

ている。

なお、中生代から始まったこの造山運動は南米大陸がアフリカ大陸と分離し、大西洋の拡大が始まった時期と一致している。

3.2 地表地質調査結果

本調査地域は東アンデス山脈からサブアンデス帯に位置する。

本地域には古生代、中生代、新生代の堆積岩類が分布しており、火成岩類は全く分布しない。調査結果は図3.2-1 地質図および図3.2-2 質縦断図に示す。

次に各層の記載を示す。

3.2.1 古生層

本地域の古生層はオルドビス紀のものであり砂岩、泥岩、頁岩、粘板岩および砂岩泥岩の互層よりなる。

本層の分布範囲は起点のサンタバルバラより105km 地点までであり、全線115km のうちの90%以上を占める。

このうち最も分布範囲の広いものは粘板岩である。粘板岩は主として、起点のサンタバルバラとサンタアナ間に分布し、所々に砂岩を挟在する。黒～灰黒色を呈し、堅硬緻密であるが著しく節理が発達する。

このため各地で小崩壊、落石が発生している。

頁岩はカラナビからカラスコ付近にかけて砂岩、泥岩と共に分布する。黒色で堅硬な岩石であり、粘板岩同様、節理が発達する。粘板岩に比較してもろく、ハンマーの打撃でたやすく分離する。泥岩はサンタバルバラ、カラナビ、カラスコ付近に分布する。暗灰色を呈し、頁岩、粘板岩に比して節理の発達は少ないがさらにもろい。所々で砂岩と互層をなす。

泥岩は水によってたやすく粘土化しカラナビ、カラスコ付近ではこのため小規模な地すべり性崩壊を発生させている。

砂岩は古生層分布地域全体に部分的に分布し各層と互層状をなす。岩体としてはチョフォニャア、カラナビ付近に分布する。

灰色を呈し、中粒～細粒の珩質砂岩である。他の岩石に比して著しく堅硬であり、本地域では最大の強度を持っている。

3.2.2 中生層

本地域の中生層は白亜紀のものであり、砂岩、石灰岩よりなる。

本層は古生層および第三紀層と断層で接し、分布範囲は狭くベジャピスタの手前、約10km付近に分布する。

砂岩は帯緑灰～黄灰色の中粒砂岩である。節理の発達は少なく、堅硬であるが風化するとともに、ハンマーの打撃でたやすく分離する。石灰岩は灰黒色を呈し、緻密、堅硬である。本石灰岩は部分的に細粒の石灰質砂岩状を呈する。

3.2.3 新生代第三紀層

本層は調査地域の最後の8km区間であるベジャピスタ付近に分布する。

ここより、サブアンデス帯の丘陵地帯となる。本層は中新世の砂岩、泥岩、礫岩および砂岩、泥岩の互層よりなり、中生層とは断層で接する。

礫岩は断層に接して分布し、本層の基底岩である。灰褐色を呈し、径5～10mm程度の円礫を多量に混入する。礫種は中生層、古生層起源の堆積岩でありマトリックスは中～粗砂である。概して固結度は高い。

砂岩は灰白色の中粒砂岩で固結度は極めて高い。節理の発達は少ないが、1～2m毎に開口性節理を持ち、岩塊として崩落する。

本地域の丘陵部の斜面には本層の転石が多数散在している。

泥岩は赤褐色を呈し著しく風化しており、水によってたやすく粘土化する。

本層は本調査地域では最も軟弱な岩石である。ベジャピスタ付近では砂岩泥岩の互層に地すべりが発生している。

3.2.4 新生代第四紀層

第四紀層は更新世の段丘堆積物、完新世の崖錐堆積物、土石流堆積物、地すべり堆積物、河床堆積物より構成される。

段丘堆積物と河床堆積物は河道沿いに分布し、他は主として山腹斜面に分布する。段丘堆積物はサンシルベリオに狭少に分布し、カラナビではヤラ川両岸に広く分布する。

段丘堆積物は礫径1～15cm程度の円礫を主体とし、マトリックスは褐色の中～粗砂で、安定した良好な地質である。

層厚はサンシルベリオ5m程度、カラナビでは10m以上の層厚を有している。

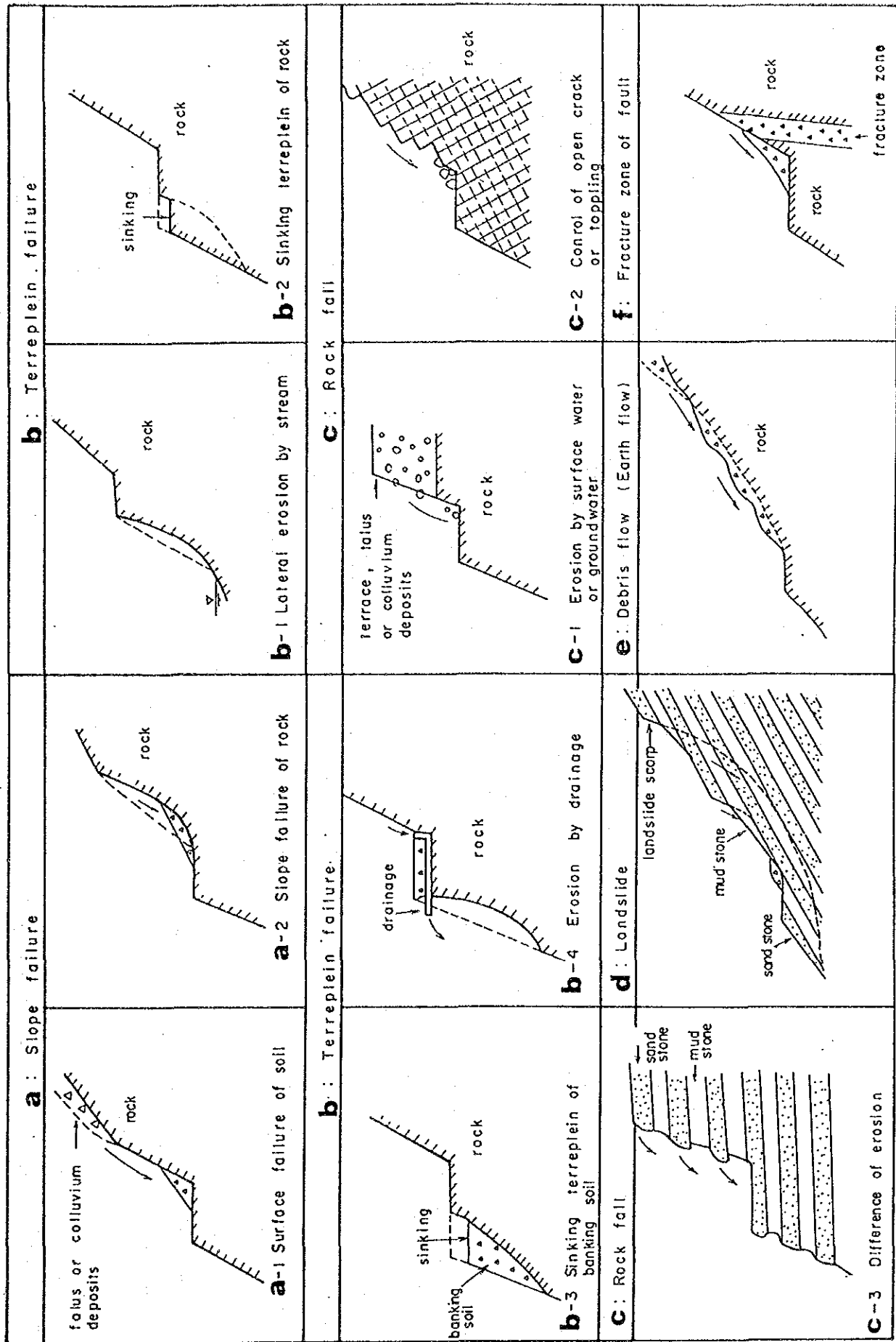


Fig.3.3-1. Type of Slope Failure

図 3.3-1 斜面崩壊のタイプ

表 3.3-1 (1) 道路建設上の危険地帯

| NO | Distance (Km) | Type of Slope Failure | Scale of Slope Failure(m) | | | Inclination of Slope (°) | | Rock and Deposit Max φ=Maximum Diameter (cm) M φ=Mean Diameter (cm) | Dip and Strike of Bed and Joint Stratum (Number/m) | Ground-water (L/min) | Grade of Stability | Remarks |
|----|-----------------|---|---------------------------|--------------------|-------------|--------------------------|-------------|---|--|----------------------|--------------------|--|
| | | | Width | Hight | Length | Sedi-mental | Arti-ficial | | | | | |
| 3 | 0.80 | Surface failure | a | 50 | 15 | 20 | 55 | 60 | 45 | - | II | -N60W/65NE(2/m) N20E/70SE(2/m) N80E/90S(1/m) |
| 5 | 2.30 | Surface failure | a | 40 | 15 | 20 | 50 | 60 | 45 | - | II | -N40W/40N(5/m) N35E/75SE(2/m) N60W/55N(5/m) |
| 6 | 2.50 A(2.70) | debris flow | e | 160 (max) | 80 (max) | 160 (max) | 45 | - | 30 | - | III | -N55W/80NE(10/m) N50E/80E(2/m) |
| 8 | 3.10 | fracture zone of fault(F-A) | f | 20 | 10 | - | - | 60 | 40 | - | I | impossible to measure |
| 14 | 5.00 | fracture zone of fault(F-B) and surface failure | a-f | 70 | 20 | 30 | 35 | 45 | 40 | - | II | -N60W/45N(5/m) N20E/82NW(10/m) E-W/65S(3/m) |
| 20 | 6.50 | old slope failure | a | 20 | 20 | 28 | 40 | 50 | 35 | - | I | - |
| 21 | 6.54 | disturbed zone of fault(F-C) | f | 20 fault (3) | 6 | - | - | 45 | 35 | - | I | impossible to measure |
| 25 | B(7.30) 3.06 | slope failure and gully at terreplein | a | 20 | 25 | 30 | 45 | 60 | 45 | - | I | - |
| 27 | 8.46 | slope failure | a | 20 | 20 | 25 | 45 | 60 | 45 | - | I | - |
| 30 | 9.20 | active slope failure | a | 40 | 10 | - | 70 | 80 | 60 | - | III | - |

NOTE: Number of above "No." is indicated in the Geological Plan.

-Distance(Km) is the accumulated distance from Santa Barbara.

-Type of Slope failure: a = Slope Failure, b = Terrestrial Failure, c = Rock Fall, d = Landslide, e = Debris Flow, f = Fracture Zone of Fault

-Grade of Stability: I = Stable, II = Unstable when it Rains, III = Unstable

表 3.3-1 (2) 道路建設上の危険地帯

| NO | Distance (Km) | Type of Slope Failure | Scale of Slope Failure (m) | | | Inclination of Slope (°) | | Rock and Deposit Max ϕ = Maximum Diameter (cm) M ϕ = Mean Diameter (cm) | Dip and Strike of Bed and Joint Stratum (Number/m) | Ground-water (ϕ /min) | Grade of Stability | Remarks |
|----|--------------------|--|----------------------------|--------|--------|--------------------------|------------|---|--|-----------------------------|--------------------|--|
| | | | Width | Height | Length | Sedimental | Artificial | | | | | |
| 36 | 11.18 | old surface failure | a | 30 | 30 | 35 | 45 | 60 | 45 | | I | |
| 38 | (11.60) 12.00 | two slope failure | a | 40 | 20 | 20 | 45 | 70 | 40 | | III | |
| 41 | challa 14.1 | active rock fall and fractured zone of fault (F-D) | c-f | 100 | 15 | 15 | - | - | 60 | | III | -N35W/60SW (1/m) N40E/60SE (2/m) N15W/15E (3/m) |
| 42 | 14.2 | slope failure with rock fall | a-c | 50 | 25 | 30 | 55 | 70 | 60 | | III | impossible to measure |
| 64 | 20.10 | old slope failure | a | 15 | 10 | 12 | 55 | 60 | 45 | | I | rock : slate rubble: Max ϕ = 60, M ϕ = 10 matrix: clay |
| 72 | 23.20 | slope failure | a | 90 | 10 | - | - | - | - | | II | rock : sandstone |
| 77 | 26.40 F (27.00) | fracture zone of fault (F-F) | f | - | 10 | - | - | 60 | 40 | | I | rock : slate (fillite) deposit: nothing |
| 82 | 27.90 choro | slope failure | a | 15 | 15 | - | 55 | - | - | | I | rock : sandstone rubble: Max ϕ = 300, M ϕ = 10 matrix: nothing |
| 92 | 31.20 G (31.90) | slope failure and fracture zone of fault (F-G) | a-f | 70 | 15 | 25 | 40 | 55 | 35 | | III | rock : slate rubble: Max ϕ = 100, M ϕ = 20 matrix: fine sand |
| 93 | 31.30 | slope failure | a | 80 | - | - | - | - | - | | II | rock : slate -N55W/55S (20/m) N30E/90 (3/m) NS/65SW (3/m) |

NOTE: Number of above "No." is indicated in the Geological Plan.
 Distance (Km) is the accumulated distance from Santa Barbara.
 Type of Slope Failure: a = Slope Failure, b = Terrestrial Failure, c = Rock Fall, d = Landslide, e = Debris Flow, f = Fracture Zone of Fault
 Grade of Stability: I = Stable, II = Unstable when it rains, III = Unstable

表 3.3-1(3) 道路建設上の危険地帯

| NO | Distance (Km) | Type of Slope Failure | Scale of Slope Failure (m) | | | Inclination of Slope (°) | | Rock and Deposit Max ϕ = Maximum Diameter (cm) M ϕ = Mean Diameter (cm) | Dip and Strike of Bed and Joint Stratum (Number/m) | Ground-water (ϕ /min) | Grade of Stability | Remarks |
|-----|-------------------|--|----------------------------|--------|--------|--------------------------|------------|---|--|-----------------------------|--------------------|---|
| | | | Width | Height | Length | Sedimental | Artificial | | | | | |
| 105 | H(34.90) 35.90 | slope failure with rock fall | a-c | 40 | 20 | 25 | 45 | 60 | - | 75.0 | II | -N53W/30SW |
| 108 | 37.20 | rock fall | c | 15 | - | 15 | - | 70 | - | - | II | - |
| 118 | I(37.80) 39.10 | Surface failure | a | 15 | 15 | 15 | 50 | 90 | - | - | I | -N4E/49SE (5/m) N45E/49NE (2/m) N77W/84NE (3/m) |
| 120 | 40.80 | Surface failure | a | 40 | - | 25 | 45 | 60 | 30 | - | II | - |
| 122 | 41.10 J(41.70) | Surface failure | a | 70 | - | 15 | 30 | 65 | 40 | - | III | -E-W/38N (6/m) N22E/90 (3/m) N78W/67SW (2/m) |
| 125 | 42.00 | disturbed zone of small folding | f | - | - | - | - | 82 | - | - | I | - |
| 126 | 42.30 | slope failure with earth flow, terreplein failure | a-b e | 60 | 8 | - | - | 90 | 60 | - | III | impossible to measure |
| 133 | 44.60 | Surface failure | a | 50 | - | 20 | 45 | 60 | - | - | I | - |
| 135 | 44.80 | fracture zone of fault (F-H) and crack of terreplein | b-f | 30 | 15 | - | - | 55 | 40 | - | II | impossible to measure |
| 137 | 45.60 | slope failure and fracture zone | a-f | 50 | 15 | 18 | - | 55 | 60 | - | II | -N60W/45S (5/m) N70W/90 (5/m) N25E/ 9C (5/m) |

NOTE: Number of above "No." is indicated in the Geological Plan.
 Distance (Km) is the accumulated distance from Santa Barbara.
 Type of Slope Failure: a = Slope Failure, b = Terreplein Failure, c = Rock Fall, d = Landslide, e = Debris Flow, f = Fracture Zone of Fault
 Grade of Stability: I = Stable, II = Unstable when it Rains, III = Unstable

表 3.3-1 (4) 道路建設上の危険地帯

| NO | Distance (km) | Type of Slope Failure | Scale of Slope Failure (m) | | | Inclination of Slope (°) | | Rock and Deposit Max ϕ = Maximum Diameter (cm) M ϕ = Mean Diameter (cm) | Dip and Strike of Bed and Joint Stratum (Number/m) | Ground-water (ℓ /min) | Grade of Stability | Remarks |
|-----------------|---------------------|--|----------------------------|-------------------|--------|--------------------------|------------|---|--|-----------------------------|--------------------|---------|
| | | | Width | Height | Length | Sedimental | Artificial | | | | | |
| 138 | 47.30 | fracture zone of fault (F-I) | f | 20 | 10 | - | 50 | 60 | -N60W/80S (10/m) | - | I | |
| 140 | 47.60 | slope failure and fracture zone of fault (F-J) | a·f | 120 fault (1m) | 10 | - | 55 | 60 | -N70W/90 (20/m) | - | II | |
| 141 | 47.90 K (49.10) | fracture zone | f | 20 | 10 | - | 55 | 60 | N60W/35N (20/m) N40E/65SE (10m) | - | I | |
| 145 | 49.90 | slope failure | a | 50 | 15 | 20 | 55 | 40 | -N35W/55E (20/m) N25W/35SW (10/m) N55E/80NW (2m) | - | II | |
| 148 150 | 51.30 51.40 | debris flow | e | 500 | 300 | 1200 | 55 | 15 | rock : slate rubble: Max ϕ = 70, M ϕ = 20 matrix: clay | 7.5 | II | |
| 152 | 52.20 | fracture zone of fault (F-K) | f | 10 | 10 | 15 | 60 | 40 | rock : slate lack of data | - | I | |
| 154 | L (52.40) 52.40 | slope failure with debris flow | a·e | 80 | 10 | 100 | 45 | 50 | rock : slate rubble: Max ϕ = 250, M ϕ = 10 matrix: fine sand | - | II | |
| 156 | 53.40 | slope failure with debris flow | a·e | 300 | - | 100 | 60 | 15 | rock : slate rubble: Max ϕ = 80, M ϕ = 20 matrix: clay | - | I | |
| 157 | 54.50 | slope failure and debris flow | a·e | 12 | 9 | 100 | 45 | 60 | -N-S/20E (10/m) N40W/70W (3/m) N55E/90 (2/m) | - | II | |
| 158 | 55.40 | slope failure | a | 10 | 8 | 10 | 45 | 60 | -N-S/20W (20/m) E-W/90 (20/m) N-S/90 (5/m) | - | II | |

