 輸入資機材に対する輸入税等

建設コストの外貨分は上述した費用以外のコストとなる。設計費は外貨、管理費は内貨である。

## 6.2 プロジェクトコストと維持費

### 6.2.1 プロジェクトコスト

プロジェクトコストは、後述する工区ごとの数量および単価を用いて5.1.1で分割した工区のコストを積算し、それらのコストを合計し、全区間のコストを求めた。工区ごとの建設費は表6.2-2(1)から表6.2-2(6)に示した。

表6.2-1 全工区のプロジェクトコスト  
(L=108.63km)

Items	Cost	Unit	Quantity	Unit Cost (US\$)				Cost (1000US\$)				Ratio
				L.C		F.C		L.C		F.C		
				Duties	Others	Duties	Others	Duties	Others	SubTotal	Total	
Earth Work	Clearing and Grubbing	ha	182.49	2789	2599	9460	509	474	983	1726	2709	
	Excavation A	m <sup>3</sup>	1595994	1.4	1.03	4.72	2236	1645	3881	4264	8145	
	Excavation B	m <sup>3</sup>	8684325	1.42	1.38	4.72	12332	11884	24216	40990	65305	
	Finished Rolling of Subgrade	m <sup>2</sup>	1085401	0.01	0.02	0.04	11	22	33	43	76	
	Slope	m <sup>2</sup>	232246	0.13	1.13	7.59	30	284	294	0	294	
	Concrete Spraying	m <sup>2</sup>	95455	3.29	11.97	15.71	314	1143	1457	725	2182	
	Gridworks	m <sup>2</sup>	11544	6.95	24.58	15.71	80	284	364	181	545	
	Concrete Pitching	m <sup>2</sup>	2210	5.15	13.68	13.12	11	30	41	29	70	
	Retaining Wall	m <sup>3</sup>	50	35.21	224.54	50.02	2	11	13	3	16	
	Stone Masonry	m <sup>3</sup>	24754	4.12	27.66	4.69	102	685	787	116	903	
Culvert	Grid Type	m <sup>2</sup>	45260	17.07	67.07	30.87	773	3036	3809	1397	5206	
	Box 3.0x3.0	m <sup>2</sup>	375	202	488	523	76	183	259	196	455	
	Box 4.0x4.0	m <sup>2</sup>	45	282	696	730	13	31	44	33	77	
	Pipe φ1.0	m <sup>2</sup>	8560	17.58	131.21	12.43	150	1123	1273	105	1379	
	Catch Netting	m <sup>2</sup>	3840	2	1.59	5.95	8	6	14	23	37	
	Gabion	m <sup>2</sup>	144	11.56	25.22	29.94	2	4	6	4	10	
	Catch Fence	m <sup>2</sup>	147	20.48	39.02	53.3	3	5	9	8	17	
	Gabion Dam	m <sup>2</sup>	11154	12.78	28.54	35.45	143	318	461	395	856	
	Shed	m <sup>2</sup>	62	1555	2904	4445	97	180	277	276	553	
	French Drain	m <sup>2</sup>	1010	3.54	7.63	10.44	4	8	12	11	23	
Pavement	Drainage Subbase Course	km	107.1	4530	29637	5826	485	3174	3659	624	4283	
	Base Course	m <sup>2</sup>	1065264	0.36	0.3	1.28	383	320	703	1364	2087	
	Rinder Course	m <sup>2</sup>	1025095	0.74	1.17	2.4	759	1189	1958	2460	4418	
	Surface Course	m <sup>2</sup>	996281	1.08	0.93	3.57	1016	927	2003	3655	5659	
	Bridge L < 50m	Set	979371	1.28	0.88	4.04	1254	862	2116	3957	6073	
	Bridge 1 < 50m	Set					387	602	989	1124	2113	
	Tunnel Lining	m <sup>2</sup>	120	1022	3180	2713	254	474	728	741	1469	
	Unsupported Portal	m <sup>2</sup>	625	751	2076	2038	469	1298	1767	325	831	
	Others	km	107.1	5917	1762	14069	634	189	823	1507	2230	
	Marking & Traffic Sign	km	107.1	47.5	427.5		5	46	51	0	51	
Direct Construction Cost												
(D)												
(C=Dx25%)												
General Expenses												
(C=D+G)												
Total												
(E=Cx5.5%) L.C=10%, F.C=60%												
Engineering Cost												
Administration Cost												
(A=C.TOTALx1.5%, D=Ax0.1, O=Ax0.9)												
(I)												
(F=(C+E+A)x15%)												
Land Acquisition & Compensation Cost												
Contingencies												
Project Costs												
within Duties												
without Duties												
51066 51066 103957 188420 17357/km 155023 1427/km												

表6.2-2(1)工区別のプロジェクトコスト

(工区1, No.0 + 000 - No.25 + 300 L=25.30km)

Items	Cost	Unit	Quantity	Unit Cost (US\$)			Cost (1000US\$)			Total	Ratio	
				L.C		F.C	I.C		SubTotal			F.C
				Duties	Others	F.C	Duties	Others	SubTotal			F.C
Earth Work	Clearing and Grubbing	ha	48.13	2789	2599	9480	134	125	259	455	714	
	Excavation A	m <sup>3</sup>	120489	1.4	1.03	2.67	169	124	293	322	615	
	Excavation B	m <sup>3</sup>	2745026	1.42	1.38	4.72	3988	3788	7686	12957	20643	
	Finished Rolling of Subgrade	m <sup>2</sup>	253756	0.01	0.02	0.04	3	5	8	10	18	
	Slope	m <sup>2</sup>	20327	0.13	1.13		3	23	26	0	26	
	Seed Spraying	m <sup>2</sup>	18184	3.29	11.97	7.59	60	218	278	138	416	
	Concrete Spraying	m <sup>2</sup>	2627	6.95	24.58	13.71	18	85	83	41	124	
	Gridworks	m <sup>2</sup>		5.15	13.68	13.12	0	0	0	0	0	
	Concrete Pitching	m <sup>2</sup>		35.21	224.54	50.02	2	11	13	3	16	
	Gravity(4m)	m <sup>2</sup>	50									
Retaining Wall	Stone Masonry	m <sup>3</sup>	2947	4.12	27.66	4.69	12	82	94	14	108	
	Grid Type	m <sup>2</sup>	6206	17.07	67.07	30.87	106	416	522	192	714	
	Culvert	m <sup>2</sup>	50	202	488	523	10	24	34	26	60	
	Box 3.0x3.0	m <sup>2</sup>	35	282	696	730	10	24	34	26	60	
	Box 4.0x4.0	m <sup>2</sup>										
	Pipe φ1.0	m <sup>2</sup>	1997	17.58	131.21	12.43	35	262	297	25	322	
	Catch Netting	m <sup>2</sup>		2	1.59	5.95	0	0	0	0	0	
	Gabion	m <sup>2</sup>		11.56	25.22	29.94	0	0	0	0	0	
	Catch Fence	m <sup>2</sup>	51	20.48	39.02	33.3	1	2	3	3	6	
	Gabion Dam	m <sup>2</sup>		12.78	28.54	35.45	0	0	0	0	0	
Disaster	Shed	m <sup>2</sup>		1565	2904	4445	0	0	0	0	0	
	French Drain	m <sup>2</sup>		3.54	7.63	10.44	0	0	0	0	0	
	Drainage	km	25	4530	29637	5826	113	741	854	146	1000	
	Subbase Course	m <sup>2</sup>	249048	0.36	0.3	1.28	90	75	165	319	484	
	Base Course	m <sup>2</sup>	239657	0.74	1.17	2.4	177	280	457	575	1032	
	Binder Course	m <sup>2</sup>	232917	1.08	0.93	3.67	252	217	469	855	1324	
	Surface Course	m <sup>2</sup>	229010	1.28	0.88	4.04	293	202	495	925	1420	
	L ≥ 50m	Set					215	297	512	625	1137	
	L < 50m	Set					108	203	311	316	627	
	Tunnel	Lining	m <sup>2</sup>		1022	3180	2713	0	0	0	0	0
Unsupported		m <sup>2</sup>		751	2076	2038	0	0	0	0	0	
Portal		Pcs		2827	9317	7176	0	0	0	0	0	
Others	Gard Rail	km	25	5917	1762	14069	148	44	192	352	544	
	Marking & Traffic Sign	km	25	47.5	427.5		1	11	12	0	12	
	Direct Construction Cost	(D)					5858	7239	13097	18325	31422	
General Expenses	(G=Dx25%)					1465	1810	3275	4581	7856		
	(C=D+G)					7323	9049	16372	22906	39278		
Total	(E=Cx5.5%) I.C=40%, F.C=60%					102	919	1021	1532	2553		
	(A=C.TOTALx1.5%, D=Ax0.1, O=Ax0.9)					59	530	589	0	589		
Engineering Cost	(I)					0	55	55	0	55		
	(F=(G+E+A)x15%)					1123	1575	2698	3656	6364		
Administration Cost	(F+E+A+I+F)					8607	12128	20735	28104	48839		
	(C+E+A+I+F)					12128	12128	12128	28104	40232		
Land Acquisition & Compensation Cost	within Duties									1930/Km		
	without Duties									1590/Km		

表 6.2-2(2) 工区別のプロジェクトコスト  
(工区 2, No.25 + 300 - No.46 + 760 L=21.46km)

Items	Cost	Unit	Quantity	Unit Cost (US\$)			Cost (1000US\$)			Total	Ratio
				L.C		F.C	L.C		F.C		
				Duties	Others	F.C	Duties	Others	SubTotal		
Earth Work		na	38.38	2789	2599	9460	107	100	207	363	570
Excavation A		m <sup>3</sup>	143289	1.4	1.03	2.67	201	148	349	333	732
Excavation B		m <sup>3</sup>	248395	1.42	1.38	4.72	3527	3428	6955	11724	18579
Finished Rolling of Subgrade		m <sup>2</sup>	208162	0.01	0.02	0.04	2	4	6	8	14
Slope		m <sup>2</sup>	15104	0.13	1.13		2	17	19	0	19
Seed Spraying		m <sup>2</sup>	37113	3.29	11.97	7.59	122	444	566	282	848
Concrete Spraying		m <sup>2</sup>	3737	6.95	24.58	15.71	26	92	118	59	177
Cribworks		m <sup>2</sup>		5.15	13.58	13.12	0	0	0	0	0
Concrete Pitching		m <sup>2</sup>		35.21	224.54	50.02	0	0	0	0	0
Retaining Wall		m <sup>2</sup>	1230	4.12	27.66	4.69	5	34	39	6	45
Stone Masonry		m <sup>2</sup>	5222	17.07	67.07	30.87	89	350	439	161	600
Grid Type		m <sup>2</sup>	50	202	488	523	10	24	34	26	60
Box 3.0x3.0		m <sup>2</sup>		282	696	730	3	7	10	7	17
Box 4.0x4.0		m <sup>2</sup>	1643	17.58	131.21	12.43	29	215	245	20	265
Pipe φ1.0		m <sup>3</sup>	800	2	1.59	5.95	2	1	3	5	8
Catch Netting		m <sup>2</sup>	42	11.56	25.22	29.34	0	1	1	1	2
Cable		m <sup>2</sup>	42	20.48	39.02	53.3	1	2	3	2	5
Catch Fence		m <sup>2</sup>		12.78	28.54	35.45	0	0	0	0	0
Cable Dam		m <sup>2</sup>	62	1565	2904	4445	97	180	277	276	553
Shed		m <sup>2</sup>		3.54	7.63	10.44	0	0	0	0	0
French Drain		m	20.5	4530	29637	5826	93	608	701	119	820
Drainage		km		0.36	0.3	1.28	74	61	135	282	397
Subbase Course		m <sup>2</sup>	195596	0.74	1.17	2.4	145	230	375	472	847
Base Course		m <sup>2</sup>	191071	1.08	0.93	3.67	206	178	384	701	1085
Binder Course		m <sup>2</sup>	181867	1.28	0.88	4.04	240	165	405	759	1164
Surface Course		Set					55	107	162	153	315
L ≥ 50m		Set					87	158	245	255	500
L < 50m		m <sup>2</sup>	120	1022	3180	2713	123	382	505	326	831
Lining		m <sup>2</sup>	625	751	2076	2038	469	1298	1767	1274	3041
Unsupported		Pos	4	2827	9317	7176	11	37	48	29	77
Portal		km	20.5	5917	1762	14059	121	36	157	288	445
Caro Rail		km		47.5	427.5		0	0	0	0	0
Marking & Traffic Sign		km									
Direct Construction Cost			(D)				5847	8308	14155	17961	32116
General Expenses			(G=Dx25%)				1452	2077	3539	4490	8029
Total			(C=D+G)				7309	10385	17694	22451	40145
Engineering Cost			(E=Cx6.5%)				104	940	1044	1565	2609
Administration Cost			(A=C.TOTALx1.5%, D=Ax0.1, O=Ax0.9)				60	542	602	0	602
Land Acquisition & Compensation Cost			(L)				0	36	36	0	36
Contingencies			(F=(C+E+A)x15%)				1121	1780	2901	3602	6503
Project Costs			(C+E+A+F)				8594	13683	22277	27618	49895
			within Duties								2325/Km
			without Duties								1925/Km

表6.2-2(3)工区別のプロジェクトコスト

(工区3, No.46 + 760 - No.60 + 000 L=20.24km)

Items	Cost	Unit	Quantity	Unit Cost (J\$S)				Cost (1000US\$)				Ratio
				I. C.		F. C.		L. C.		F. C.		
				Duties	Others	Duties	Others	Duties	Others	Duties	Others	
Earth Work	Clearing and Grubbing	ha	20.85	2789	2599	9460	58	54	112	197	309	
	Excavation A	m <sup>3</sup>	319814	1.4	1.03	2.67	447	329	776	653	1629	
	Excavation B	m <sup>3</sup>	514153	1.42	1.38	4.72	730	710	1440	2427	3867	
	Finished Rolling of Subgrade	m <sup>2</sup>	132327	0.01	0.02	0.04	1	3	4	5	9	
	Slope	m <sup>2</sup>	41430	0.13	1.13		5	47	52	0	52	
		m <sup>2</sup>	6650	3.29	11.97	7.59	22	80	102	51	153	
		m <sup>2</sup>	890	6.95	24.58	15.71	6	22	28	14	42	
		m <sup>2</sup>	400	5.15	13.68	13.12	2	5	7	5	12	
		m <sup>2</sup>		35.21	224.54	50.02	0	0	0	0	0	
		m <sup>2</sup>	14373	4.12	27.66	4.69	59	398	457	67	524	
Culvert	Grid Type	m <sup>2</sup>	2313	17.07	67.07	30.87	40	157	197	72	269	
	Box 3.0x3.0	m <sup>2</sup>	75	202	488	523	15	37	52	39	91	
	Box 4.0x4.0	m <sup>2</sup>		282	696	720	0	0	0	0	0	
	Pipe φ1.0	m <sup>2</sup>	1045	17.58	131.21	12.43	18	137	155	13	168	
	Catch Netting	m <sup>2</sup>	2	1.59	5.95		0	0	0	0	0	
	Gabion	m <sup>2</sup>		11.56	25.22	29.94	0	0	0	0	0	
	Catch Fence	m <sup>2</sup>	20.48	39.02	53.3		0	0	0	0	0	
	Gabion Dam	m <sup>2</sup>	3784	12.78	28.54	35.45	48	107	155	133	288	
	Shed	m <sup>2</sup>		1565	2904	4445	0	0	0	0	0	
	French Drain	m <sup>2</sup>		3.54	7.53	10.44	0	0	0	0	0	
Pavement	Drainage	km	13.1	4530	29537	8626	59	388	447	76	523	
	Subbase Course	m <sup>2</sup>	129872	0.36	0.3	1.28	47	39	85	166	252	
	Base Course	m <sup>2</sup>	124975	0.74	1.17	2.4	92	146	238	300	538	
	Binder Course	m <sup>2</sup>	121463	1.08	0.93	3.67	131	113	244	446	590	
	Surface Course	m <sup>2</sup>	118426	1.28	0.88	4.04	153	105	258	482	740	
	1. ≥ 50m	Set					0	0	0	0	0	
	1. < 50m	Set					0	0	0	0	0	
	Lining	m <sup>2</sup>		1022	3180	2713	0	0	0	0	0	
	Unsupported	m <sup>2</sup>		751	2076	2038	0	0	0	0	0	
	Portal	Pcs		2827	9317	7176	0	0	0	0	0	
Others	Card Rail	km	13.1	5917	1762	14069	78	23	101	184	285	
	Marking & Traffic Sign	km	13.1	47.5	427.5		1	6	7	0	7	
Direct Construction Cost				(D)			2012	2506	4918	5300	10448	
General Expenses				(G=Dx25%)			503	727	1230	1383	2613	
Total				(G+D)			2515	3533	6148	6913	13061	985/Km
Engineering Cost				(E=Cx5.5%)			34	306	340	509	849	
Administration Cost				(A=C.TOTALx1.5%)			20	176	196	0	196	
Land Acquisition & Compensation Cost				(L)			0	22	22	0	22	
Contingencies				(F=(C+E+A)x15%)			385	617	1002	1113	2115	
Project Costs				(C+E+A+F)			2954	4754	7708	8335	15243	1227/Km
				without Duties			4754	4754	4754	8535	13289	1004/Km
				with Duties								

表 6.2-2(4) 工区別のプロジェクトコスト

(工区 4. No.60 + 000 - No.79 + 550 L=19.55km)