NOTE: Number of above "No." is indicated in the Geological Plan.
 Distance (km) is the accumulated distance from Santa Barbara.
 Type of Slope Failure: a = Slope Failure, b = Terrestrial failure, c = Rock Fall, d = Landslide, e = Debris Flow, f = Fracture Zone of Fault
 Grade of Stability: I = Stable, II = Unstable when it Rains, III = Unstable

表 3.3-1 (5) 道路建設上の危険地帯

| NO | Distance (km) | Type of Slope Failure | Scale of Slope Failure (m) | | | Inclination of Slope (°) | | Rock and Deposit Max ϕ = Maximum Diameter (cm) M ϕ = Mean Diameter (cm) | Dip and Strike of Bed and Joint Stratum (Number/m) | Ground-water (ϕ /min) | Grade of Stability | Remarks | |
|-----|---------------------------|--|----------------------------|--------|--------|--------------------------|------------|---|--|---|--|---------|---------|
| | | | Width | Height | Length | Sedimental | Artificial | | | | | | Natural |
| 160 | 55.80 | slope failure and fracture zone of fault (F-L) | a-f | 8 | 5 | 7 | 45 | 60 | 20 | rock : slate deposit: nothing | N40W/20E (20/m) N45W/90 (20/m) N55E/85N (3/m) | I | |
| 161 | 57.60 | debris flow | e | 500 | - | 200 | - | 70 | 20 | rock : slate lack of data | - | I | |
| 165 | 58.50 M(59.70) | Slope failure | a | 50 | 12 | - | 35 | 50 | 45 | rock : sandstone rubble: Max ϕ = 100, M ϕ = 10 matrix: fine sand | - | II | |
| 172 | 60.90 | Surface failure with terreplein failure | a-b | 50 | - | 25 | 30 | 50 | 40 | rock : mudstone, soil rubble: Max ϕ = 100, M ϕ = 10 matrix: clay | - | II | |
| 174 | 61.30 | Surface failure with crack at slope | a | 40 | 10 | 40 | 20 | - | 20 | rock : mudstone, soil rubble: Max ϕ = 10, M ϕ = 5 matrix: clay | - | III | |
| 176 | 61.70 Caranavi (63.90) | Surface failure and rock fall | a-c | 50 | 6 | 20 | - | 30 | 20 | rock : mudstone, soil rubble: lack of data matrix: clay | - | I | |
| 179 | 66.30 | Surface failure | a | - | - | - | - | - | - | rock : mudstone, soil rubble: lack of data matrix: clay | - | I | 2.4 |
| 191 | N(69.20) 70.60 | slope failure | a | 40 | 15 | 20 | 40 | 60 | 30 | rock : fine sandstone rubble: Max ϕ = 100, M ϕ = 15 matrix: fine sand | N45E/30SE (5/m) N50W/80SW (2/m) N70E/70N (2/m) | II | |
| 194 | 71.20 | slope failure with gully | a | 40 | 15 | 20 | 40 | 60 | 30 | rock : shale rubble: Max, M ϕ = 1~2 matrix: silt | - | II | |
| 198 | 72.20 | big slope failure | a | 150 | 20 | 30 | 45 | 60 | 25 | rock : shale lack of data | N60W/40N (2/m) N15W/60SW (5/m) N45E/60S (10/m) | III | |

NOTE: Number of above "No." is indicated in the Geological Plan.
 Distance (km) is the accumulated distance from Santa Barbara.
 Type of Slope Failure: a = Slope Failure, b = Terreplein Failure, c = Rock Fall, d = Landslide, e = Debris Flow, f = Fracture Zone of Fault
 Grade of Stability: I = Stable, II = Unstable when it Rains, III = Unstable

表 3.3-1 (6) 道路建設上の危険地帯

| No | Distance (km) | Type of Slope Failure | Scale of Slope Failure (m) | | | Inclination of Slope (°) | | Rock and Deposit Max ϕ = Maximum Diameter (cm) M ϕ = Mean Diameter (cm) | Dip and Strike of Bed and Joint Stratum (Number/m) | Ground-water (ℓ /min) | Grade of Stability | Remarks |
|-----------------|-------------------|--|----------------------------|-------------|----------|--------------------------|------------|---|--|-----------------------------|--------------------|---------|
| | | | Width | Height | Length | Sedimental | Artificial | | | | | |
| 199 200 | 72.60 72.90 | debris flow | e | 300 | 8 | 400 | - | 70 | 25 | 7.3 | II | |
| 202 | 73.40 | slope failure | a | 50 | 5 | - | - | - | - | - | II | |
| 203 | 73.90 | slope failure | a | 75 | - | - | - | 65 | - | - | II | |
| 207 208 | 77.20 78.00 | debris flow by photo interpretation | e | 300 | - | 300 | - | - | - | - | II | |
| 210 211 | 78.30 78.70 | debris flow and slope failure | a-e | 200 (15) | - (6) | 200 (6) | - (90) | - | - | - | I | |
| 211 212 | 78.50 79.30 | debris flow by photo interpretation | e | 150 | - | 300 | - | - | - | - | II | |
| 213 214 | 79.90 80.20 | debris flow by photo interpretation | a-e | 30 | - | - | - | - | - | - | II | |
| 215 | P(80.10) 80.30 | surface failure and terreplein failure | a-b | 40 | - | 40 | - | 60 | 50 | Surface water | I | |
| 217 | 80.70 | rock fall | c | 4 | 6 | 6 | - | 90 | - | - | I | |
| 219 | 81.00 | surface failure | a | 110 | - | 40 | 40 | 63 | - | - | III | |

NOTE: -Number of above "No." is indicated in the Geological Plan.
 -Distance (km) is the accumulated distance from Santa Barbara.
 -Type of Slope Failure: a = Slope Failure, b = Terreplein Failure, c = Rock Fall, d = Landslide, e = Debris Flow, f = Fracture Zone of Fault
 -Grade of Stability: I = Stable, II = Unstable when it Rains, III = Unstable

表 3.3-1 (7) 道路建設上の危険地帯

| NO | Distance (km) | Type of Slope Failure | Scale of Slope Failure (m) | | | Inclination of Slope (°) | | Rock and Deposit Max ϕ = Maximum Diameter (cm) M ϕ = Mean Diameter (cm) | Dip and Strike of Bed and Joint Stratum (Number/m) | Ground-water (l/min) | Grade of Stability | Remarks |
|-----|------------------------|--|----------------------------|--------|--------|--------------------------|------------|---|--|----------------------|--------------------|---------|
| | | | Width | Height | Length | Sedimental | Artificial | | | | | |
| 223 | 81.80 | surface failure | a | 100 | 5 | 6 | - | - | 60 | - | II | |
| 226 | 83.70 | surface failure | a | 150 | 6 | - | - | 15 | 15 | 0.2 | III | |
| 227 | 83.80 | surface failure | a | 30 | 5 | - | - | 50 | 20 | - | II | |
| 228 | 84.10 | surface failure | a | 250 | 6 | 20 | - | 40 | 20 | - | III | |
| 230 | 85.00 | Surface failure with crack at slope | a | 50 | - | 40 | - | 45 | 35 | - | II | |
| 231 | Q (85.10) R (37.70) | debris flow | e | 20 | 15 | - | 45 | 60 | 40 | surface water | II | |
| 234 | 85.70 | slope failure | a | 150 | 10 | 15 | 45 | 60 | 40 | - | III | |
| 243 | 88.00 | two slope failure | a | 40 | 20 | 25 | 45 | 50 | 40 | - | II | |
| 245 | 88.50 | surface failure and fracture zone of fault (F-N) | a-f | 10 | 15 | 25 | 45 | 60 | 40 | - | I | |
| 248 | 89.20 | Terreplen failure and fracture zone of fault (F-N) | b-f | 10 | 10 | - | 45 | 60 | 45 | surface water | III | |

NOTE: Number of above "No." is indicated in the Geological Plan.

Distance (km) is the accumulated distance from Santa Barbara.

Type of Slope Failure: a = Slope Failure, b = Terrestrial Failure, c = Rock Fall, d = Landslide, e = Debris Flow, f = Fracture Zone of Fault

Grade of Stability: I = Stable, II = Unstable when it Rains, III = Unstable

表 3.3-1 (8) 道路建設上の危険地帯

| NO | Distance (km) | Type of Slope Failure | Scale of Slope Failure (m) | | | Inclination of Slope (°) | | Rock and Deposit Max ϕ = Maximum Diameter (cm) M ϕ = Mean Diameter (cm) | Dip and Strike of Bed and Joint Stratum (Number/m) | Ground-water (l/min) | Grade of Stability | Remarks |
|-----|--------------------|--|----------------------------|--------|--------|--------------------------|------------|---|--|------------------------------------|--------------------|------------------|
| | | | Width | Height | Length | Sedimental | Artificial | | | | | |
| 249 | 89.50 | slope failure | a | 150 | 5 | - | - | - | -N60W/55N (20/m) N30E/65W (3/m) N55W/35SW (3/m) | - | II | |
| 254 | 90.50 | surface failure | a | - | - | 45 | 80 | 50 | rock : shale, soil rubble: Max ϕ = 60, M ϕ = 3 matrix: clay | - | II | |
| 258 | 90.65 | terreplein failure | b | 10 | - | - | - | 60 | rock : shale, soil lack of data | -N32W/49NE | I | |
| 259 | 91.00 | surface failure | a | - | - | - | - | - | rock : shale, soil lack of data | - | I | |
| 260 | 91.05 | surface failure with earth flow | a | 20 | - | - | - | - | rock : shale, soil lack of data | - | I | |
| 261 | 91.30 | surface failure with earth flow | a | 30 | - | 37 | 62 | 32 | rock : shale, soil lack of data | - | I | seepage of water |
| 263 | 91.45 | surface failure and terreplein failure | a·b | 5 | - | - | 64 | 32 | rock : shale, soil lack of data | - | I | |
| 264 | 91.60 | surface failure | a | 20 | - | - | - | - | rock : shale, soil lack of data | - | I | seepage water |
| 278 | S (93.40) 93.70 | rock fall | c | 40 | - | - | - | - | rock : sandstone rubble: Max ϕ = 100, M ϕ = 20 matrix: fine sand | -N77W/13NE N77W/77SW E-W/67N | I | |
| 280 | 95.80 | surface failure | a | 76 | - | - | - | - | rock : mudstone, soil rubble: Max ϕ = 5 matrix: clay | - | I | |

NOTE: Number of above "No." is indicated in the Geological Plan.
 Distance (km) is the accumulated distance from Santa Barbara.
 Type of Slope Failure: a = Slope Failure, b = Terreplein Failure, c = Rock Fall, d = Landslide, e = Debris Flow, f = Fracture Zone of Fault
 Grade of Stability: I = Stable, II = Unstable when it Rains, III = Unstable

表 3.3-1 (9) 道路建設上の危険地帯

| NO | Distance (km) | Type of Slope Failure | | Scale of Slope Failure (m) | | Inclination of Slope (°) | | Rock and Deposit Max ϕ = Maximum Diameter (cm) M ϕ = Mean Diameter (cm) | Dip and Strike of Bed and Joint Stratum (Number/m) | Ground-water (ϕ /min) | Grade of Stability | Remarks |
|-----|---------------------|-----------------------|--------|----------------------------|------------|--------------------------|---------|---|--|-----------------------------|--------------------|---------|
| | | Width | Height | Length | Sedimental | Artificial | Natural | | | | | |
| 284 | 96.30 T(96.40) | b | - | - | - | - | 70 | rock : mudstone Lack of data | - | 0.2 | II | |
| 288 | 97.6 | a | - | - | - | - | - | rock : mudstone | - | 0.2 | II | |
| 289 | 97.80 | a | 5 | - | - | 60 | 35 | rock : mudstone, soil rubble: Max ϕ , M ϕ = 10 matrix: clay | - | - | II | |
| 294 | 98.90 | c | - | 15 | - | 80 | 60 | rock : mudstone rubble: Max ϕ = 80, M ϕ = 15 matrix: clay | ·N27W/75NE (7/m) ·N54E/85NW (5/m) ·N56E/76NW (1/m) | - | II | |
| 296 | 99.10 | c | - | 12 | 35 | 80 | 85 | rock : mudstone rubble: Max ϕ , M ϕ = 5 matrix: clay | ·N6W/31NE (8/m) ·N13E/90 (3/m) | - | I | |
| 301 | 100.30 | c | - | 12 | 40 | 90 | 45 | rock : mudstone rubble: Max ϕ , M ϕ = 15 matrix: clay | - | - | I | |
| 304 | 101.7 | a | - | 25 | 45 | 70 | 55 | rock : mudstone | ·NSW/90 (8/m) | 90 | II | |
| 310 | 102.60 | a | - | 20 | - | - | 70 | rock : mudstone, soil rubble: Max ϕ = 30, M ϕ = 10 matrix: clay | ·N72W/39SW ·N16E/86NW ·N50W/63NE | 60.0 | II | |
| 317 | U(104.30) 104.35 | a | - | 90 | - | 75 | 45 | rock : mudstone, soil rubble: Max ϕ , M ϕ = 5 matrix: clay | ·N54W/40NE ·N49E/67NW ·N22E/22SE | 6.0 | I | |
| 320 | 104.65 | f | - | - | - | 80 | - | rock : sandstone and breccia | - | - | I | |

NOTE: Number of above "No." is indicated in the Geological Plan.
 ·Distance (km) is the accumulated distance from Santa Barbara.
 ·Type of Slope Failure: a = Slope Failure, b = Terrestrial Failure, c = Rock Fall, d = Landslide, e = Debris Flow, f = Fracture Zone of Fault
 ·Grade of Stability: I = Stable, II = Unstable when it rains, III = Unstable

表 3.3-1 (10) 道路建設上の危険地帯

| NO | Distance (km) | Type of Slope Failure | Scale of Slope Failure (m) | | | inclination of Slope (°) | | Rock and Deposit Max ϕ = Maximum Diameter (cm) M ϕ = Mean Diameter (cm) | Dip and Strike of Bed and Joint Stratum (Number/m) | Ground-water (l/min) | Grade of Stability | Remarks | |
|-----|-----------------------|---|----------------------------|--------|--------|--------------------------|------------|---|--|---|--------------------|---------|---------|
| | | | Width | Height | Length | Sedimental | Artificial | | | | | | Natural |
| 330 | 107.10 V(107.70) | rock fall and fracture zone of fault(F-Q) | 49 | - | 15 | 30 | 70 | 30 | -N68W/30SW N94E/90 N50W/75NE | - | I | | |
| 332 | 107.90 | slope failure and fracture zone of fault(F-R) | 60 | - | - | - | 40 | - | rock : sandstone and breccia | - | II | | |
| 339 | 110.50 | debris flow | 200 | - | - | - | - | 20 | rock : sandstone, gravel rubble:Max ϕ , M ϕ = 100~200 matrix:nothing | - | II | | |
| 340 | W(111.30) 111.30 | landslide | 100 | 5 | 200 | 20 | 45 | 10 | rock : mudstone, sandstone rubble:Max ϕ = 200, M ϕ = 100 matrix:clay | - | III | | |
| 341 | 111.60 | landslide | 30 | 5 | 200 | 20 | 45 | 10 | rock : mudstone, sandstone rubble:Max ϕ = 200, M ϕ = 100 matrix:clay | -N65W/15E (3/m) N65E/90 (3/m) N-S/90 (3/m) | III | | |
| 344 | 112.50 | landslide | 30 | 7 | 400 | 20 | 45 | 10 | rock : mudstone, sandstone rubble:Max ϕ = 200, M ϕ = 100 matrix:clay | surface water | III | | |
| 349 | 114.30 Bella vista | landslide | 30 | 2 | 300 | 15 | - | 15 | rock : mudstone, sandstone rubble:Max ϕ = 200, M ϕ = 100 matrix:clay | -N60W/25N (10/m) N80E/80S (10/m) N25W/80W (2/m) | 7.5 | III | |

NOTE: Number of above "No." is indicated in the Geological Plan.

-Distance (km) is the accumulated distance from Santa Barbara.