Items	Cost	Unit	Quantity	Unit Cost (US\$)			Cost (1000US\$)					Ratio
				I.C.		F.C.	Duties	Others	SubTotal	F.C.	Total	
				Duties	Others							
Earth Work	Clearing and Grubbing	ha	30.3	2789	2399	9460	85	79	164	287	451	
	Excavation A	m <sup>3</sup>	204155	1.4	1.03	2.57	286	210	496	545	1041	
	Excavation B	m <sup>3</sup>	1078669	1.42	1.38	4.72	1332	1429	3021	5092	8113	
	Finished Rolling of Subgrade	m <sup>2</sup>	196742	0.01	0.02	0.04	2	4	6	8	14	
	Slope	m <sup>2</sup>	55703	0.13	1.13		7	63	70	0	70	
	Concrete Spraying	m <sup>2</sup>	24475	3.23	11.97	7.59	81	293	374	186	560	
	Cribworks	m <sup>3</sup>	2500	5.95	24.58	15.71	17	61	78	39	117	
	Concrete Pitching	m <sup>2</sup>	1810	5.15	13.68	19.12	9	25	34	24	58	
	Gravity (km)	m <sup>3</sup>	35.21	224.54	50.02		0	0	0	0	0	
	Stone Masonry	m <sup>3</sup>	2623	4.12	27.66	4.69	11	73	84	12	96	
Retaining Wall	Grid Type	m <sup>3</sup>	3573	17.07	67.07	30.87	61	240	301	110	411	
	Box 3.0x3.0	m <sup>3</sup>	40	202	488	523	8	20	28	21	49	
	Box 4.0x4.0	m <sup>3</sup>		282	896	730	0	0	0	0	0	
	Pipe φ1.0	m <sup>3</sup>	1553	17.58	131.21	12.43	27	204	231	19	250	
	Catch Netting	m <sup>2</sup>	2009	2	1.59	5.95	4	3	7	12	19	
	Gabion	m <sup>3</sup>	102	11.56	25.22	29.94	1	3	4	3	7	
	Catch Fence	m <sup>2</sup>		20.48	39.02	53.3	0	0	0	0	0	
	Gabion Dam	m <sup>3</sup>	5211	12.78	28.54	35.45	67	145	216	185	401	
	Shed	m <sup>2</sup>		1565	2904	4445	0	0	0	0	0	
	French Drain	m <sup>3</sup>		2.54	7.53	10.44	0	0	0	0	0	
Pavement	Drainage	km	19.4	4530	29637	5826	88	575	663	113	776	
	Subbase Course	m <sup>3</sup>	193092	0.36	0.3	1.28	70	58	128	247	375	
	Base Course	m <sup>3</sup>	185811	0.74	1.17	2.4	138	217	355	446	601	
	Binder Course	m <sup>3</sup>	160589	1.08	0.93	3.67	195	158	363	663	1026	
	Surface Course	m <sup>3</sup>	177550	1.28	0.88	4.04	227	156	383	717	1100	
Bridge	L < 30m	Set				117	198	315	346	661		
	L < 50m	Set				36	78	114	99	213		
Tunnel	Lining	m <sup>3</sup>		1022	3180	2713	0	0	0	0	0	
	Unsupported	m <sup>3</sup>		751	2076	2038	0	0	0	0	0	
	Portal	Pcs		2827	9317	7176	0	0	0	0	0	
Others	Guard Rail	km	19.4	5917	1752	14959	115	34	149	273	422	
	Marking & Traffic Sign	km	19.4	47.5	427.5		1	8	9	0	9	
Direct Construction Cost				(D)			3185	4108	7593	9447	17040	
General Expenses				(G=Dx25%)			796	1102	1898	2362	4260	
Total				(G+D+G)			3981	5510	9491	11809	21300	
Engineering Cost				(E=Cx6.5%)			55	499	554	831	1385	
Administration Cost				(A=C.TOTALx1.5%)			32	288	320	0	320	
Land Acquisition & Compensation Cost				(L=(C+E+A)x15%)			0	26	26	0	26	
Contingencies				(F=(C+E+A)+F)			610	945	1555	1896	3451	
Project Costs				(C+E+A+F)			4678	7268	13946	14836	26182	
				without Duties							1115/Km	
				with Duties							1115/Km	

表 6.2-2-2 (5) 工区別のプロジェクトコスト

(工区 5, No. 79 + 550 - No. 101 + 300 L=21.75km)

Items	Cost	Unit	Quantity	Unit Cost (US\$)			Cost (1000US\$)			Total	Ratio
				L.C		F.C	L.C		F.C		
				Duties	Others	F.C	Duties	Others	SubTotal		
Earth Work	Clearing and Grubbing	ha	36.85	2789	2599	9460	103	96	349	548	
	Excavation A	m <sup>3</sup>	642126	1.4	1.03	2.67	899	661	1714	3274	
	Excavation B	m <sup>3</sup>	1662497	1.42	1.38	4.72	2381	2294	4655	12302	
	Finished Rolling of Subgrade	m <sup>2</sup>	220139	0.01	0.02	0.04	2	4	6	15	
	Slope	m <sup>2</sup>	75375	0.13	1.13		10	85	95	0	
	Seed Spraying	m <sup>2</sup>	8228	8.29	11.97	7.59	27	99	125	188	
	Concrete Spraying	m <sup>2</sup>	1790	6.95	24.58	15.71	12	44	56	84	
	Cribworks	m <sup>2</sup>		5.15	13.58	13.12	0	0	0	0	
	Concrete Pitching	m <sup>2</sup>		35.21	224.54	50.02	0	0	0	0	
	Retaining Wall	m <sup>2</sup>		4.12	27.56	4.69	12	79	91	104	
	Stone Masonry	m <sup>2</sup>		26304	17.07	67.07	30.87	449	1764	2213	
	Grid Type	m <sup>2</sup>		160	202	488	523	78	110	84	
	Culvert	m <sup>2</sup>			282	656	730	0	0	0	
	Box 3.0x3.0	m <sup>2</sup>			17.58	131.21	12.43	31	228	259	
	Box 4.0x4.0	m <sup>2</sup>			2	1.59	5.95	2	2	4	
Pipe φ1.0	m <sup>2</sup>			11.56	25.22	29.94	0	0	0		
Catch Netting	m <sup>2</sup>			20.48	39.02	39.3	1	2	3		
Gabion	m <sup>2</sup>			12.78	28.54	35.45	0	0	0		
Catch Fence	m <sup>2</sup>			1565	2904	4445	0	0	0		
Gabion Dam	m <sup>2</sup>			3.54	7.83	10.44	0	0	0		
Shed	m <sup>2</sup>			4530	29637	5826	58	643	741		
French Drain	m <sup>2</sup>			21.7	0.36	1.28	78	65	143		
Drainage	km			216055	0.3	1.28	2.4	243	397		
Subbase Course	m <sup>2</sup>			207908	1.17	2.4	134	188	406		
Base Course	m <sup>2</sup>			202055	1.08	3.07	218	175	429		
Binder Course	m <sup>2</sup>			198575	1.28	4.04	254	175	429		
Surface Course	m <sup>2</sup>						0	0	0		
L ≥ 50m	Set						23	35	58		
L < 50m	Set						0	0	0		
Lining	m <sup>2</sup>			1022	3180	2713	0	0	0		
Unsupported	m <sup>2</sup>			751	2076	2038	0	0	0		
Portal	Pes			2827	9317	7176	0	0	0		
Guard Rail	km			21.7	5917	14069	128	38	166		
Marking & Traffic Sign	km			21.7	47.5	427.5	1	9	10		
Direct Construction Cost				(D)			4895	6832	11727		
General Expenses				(G-Dx25%)			1224	1708	2932		
Total				(C=D+G)			6119	8540	14659		
Engineering Cost				(F=Cx6.5%)			83	746	829		
Administration Cost				(A+C, 10) Max. 5%			430	430	478		
Land Acquisition & Compensation Cost				(I)			0	2	2		
Contingencies				(F+(C+E+A)x15%)			938	1457	2395		
Project Costs				(C+E+A+I+F)			7188	11175	18363		
				with Duties			11175	11175	21227		
				without Duties					32402		
									1490/Km		
									1820/Km		
									1490/Km		

表6.2-2(6)工区別のプロジェクトコスト

(工区 No.101 + 300 - No.108 + 630 L=17.33km)