-Type of Slope Failure: a = Slope Failure, b = Terrestrial Failure, c = Rock Fall, d = Landslide, e = Debris Flow, f = Fracture Zone of Fault

-Grade of Stability: I = Stable, II = Unstable when it Rains, III = Unstable

表3.3-2(1)地下水湧出地点

| NO. | LOCATION AND DISTANCE (km) | ROCK AND DEPOSIT | AMOUNT OF RUNOFF (l/min) | NO. | LOCATION AND DISTANCE (km) | ROCK AND DEPOSIT | AMOUNT OF RUNOFF (l/min) |
|-----|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 10 | point A (2.70) 4.20 | talus deposit of mudstone | 1.2 | 66 | 20.36 | slate | 15.0 |
| 11 | Padilla (4.40) 4.50 | talus deposit of mudstone | 49.5 | 67 | 20.72 | slate | 20.0 |
| 12 | 4.60 | talus deposit of mudstone | 90.0 | 69 | point E 22.10 | slate | 1.0 |
| 13 | 4.76 | talus deposit of mudstone | 23.0 | 72 | 22.70 | sandstone | 0.3 |
| 16 | 5.10 | talus deposit of slate | 0.5 | 79 | Alto choro (27.10) 27.40 | sandstone | 2.0 |
| 29 | point B (7.30) 8.72 | between slate and its talus | 60.0 | 80 | 27.50 | between sandstone and its talus | 28.0 |
| 31 | 9.38 | talus deposit of slate | 3.0 | 81 | 27.80 | between sandstone and its talus | 22.5 |
| 34 | 10.18 | sandstone | 3.0 | 84 | Choro (28.35) 28.40 | between sandstone and its talus | 9.0 |
| 35 | 10.38 | sandstone | 15.0 | 87 | 29.50 | between slate and its talus | 0.6 |
| 37 | point C (11.60) 11.38 | talus deposit of slate | 13.8 | 96 | San Pedro (31.90) 32.30 | between slate and its talus | 15.0 |
| 44 | Challa (12.08) 12.98 | between slate and its talus | 1.8 | 98 | 32.90 | between slate and its talus | 0.3 |
| 46 | Villa Espada 15.40 | between slate and its talus | 13.8 | 101 | Pto. Leon (34.90) 133.8 | between slate and its talus | 6.0 |
| 48 | point D (15.50) 15.70 | talus deposit of slate | 2.0 | 105 | 35.50 | talus deposit of slate | 75.0 |
| 49 | 16.40 | talus deposit of slate | 0.5 | 111 | point I (37.80) 37.70 | slate | 1.0 |
| 50 | 10.45 | talus deposit of slate | 1.0 | 129 | 18 de mayo (43.50) 43.10 | talus deposit of slate | 0.8 |
| 52 | 17.15 | talus deposit of slate | 7.2 | 142 | San silverio (49.20) 49.20 | talus deposit of slate | 1.0 |
| 53 | 17.35 | talus deposit of slate | 6.6 | 150 | 51.20 | talus deposit of slate | 7.5 |
| 54 | 17.40 | talus deposit of slate | 14.4 | 162 | point L (52.40) 57.80 | talus deposit of slate | 2.4 |
| 55 | 17.50 | talus deposit of slate | 5.4 | 163 | point M (59.70) 58.10 | talus deposit of slate | 0.3 |
| 57 | 18.30 | slate | 40.0 | 177 | Caranavi (63.90) 64.90 | talus deposit of sandstone | 1.5 |
| 58 | 18.34 | talus deposit of slate | 33.0 | 178 | 66.00 | talus deposit of sandstone | 0.7 |
| 59 | 18.60 | slate | 30.0 | 179 | 66.30 | talus deposit of sandstone | 2.4 |
| 60 | 19.70 | slate | 17.0 | 180 | 66.40 | talus deposit of sandstone | 3.0 |
| 62 | 19.80 | slate | 60.0 | 182 | 67.20 | talus deposit of sandstone | 3.0 |
| 65 | 20.20 | slate | 60.0 | 184 | 67.60 | talus deposit of sandstone | 0.2 |

the term of investion : from 13/9/89 to 28/9/89

表 3.3-2 (2) 地下水湧出地点

| NO. | LOCATION AND DISTANCE (km) | ROCK AND DEPOSIT | AMOUNT OF RUNOFF (l/min) | NO. | LOCATION AND DISTANCE (km) | ROCK AND DEPOSIT | AMOUNT OF RUNOFF (l/min) |
|-----|----------------------------|--------------------------------|--------------------------|-----|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 200 | point N (69.20) 72.90 | debris flow deposit of shale | 7.3 | 292 | 98.70 | talus deposit of mudstone | 0.2 |
| 205 | point O 76.80 | shale | 0.2 | 295 | 99.05 | talus deposit of mudstone | 7.2 |
| 224 | 82.60 | talus deposit of sandstone | 0.2 | 299 | 99.70 | talus deposit of mudstone | 9.4 |
| 226 | 83.60 | talus deposit of shale | 0.2 | 300 | 100.10 | talus deposit of mudstone | 0.6 |
| 253 | Carrasco (85.10) 90.20 | talus deposit of shale | 0.2 | 302 | 100.60 | talus deposit of mudstone | 5.4 |
| 255 | 90.35 | shale | 0.2 | 303 | 100.80 | talus deposit of mudstone | 4.5 |
| 256 | 90.50 | talus deposit of shale | 1.7 | 304 | 101.40 | slope failure of sandstone | 90.0 |
| 259 | 91.00 | shale | seepage | 306 | 102.00 | between sandstone and its talus | 3.0 |
| 264 | 91.60 | shale | seepage | 308 | 102.40 | mudstone | 1.0 |
| 266 | 91.70 | talus deposit of shale | 0.3 | 310 | 102.60 | talus deposit of shale | 60.0 |
| 267 | 91.90 | talus deposit of shale | 0.4 | 312 | 102.90 | talus deposit of mudstone | 1.0 |
| 270 | 92.50 | sandstone | seepage | 315 | 104.20 | mudstone | 0.8 |
| 271 | 92.65 | talus deposit of sandstone | 1.0 | 316 | point U (104.30) 104.25 | talus deposit of mudstone | 3.0 |
| 272 | 92.75 | mudstone | 1.9 | 317 | 104.35 | between mudstone and its talus | 6.0 |
| 273 | 92.90 | shale | seepage | 318 | 104.50 | talus deposit of mudstone | 2.0 |
| 274 | 93.05 | talus deposit of sandstone | 1.0 | 321 | 104.70 | between mudstone and its talus | 45.0 |
| 275 | point S (93.40) 93.30 | talus deposit of sandstone | 6.0 | 338 | point V (107.70) 109.90 | between sandstone and its talus | 0.6 |
| 277 | 93.65 | talus deposit of sandstone | 6.0 | 347 | Bella Vista (114.00) 114.00 | deposit of landslide | 7.5 |
| 279 | 94.50 | talus deposit of sandstone | 6.0 | | | | |
| 281 | 95.75 | talus deposit of mudstone | 7.5 | | | | |
| 282 | 95.80 | between mudstone and its talus | 7.2 | | | | |
| 283 | 95.90 | shale | 0.2 | | | | |
| 284 | point T (96.40) 96.30 | talus deposit of mudstone | 0.2 | | | | |
| 286 | 96.50 | mudstone | 0.2 | | | | |
| 288 | 96.90 | talus deposit of mudstone | 0.2 | | | | |

the term of investment : from 13/9/89 to 28/9/89

崖錐堆積物は調査地域全体に広く分布する。層厚は一般に山腹斜面で1～3m程度と薄く、沢筋では局所的に3～10m程度と厚くなると推定される。堆積物は一般に径5～10cmの角レキを主体とし、マトリックスは細砂～シルトよりなる。

土石流堆積物は、サンタアナ付近、カラナビとカラスコの間および、ベジャピスタ付近に分布する。

サンタアナの土石流は幅1kmに達する大規模なもので、過去何度かの土石流によって現在の地形面が形成された。

堆積物は径15～20cmの角レキを主体とし、マトリックスは細砂～シルトであり、むしろ土砂流に近いものである。現在は安定していると思われる。

カラスコの手前の土石流は幅300～400mで、サンタアナと同様な堆積物であり土砂流である。これは活動的であり、しばしば道路を埋積する。

ベジャピスタの土石流は、沢筋に沿って径1～2mの砂岩の巨礫が流下するもので、破壊力が大きく極めて危険である。

地すべり堆積物はベジャピスタに分布する。これは、第三紀層の砂岩泥岩の互層がすべるものである。堆積物の主体は泥岩の粘土化したものであるが、時に砂岩の巨礫を含む場合がある。

3.3 地形・地質上の問題点

本調査地域のルートに沿って、様々な斜面崩壊が発生している。

地質調査の結果、明らかとなった斜面崩壊のタイプを図3.3-1 斜面破壊のタイプに示す。

また、それらの位置と性状を表3.3-1 道路建設上の危険地帯に示す。

さらに、湧水地点の位置と湧水量を表3.3-2 地下水湧出地点に示す。

斜面崩壊のタイプは基本的には(a) 斜面崩壊 (b) 路肩崩壊 (c) 落石 (d) 地滑り (e) 土石流 (f) 断層破碎帯の6つに区分した。調査結果に基づいて上記の6つの区分をさらに12のタイプに細分した。即ち(a) タイプは2つに、(b) タイプは4つに、(c) タイプは3つに区分した。

しかし実際にはこれらは複合して発生する事が多く、厳密な区分が困難なため、一覧表では前述の6つの区分に従って分類している。

次に同じく表3.3-1には、斜面安定度をⅠ～Ⅲに区分して示した。

Ⅰ = 安定

Ⅱ = 降雨時に不安定

Ⅲ = 不安定

Ⅰは現在崩壊斜面が安息角を維持しているかまたは密な植生に覆われて二次崩壊の恐れが少ないものを示す。

しかし異常降水時、または地震時等には再発の可能性があり危険箇所としてカウントした。

Ⅱは、現在は安定にあるが新鮮な崩壊面や活動の後を残しているものであり、平均的な降水時においても再発の可能性のあるものである。

Ⅲは現在でも堆積物の移動が明らかに認められるもの。

タイプ別斜面の安定度の内訳は次の通りである。

表3.3-3 崩壊タイプ別斜面安定度

| | a | b | c | d | e | f | 計 |
|---|--------|------|-------|------|--------|-------|---------------|
| Ⅰ | 22(20) | 3(1) | 6(5) | 0(0) | 3(3) | 11(8) | 45(37) |
| Ⅱ | 31(28) | 3(2) | 3(2) | 0(0) | 9(9) | 5(0) | 51(41) * |
| Ⅲ | 12(12) | 2(1) | 2(1) | 4(4) | 2(1) | 3(0) | 25(19)] (60) |
| 計 | 65(60) | 8(4) | 11(8) | 4(4) | 14(13) | 19(8) | 121(97) |

表3.3-1に示される斜面崩壊数は97箇所であり上記の表の合計と一致しない。これは、1箇所の斜面崩壊が幾つかのタイプの複合による場合があり、各々を1箇所とカウントした事による。

3.3.1 斜面崩壊 (a)

斜面崩壊は、表土(Soil)が崩壊するものと岩盤が崩壊するものがあり、またこれらの両者が同時に発生する場合もある。

さらに、すべり面を持つ小規模な地すべり性崩壊も存在する。

これらを厳密に区分する事は仲々困難であり、ここではこれらを一括して取扱う。

斜面崩壊は全崩壊数 121箇所のうち65箇所、即ち約50%を占める。

岩質別の斜面安定度は次の通りである。

| 安定度 | 古 生 層 | | | | 計 |
|-----|-------|-----|-----|-----|----|
| | 砂 岩 | 泥 岩 | 頁 岩 | 粘板岩 | |
| I | 2 | 6 | 6 | 8 | 22 |
| II | 6 | 8 | 6 | 11 | 31 |
| III | 0 | 2 | 4 | 6 | 12 |
| 計 | 8 | 16 | 16 | 25 | 65 |

崩壊数が表3.3-3の崩壊数と一致しないのは、1箇所でも2種以上の岩石が同時に崩壊しているためである。

この表によれば、斜面崩壊は古生層のすべての岩石で発生しており、中生層、第三紀層では発生していない。しかし、中生層、第三紀層は分布範囲が少なく、必ずしもこれらの岩石で斜面崩壊が発生しないわけではない。

古生層のうち、粘板岩が最も崩壊の発生率が高いが、これは節理の発達が著しいことによるものである。

斜面崩壊の発生頻度は、岩石、地質構造の違いに起因する事は明らかである。しかし、地形的相違も大きな要因の一つである。

次の場合は、一般に崩壊発生率が高い。

- (1) 斜面長が長い
- (2) 斜面計が凸型である。
- (3) 斜面傾斜が急である。

さらに植生の密度、地下水の湧出、降水量も重要である。

以上の様に、斜面崩壊発生のはん因は複雑でありその発生を事前に予測するのは困難である。かつて崩壊の発生した場所および現在発生している場所は今後も再発または拡大の可能性が大きい。

従って、これらの地点に対し十分な対策工を実施することが、大きな災害を事前に防ぐ最良の方法であろう。

次に安定度Ⅲとした地点は早急な対策が望まれる。本調査ルートでは全域に

わたって斜面崩壊が発生しているが、サンタバルバラとチャラの間およびカラスコ付近で特に著しい。中でもサンタバルバラより2.5kmのNo6地点では支流の標高250~1,000mの山腹斜面に、多数の斜面崩壊と膨大な亀裂帯が認められる。これらの崩壊土砂は支流の河道に堆積し、将来大規模な土石流を発生させる可能性大である。

現道はこの土石流の流路に直交して位置しており、土石流による直撃を避けるため、この支流への砂防ダムの建設が望まれる。

3.3.2 路肩崩壊 (b)

路肩崩壊は幾つかのタイプに区分される。その一つは河川による溪岸浸食である。これは流路に接した斜面が浸食をうけて崩壊し、それが路肩付近におよぶものである。

本調査ルートは河に沿っているため、多数の溪岸浸食が認められるが路肩にまで崩壊がおよんでいるものは少ない。

一般的に認められるのは路肩の沈下である。これは路床の岩盤または埋土が路面排水、または地下水によってすべるものである。

この時、路肩には亀裂が発生する。基盤のすべりか埋土のみのすべりかを沈下現象のみから判断するのは困難である。この他、排水管からの排水によって直接路肩が浸食を受け、崩壊する場合もある。道路建設の際の掘削土砂は一般に河床に投棄される。

この時土砂によって路肩が傷つき、ガリーが発達して崩壊を発生させる場合がある。しかしこの様な現象は、植生限界以上の高地でかつ集中的な降水のある場合に限られ、本調査地域での発生の可能性は薄い。

本地域での路肩崩壊数は、8箇所ですべて全崩壊地数の7%である。

岩質別の斜面安定度は、次の通りである。

| 安定度 | 古 生 層 | | | | 計 |
|-----|-------|-----|-----|-----|---|
| | 砂 岩 | 泥 岩 | 頁 岩 | 粘板岩 | |
| I | 0 | 1 | 2 | 0 | 3 |
| II | 0 | 2 | 0 | 1 | 3 |
| III | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| 計 | 0 | 3 | 3 | 2 | 8 |

路肩崩壊は、古生層の泥岩、頁岩、粘板岩で発生しており、古生層の砂岩および中生層、第三紀層では発生していない。

No126、チョフォニヤの崩壊は斜面崩壊、路肩崩壊、および土砂流の流出が相互に関連しているもので安定度Ⅲである。

早急に斜面上部の水処理対策を必要とする。

また、カラスコとアラコアの中間のNo248 地点はb-4タイプの崩壊で排水による浸食であり、安定度Ⅲである。

その他の路肩崩壊は、b-2とb-3タイプの沈下であるが、この両者を区分するのはむずかしい。

3.3.3 落石 (c)

落石は段丘堆積物中の礫の抜け落ち (c-1) 節理にあった岩石の落下 (c-2) が一般的である。

砂岩と泥岩のように硬さの異なる岩石の互層の場合、柔らかい泥岩層の浸食速度が早いため、上部の硬い砂岩が転落することもある。(c-3)

本調査における落石地点は11箇所であり、全体の10%を占める。

岩質別の斜面安定度は次のとおりである。

| 安定度 | 古 生 層 | | | | 計 |
|-----|-------|-----|-----|-----|----|
| | 砂 岩 | 泥 岩 | 頁 岩 | 粘板岩 | |
| I | 1 | 5 | 0 | 0 | 6 |
| II | 0 | 1 | 0 | 2 | 3 |
| III | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| 計 | 1 | 6 | 0 | 4 | 11 |

落石は古生層に発生し、中生層、第三紀層、第四紀層では発生していない。これらの場合は、いずれも開口性節理に起因するc-2タイプのものである。c-1タイプの段丘礫層は抜け落ちがわずかに認められる程度で問題ない。c-3タイプは第三紀層の砂岩泥岩互層でしばしば発生するが、ベジャピスタ周辺には発生していない。

しかし、山腹斜面には多数の砂岩の転石が認められ、かつては落石の発生した事が伺える。本調査地域での最も著しい落石地帯はチャジャとベジャエスパーダ間のNo41地点である。ここでは長さ250mにわたって粘板岩が崩落しており、常に落石除去作業が実施されている。

この区間は岩盤が道路面にオーバーハングしているが、何ら落石防止対策はとられていない。現在でも極めて危険な状態であり、早急な対策が望まれる。

3.3.4 地すべり (d)

地すべりは、ベジャピスタ付近の第三紀層のみに発生している。

本地域は砂岩と泥岩の互層よりなる。砂岩は極めて堅硬であるが、泥岩は地下水の影響により粘土化が進んでいる。

周辺は傾斜のゆるやかな丘陵状を呈する典型的な地すべり地形である。

活動的な地すべり地形は4箇所認められ、いずれも明瞭な滑落崖と平坦面をもつ円弧すべりである。

これらの地すべりはその末端が現道に達しており、今後も道路に変形を与える可能性は大きい。

ここで特に問題なのは、現道路面より比高約100mの上部斜面に道路と平行に、延長約1.6kmのリニアメントが空中写真によって認められたことである。このリニアメントは現地調査によって、下部にクラックを伴う比高3～5mの滑落崖であることが確認された。

現在のところこの地すべりの動きは下方まで達していないが、いずれ大規模な活動に発展する可能性は高い。

この動きが表層部分のみに留まるのか、あるいは深部にまで達する大規模な円弧すべりになるのかは不明である。

もし后者であるとするれば、道路計画に多大な影響を与える事となり、道路位置の全面的な変更を検討する必要があるだろう。現在活動している地すべりに対しても、その動きを止める事は不可能であるが水抜き工、杭工等の地すべり抑止工を実施する必要がある。

3.3.5 土石流 (e)

土石流は溪流に堆積した不安定土砂が洪水時に一気に下流に押し流されるものである。本地域の土石流は14箇所発生しており、全体の13%を占めている。

岩質別の斜面安定度は、次の通りである。

| 安定度 | 古 生 層 | | | | 第三紀層 | 計 |
|-----|-------|----|----|-----|------|----|
| | 砂岩 | 泥岩 | 頁岩 | 粘板岩 | 砂岩 | |
| I | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 3 |
| II | 1 | 3 | 1 | 4 | 0 | 9 |
| III | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| 計 | 1 | 5 | 1 | 7 | 0 | 14 |

上表によれば、中生層を除くほぼすべての岩石で土石流が発生している。古生層で発生する土石流は、これに含まれる角礫の径が15~20cm程度であり、またマトリックスの細砂やシルトの量が多く土砂流に近いものである。活動的な安定度Ⅲの土砂流は、チョフォニャのNo126 地点とカラスコ橋のNo231 地点である。これらはいずれも、上部斜面の新しい崩壊物質が小溪流に流入したものである。どちらも小規模なため、小型の砂防ダム等で対処できる。現在は比較的安定状態にあるが、これよりはるかに大規模な土砂流がサントアナと78km地点付近のNo199 ~No212 間に認められる。これらはいずれも過去に何度も土砂流が発生しており、その堆積によって数段にわたるゆるやかな地形が形成されている。サントアナでは斜面上部の尾根付近に断層が存在しており、この断層に起因する崩壊土砂が土砂流の供給源となっている。78km地点では断層の存在は明らかではないが、背後の斜面から多量の土砂が供給されている。ここでは、現道路の付け替え工事が過去に実施されている。

これらの土砂流地帯の斜面安定度はⅡであるが、今後の降水状態によっては再発の可能性は十分にあると思われる。

これらの地域では各溪流への砂防ダムの建設が望ましい。

次に、ベジャピスタのNo339 地点では、溪流に直径 1~ 2m の砂岩の巨礫が多量に堆積している。これらは周辺の砂岩、泥岩互層の差別浸食によって崩壊したものである。この付近の第三紀層地帯の溪流の多くは、これら砂岩の土石流によって埋積されている。異常出水時には、これらの不安定礫は大きな破壊力を持つ可能性が高い。ここでも砂防ダムの建設が必要とされる。