Items	Cost	Unit	Quantity	Unit Cost (US\$)		F.C		Cost (1000US\$)			Total	Ratio	
				I.C		F.C		Duties	Others	SubTotal			
				Duties	Others	Duties	Others						
Earth Work	Clearing and Grubbing	ha	7.98	2789	2599	9450	22	21	43	75	118		
	Excavation A	m <sup>3</sup>	167421	1.4	1.03	2.67	234	172	405	447	853		
	Excavation B	m <sup>3</sup>	199985	1.42	1.38	4.72	284	276	560	544	1504		
	Finished Rolling of Subgrade	m <sup>2</sup>	74275	0.01	0.02	0.04	1	1	2	3	5		
	Slope	Seed Spraying	m <sup>2</sup>	25107	0.13	1.13		3	28	31	0	31	
		Concrete Spraying	m <sup>2</sup>	794	3.29	11.97	7.59	3	10	13	6	19	
		Cribworks	m <sup>2</sup>		6.95	24.58	15.71	0	0	0	0	0	
	Retaining Wall	Concrete Pitching	m <sup>2</sup>		5.15	13.68	13.12	0	0	0	0	0	
		Gravity(dm)	m <sup>2</sup>		35.21	224.54	50.02	0	0	0	0	0	
		Stone Masonry	m <sup>2</sup>	712	4.12	27.66	4.69	3	20	23	3	26	
Grid Type		m <sup>2</sup>	1612	17.07	67.07	30.87	28	108	136	50	186		
Culvert	Box 3.0x3.0	m <sup>2</sup>		202	488	523	0	0	0	0	0		
	Box 4.0x4.0	m <sup>2</sup>		282	696	730	0	0	0	0	0		
Disaster	Pipe φ1.0	m <sup>2</sup>	584	17.58	131.21	12.43	10	77	87	7	94		
	Catch Netting	m <sup>2</sup>		2	1.59	5.95	0	0	0	0	0		
	Gabion	m <sup>2</sup>		11.56	25.22	29.94	0	0	0	0	0		
	Catch Fence	m <sup>2</sup>		20.48	39.02	53.3	0	0	0	0	0		
	Gabion Dam	m <sup>2</sup>	2179	12.78	28.54	35.45	28	62	90	71	167		
	Shed	m <sup>2</sup>		1565	2904	4445	0	0	0	0	0		
	French Drain	m <sup>2</sup>	1010	3.54	7.53	10.44	4	8	12	11	23		
	Drainage	km		7.4	4530	29697	34	219	253	43	296		
	Subbase Course	m <sup>2</sup>		72897	0.36	0.3	1.28	26	22	48	93	141	
	Base Course	m <sup>2</sup>		70148	0.74	1.17	2.4	52	82	134	168	302	
Bridge	Blinder Course	m <sup>2</sup>	68176	1.08	0.93	3.67	74	63	137	250	387		
	Surface Course	m <sup>2</sup>	67033	1.28	0.88	4.04	86	59	145	271	416		
	l. ≥ 50m	Set					0	0	0	0	0		
Tunnel	l. < 50m	Set					0	0	0	0	0		
	Lining	m <sup>2</sup>		1022	3180	2713	0	0	0	0	0		
Others	Unsupported	m <sup>2</sup>		751	2076	2038	0	0	0	0	0		
	Portal	Pcs		2827	9317	7176	0	0	0	0	0		
	Guard Rail	km	7.4	9317	1762	14069	44	13	57	104	161		
Direct Construction Cost	Marking & Traffic Sign	km		47.5	427.5		0	0	0	0	0		
	General Expenses		(D)				936	1241	2177	2552	4729		
	Total		(G=Dx25%)				234	310	544	638	1182		
	Engineering Cost		(C=D+G)				1170	1551	2721	3190	5911	806/Km	
	Administration Cost		(F=Cx6.5%)				15	139	154	230	384		
	Land Acquisition & Compensation Cost		(A=C.TOTALx1.5%, D=Ax0.1, O=Ax0.9)				9	80	89	0	89		
	Contingencies		(I)				0	5	5	0	5		
	Project Costs		(F=(C+E+A)x15%)				179	266	445	513	958		
			(C+E+A+I+F)				1373	2041	3414	3933	7347	1002/Km	
			within Duties					2041	2041	2041	3933	5974	815/Km
		without Duties											

表6.2-3(1)橋梁の建設費

Unit : \$

Name of Bridges		L. C.		F. C.	Total
		Duties	Others		
Point A Br.	ℓ = 132.5m	215313	296855	624590	1136758
Putini Br.	ℓ = 40.0m	29482	62576	84723	176781
Challa Br.	ℓ = 20.0m	16126	32476	45374	93976
Cascada Br.	ℓ = 18.0m	12850	27484	35272	75606
Alto Choro Br.	ℓ = 50.0m	50155	79609	151110	280874
Pto Leon Br.	ℓ = 75.0m	54932	107137	152700	314769
Cajones Br.	ℓ = 25.0m	18337	36256	52061	106654
Chojna Br.	ℓ = 22.0m	14020	27763	39109	80892
San Silverio Br.	ℓ = 50.0m	55234	93914	163853	313001
San Lorenzo Br.	ℓ = 52.0m	58618	98708	173469	330795
Espiritu Br.	ℓ = 52.0m	58231	98680	172688	329599
Carrasco Br.	ℓ = 30.0m	36275	78285	98843	213403
Avaroa Br.	ℓ = 25.0m	23232	34578	71059	128869
Total		642805	1074321	1864851	3581977

note Spr.S : Superstructure  
 Sub.S : Substructure  
 I : PCI-compsite Girder  
 B : Box Girder  
 A : Abutment  
 P : Pier

表6.2-3(2) 橋梁の建設費

1.

Unit : \$

Name of Bridges		L. C.		F. C.	Total
		Duties	Others		
Point A Br. ( $\ell = 132.5\text{m}$ )	Spr.S (B)	174074	195257	516789	886120
	Sub.S (A)	4125	12273	10146	26544
	(P)	37114	89325	97655	224094
	Subtotal	215313	296855	624590	1136758
Putini Br. ( $\ell = 40.0\text{m}$ )	Spr.S (B)	21502	34974	62124	118600
	Sub.S (A)	4612	18446	14121	37179
	(P)	3368	9156	8478	21002
	Subtotal	29482	62576	84723	176781
Challa Br. ( $\ell = 20.0\text{m}$ )	Spr.S (I)	10839	17006	31660	59505
	Sub.S (A)	5287	15470	13714	34471
	Subtotal	16126	32476	45374	93976
Cascada Br. ( $\ell = 18.0\text{m}$ )	Spr.S (I)	8877	14953	25813	49643
	Sub.S (A)	3973	12531	9459	25963
	Subtotal	12850	27484	35272	75606
Alto Choro Br. ( $\ell = 50.0\text{m}$ )	Spr.S (B)	41236	53891	128976	224103
	Sub.S (A)	5930	17769	14547	38246
	(P)	2989	7949	7587	18525
	Subtotal	50155	79609	151110	280874
Pto Leon Br. ( $\ell = 75.0\text{m}$ )	Spr.S (B)	40733	65842	117659	224234
	Sub.S (A)	8169	24891	19871	52931
	(P)	6030	16404	15170	37604
	Subtotal	54932	107137	152700	314769
Cajones Br. ( $\ell = 25.0\text{m}$ )	Spr.S (I)	13612	21701	39678	74991
	Sub.S (A)	4725	14555	12383	31663
	Subtotal	18337	36256	52061	106654
Chojna Br. ( $\ell = 22.0\text{m}$ )	Spr.S (I)	9528	15165	27768	52461
	Sub.S (A)	4492	12598	11341	28431
	Subtotal	14020	27763	39109	80892
San Silverio Br. ( $\ell = 50.0\text{m}$ )	Spr.S (B)	41236	53891	128976	224103
	Sub.S (A)	9740	28516	24135	62391
	(P)	4258	11507	10742	26507
	Subtotal	55234	93914	163853	313001
San Lorenzo Br. ( $\ell = 52.0\text{m}$ )	Spr.S (B)	43347	56709	135550	235606
	Sub.S (A)	7669	23526	18614	49809
	(P)	7602	18473	19305	45380
	Subtotal	58618	98708	173469	330795

2.

Unit : \$

Name of Bridges		L. C.		F. C.	Total
		Duties	Others		
Espiritu Br. (Ø = 52.0m)	Spr.S (B)	43347	56709	135550	235606
	Sub.S (A)	6245	19416	15069	40730
	(P)	8639	22555	22069	53263
	Subtotal	58231	98680	172688	329599
Carrasco Br. (Ø = 30.0m)	Spr.S (I)	21917	34423	64125	120465
	Sub.S (A)	14358	43862	34718	92938
	Subtotal	36275	78285	98843	213403
Avaroa Br. (Ø = 25.0m)	Spr.S (I)	20878	27006	65476	113360
	Sub.S (A)	2354	7572	5583	15509
	Subtotal	23232	34578	71059	128869

note Spr.S : Superstructure  
Sub.S : Substructure  
I : PCI-compsite Girder  
B : Box Girder  
A : Abutment  
P : Pier

## 6.2.2 維持費

プロジェクトの完成後に必要となる維持費は、5.5節において述べた作業に基づいて積算された。この結果は、表6.2-4 と表6.2-5 にまとめられている。詳細な費用積算過程は、付録6-4 に示されている。

表6.2-4 維持費

(Unit:1000US\$)

Year	Gravel Road Maintenance				Asphalt Road Maintenance				Macadam Road Maintenance			
	L.C		F.C	Total	L.C		F.C	Total	L.C		F.C	Total
	C.D	Other			C.D	Other			C.D	Other		
1st Year	63	124	191	378	26	84	63	173	53	84	140	320
				(315)				(147)				(267)
2nd Year	63	124	191	378	26	84	63	173	53	127	140	320
				(315)				(147)				(267)
3rd Year	63	124	191	378	26	84	63	173	53	127	140	320
				(315)				(147)				(267)
4th Year	127	247	381	755	26	84	63	173	106	254	280	640
				(628)				(147)				(534)
5th Year	127	247	381	755	26	84	63	173	106	254	280	640
				(628)				(147)				(534)
6th Year	127	247	381	755	53	168	126	347	106	254	280	640
				(628)				(294)				(534)
7th Year	127	247	381	755	53	168	126	347	106	254	280	640
				(628)				(294)				(534)
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

Note: ( ): without duties

表6.2-5 工種単価に含まれる主な材料と作業

Work Items	Unit	Material and Works
Clearing & Gruffing	ha	Cleaning and gruffing (t=30cm) Waste soil transport (L=2.0km)
Excavation A	m <sup>3</sup>	Excavation, transportation (distance=2km), spreading and compaction for embankment. Unit price is the weighted average by expected excavation volume of common soil, soft rock and hard rock.
Excavation B	m <sup>3</sup>	Excavation, transportation (distance=1km) to spoilbank and disposing. Unit price is the weighted average by expected excavation volume of soil, soft rock and hard rock.
Finished Rolling of Subgrade	m <sup>3</sup>	Compacted by motor grader (3 times) and Rubber tired roller (3 times)
Slop	Seed Spraying	m <sup>2</sup> Speed spraying by manpower
	Concrete Spraying	m <sup>2</sup> Concrete t=15cm, wire netting, Anchor (L=40cm, 0.5m <sup>2</sup> per unit)
Retaining wall	Gravity	m 4.0 m high
	Stone Masonry	m <sup>2</sup> Counterfort width B=35cm, Backfilling with concrete t=15cm, Backfilling with cobblestone t=20cm
	Grid type	m <sup>2</sup> Counterfort width B=1.0m
Cul-vert	Box	m Concrete 2.0 x 2.0
	Pipe	m Concrete pipe(600) with in-let & out-let
Pave-ment	Subbase Course	m <sup>2</sup> Crushed stone (t=150cm) including compaction
	Base Course	m <sup>2</sup> Mechanical stabilization (t=15cm) including compaction
	Binder Course	m <sup>2</sup> Hot-mixed asphalt t=7cm
	Surface Course	m <sup>2</sup> Hot-mixed asphalt t=5cm
Tunnel	Lining	m Excavation of hard rock, concrete lining, much transport, pavement
	Unsup-ported	m Excavation of hard rock, shotcrete, much transport, pavement
	Portal	pcs. Portal concrete

### 6.2.3 数量

概略設計に基づき、工区ごとの数量が算出され、表6.2-1 と表6.2-2 にその結果を示した。詳細については付録6-1 に示されている。

### 6.2.4 単価

単価は1990年の市場価格を使用し、SNCと協議し決定した。その単価は、外貨と内貨に分け、更に内貨は税金とその他に細分した。

工事単価の内貨に含まれる項目は下記の通りである。

- a) ガソリン、潤滑油、油脂、プロパンガス、セメント、レンガ、木材、ペンキ
- b) 人件費（ポリヴィア人）
- c) 用地および補償費
- d) 税金

上記以外は外貨分とする。

税金は下記のような分類により、各々税率が定められている。

- a) 外貨分
  - ┌ 機械 26.3 %
  - └ 材料 33.3 %
- b) 内貨分 10.0 %

各工種の単価は表6.2-1 示した。また各工種の単価に含まれる主な材料および作業は表6.2-5 に示す。

## 第7章 プロジェクト総合評価

## 第7章 プロジェクトの総合評価と実施計画

### 7.1 プロジェクトの総合評価

調査団はサンタルバラ～ベジャビスタ間の115.5kmにわたる道路改良プロジェクトを実施した結果、技術的経済的調査に基づき、本プロジェクトに以下のような総合的な評価を与えた。

- (1) 国道3号線（プロジェクト区間を含む）は、国道ネットワークとして幹線の機能を果たす役割を有しているのみならず、北部の低地を首都と結び、その地の有効利用を高めるための重要な社会的基盤施設でもある。

北部地域の開発の必要性は国家の開発政策の最重要事項の1つであり、この展望のもとでプロジェクト道路区間を含む全道路区間が、良い線形を持つ2車線の道路へと改良されてきている。このことは車の走行を効率的にし、かつ安全性を高めることに寄与する。

近い将来、本プロジェクト区間以外の道路区間が改良される予定にあるため、もし、本プロジェクトが実施されなければ、他の区間の道路改良後は疑いなく本プロジェクト区間が交通のボトルネックとなるであろう。

この観点から、本プロジェクトの実施の重要性は明白である。

- (2) 幾つかの比較検討を行なった結果、本プロジェクトは改良工事の内容および方法を含めて次節の“7.2 プロジェクトの概要”において記述したものとすべきであると結論づけられた。

本プロジェクトの総事業費と建設費はそれぞれ188百万ドルおよび152百万ドルと積算された。

本プロジェクトにおいて注意すべき点は次のとおりである。

- 1) 幅員の拡幅を要する道路延長、およびルート変更を要求される道路延長は次のとおりである。

全長	108.63km ( 現道距離 115.5km)
幅員の拡幅	92.29km (85%)
ルートの変更	16.34km (15%)

- 2) 土工量はかなりの量となり、その費用も全建設コストの60%以上を占めることになる。とりわけ、総切土量の85%にあたる8.7百万m<sup>3</sup>の土砂を処分する

必要がある。

この大量の捨土を処分する土捨場は、プロジェクト道路沿いに十分確保できることが調査の結果確認されている。従って、土捨場計画および土運搬計画を詳細に確立することで、環境への影響を最小限に留めることができる。

- 3) 本プロジェクトは大量の切土を含むゆえに、斜面崩壊のような不可避的な災害が土工事の完成後に生じることが十分考えられる。この観点から改良道路が十分安全なものになるには2～3年必要となる。

- (3) プロジェクトの施工計画として、プロジェクト道路はまず砂利道で供用開始し、アスファルトコンクリート舗装はこの道路建設後2～3年後に行なうという考えがある。この考えの生じた理由は次のとおりである。

- 1) 本プロジェクトは大量の掘削土量があるゆえに、斜面崩壊のような不可避的な災害が切土工事の完成後に生じることがおおいにありうることである。従って、この意味で改良道路が安定するためには2～3年かかると考えられる。

災害復旧作業は舗装面をいためやすいため、切土工事の完了後災害の起こりうる2～3年内は砂利道のままにしておくという考えである。

- 2) 道路改良が後で述べるように2000年に完成すると仮定するとすれば、アスファルト舗装をしていない砂利道は、2000年～2003年までの3年間に対する予測交通荷重に十分たえうることをAASHTO舗装設計マニュアルを参照することによって確認された。

- 3) 国道3号線におけるプロジェクト道路の前後の区間はアスファルト・マカダム舗装か砂利道にて改良されることになっている。これら他区間との整合性、連続性を考えると、本プロジェクト道路区間がアスファルト・コンクリート舗装となることはよいとは言い難い。

反対に、舗装工事は道路改良の2～3年後に行なうというこの考えは、プロジェクトの資金調達を道路改良工事と舗装工事の2回に分けて行なう必要となるという不利な点がある。

SNCはこの不利な点は致命的であると考えているため、二段階施工という道路計画上の観点からみてかなり有効な長所を持ちながらも、本調査の最終段階において棄却された。

本プロジェクトにおいてはアスファルト・マカダム舗装は、以下の理由で採

用しなかった。

- a) AASHTOのような標準舗装設計マニュアル等で明らかなように、アスファルト・マカダム舗装は予測された交通の荷重を支えることができない。
- b) アスファルト・マカダム舗装の耐久性は非常に低い。特にプロジェクト道路区間においては降雨量が多いため（推定年間降雨量は1800mmから2500mm）、3cm から3.5cm の舗装厚のアスファルト・マカダム舗装は建設後3～7年以内にアスファルト・コンクリート舗装でオーバーレイされる必要がある。
- c) プロジェクトの供用開始時においてはまずアスファルト・マカダム舗装（3-3.5cm の舗装厚）し、5年後にアスファルト・コンクリート舗装（10cmの舗装厚）を行なうというケースと、プロジェクトの供用開始時にアスファルト・コンクリート舗装（10cmの舗装厚）を行なうという両ケースの比較を行なうと、前者は必ずしも経済評価の観点からみて有利であるとは言えないということが確認されている。さらに、前者の初期投資額は後者に比べ5.4%安く、かつ、再舗装を行なうまでの累積投資額は4.3%高い。このことは前者が後者より常に有利であるとは言えないことを示している。