3.3.6 断層破碎帯 (f)

本調査地域には、A～Rとして名づけた計18本の断層が存在する。またこれ以外に断層面の存在は確認できないが、岩石が著しく破碎された攪乱帯が存在する。

断層の中には崖錐で覆われて断層面を確認できないものもある。

従って断層数と断層破碎帯として区分した数は必ずしも一致していない。

次に岩質別の斜面安定度を示す。

| 安定度 | 古 生 層 | | | | 中生層 | 計 |
|-----|-------|----|----|-----|-----|----|
| | 砂岩 | 泥岩 | 頁岩 | 粘板岩 | 砂岩 | |
| I | 0 | 2 | 1 | 6 | 2 | 11 |
| II | 1 | 1 | 0 | 3 | 0 | 5 |
| III | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 3 |
| 計 | 1 | 3 | 2 | 11 | 2 | 19 |

破碎帯の全体の崩壊に占める割合は19%である。本地域の断層破碎帯の幅は10～30m程度を示す。岩石は10～30cm程度の角礫に破碎されているもののマトリックスはいずれも団結しており斜面は比較的安定している。

また粘土化帯の幅は数10cm程度か、全く粘土化帯を欠く場合もある。

従って、斜面安定度Iのものが19箇所中11箇所を占めている。

斜面崩壊、路肩崩壊、落石等を伴う破碎帯11箇所であり、このうち安定度IIIは3箇所である。

これらはNo42 (F-D)、No92 (F-G)、No248 (F-N) に位置する。

一般に断層破碎帯は一見安定していても、深部で著しい変状をみせる場合もあり施工時には慎重な処理が必要である。

3.3.7 湧水

調査地点の湧水地点は表3.3-2 地下水湧出地点に示す。全湧水地点は93箇所である。

このうち、岸盤から直接湧水しているものは25箇所、岸盤と崖錐の境界からの湧水は15箇所、崖錐中から湧水しているものは53箇所以最も多い。

湧水量はいずれも少なく、10ℓ/min以下の湧水地点は70箇所で全体の75%を占めている。

最大の湧水量を示すのはNo12地点及びNo304の90ℓ/minであり、50ℓ/min以上の湧水地点は8箇所、全体の約9%である。

湧水量の多い地点は断層線に沿う事が多い。No11～No13地点はB断層に沿う地帯である。

No57～No59地点も湧水量が多く、これはE断層の付近に集まっている。

湧水量こそ少ないものの、湧水地点の集中する地域はサンタバルバラとチャリヤの間、プエルトレオンとチョフォニャ間およびカラスコ周辺である。

これらはみな、亀裂性岩盤の発達する所である。湧水は施工上、重要な問題であり、少量といえども十分な排水処理対策を必要とする。

3.4 ボーリング調査結果

ボーリング調査は、調査地域全域において計6本実施した。

総掘進長は87.2mである。

軟弱層については標準貫入試験を実施し、岩盤ではコアを採取して、一軸圧縮試験及び比重試験を実施した。

調査数量は表3.4-1に示す。

表3.4-1 ボーリングおよび岩石試験数量表

| Boring No. | Location (Km) | Geological Type | Length of Drilling (m) | Standard Penetration Test (Times) | Unconfined Compression Test (Piece) | Specific Gravity Test (Piece) |
|------------|-----------------|----------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| P1 | 0.9 | Talus (Quaternary) | 10.6 | 10 | - | - |
| P2 | 8.9 | Slate (Paleozoic) | 15.0 | - | 2 | 2 |
| P3 | 37.8 | Slate (Paleozoic) | 15.5 | - | 26 | 26 |
| P4 | 81.8 | Weathered Mudstone (Paleozoic) | 15.5 | - | - | - |
| P5 | 105.2 | Sandstone (Mesozoic) | 15.5 | - | 5 | 5 |
| P6 | 112.2 | Weathered Mudstone (Tertiary) | 15.1 | 15 | - | - |
| Total | - | - | 87.2 | 25 | 33 | 33 |

3.4.1 ボーリング結果

(1) P 1 孔 (10.6m)

本孔は、サンタバルバラ付近の古生層の崖錐を対象に実施した。道路面より10.6m 削孔したが、岩盤には到達しなかった。

粘板岩の角礫を主体とし、マトリックスはシルト質細砂である。

N値の分布は不規則で、深度3mまでは179～67を示し、3m以深10mまでは23～49と変化し軟弱である。

(2) P 2 孔 (15.0m)

本孔はケナジャタの東、約1.2kmの地点で実施した。対象地層は古生層の粘板岩である。灰黒色で緻密堅硬な岩であるが、著しく亀裂が発達している。

このため、岩石試験資料はわずか2資料しか得られなかった。

(3) P 3 孔 (15.5m)

本孔はブエルトレオンとチョフォニヤのほぼ中間で、古生層の粘板岩を対象に実施した。灰色で緻密堅硬で新鮮な岩である。亀裂の発達も少なく、岩石試験資料は26資料を得た。

(4) P 4 孔 (15.5m)

本孔はカラスコの南2.6km 付近で実施した。対象層は古生層の泥岩である。灰黒色で堅硬であるが、風化が進んでおりもろい。ハンマーの打撃で簡単に割れる。微細な亀裂が著しく発達している。

岩石試験資料は全く得ることができなかった。

(5) P 5 孔 (15.5m)

本孔はベジャピスタの南西5.4km 付近で実施した。対象層は中生代の砂岩である。黄灰～明灰色を呈し、細粒で極めて堅硬である。下位は石英質で処々に厚さ30～40cmの泥岩層を挟在している。上位は亀裂が発達するが、下位は均質となる。

岩石試験資料は5資料を得ることができた。

(6) P 6 孔 (15.1m)

本孔はベジャピスタの南1.5km 付近で実施した。対象層は第三紀層の砂岩である。赤褐色を呈し著しく風化し、粘土化している。部分的に砂質泥岩を挟在する。

深度4m以深では、N値に大きな変化はなく60~80を示す。貫入試験のみで採取試験資料はない。

3.4.2 岩石試験結果

岩石試験結果は表3.4-2 に示す。

一軸圧縮試験はP 2 孔の風化粘板岩、2 資料、P 3 孔の粘板岩、26資料、そしてP 5 孔の中生層砂岩、5 資料について実施した。圧縮強度は、試験数が少なく厳密な比較は困難であるが、平均値はほぼ妥当な値と考えられる。

| 岩 石 | 平均一軸圧縮強度 (kg/cm ²) | 試験値 |
|-------|--------------------------------|-----|
| 風化粘板岩 | 250 | 2 |
| 新鮮粘板岩 | 530 | 26 |
| 新鮮砂岩 | 640 | 5 |

但し粘板岩、砂岩とも風化程度によって著しく強度が異なる事を考慮する必要がある。

推定設計値についてはP 1 の崖錐、および6 の風化泥岩はN値より計算によって求めた。

P 2 ~ P 5 の粘板岩と砂岩については表3.4-3 岩盤等級から予想される物理定数を参考とした。

表 3.4-2 岩石試驗結果

| Boring No | | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | |
|-----------------------------|--|-----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----|
| Geological Type | | Talus (Quaternary) | Slate (Paleozoic) | Slate (Paleozoic) | Weathered Mudstone (Paleozoic) | Sandstone (Mesozoic) | Weathered Sandstone (Tertiary) | |
| Number of Test | | 10 | 2 | 26 | 0 | 5 | 15 | |
| Standard Penetration Test | N-Value (Times) | Max. | 179 | - | - | - | - | 115 |
| | | Min. | 23 | - | - | - | - | 48 |
| | | Ave. | 53 | - | - | - | - | 80 |
| | Fatigue (Kg/cm ²) | Max. | 4.8 | - | - | - | - | 3.6 |
| | | Min. | 3.4 | - | - | - | - | 2.7 |
| | | Ave. | 3.9 | - | - | - | - | 3.1 |
| Unconfined Compression Test | Breaking Strength (Kg/cm ²) | Max. | - | 327 | 882 | - | 847 | - |
| | | Min. | - | 175 | 290 | - | 457 | - |
| | | Ave. | - | 251 | 531 | - | 637 | - |
| | Static Modulus of Elasticity (Kg/cm ²) (x 10,000) | Max. | - | 2.52 | 29.94 | - | 8.19 | - |
| | | Min. | - | 2.73 | 4.68 | - | 4.39 | - |
| | | Ave. | - | 2.63 | 12.55 | - | 6.53 | - |
| Specific Gravity Test | Apparent Specific Gravity (G) | Max. | - | 2.82 | 2.86 | - | 2.65 | - |
| | | Min. | - | 2.81 | 2.81 | - | 2.58 | - |
| | | Ave. | - | 2.82 | 2.84 | - | 2.55 | - |
| | Bulk Density (Kg/cm ³) | Max. | - | 2.80 | 2.87 | - | 2.44 | - |
| | | Min. | - | 2.78 | 2.80 | - | 2.36 | - |
| | | Ave. | - | 2.79 | 2.84 | - | 2.41 | - |
| Assumed Design Constant | Internal Friction Angle, Deg. | 43 | 30 - 45 | 55 - 65 | 20 - 30 | 40 - 55 | 0 - 15 | |
| | Cohesion (C), Kg/cm ² | 0 - 5 | 10 - 20 | 40 - 50 | 10 - 20 | 20 - 40 | 5.3 | |

Note:

$$\text{Deg.}(P1) = (15 \cdot N)^{1/2} + 15$$

$$C(P6) = 1/15 \cdot N$$

表3.4-3 岩盤等級による物性値

| Grade of Rocks | Modulus of Deformation (Kg/cm ²) | Cohesion (Kg/cm ²) | Internal Angle of Friction (Degree) | Seismic Velocity P(Kg/sec) | Rebound by Schmidt Hammer |
|--------------------|--|--------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| A - B | More Than 5.0 x 10000 | More Than 40 | 55 - 65 | More Than 3.7 | More Than 36 |
| C(H) | 5.0 x 10000 to 2.0 x 10000 | 40 - 20 | 40 - 55 | 3.7 - 3.0 | 36 - 27 |
| C(M) | 2.0 x 10000 to 0.5 x 10000 | 20 - 10 | 30 - 45 | 3.0 - 1.5 | 27 - 15 |
| C(L) | 0.5 x 10000 to 0.2 x 10000 | 10 - 15 | 15 - 40 | 1.5 - 1.0 | Less than 15 |
| D (Sandy Soil) | 0.2 x 10000 to 0.01 x 10000 | 0 - 5 | 15 - 40 | 1.5 - 1.0 | - |
| D (Clayey Soil) | Less than 0.01 x 10000 | 5 - 10 | 0 - 15 | Less than 1.0 | - |

From: "Rock Mass Classification", (by Kikuchi), 1989

第4章 道路改良の基礎調査

第4章 道路改良の基礎調査

4.1 現道の基本的問題

これまでプロジェクト地域の現況について述べてきたが、ここでは以下の4点を見逃すことのできない基本的問題としてとりまとめた。

1) 高い自動車走行費用

道路状態が悪いため走行速度が遅く、このためプロジェクト道路区間を通行するのに長時間かかっている。ここでの自動車の消耗割合は通常の道路よりかなり高い（不規則で、でこぼこの路面）という事実と合せて考えると、他の道路と比べ走行コストが非常に高い道路といえる。

2) 運転手の疲労

床板が破損している橋、幅員の狭い道路、視距が良くない等により、この道路を通行する運転手は肉体的、精神的に疲労する。

3) 頻繁な通行止め

斜面崩壊、落石、路肩の崩壊等の災害がしばしば生じ道路を通行止めにする。このような情報を伝えるシステムを欠いているため、災害による通行止めを生じた場合、知らずに災害現場にやって来た車は復旧工事が終わるまでその場で待たねばならない。復旧工事はすみやかに行なわれることはまれで、このためしばしば長時間通行止めとなる。

4) 大きな交通事故の発生

道路の片側が谷底となる区間が多いため、事故が起こると大事故につながる可能性が高い

これらの現象は以下にかかげた多くの理由によって生じている。本プロジェクトがこれらの要因を除去したり、少なくとも改善することを目的としたことは適切である。

- a) 縦断線形や平面線形が悪い
- b) 幅員が狭い
- c) 舗装面の状態が悪い
- d) 危険な構造物がある
- e) 災害防除や排水施設が不十分である
- f) 標識等の交通安全施設がない
- f) 貧弱な道路維持管理システムと情報システム

上記の7つのうちa)、b)およびc)の要因に関しては検討すべき代替案があるので、どの代替案が最善かを決定するために、いくつかの方法について比較検討が必要である。この検討の結果はプロジェクトのフィージビリティの評価に影響を与えることになる。要因c)の舗装に関してはあまり選択肢はないゆえに後の章で論じてある。要因d)については要因a)、b)およびc)の改善とあわせて検討されている。

4.2 設計規格と基準

4.2.1 道路改良の基本方針

以下の調査に対する基本方針がSNCにより確認された。

- a) 道路はボリヴィアの規格 (Manual y Normas para el Diseno Geometrico de Carreieras-SNC:以下“Norma”と呼ぶ) と一致するよう改良されなければならない。
- b) 改良道路は2車線の舗装道路とする
- c) 改良に要する資金を少なくするために、調査団はできるかぎり現道を利用したものにする。
- d) 調査の結果は(技術的観点から)本道路区間の前後の改良計画と整合していること。

4.2.2 “Norma”と道路分類

“Norma”はボリヴィアの都市内道路を除く道路に対する種々の技術的規格を定めている。道路は表4.2-1に示した推定交通量に依存して6つの等級に

分けられている。

表4.2-1 “Norma ” で規定された道路区分

| Class | Traffic Volume | Number of Lanes |
|-------|------------------|-----------------|
| O | 15,000<ADT | 4=< |
| I.A | 5,000<ADT<15,000 | 4 |
| I.B | 1,500<ADT< 5,000 | 2 |
| II | 700<ADT< 1,500 | 2 |
| III | 300<ADT< 700 | 2 |
| IV.A | 200<ADT< 300 | 2 |
| IV.B | ADT< 200 | 2 |

Note: 1) ADT is “Average Daily Traffic” at ten years ter the date of completion of construction.

2) Number of Lanes is in both directions.

“Norma ” において規定された幾何構造は表4.2-2 のとおりである。

4.2.3 プロジェクト道路の区分と設計基準

(1) 道路区分

本プロジェクトが2000年までに完成するものと仮定すると、2010年の将来の予測日平均交通量（完成後10年を考える）は“Norma ” に従って、道路区分が検討される。予測交通量はサンタバルバラ～カラナビ間は1,516 台/日、カラナビ～ベジャビスタ間は 623台/日であった。もし、プロジェクト区間が二つの区間に分けられていないのであれば、日平均交通量は1,500 ～ 5,000 台/日の間にあると考えることができる。また、本調査対象地域の地形は明らかに急峻な山岳地域にある。

このことから、プロジェクト道路は I.B等級にあてはまり、表4.2-2 の Class steep mountainの値が調査に対して採用された。

表 4.2-2 道路の幾何構造設計基準

| Class | Topo- graphy | Design speed (km/h) | Sight distance (m) | Stop | Passing | Min.radius H. curves (m) | Super- elevation (%) | Vertical grade (%) | K-value | | One lane width (m) | Shoulder Min. median width (m) | | Desirable pave- ment |
|-------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------|-----------|-----------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------|---------|-----------|--------------------------|--------------------------------------|------------|----------------------------|
| | | | | | | | | | Convex | Concave | | width | width | |
| 0 | flat land | 120 | 300 | 800-(525) | 685 | 6 | 3-(5) | 219-112 | 77-53 | 3.50 | 3.5-3.0 | 10-18 | Rigid | |
| | hilly | 100 | 210 | 680-(425) | 415 | 6 | 3-(5) | 107-58 | 52-36 | 3.50 | 3.5-3.0 | 10-18 | Rigid | |
| | mountain | 80 | 140 | 560-(325) | 250 | 6 | 3-(5) | 48-30 | 32-24 | 3.50 | 3.5-3.0 | 3-10 | Rigid | |
| | steep mount | 60 | 85 | 420-(240) | 135 | 6 | 4-(6) | 18-14 | 17-15 | 3.50 | 3.0-2.5 | 3-10 | Rigid | |
| I.A and I.B | flat land | 100 | 210 | 680-(425) | 415-(375) | 6-(8) | 4-(5) | 107-58 | 52-36 | 3.50 | 3.5-2.5 | 3-10 | Flex. | |
| | hilly | 80 | 140 | 560-(325) | 250-(210) | 6-(10) | 4-(6) | 48-30 | 32-24 | 3.50 | 3.5-2.5 | - | Flex. | |
| | mountain | 60 | 85 | 420-(240) | 135-(115) | 6-(10) | 5-(7) | 18-14 | 17-15 | 3.50 | 3.5-2.5 | - | Flex. | |
| | steep mount | 40 | 45 | 270-(160) | 55-(45) | 6-(10) | 6-(8) | 10-9 | 12-11 | 3.50 | 3.0-2.5 | - | Flex. | |
| II | flat land | 100 | 210 | 680-(425) | 415-(375) | 6-(8) | 4-(5) | 107-58 | 52-36 | 3.65-3.35 | 3.0-2.0 | - | Asph.Mac. | |
| | hilly | 70 | 110 | 490-(280) | 185-(155) | 6-(10) | 5-(6) | 29-20 | 24-19 | 3.65-3.35 | 3.0-2.0 | - | Asph.Mac. | |
| | mountain | 50 | 65 | 350-(200) | 90-(75) | 6-(10) | 6-(7) | 10-9 | 12-11 | 3.65-3.35 | 3.0-2.0 | - | Asph.Mac. | |
| | steep mount | 30 | 30 | 180-(120) | 30-(25) | 6-(10) | 7-(8) | 2 | 4 | 3.65-3.35 | 3.0-2.0 | - | Asph.Mac. | |
| III | flat land | 80 | 140 | 560-(325) | 250-(230) | 6-(8) | 6-(7) | 48-30 | 32-24 | 3.50-3.00 | 3.0-1.0 | - | Gravel | |
| | hilly | 60 | 85 | 420-(240) | 135-(115) | 6-(10) | 7-(8) | 18-14 | 17-15 | 3.50-3.00 | 3.0-1.0 | - | Gravel | |
| | mountain | 40 | 45 | 270-(160) | 55-(45) | 6-(10) | 7-(8) | 10-9 | 12-11 | 3.50-3.00 | 3.0-1.0 | - | Gravel | |
| | steep mount | 30 | 30 | 180-(120) | 30-(25) | 6-(10) | 7-(8) | 1 | 2 | 3.50-3.00 | 3.0-1.0 | - | Gravel | |
| IV.A | flat land | 60 | 85 | 420-(240) | 135-(115) | 6-(10) | 7-(8) | 18-14 | 17-15 | 3.35-3.00 | 3.0-0.5 | - | Stab. Soil | |
| | hilly | 40 | 45 | 270-(160) | 55-(45) | 6-(10) | 8-(9) | 10-9 | 12-11 | 3.35-3.00 | 3.0-0.5 | - | Stab. Soil | |
| | mountain | 30 | 30 | 180-(120) | 30-(25) | 6-(10) | 9-(10) | 2 | 4 | 3.35-3.00 | 3.0-0.5 | - | Stab. Soil | |
| | steep mount | 20 | 20 | 120 | 12 | 6-(10) | 10 | 1 | 2 | 3.35-3.00 | 3.0-0.5 | - | Stab. Soil | |
| IV.B | flat land | 60 | 85 | 420-(240) | 135-(115) | 6-(10) | 7-(8) | 18-14 | 17-15 | 3.35-3.00 | 3.0-0.5 | - | Stab. Soil | |
| | hilly | 40 | 45 | 270-(160) | 55-(45) | 6-(10) | 8-(9) | 10-9 | 12-11 | 3.35-3.00 | 3.0-0.5 | - | Stab. Soil | |
| | mountain | 30 | 30 | 180-(120) | 30-(25) | 6-(10) | 9-(10) | 2 | 4 | 3.35-3.00 | 3.0-0.5 | - | Stab. Soil | |
| | steep mount | 20 | 20 | 120 | 12 | 6-(10) | 10 | 1 | 2 | 2.75 | 3.0-0.5 | - | Stab. Soil | |

Note 1) Values in parentheses are allowable values against desirable ones.

2) Flex., Asph. Mac. and Stab. Soil mean flexible, asphalt macadam and stabilized soil surface pavement.

(2) プロジェクト道路に対する幾何構造設計基準表4.2-2に含まれていない項目については、表4.2-3に幾何構造の値として示されている。

(3) “Norma” の項目

表4.2-3のいくつかの項目は“Norma”の範囲外のものである。これはまず第一に本調査地域における地形によるものであり、第二に、改良道路が本区間の前後の道路（コタパタ～サンタルバラ間やベジャビスタ～コクモ間）区間と整合性を維持させるためである。

1) 他の道路間区間との比較

幾何構造設計基準のいくつかの項目を比較したものが表4.2-4である。表4.2-4および表4.2-2の値に関しては、地形のけわしい箇所や建設費が節約できるところでの道路改良については、“Norma”以外の基準を用いたほうが望ましいと容易に理解できる。

表4.2-3 調査のための幾何構造

| | | |
|---|---|--|
| Road classification | Class I.B. very mountainous | |
| Design vehicle | semi-trailer truck (WB-40) *1 | |
| Design speed | 40 km/h | |
| Stopping sight distance | 45 m | |
| Passing sight distance | 160 m | |
| Radius of horizontal alignment | desirable : > 50 m *2 minimum : = 45 m | |
| Superelevation rates | desirable : < 8 % *2 maximum : = 10 % | |
| Minimum radius for 2% superelevation of | (minimum) 300 m *3 | |
| Minimum radius without superelevation | 1400 m | |
| Grades for vertical alignment | desirable : < 6 % maximum : = 8 % *4 | |
| K-value : concave vertical curves | desirable : 12 minimum : 11 | |
| : convex vertical curves | desirable : 10 minimum : 9 | |
| Normal cross slope | 2 % | |
| Lane widths | 3.50 m | |
| Widening on curves for two lanes | 250 m < R < 300 m : 0.4 m *2 | |
| (R = Radius of horizontal curves) | 145 < R < 250 : 0.7 m | |
| | 100 < R < 145 : 1.0 m | |
| | 80 < R < 100 : 1.3 m | |
| | 65 < R < 80 : 1.6 m | |
| | 55 < R < 65 : 1.9 m | |
| | 45 < R < 55 : 2.2 m | |
| Shoulder width | normal : 1.0 m *2 exceptional : 0.6 m *2 | |
| Total width of cross section | >10.4 m *2 | |
| Width of side ditch | 1.0 m | |
| Clearance Height | >5.5 m | |

Note: *1 "Norma" has a category of SR (Semi-trailer), which is equivalent to WB-50 in AASHTO Specification, but one equal to WB-40 in AASHTO's.

"(3) Items out of "Norma" in this section.

*2 See, "(3) Items out of "Norma".

*3 Minimum superelevation 2 % coincides to normal cross slope.

*4 A continuous length of road with a 7-8% grade must be less than 400 m.

表 4.2-4 国道 3 号線の各道路区間の幾何構造の比較

| Section | Projected ADT (vehi./d) | Topography | Design vehicle | Design speed (km/h) | Minimum radius (m) | Vert. grade (%) | Shoulder width (m) |
|--------------------|-------------------------------|----------------|-------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|
| La Paz-Cotapata | >1500 | mountainous | SR | 50 | 80 | 7.0 | 1.0 |
| Cotapata-S/Barbara | >1500 | steep mountain | CO | 40-(15) | 55-(25) | 8.0 | 0.5 |
| S/Barbara-B/Vista | >1500 | steep mountain | WB-40 | 40 | 50-(45) | 8-(10) | 1-(0.6) |
| B/Vista-Quiquibey | ? | mountainous | CO | 50 | 80-(65) | 7.0 | 1.0 |
| Quiquibey-Yucumo | ? | ? | ? | 35 | 35 | 7.5 | 1.0 |
| Yucumo-S/Borja | ? | flat | SR | 100 | 350 | 5.0 | 1.0 |
| S/Borja-Trinidad | > 700 | flat | SR | 100 | 415 | 4.0 | 1.0 |

Note : The values in parenthesis are for exceptional use.

?: They are not recorded clearly in the SNC documents.

2) 路肩幅

調査地域の地形を考えると、“Norma”に規定された最小の路肩幅2.5～3mをとることは実際的ではない。従って、同様の地形をもつ他の道路区間と同じ路肩幅となるであろう。すなわち、このような区間の基準をみると、標準路肩幅は1mとなっている（表4.2-4参照）。

3) 設計車輛と曲線部の拡幅量

道路の曲線部の車線の拡幅は設計車輛に依存する。“Norma”は設計車輛を以下の4種に区分している。

- a) V T 乗用車
- b) 普通トラック
- c) 大型トラック
- d) セミトレーラー（AASHTOのWB-50と同じ）

“Norma”、AASHTOおよび日本の基準にしたがって計算された設計速度40km/hの場合における必要な曲線部の車線の拡幅量を表4.2-5にとりまとめ

た。SRを設計車輛として採用すると車線の拡幅量は3.26mとなる。これはおよそ3車線の道路幅にほぼ等しくなる。道路改良後も曲線部延長は相当長くなることを考えあわせると、工事費の増大が避けられない。

また、現在のところ交通量にはセミトレーラーは含まれていないが、ポリヴィアにおける新設の舗装道路において経験されているように改良後の道路においてはセミトレーラーが使用されていることも考慮されなければならない。

表4.2-5 カーブを曲がるために必要な車線拡幅量

| Radius of curve | "Norma" (SR) | AASHTO (WB-50) | AASHTO (WB-40) | Japanese (s/trailer) | "Norma" (O) | "Norma" (CO) |
|-----------------|--------------|----------------|----------------|----------------------|-------------|--------------|
| 45 m | 3.26 m | 3.17 m | 2.26 m | 2.42 m | 2.29 m | 1.61 m |
| 50 | 2.96 | 2.86 | 2.05 | 2.18 | 2.08 | 1.47 |
| 100 | 1.59 | 1.47 | 1.07 | 1.09 | 1.16 | 0.85 |
| 150 | 1.12 | 1.00 | 0.73 | 0.73 | 0.83 | 0.63 |
| 250 | 0.73 | 0.60 | 0.44 | 0.44 | 0.56 | 0.43 |

Note : See, Appendix 4-1.

この結果以下の点が本調査にふさわしいものとして確認された。

- a) 設計車輛としてSRあるいはWB-50よりも少し小さなWB-40を採用する。
- b) 80m以下の曲線をもつ箇所が必要とされる拡幅量を比例して路肩幅を減少させる。この結果、総路肩幅は次節の図4.2-1と図4.2-2に示されているように10.4m以下となる。
- c) 狭い路肩幅の曲線部には警戒標識・規制標識を適切に設置する。

(4) 片勾配と曲線の半径

表4.2-2の片勾配と横断の半径に対する望ましい値は6%および55mである。しかしながら、“Norma”においては対象地域が道路の凍結するほど寒

冷ではない場合は片勾配の望まし値を修正するための規定がある。この規定によれば本調査にたいしては 8%の片勾配が採用可能である。この場合、曲線半径の望ましい値は50m に低めることができる。

(5) 構造設計

橋梁のような構造物については、以下の点が本調査にたいして確認された。

- a) 構造の活荷重 : AASHTO基準の H S - 20
- b) コンクリート圧縮 : プレストレスコンクリートにたいしては許容応力度 350kg/cm²、その他に対しては210kg/cm²
- c) 他の項目 : AASHTO基準による

4.2.4 標準横断

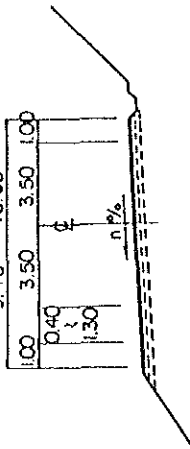
図4.2-1 から図4.2-3 は前記で述べた条件を考慮した改良道路に対する標準横断を図示したものである。

TYPICAL CROSS SECTION (1)

WIDENING OF CURVED SECTION

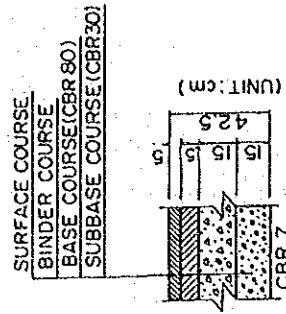
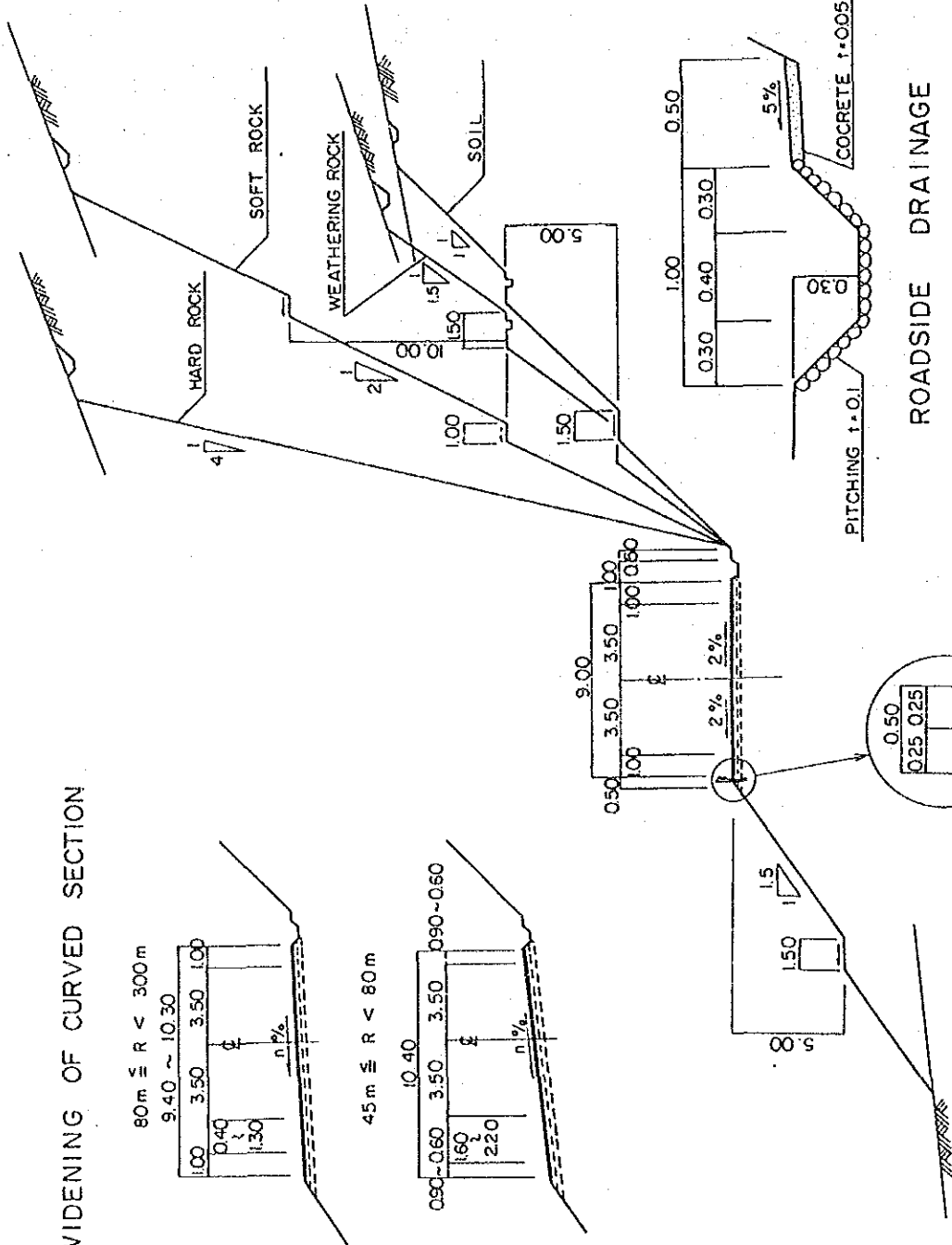
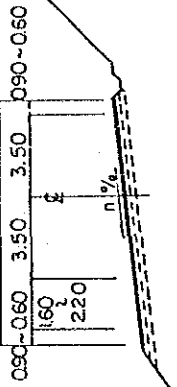
80m ≤ R < 300m

9.40 ~ 10.30

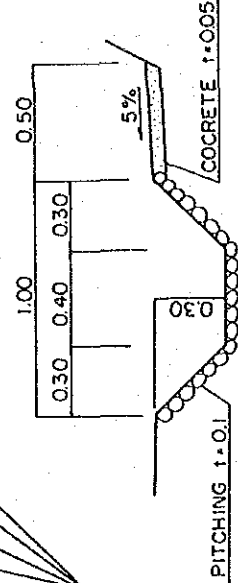


45m ≤ R < 80m

10.40



ROADSIDE DRAINAGE



ASPHALT PAVEMENT

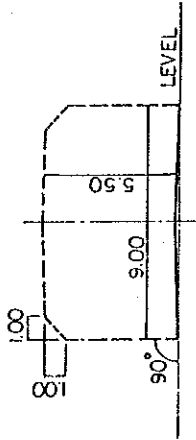
UNIT : m

图 4.2-1 標準横断面图

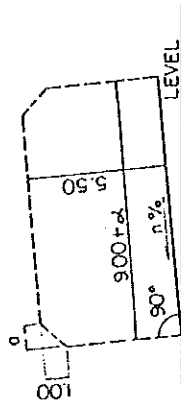
TYPICAL CROSS SECTIONS (2)

CLEARANCES

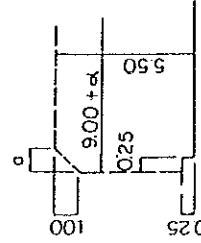
SECTION OF EARTH WORK AND BRIDGES LESS THAN 50M
NORMAL SECTION



SECTION OF SUPERELEVATION



BRIDGES MORE THAN 50M AND TUNNELS

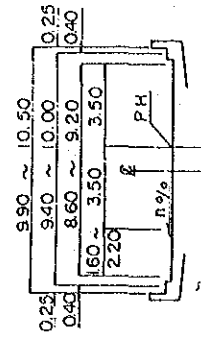
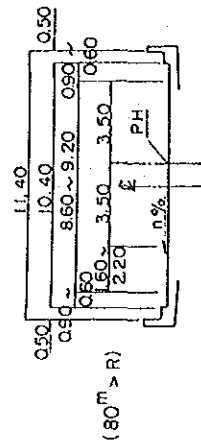
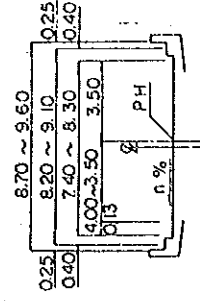
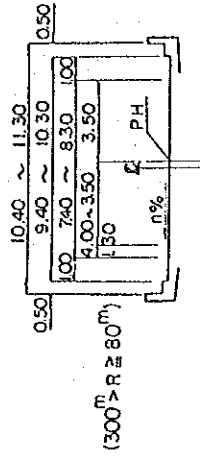
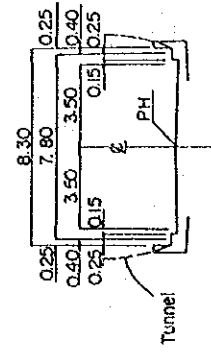
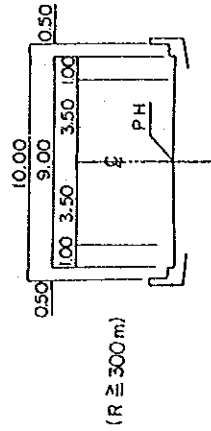


α : WIDTH OF SHOULDERS

Unit: m

BRIDGES AND TUNNELS

BRIDGES LESS THAN 50M BRIDGES MORE THAN 50M AND TUNNELS



Unit: m

図 4.2-2 クリヤランス

図 4.2-3 標準橋梁横断面

4.3 平面縦断線形の代替案

4.3.1 概要

調査対象道路は周辺の地形を見たときサンタバルバラ、カラナビ及びベジャピスタをほぼ最短距離で結んでいるため、マクロ的に現道に沿わせたルート以外に、比較検討すべき代替路線は考えられない。それゆえに、改良道路の線形は基本的には現道の線形と同じである。