(4) 本プロジェクトの経済分析結果は次のとおりであった。

内部収益率 (IRR) 19.7%

純現在価値額 (NPV) 97,625,000ドル

これらの両指標は本プロジェクトの実施可能性が非常に高いことを示している。

## 7.2 プロジェクトの概要

調査の結果、最もフィージブルであると判断されたプロジェクトの概要は以下のとおりである。

### (1) プロジェクトの全体像

- \* プロジェクトの起点                    サンタバルバラ
- プロジェクトの終点                ベジャピスタ

\* プロジェクト道路区間の延長距離

橋、トンネルを除く道路区間	107.11km
橋	0.77km (14橋)
トンネル	0.75km (2トンネル)

---

全 長 108.63km

\* 道路の特長

道路種別	I 級 B
設計速度	40km/h
幅 員	9.0-10.4m (可変)
車線数と車線幅	2車線×3.5m= 7m
舗 装	アスファルト・コンクリート舗装

(2) 主要工事

\* 土 工

切土量	10,196,000m <sup>3</sup> (C)
盛土量	1,512,000m <sup>3</sup> (E)
捨土量	8,684,000m <sup>3</sup> (S=C-E)

\* 橋 梁 13橋

\* トンネル 2箇所

* 舗 装	下層路盤	t=15cm, V=159,800m <sup>3</sup>
	上層路盤	t=15cm, V=153,800m <sup>3</sup>
	舗 装	t=10.0cm, V= 98,800m <sup>3</sup>

\* 排 水

ボックスカルバート	11箇所
パイプカルバート	428箇所 (×20m=8,560m)

\* 擁壁および他の構造物

(3) プロジェクトコスト

表7.2-1 積算されたコスト

(unit: US\$ 1,000 )

	Foreign Currency	Local Currency	Total	RATE
Construction Cost	84,485	67,104	151,589	80 %
Others	19,472	17,364	36,831	20 %
Project Cost	103,957	84,468	188,420	100 %
RATE	55 %	45 %	100 %	

各道路区間ごとのプロジェクトコストは表7.2-2 のとおりである。

表7.2-2 道路区間別のコスト

Sub-section	distance (km)	Project Cost		
		(US\$1000)	(%)	(1000\$/km)
Santa Barbara				
- Point F	25.30	48,845	25.9	1,930
- Point K	21.46	49,901	26.5	2,325
- Caranavi	13.24	16,245	8.6	1,227
- Point Q	19.55	26,486	14.1	1,355
- Point V	21.75	39,590	21.0	1,820
- Bella Vista	7.33	7,348	3.9	1,002
Total	108.63	188,420	100.0	1,735



#### (4) 毎年必要な資金

上記の実施設計により毎年必要となる建設資金は次のとおりである。

- 1996	20.934百万ドル
- 1997	41.872百万ドル
- 1998	41.872百万ドル
- 1999	41.872百万ドル
- 2000	41.872百万ドル

---

計 188.420百万ドル

#### 7.4 今後の調査

今後実施されなければならない詳細調査は以下の調査を含むものでなければならない。

##### (1) 測 量

プロジェクト地域は急峻で複雑な地形のところに位置しているため、正確な地形図が詳細設計のために用意されていなければならない。一般的には最小限1000分の1の地形図、特定の地域においては500分の1の地形図が必要である。このためには、航空写真より作成された地図を補足、照合するために、詳細な地上調査を行なう必要がある。

##### (2) 路床条件の調査

土工費を正確に積算するため、橋梁設置箇所では下部構造の設計に必要なデータを入手するため、およびトンネル設置箇所では設計や建設方法を決定するための基礎データを得るため、路床に対するより詳細な調査が詳細設計の期間中になされなければならない。各橋梁設置箇所でのボーリング調査やトンネル設置箇所での物理探査が必要である。

##### (3) 資材調査

アルトベニ川とスワビ川より砂利と砂が、コロイコ川とヤラ川とからは骨材、下層路盤材料および上層路盤材料が必要である。土工には大量の岩が下層路盤および上層路盤に必要である。

この考えはより詳細な調査、試験を行なうことにより量および質の両観点から適切であると判断されることが必要である。

(4) プロジェクトの施工の道路工区ごとへの分割

このプロジェクトの非常に大きな特長は、土工量が非常に大量となることにある。従ってこのプロジェクトを短期間に終らせるためには、道路区間をいくつかの工区に分割し、それぞれの工区をいくつかの業者に担当させることが工事期間の上から非常に有利である。詳細設計の内容の概要が利用可能な時に、道路区間の分割が調査、検討されるべきである。

(5) 土捨場の決定

プロジェクトが実施されると8百万 $m^3$ の捨土が生ずるものと推定されている。環境保全の観点からこの捨土については十分注意が払われなければならない。このため詳細設計においては十分な数の土捨場建設の候補地を確保しておかなければならない。

付 録



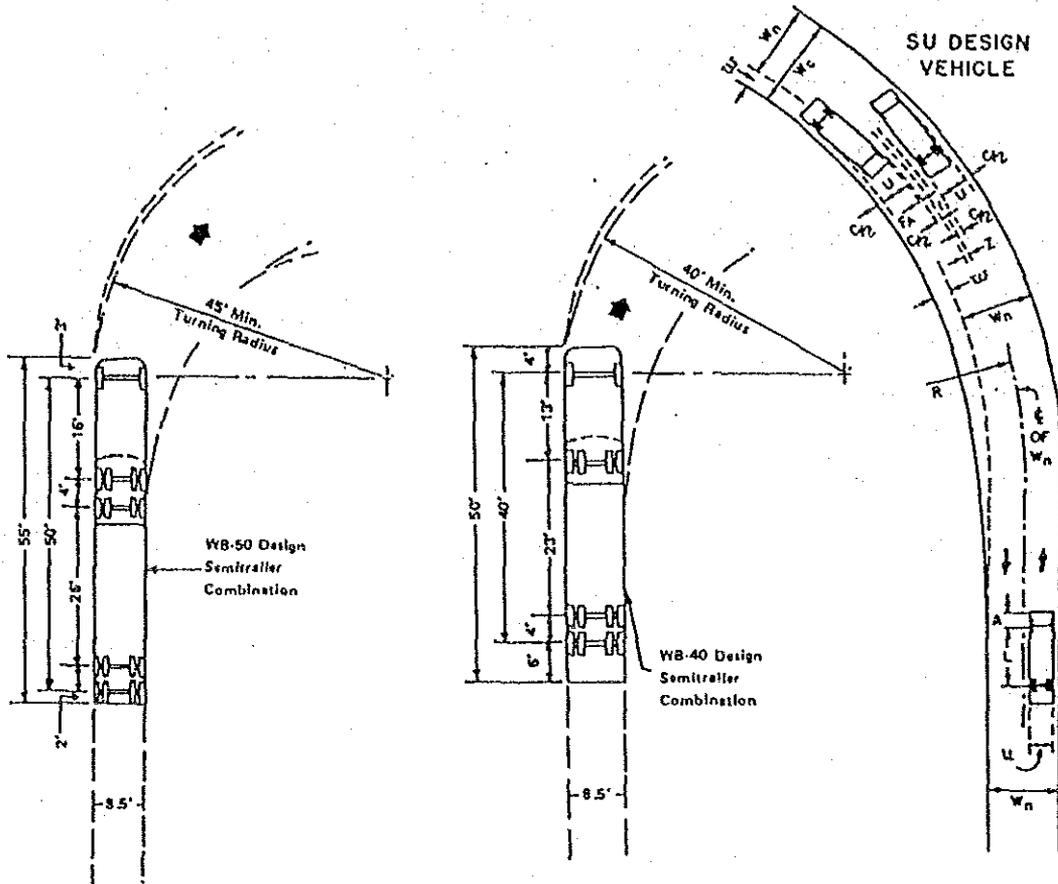
付録 1-1 実施された道路プロジェクトの一覧  
(1984 - 1991)