この場合の道路改良にたいしては2車線まで道路の幅員を拡幅することが本調査の主要な課題となる。表4.3-1は典型的な地形において道路を拡幅する方法の比較結果を示したものである。

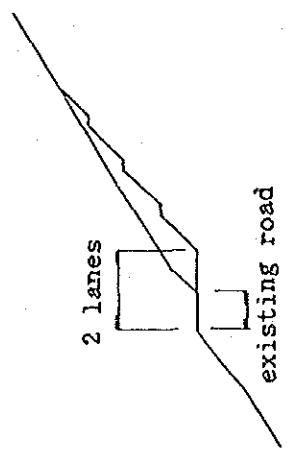
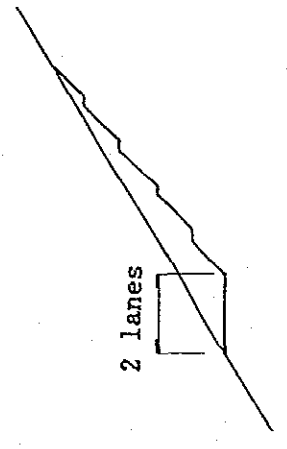
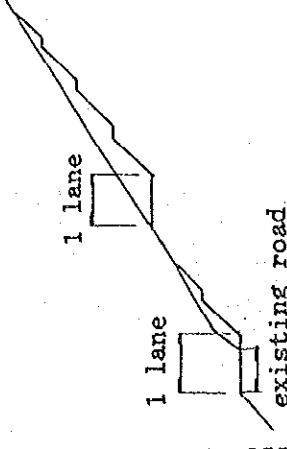
表から、現道を2車線にまで拡幅することが特に経済的観点から最も望ましい事は明白である。

この理解のもとで、平面縦断線形改良の調査が主に次の制約を受ける道路区間で成された。

- 1) 現道の平面縦断線形が「4.2設計規格と基準」で述べた目的とする規準と一致しない箇所
- 2) 将来、災害が生ずる可能性があり、このようなとき、被害を避けるため道路線形を変更したほうが望ましいと考えられる箇所

4.3.2から4.3.7の節で、最も適切な道路線形をみいだす目的でなされた検討の結果をサンタバルバラからベジャピスタ区間の各道路区間ごとに述べた。橋梁に関しては橋梁位置の検討が道路線形とともに行なわれた。この結果は4.4節に述べられている。

表4.3-1 道路拡幅の方法の比較検討

| Alternatives | Widening of Existing Road | New Alignment | Dual Carriage Way Road |
|-----------------------------|---|---|--|
| Sketch |  |  |  |
| Approx. Const. Cost | US\$ 1,277,000 /km | US\$ 1,950,000 /km | US\$ 1,635,000 /km |
| Economic Effect | Cost is the lowest | 50% higher than the lowest | 30% higher than the lowest |
| Obstruction of Traffic Flow | Reasonable | Reasonable | Inconvenience of going in and out the neighbouring area. |
| Comparison | <p>Ease of Construction</p> <p>Traffic safety</p> | <p>Construction is possible without obstruction of traffic movements.</p> <p>Fair</p> | <p>Construction is possible if traffic flow is converted into the new alignment.</p> <p>Traffic movement is very safe due to the one-way</p> |
| Comprehensive Evaluation | <p>The alternative of "Improvement of Existing Road" is significantly superior to other alternatives from the view point of not only the cheapest cost but also the overall evaluation. Therefore, the alternative "Improvement of Existing Road" is adopted.</p> | | |

4.3.2 サンタバルバラからポイント(F)

当区間の現道状況は2.3で述べた様に、現道はコロイコ川に沿い写真-3でも判かるように、施工しやすい地形の勾配変化点付近に建設されている。縦断勾配は緩やかな上り、下りを繰り返す大きな沢が入り組んでいるところは、道路延長を短くするために沢にむかって下り、尾根にむかって上り勾配となっている。

現道より高い位置に代替案を計画すれば、この区間には大小多数の沢が入り組んでいるため、沢の箇所では現道より代替案ルートの方が道路延長が長くなる。また現道より低い位置に代替案を計画すれば地形が急峻となり、土工量が膨大となったり、大きな土留構造物が必要となる。

以上の点を考慮して、現道は良い地形を経過しているため、また前述したように経済性からも、現道拡幅で計画を行った。

縦断線形は基準を満足しているが、平面線形は谷や尾根で極部的に満足していないため、基準を満足するよう、また極力現道を利用できるよう、路線選定を行った。従って、以下に述べる場合を除き代替案の検討の必要はない。ポイント(A)、(B)、(C) および(F) では新しい橋が建設されなければならないが、架橋の最適位置が各候補地における橋長およびコストを勘案し選定される必要がある。

特にポイント(A) 付近に大きな土石流の災害箇所があるので、土石流を避ける架橋位置の検討が必要である。

4.3.3 ポイント(F) からポイント(K)

(1) 現道状況および改良の方法

ポイント(F) ~ポイント(J) +2.4km 区間はぴったりとコロイコ川の川岸に沿い、川との離れも最大50m である。

現道平面線形は曲線半径50m 以下の箇所が1km 当り0.3 箇所(調査対象道路平均0.9 箇所/km) と少ない。また、縦断線形も川にそって緩やかに下っている。平面・縦断線形とも、本調査区間のなかで最も線形の良い区間である。

しかし、現道を横断的に見るとポイント(H) +2.5km ~ポイント(I) +0.35 km 区間は2.3.2で述べたように断崖絶壁が延長750mあり、本調査区間で最も地形の急峻な難所である。現道幅員は狭く、拡幅するには膨大な工事費を用

すると思われるので代替案を計画し、比較検討を行なう。

ポイント (J) +2.4km ~ポイント (K) 区間はサンタバルバラ~ポイント (F) と同様地形の勾配変化点付近を現道が通過している。

この結果ポイント (H) +2.5km ~ポイント (I) +0.35km区間以外は極部的平面修正を行ない、現道拡幅で計画した。

(2) 代替案の作成

ポイント (H) +2.5km ~ポイント (I) +0.35km区間にたいし提案される代替案として、現道を土工で拡幅する場合の代替案に加え、トンネル案、半トンネル案、上り・下り分離（1車線トンネル+1車線片栈道、現道拡幅）案について比較を行なう。

現道改良ルートは現道を土工で拡幅する案、半トンネル案および上り・下り分離案の1車線片栈道現道拡幅に使用する。また新設ルートはトンネル案および1車線トンネルに使用する。

これらのケースにおいては平面線形の変更は現在の小さなカーブを避けるためにカホネス川を横断する箇所にものみ考慮される（図4.3-1 参照）。

他方、トンネル案は新しい線形のもとで建設される。照明のないトンネル内での運転手の視距を考えると、トンネルの平面線形が直線でなければならないしまた勾配も一定でなければならない。

図4.3-1 と図4.3-2 に示されているように、2トンネルと1橋がこの区間に計画されている場合には、交通からの排気ガスの量が許容範囲内にある場合、カホネス川の橋台は実際的な6mの高さ、および4%の勾配が維持できる。

(3) 代替案の比較検討

比較検討は下記の項目にたいして行なった。

- 経済性
- 車の走行性
- 施工性
- 災害に対する安全性

以上の項目にたいして表4.3-2 で比較を行なった結果全てにおいてトンネル案が優れている。特に現道は雨上りなどに、落石が路面に散らばっている。

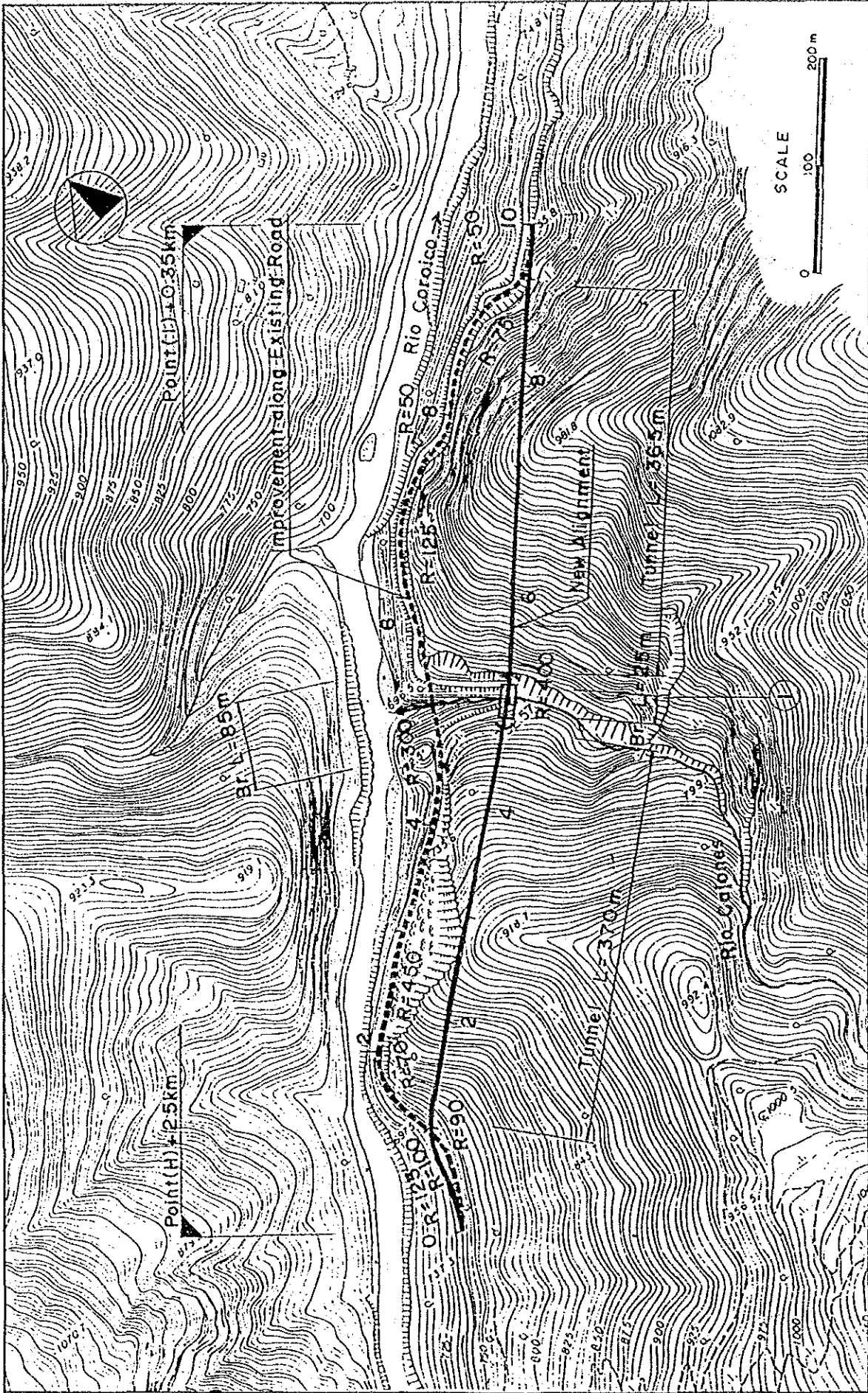


図 4.3-1 ポイント (H) + 2.5km ~ ポイント (I) + 0.35km 区間の代替案の比較平面図

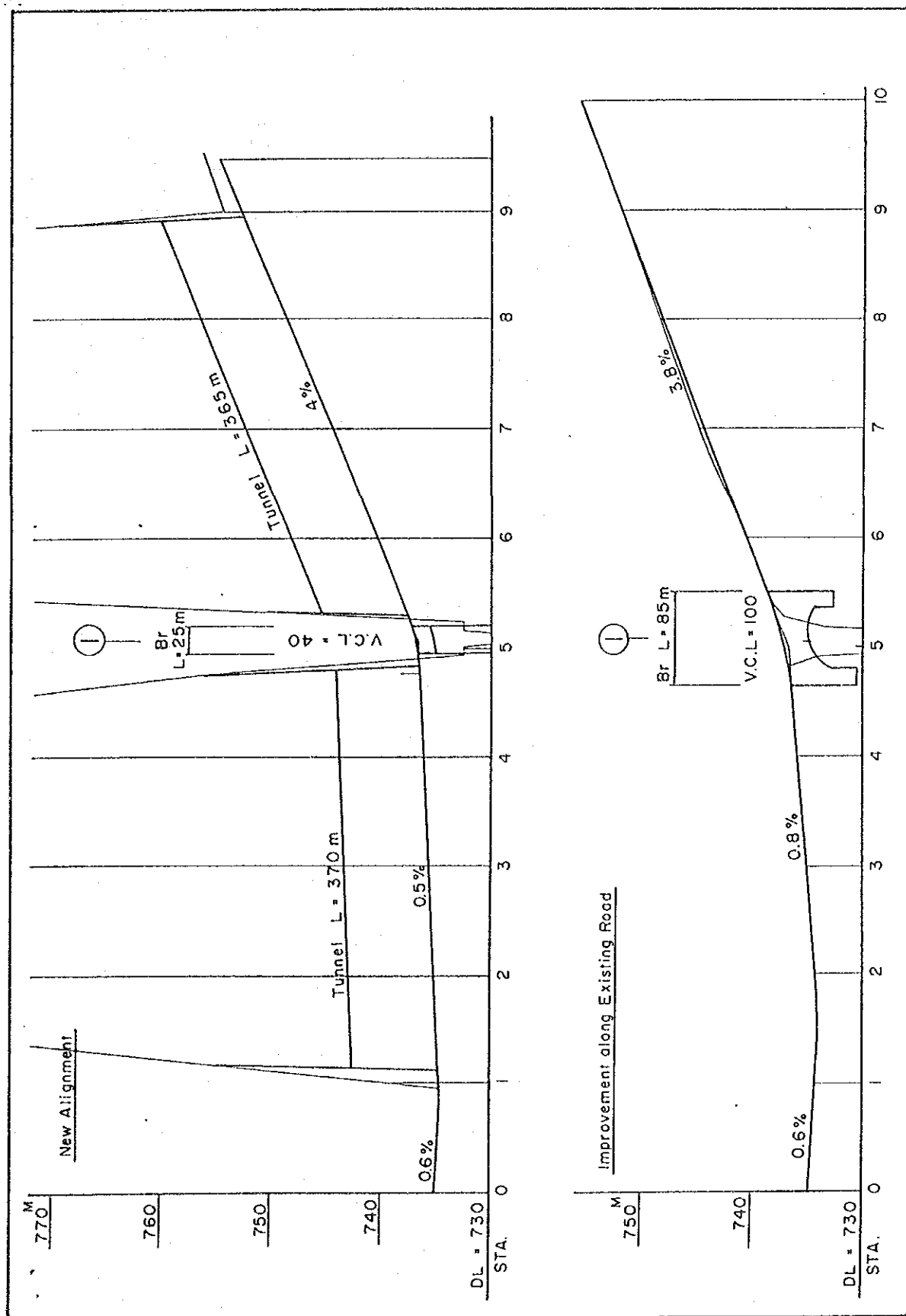
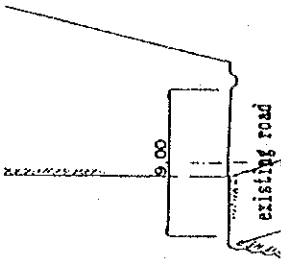
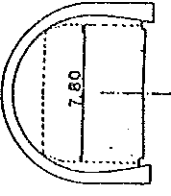
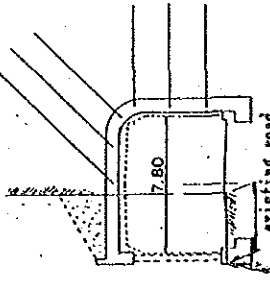
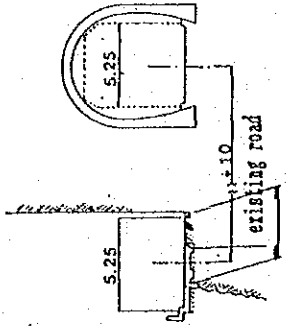


図 4.3-2 ポイント (H) + 2.5km ~ ポイント (I) + 0.35km 区間の代替案の比較縦断面図

表 4.3-2 ポイント (H) + 2.5km ~ ポイント (I) + 0.35km 区間の代替案の比較

| | Widening of Existing Road (earth-work) | New Alignment (tunnel) | Improvement of Existing Road (semi-tunnel) | Dual Carriage Bay Road (tunnel + at-grade) |
|-------------------------------|---|--|--|---|
| Road Length | 1,000 m | 950 m | 1,000 m | southward = 1,000 m ; northward = 950 m |
| Alignment | Horizontal: Curvature = 29 deg./km ; Nos. of Curves = 7 Vertical: Steepest Grade = 3.8 % , length = 500 m Average Vertical Grade = 2.3 % | Curvature = 64 deg./km ; Nos. of Curves = 3 Steepest Grade = 4.0 % , length = 445 m Average Vertical Grade = 2.2 % | Curvature = 29 deg./km ; Nos. of Curves = 7 Steepest Grade = 3.8 % , length = 500 m Average Vertical Grade = 2.3 % | Curvature = 179 deg./km ; Nos. of Curves = 5 Steepest Grade = 4.0 % , length = 445 m Average Vertical Grade = 2.3 % |
| Cross-section of Each Idea |  |  |  |  |
| Approx. Const. Cost | 12,511,000 US\$ | 4,980,000 US\$ | 5,792,000 US\$ | 5,521,000 US\$ |
| Const. Cost | Highest (Each rock excavation would be required.) | Lowest | 16 % higher than the lowest | 10 % higher than the lowest |
| H. Alignment | Worse | Very Good (H. and V. alignment : straight.) | Worse | Southward = Worse ; northward = Very Good |
| Construction | Possible but difficult (considering traffic) | No problem | Possible but difficult (considering traffic) | No problem but requires long tie |
| Bridge | Required length = 85 m | Required length = 25 m | Required length = 85 m | Requires two narrow bridges (85 m and 25 m) |
| Traffic Safety | Possible disaster such as rock fall | Safe | Damage to road by disaster is avoidable | Southward = Dangerous ; northward = Safe Safe: than others due to dual carriage way |
| Evaluation and Recommendation | "New Alignment with tunnel" is selected as the most recommendable idea. Reason: This idea has more advantages in construction cost, construction easiness, traffic safety, road alignment and total road length. | | | |

落石による災害にたいしてはトンネル案が最も安全である。以上の点を考慮しトンネル案を採用した。

4.3.4 ポイント(K)～カラナビ区間

(1) 現道状況と選択された改良方法

この区間はポイント(L) + 5.1km～(M) + 1.3km 区間以外、地形は緩やかである。ポイント(L) + 5.1km～(M) + 1.3km 区間はコロイコ川の川幅も狭くなりV字形の溪谷をなし、地形も急峻となる。現道平面線形は地形に沿わせているため、極部的に小さな曲線半径のところがあるが全体を見ると目標とする道路レベルに適應する。

ポイント(L) + 5.1km～(M) + 1.3km 区間より良い交替的ルートを見出せないため、道路は現道の線形を改良しなければならない。2.3.2(3)の1)で述べたように地形が緩やかであるが、勾配が8%と急で無駄な上り・下りをして好ましくない線形となっているポイント(K) + 2.5km～ポイント(L) + 2.1km 区間以外も現道の縦断線形は満足できるものである。また、現道沿いに3箇所の過去災害のあったところがあり、ここでは今でも危険にさらされている。

それゆえに、道路の縦断勾配を減らし、潜在的な地滑り箇所を避けるために、ポイント(K) + 2.5km、ポイント(L) + 2.1km 区間の新しい線形が提案され評価されている。結果は以下の節に示されている。

この区間を除き全ての延長にたいし現道の拡幅が改良の手段として推薦されている。

ポイント(M) + 1.3km～カラナビ区間は既に幅員9mの砂利路道で改良済となっている。

(2) ポイント(K) + 2.5km～(L) + 2.1km 区間の代替案

現道の平面線形・縦断線形および代替ルートは図4.3-4に示されている。

新設の線形は潜在的な災害箇所を避けており、その縦断勾配は5.5m以下である。さらに、改良後の線形の総延長は現道よりも600m短くなっている。

表4.3-3には新しい線形のもとでの道路の建設および現道の拡幅という、改良のための二つの提案にたいして比較がなされている。後者の場合、現道の縦断勾配は改善されず、現在の最大8%の勾配のままとなる。

表中の各項目の検討の結果、新しい線形にそって道路改良することが望ましく、また改良方法として推薦されることが明白である。

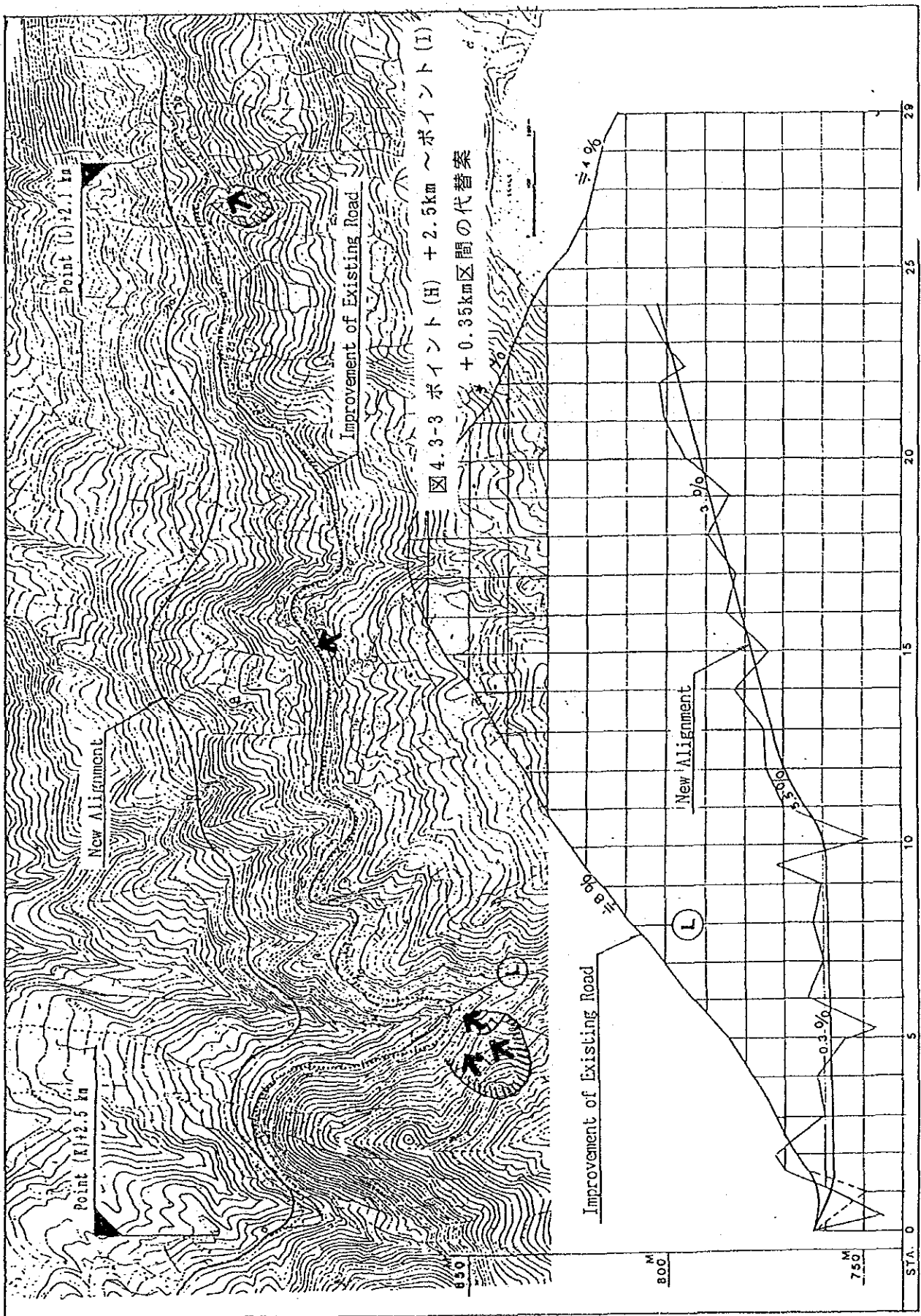


図 4.3-4 ポイント (K) + 2.5km ~ ポイント (L) + 2.1km 区間の比較縦断面図

表4.3-3 ポイント(L) (サンタアナ)での代替案の比較

| | Improvement of Existing Road | New Alignment |
|----------------------------------|---|---|
| Road Length | 2,900 m | 2,300 m |
| Alignment Horizontal | Curvature = 539 deg./km : Nos. of Curves = 19 | Curvature = 426 deg./km : Nos. of Curves = 15 |
| Vertical | Steepest Grade = 8.0 %, length = 500 m Length with more than 5 % Grade = 1,900 m with less than 5 % Grade = 1,000 m Average Vertical Grade = 5.9 % | Steepest Grade = 5.5 %, length = 190 m Length with more than 5 % Grade = 200 m with less than 5 % Grade = 2,100 m Average Vertical Grade = 1.9 % |
| Rough Const. Cost | 3,183,000 US\$ | 2,776,000 US\$ |
| Const. Cost | 14 % higher than "New Alignment" | Cheaper than "Improvement of Existing Road" |
| V. Alignment | 500 m with 8 % does not comply with "Norma" | Very Good |
| Compa- rison Construction | Worse | Better as is a new construction |
| Disaster | Worse. 4 disaster spots exist along road. | Better. Detouring problematic disaster zone. |
| Evaluation and Recommendation | "New Alignment" is recommendable because it is better in all comparison items. | |

4.3.5 カラナビ～ポイント(Q) (カラスコ) 区間

(1) 現道状況および改良方法

この区間は川に沿い、地形も比較的緩やかで現道の線形も幅員も調査対象区間のなかでも良好であり、全体的には、現道拡幅に問題はない。

しかし、2.2.2(3) および(4) で述べた2箇所の問題点がある。

1箇所目はポイント(0) +1.8km 付近の現道縦断勾配11%をもつ延長250mの区間である。地域の地形を見ると、緩やかで、当然現道拡幅の代替案として、他に新設ルートを選定し、縦断線形の改良を行う必要が考えられる。

2箇所目はポイント(P) +1.7km 付近に現道幅員3.2mの狭い箇所が約150m続く。地形は急峻で左右は断崖絶壁となっている。

前後の現道線形および地域の地形を見るとほかに代替ルートを見つけることはできない。この箇所は延長も短く極部的であるため現道拡幅が改良にとって最も良い方法であると推薦できる。

(2) ポイント(0) +1.8km 付近の代替案作成

前述したように現道は縦断線形が著しく悪いため現道を改良する案と新設ルートを建設する案の比較検討を行なった。これらの結果は図4.3-5 図4.3-6 および表4.3-4 に示されている。現道を改良することにより縦断勾配はおおよそ7%以下となるが土工量が非常に多くなる。

新設ルートは過去に地滑りのあったところを通るが、この場所は安定すると思われるので通常の排水施設以外に特に注意を払う必要はないと考えられる。この付近の現場踏査の間に、現在地滑りの地域の上側に現道があり、水を遮断しているため、現在落ち着いていることが観察された。

この比較検討の結果、新しい線形に沿って新道を設置することが、現道を改良するよりも表4.3-4 に示した種々の観点から考えてより有利であることが確認された。

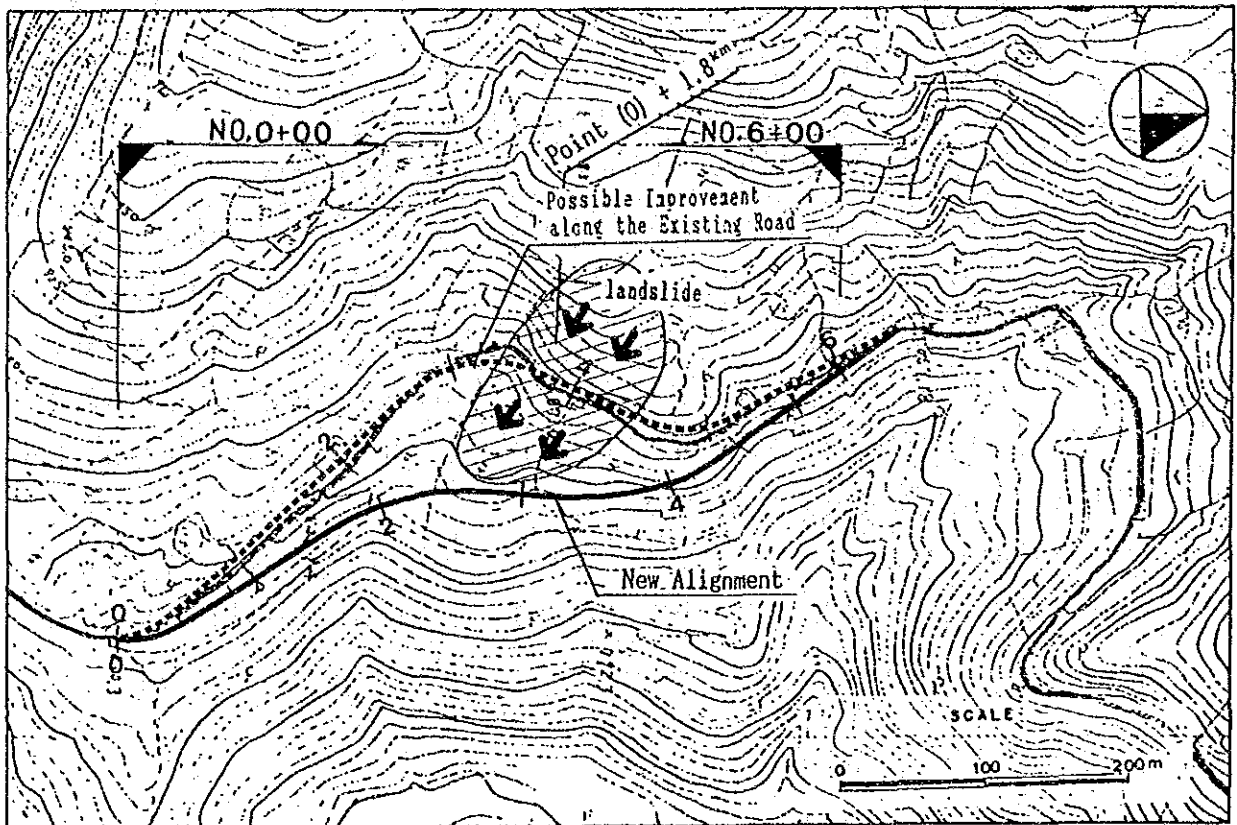


図4.3-5 ポイント(0) + 1.8km 付近の代替案比較平面図

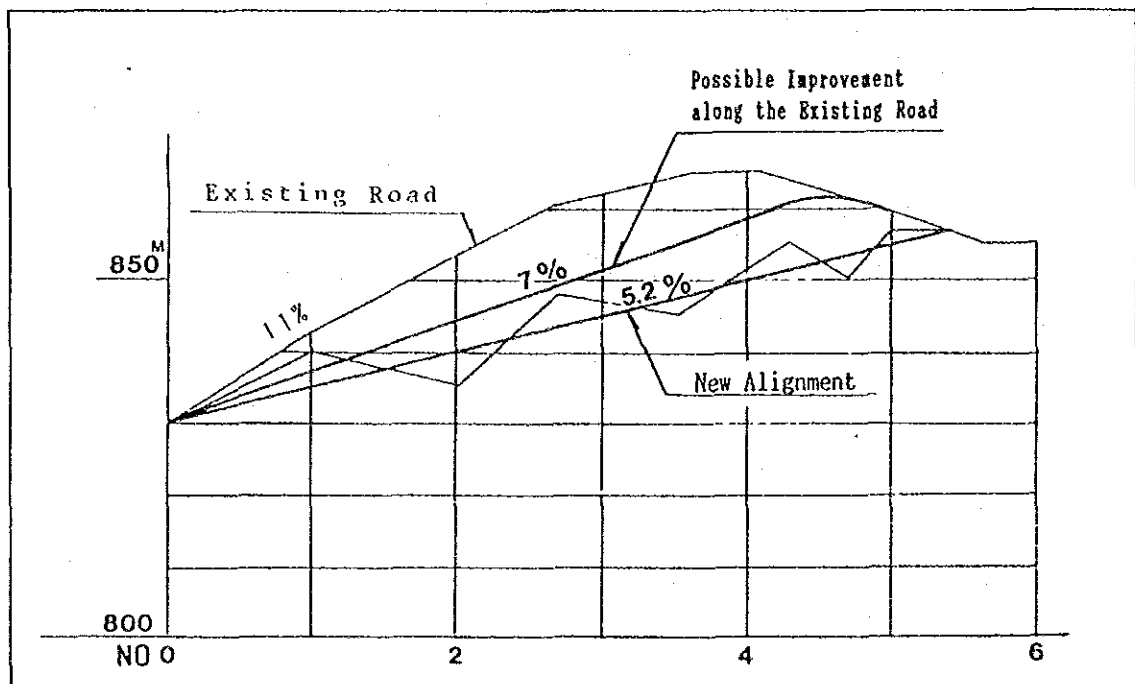


図4.3-6 ポイント(0) + 1.8km 付近の代替案比較横断面図

表 4.3-4 ポイント (0) + 1.8km 付近での代替案の比較

| | Improvement of Existing Road | New Alignment |
|-------------------------------|--|---|
| Road Length | 600 m | 540 m |
| Alignment | Horizontal Curvature = 653 deg./km : Nos. of Curves = 3 | Curvature = 600 deg./km : Nos. of Curves = 3 |
| Vertical | Steepest Grade = 7.0 %, length = 460 m Length with more than 5 % Grade = 560 m with less than 5 % Grade = 40 m Average Vertical Grade = 6.6 % | Steepest Grade = 5.2 %, length = 540 m Length with more than 5 % Grade = 540 m with less than 5 % Grade = 0 m Average Vertical Grade = 5.2 % |
| Rough Const. Cost | 1,027,000 US\$ | 495,000 US\$ |
| Const. Cost | More than double of "New Alignment". Improvement of the existing road's V. alignment (11%) requires much cost. | Cheaper than "Improvement of Existing Road" |
| V. Alignment | Worse | Better |
| Construction | Worse | Better as is a new construction |
| Disaster | No problem | Passing land slide remains zone, but no problem. It has already been stabilized. |
| Evaluation and Recommendation | | "New Alignment" is selected as a better alternative, mainly due to less construction cost. |

4.3.6 ポイント(Q) (カラスコ) ~ポイント(S) 区間

(1) 現道状況

ポイント(Q) ~ポイント(S) 区間は比較的地形は緩やかである。ここでの現道の拡幅はそんなに困難はないと思われる。しかし、この区間はけわしい縦断勾配によって特徴づけられている。この勾配は標高830mのポイント(Q) から標高1,340mのポイント(S) まで平均6.3 %の上り勾配となっている。

この付近を調べると、現道のもつ諸問題を一举に解決する新設の代替ルートを見出すことは明らかに不可能であり、従って、この区間では現道の改良が最も有利である。

(2) ポイント(Q) + 5kmからの代替線形

現道が改良されるものと仮定すれば、(Q) + 5km から1.2km 区間が改良道路の望ましい縦断勾配に対する設計基準に合致するかが重要な問題となる。このため、新設ルート設計の代替案が図4.3-7 および図4.3-8 において提案され現道を改良する場合と比較された。

表4.3-5 に示されているように、新設ルートの建設は線形のみならず経済性からも望ましいことが確認された。それゆえに、ポイント(Q) + 5km とポイント(Q) + 6.2km 区間は新設道路、残りのポイント(Q) からポイント(S) は現道の改良が推薦された。