No.	Name of Project	Location or Road No.	Length (km)	Type of Project	Cost (1000US\$)	Foreign Finance	Compl. Year	Remarks
1	Approach of Chimore-Yapacani	No. 7	261	Maintenance	129100	IDB-CAP	1990	just started
* 2	Bella Vista-Quiquibey	No. 3	141	Construction	26400	Brazil	1988	finished
3	Secondary Road Phase I	LPS, Chuq., S/Cru	1200	Const., Improve.	17283	USAID	1991	
4	ditto Phase II	Cochabamba	260	ditto	13031	USAID	1989	
5	ditto Santa Cruz	Santa Cruz	500	ditto	24543	IDB-CAP	1990	
6	ditto Yungas	La Paz	250	ditto	5122	UN	1990	
* 7	Cotapata-Santa Barbara	No. 3	38	Final Design	7120	IDB	1989	
8	Challapata-Tarapaya	No. 1	184	ditto	800	FONPLATA	1989	
9	Chimore-Yapacani	No. 7	151	Construction	139556	IDB-CAP	1988	
10	Agricultural Area, North Chuqui	Chuquisaca	72	Const., Improve.	1087	FIDA	1988	
* 11	Gusayameria-Santa Rosa	No. 8	410	Maintenance	2500	JICA		starting
12	Padcaya-Bermejo	No. 1	160	Final design	596	FONPLATA	1988	
* 13	Pave., La Paz-Cotapata	No. 3	10	Construction	1661		1989	
* 14	Porvenir-Chive	No. 2	180	ditto	5010		1989	
15	Maintenance, South Region		3250	Maintenance	36539	CAP	1990	
16	Puerto Rico-Nueva Ethea	Pando, Beni	81	Construction	648		1989	
17	Cotagaita-San Juan del Oro	Potosi	90	Const., Improve.	2058	FIDA	1991	
18	Paruar Grande-Yacuiba	No. 9	60	Construction	22540	FONPLATA	1990	
* 19	Yacuao-Burrenabaque	No. 2	102	ditto	25300	OECF	1988	
20	Confital-Caihuasi	No. 4	50	ditto	55350	IDB	1992	tendering now
21	Sawaipata-Taruna	Santa Cruz	70	Maintenance	7882	IDB	1991	
* 22	San Borja-Trinidad	No. 3	228	Feasib. Study	2924	JICA	1988	
23	San Julian	Santa Cruz	250	Maintenance	3869	Germany	1991	
24	Santa Cruz-Trinidad	No. 9	544	Construction	47815	FONPLATA	1993	
* 25	San Buenaventura-Cobija	No. 2	540	Feasib. Study	1177	CAP	1990	
* 26	Santa Ana-Santa Rosa	Beni	150	Final design	600		1989	
* 27	Santa Rosa-Riberalta	No. 8	410	Construction	4100		1989	
* 28	San Buenaventura-Ixiamas	No. 2	110	Improvement	4353		1993	
29	Sucre-Ipati	No. 6	440	Final Design	1500	IDB	1990	
* 30	Quiquibey-Yacuao	No. 3	41	Const., Improve.	46757	IDB	1992	
31	Totacoo-Puente Mendez	Chuquisaca	30	Construction	12975	FONPLATA	1991	tendering now
* 32	Cobija-Conquista	Pando	225	Maintenance	2500	JICA		

Note : 1) The Projects marked with an asterisk are considered to be related with this Study.  
2) Bridge construction projects are not included in this table.

付録4-1 曲線部の拡幅量

AASHTO's Formula (WB 50/40)



- (1)  $w = W_c - W_n$   
 (2)  $W_c = N(U+C) + (N-1)F_A + Z$   
 N = Number of lanes  
 w = widening for pavement on curve, ft.  
 $W_c$  = width of pavement on curve, ft.

- (3)  $U = u + R - \sqrt{R^2 - L^2}$   
 (4)  $F_A = \sqrt{R^2 + A(2L + A)} - R$   
 (5)  $Z = \frac{V}{\sqrt{R}}$

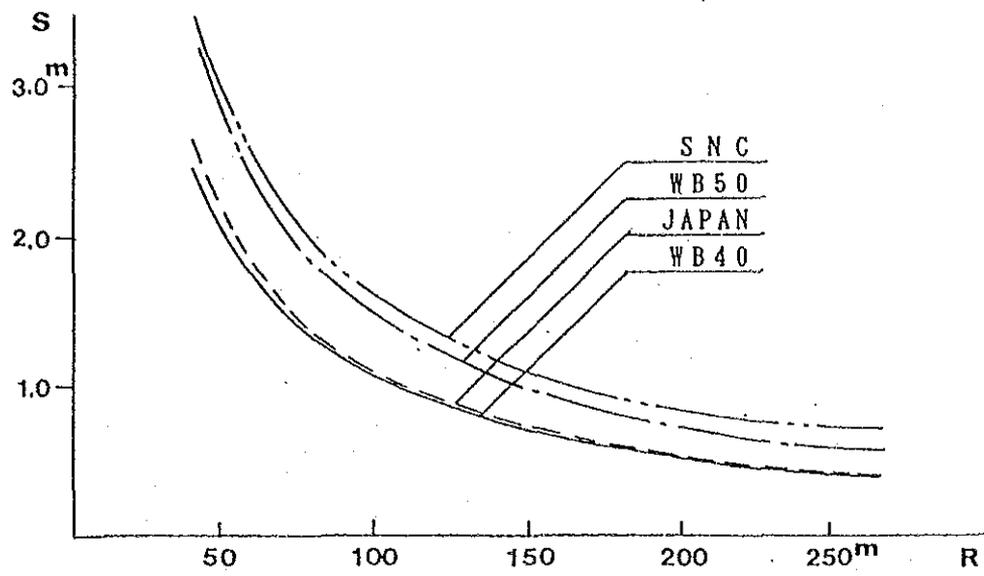
- $W_n$  = width of pavement on tangent, ft.  
 $U$  = track width of vehicle (out-to-out tires), ft.  
 C = lateral clearance per vehicle; assumed 2.25 & 3 ft for  $W_n$  of 20, 22 & 24 ft, respectively.  
 $F_A$  = width of front overhang, ft.  
 Z = extra width allowance for difficulty of driving on curves, ft.  
 u = track width on tangent (out-to-out) 8.5 ft  
 R = radius on centerline of 2-lane pavement, ft.  
 L = wheelbase  
 A = front overhang  
 V = design speed of highway, mph

SNC's Formula (SR=WB50)

$$S = 2 \left( R - \sqrt{R^2 - (L_1^2 + L_2^2)} \right) + \left( \sqrt{R^2 + A(2L_1 + A)} - R \right) + \frac{V}{10 \sqrt{R}}$$

$$= 2(U - u) + F_A + Z = W + (W_n - 2(u + C))$$

R=45 → 2.56 + 0.12 + 0.62 = 3.26  
 (WB50)



Pavement Widening on Curves ( See Table 6.1-5 )

付録4-2 代替案の工事費（ルート比較）

Comparison of Cost Estimation of Construction for Road Improvement

Item	Unit	Unit Cost	Improvement of Existing Road		New Alignment		Dual Carriage Way Road		
			Volume	Cost	Volume	Cost	Volume	Cost	
Clearing and Grubbing	m <sup>2</sup>	3.94	27,500	108,350	33,000	130,020	38,000	149,720	
Excavation of Road	Soil	m <sup>3</sup>	29,525	89,756	57,750	175,560	35,475	107,844	
	Soft Rock	m <sup>3</sup>	17,715	214,883	35,650	420,304	21,285	258,187	
	Hard Rock	m <sup>3</sup>	11,810	177,504	23,100	347,193	14,190	213,276	
Embankment	m <sup>3</sup>	5.03	0	0	0	0	0	0	
Pavement	m <sup>2</sup>	16.68	9,000	150,120	9,000	150,120	11,000	183,480	
Slope	Cut	Soil	m <sup>2</sup>	11,500	15,065	14,000	18,340	15,825	20,731
		Rock	m <sup>2</sup>	11,500	242,650	14,000	295,400	15,825	333,907
	Embankment	m <sup>2</sup>	1.31	0	0	0	0	0	0
Drainage	Km	23,266	1.0	23,266	1.0	23,266	2.0	40,942	
Direct Cost			1,021,594		1,560,203		1,308,087		
Indirect Cost(25%)			255,399		390,051		327,022		
Construction Cost			1,276,993		1,950,254		1,635,109		

Cost Estimation around Point (L) (Santa Ana)

Item	Unit	Unit Cost	Improvement of Existing Road		New Alignment		
			Volume	Cost	Volume	Cost	
Clearing and Grubbing	m <sup>2</sup>	3.94	70,770	278,834	67,600	266,344	
Excavation of Road	Soil	m <sup>3</sup>	152,285	462,946	122,378	372,029	
	Soft Rock	m <sup>3</sup>	65,265	791,664	52,447	636,182	
	Hard Rock	m <sup>3</sup>	—	—	—	—	
Embankment	m <sup>3</sup>	5.03	31,500	158,445	44,625	224,464	
Pavement	m <sup>2</sup>	16.68	27,000	450,360	21,600	360,288	
Slope	Cut	Soil	m <sup>2</sup>	31,563	41,348	26,460	34,663
		Rock	m <sup>2</sup>	13,527	285,420	11,340	239,274
	Embankment	m <sup>2</sup>	1.31	5,700	7,467	9,180	12,026
Drainage	Km	23,266	3.0	69,798	2.4	55,838	
Direct Cost			2,546,282		2,221,108		
Indirect Cost(25%)			636,571		555,727		
Construction Cost			3,182,853		2,776,835		

Cost Estimation from Point (H) + 2.5Km to (I) + 0.35Km

Item	Unit	Unit Cost	Improvement of Existing Road (Earth-Work)		New Alignment (Tunnel)		Improvement of Existing Road (Semi-Tunnel)		Dual Carriage Way Road (One-lane Tunnel)+Steg	
			Volume	Cost	Volume	Cost	Volume	Cost	Volume	Cost
Clearing and Grubbing	m <sup>2</sup>	3.94	-	-	-	-	-	-	-	-
Excavation of Road	Soil	3.04	-	-	-	-	-	-	-	-
	Soft Rock	12.13	-	-	-	-	-	-	-	-
Embankment	Hard Rock	15.03	587,195	8,825,541	13,394	201,312	84,450	1,269,284	13,069	196,427
		5.03	-	-	475	2,389	-	-	475	2,389
Pavement		16.68	8,235	137,360	1,710	28,523	7,105	118,511	2,708	45,169
	Cut	1.31	-	-	-	-	-	-	-	-
Slope	Soil	21.10	-	-	-	-	-	-	-	-
	Rock	1.31	-	-	-	-	-	-	-	-
Drainage		23,266	0.915	21,288	0.19	4,421	0.25	5,817	0.19	4,421
	50m <	1,730	520.5	850,085	-	-	520.5	850,085	446.25	804,513
Bridge	Substructure	278	627.8	174,528	-	-	627.8	174,528	508.5	141,363
	50m >	584	-	-	225.0	131,400	-	-	131.25	76,850
Tunnel	Lining	278	-	-	173.5	49,901	-	-	127.5	35,445
	Excavation without Timbering	5,833	-	-	120	705,960	-	-	-	-
One-lane Tunnel	Lining	4,547	-	-	615	2,786,405	-	-	-	-
	Excavation without Timbering	4,309	-	-	-	-	-	-	120	517,080
Semi-Tunnel		3,331	-	-	-	-	-	-	615	2,048,565
Steg		6,846	-	-	-	-	665	2,215,115	-	-
Retaining wall (H=6.8m)		890	-	-	-	-	-	-	765	680,850
Direct Cost		670	-	-	95	63,650	-	-	95	63,650
Indirect Cost (25%)			16,008,802			3,983,961		4,633,342		4,416,522
Construction Cost			2,502,201			995,990		1,158,336		1,104,131
			12,511,003			4,979,951		5,791,678		5,520,653

Cost Estimation around Point (O) +1.8Km

Item	Unit	Unit Cost	Improvement of Existing Road		New Alignment			
			Volume	Cost	Volume	Cost		
Clearing and Grubbing	m <sup>2</sup>	3.94	17,370	68,438	13,335	52,540		
Excavation of Road	Soil	m <sup>3</sup>	3.04	65,363	195,664	21,000	63,840	
	Soft Rock	m <sup>3</sup>	12.13	28,012	339,786	9,000	109,170	
	Hard Rock	m <sup>3</sup>	15.03	-	-	-	-	
Embankment	m <sup>3</sup>	5.03	-	-	6,188	31,126		
Pavement	m <sup>2</sup>	16.68	5,400	90,072	4,860	81,065		
Slope	Cut	Soil	m <sup>2</sup>	1.31	10,962	14,360	4,069	5,330
		Rock	m <sup>2</sup>	21.10	4,698	99,128	1,744	36,798
	Embankment	m <sup>2</sup>	1.31	-	-	2,475	3,242	
Drainage	Km	23,266	0.60	13,956	0.54	12,560		
Direct Cost				821,404		395,671		
Indirect Cost (25%)				205,351		98,918		
Construction Cost				1,026,755		494,589		

Cost Estimation Around Point (Q) +5Km

Item	Unit	Unit Cost	Improvement of Existing Road		New Alignment			
			Volume	Cost	Volume	Cost		
Clearing and Grubbing	m <sup>2</sup>	3.94	22,360	88,098	21,300	83,922		
Excavation of Road	Soil	m <sup>3</sup>	3.04	33,677	102,378	17,750	53,960	
	Soft Rock	m <sup>3</sup>	12.13	33,677	408,502	17,750	215,308	
	Hard Rock	m <sup>3</sup>	15.03	-	-	-	-	
Embankment	m <sup>3</sup>	5.03	9,675	48,965	22,137	111,349		
Pavement	m <sup>2</sup>	16.68	10,800	180,144	10,800	180,144		
Slope	Cut	Soil	m <sup>2</sup>	1.31	10,815	14,168	4,200	5,502
		Rock	m <sup>2</sup>	21.10	10,815	228,197	4,200	88,620
	Embankment	m <sup>2</sup>	1.31	1,100	1,441	6,050	7,926	
Drainage	Km	23,266	1.2	27,919	1.2	27,919		
Direct Cost				1,099,512		774,650		
Indirect Cost (25%)				274,878		193,663		
Construction Cost				1,374,390		968,313		

Cost Estimation from Point ② to ④

Item	Unit	Unit Cost	Earthwork		Tunnel	
			Volume	Cost	Volume	Cost
Length of Earthwork	m	1,675	4,600	7,705,000	3,640	6,097,000
Tunnel	m	7,354	-	-	500	3,677,000
Total			7,705,000		9,774,000	

Cost Estimation from Point ⑤ to ⑦

Item	Unit	Unit Cost	New Alignment (Earth-Work)		New Alignment (Tunnel)		
			Volume	Cost	Volume	Cost	
Clearing and Grubbing	m <sup>2</sup>	3.94	33,047	130,205	21,311	83,965	
Excavation of Road	Soil	m <sup>3</sup>	36,070	109,653	23,994	72,942	
	Soft Rock	m <sup>3</sup>	72,141	875,070	47,987	582,082	
	Hard Rock	m <sup>3</sup>	72,141	1,084,279	47,987	721,245	
Embankment	m <sup>3</sup>	5.03	33,616	169,088	47,952	241,199	
Pavement	m <sup>2</sup>	16.68	12,105	201,911	6,075	101,331	
Slope	Cut	Soil	m <sup>2</sup>	3,756	4,920	1,636	2,143
		Rock	m <sup>2</sup>	33,808	713,349	14,724	310,676
	Embankment	m <sup>2</sup>	1.31	2,271	2,975	4,108	5,381
Drainage	Km	23,266	1.3	30,246	1.1	25,593	
Tunnel	Lining	m	5,833	-	60	705,960	
	Excavation without Timbering	m	4,547	-	390	2,796,405	
Retaining wall (H=7.0m)	m	670	35	-	-	-	
Direct Cost			3,345,146		4,272,867		
Indirect Cost (25%)			836,287		1,068,217		
Construction Cost			4,181,433		5,341,084		

Cost Estimation from Point ⑥ to ⑧

Item	Unit	Unit Cost	Earthwork		Long-span Bridge	
			Volume	Cost.	Volume	Cost
Length of Earthwork	m	1,675	1,800	3,015,000	710	1,189,250
Long-span Bridge	m <sup>2</sup>	5,400	-	-	1,825	9,855,000
Total			3,015,000		11,044,250	

Cost Estimation from Point (S) to (V)

Item			Unit	Unit Cost	Improvement of Existing Road		New Alignment	
					Volume	Cost	Volume	Cost
Clearing and Grubbing			m <sup>2</sup>	3.94	307,180	1,210,289	293,650	1,156,981
Excavation of Road	Soil		m <sup>3</sup>	3.04	468,600	1,424,544	329,840	1,002,714
	Soft Rock		m <sup>3</sup>	12.13	351,450	4,263,089	247,380	3,000,719
	Hard Rock		m <sup>3</sup>	15.03	351,450	5,282,294	247,380	3,718,121
Embankment			m <sup>3</sup>	5.03	377,100	1,896,813	259,875	1,307,171
Pavement			m <sup>2</sup>	16.68	123,930	2,067,152	116,550	1,944,054
Slope	Cut	Soil	m <sup>2</sup>	1.31	105,874	138,695	59,584	78,055
		Rock	m <sup>2</sup>	21.10	158,811	3,350,912	89,376	1,885,833
	Embankment		m <sup>2</sup>	1.31	31,500	41,265	50,820	66,574
Drainage			Km	23,266	13.77	320,373	12.95	301,295
Direct Cost					19,995,426		14,461,517	
Indirect Cost (25%)					4,998,857		3,615,379	
Construction Cost					24,994,283		18,076,896	