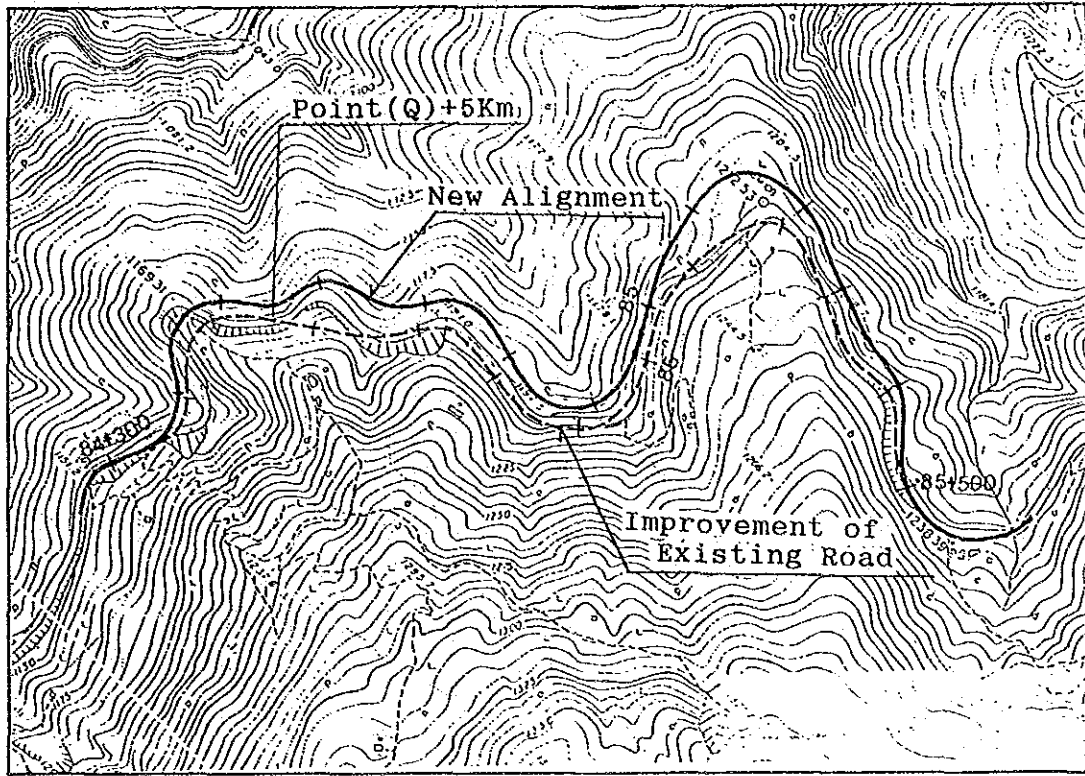


図4.3-7 ポイント(Q) +5km の比較平面図

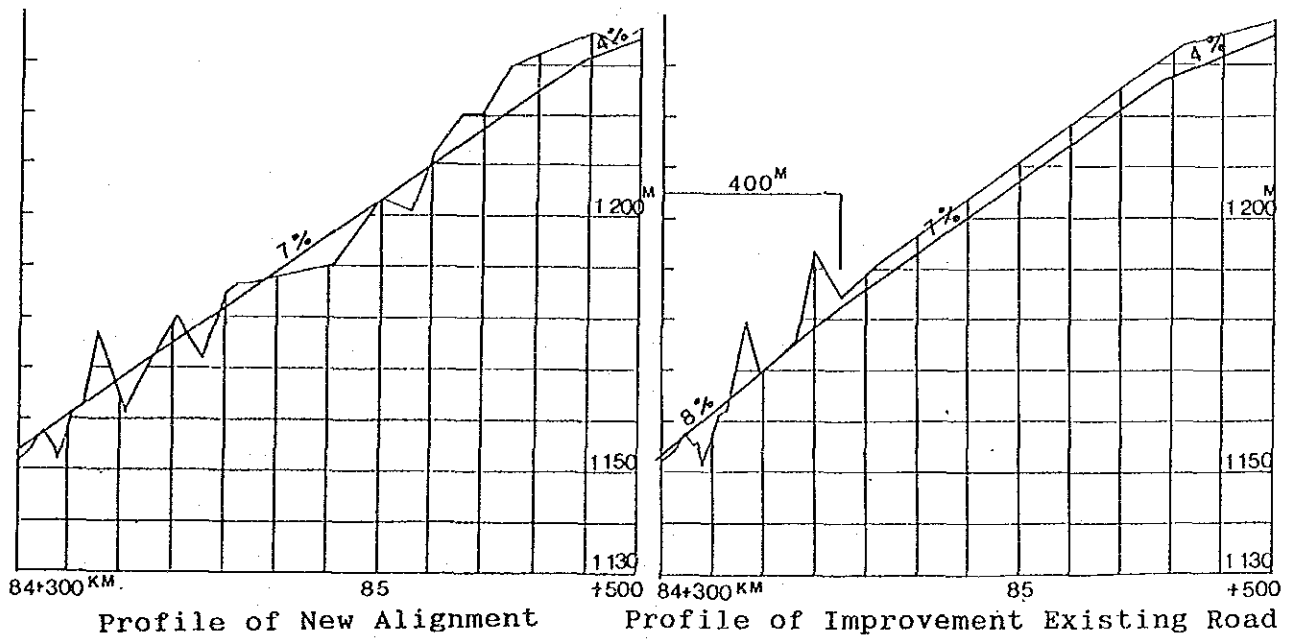


図4.3-8 ポイント(Q) +5km の比較縦断図

表4.3-5 ポイント (0) + 5km の代替案の比較

| | Improvement of Existing Road | New Alignment |
|-------------------------------|---|---|
| Road Length | 1,200 m | 1,200 m |
| Alignment Horizontal | Curvature = 573 deg./km : Nos. of Curves = 9 | Curvature = 563 deg./km : Nos. of Curves = 11 |
| Vertical | Steepest Grade = 8.0 %, length = 400 m Steep Grade = 7.0 % Length = 500 m | Steepest Grade = 7.0 %, length = 1,100 m |
| | Average Vertical Grade = 6.8 % | Average Vertical Grade = 6.8 % |
| Construction Cost | US\$ 1,374,000- | US\$ 968,000- |
| Const. Cost | 42 % higher than "New Alignment" | Cheaper than "Improvement of Existing Road" |
| V. Alignment | 400 m with 8 %, 500 m with 7 % and 200 m with 4 % | 1,100 m with 7 % and 100 m with 4 % |
| Comparison | Construction Worse because of control for existing traffic | good |
| Evaluation and Recommendation | Although there is not so much difference between 2 cases in horizontal alignment, "New Alignment" is superior in vertical alignment and economic aspects. So, "New Alignment" is recommendable. | |

4.3.7 ポイント(S)～ポイント(V) 区間

(1) 現道の現況と代替ルート

現道はこの区間において二つの峠を越えなければならない。現道付近のはじめと2番目の峠の最も低い地点はそれぞれ標高1,500mと1,235mである。

ポイント(S)から8%以上の非常にけわしい勾配で上り下りを繰り返している。最初の峠を標高1,543mの地点で越え、第2の峠へと続いている。道路は第2の峠をポイント(V)で越えているが、この地点はこの付近で最も低いところである(1,235m)。

ポイント(V)は第2の峠を越えるには最善の場所であると考えられるが、現在の平面線形および縦断線形(特にポイント(V)+7.4km～ポイント(U)+2.7km区間)は問題である。この区間は周囲の地形が非常に急峻なため現行の方法を用いて地形を設計基準に合せて現道を改良することは明らかに不可能である。

この現道沿いには4箇所潜在的な災害箇所が見出されているが、道路を災害箇所から避けることや災害対策工事を行ない災害にいかに対処するかという方法は別問題である。

それゆえに、種々の代替ルートをここに提示し、図4.3-9にそれを示した。

(2) 代替ルートの提示

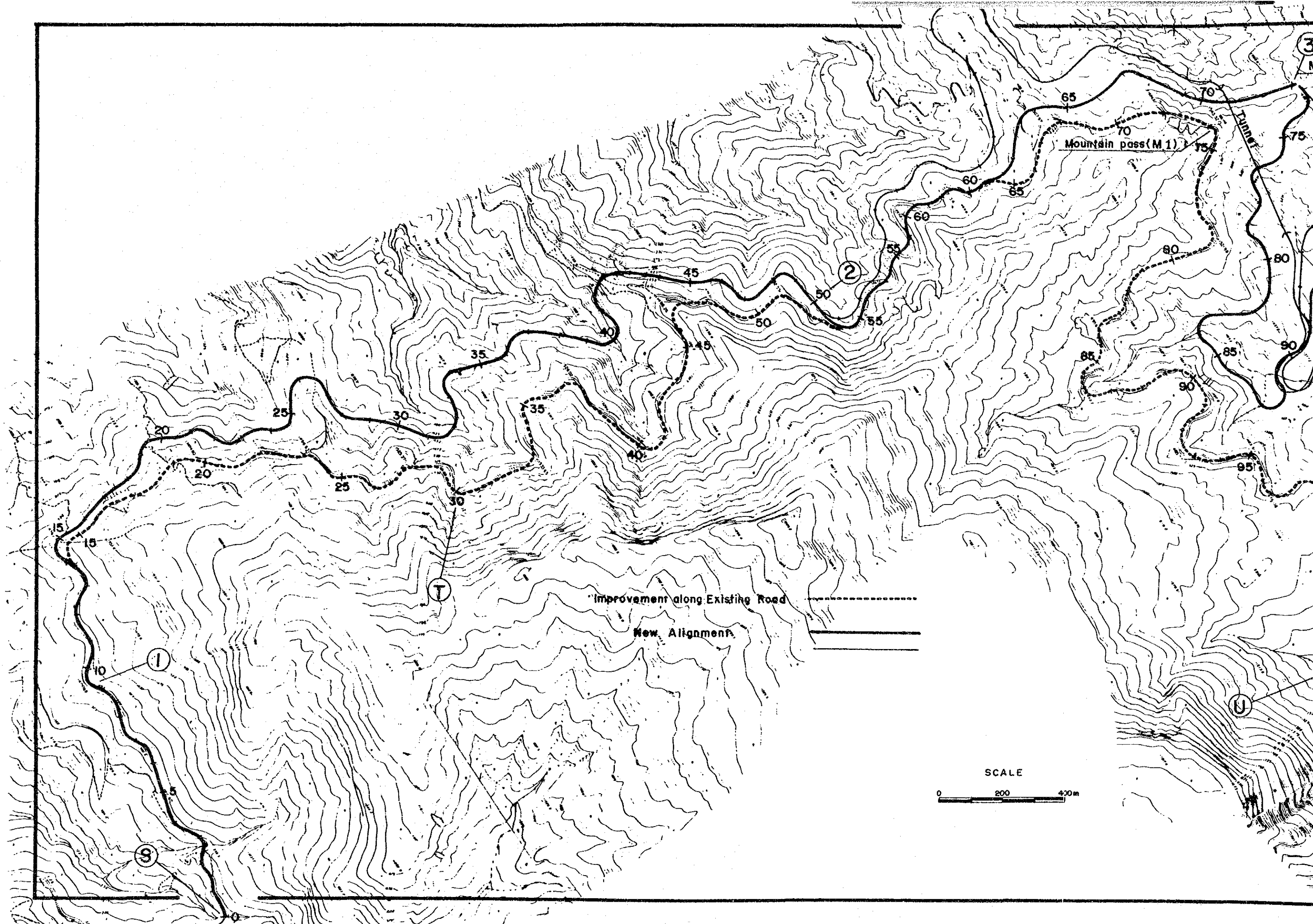
前述したように、現道ルートは縦断線形が悪く、非常に地形の急峻な箇所を通過している。また、災害にたいしても問題があるため、これらの問題箇所を避け新設ルートを作成した。

a) 現道改良ルート

現道改良ルートは平面線形および幅員にたいして基準に合せ、また現道に合せ計画した。縦断線形については、現道縦断に合せた。

b) 新設ルート

現地踏査および図4.3-10に示した地形調査に基づき、トンネルの建設あるいはかなり大きな橋の建設が仮定された。各ルート間の関係は図上では少し複雑となっているので、以下の概略図をこの関係を解り易くするために掲げた。



Mountain pass (M1)

Improvement along Existing Road

New Alignment

SCALE



1

2

3

4

T

U

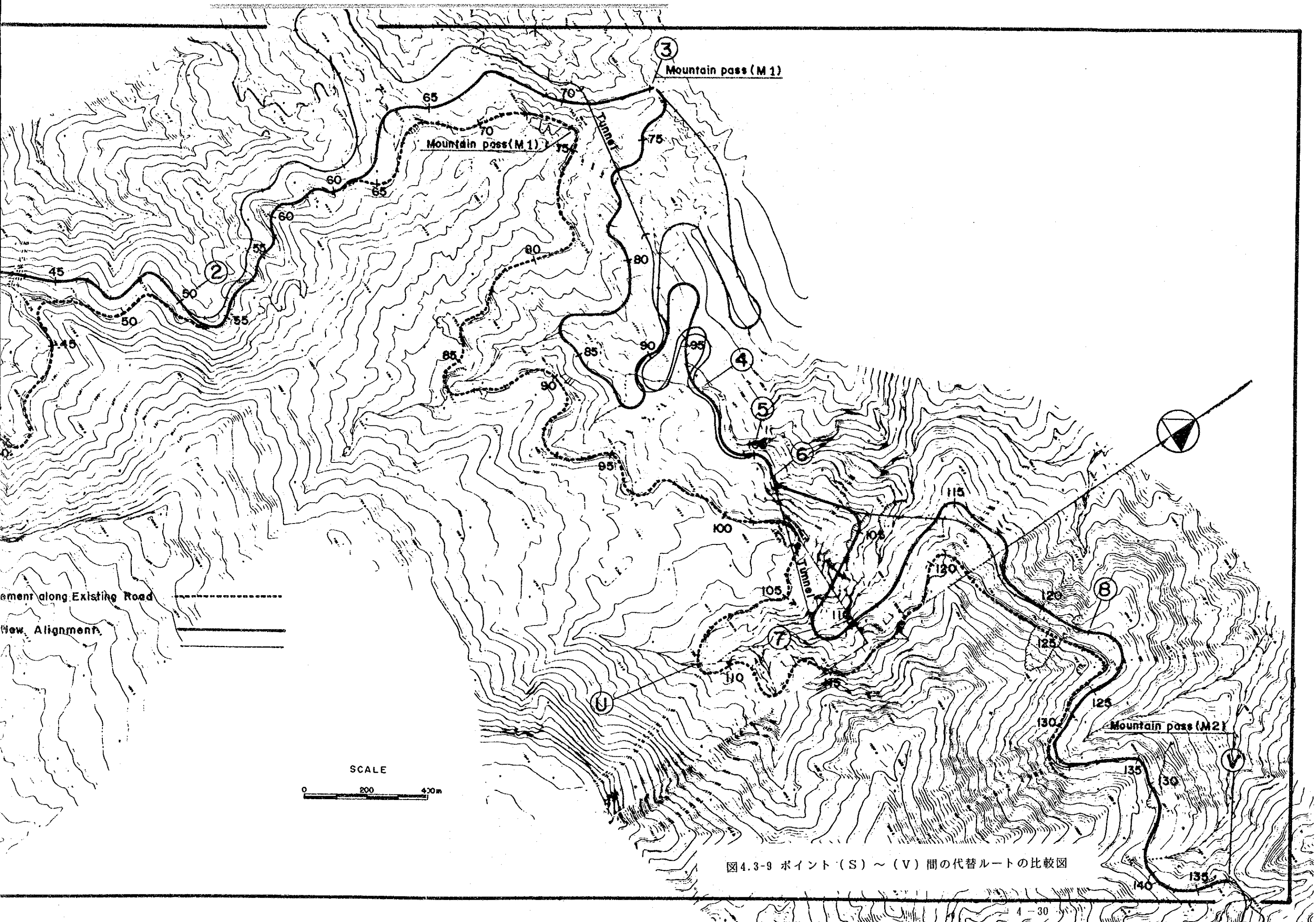


図4.3-9 ポイント(S)～(V)間の代替ルートと比較図

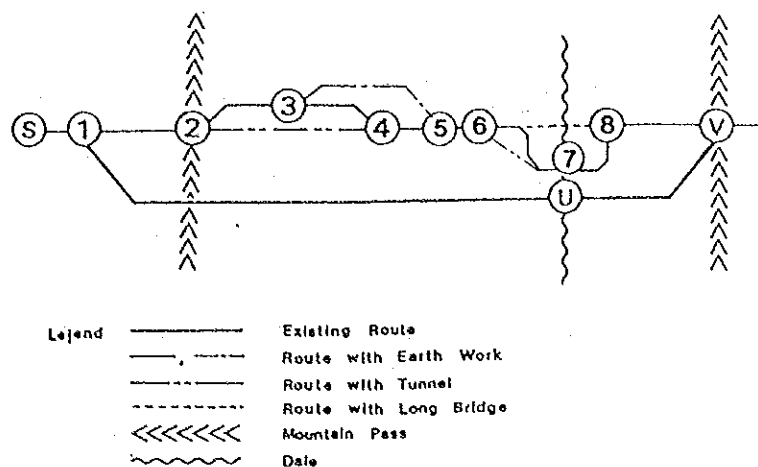


図4.3-10 新設ルートの概略図

(3) 現道の改良

このケースにおいて改良に要する工事は主として土工である。トンネルや橋の建設が必要とされる目的にたいして保証される場所はない。

調査の結果、図4.3-11と表4.3-10に示したように現道を目標縦断勾配 8%にするよう改良することは不可能であることが明らかになった。

(4) 代替ルートの比較

ポイント(S)～ポイント(V)区間で最も良いルートを見出すためには、まず最初に図4.3-10に示した各代替ルートと比較することが必要である。

1) ポイント3～ポイント5区間

ルート3-4-5および3-5はそれぞれケース1、ケース2として定義された。両ケースとも必要な土工量によって比較された。路線延長盛土量および切土量は表4.3-6に示されている。

表4.3-6 ポイント3～ポイント5区間土工量

| | Case 1 | Case 2 |
|-------------|------------------------|------------------------|
| Road Length | 2,800 m | 2,800 m |
| Embankment | 59,000 m ³ | 275,000 m ³ |
| Cutting | 194,000 m ³ | 452,000 m ³ |

ケース1は土工量が少ないゆえに明らかに他のものよりコストが安い。さらに、この区間はほとんど急カーブが少ない。それゆえに、ケース1（ルート3-4-5）が最適な選択であると考えられる。

(2) ポイント2～ポイント4区間

ルート2-3-4およびルート2-4はそれぞれケース3、ケース4として定義される。前者は“土工のみ”、後者は“土工とトンネル”を示す。道路延長と建設費用は表4.3-7にまとめられている。

表4.3-7 ポイント2～ポイント4区間の建設費の比較

| | Case 3 | Case 4 |
|---------------------|----------------|-------------------------------------|
| Road Length | 4,600 m | 4,140 m (including 500 m of tunnel) |
| Approx. Const. Cost | US\$ 7,705,000 | US\$9,774,000 |

500mのトンネルをもつケース4の道路延長は非常に短いが推定建設費用はケース3より25%以上高い。この結果、ケース3（ルート2-3-4）、すなわち土工のみのケースがより良い選択であると考えられる。

(3) ポイント5～ポイント7区間

ケース5とケース6はルート5-6-7およびルート5-7として示されている。後者は450mのトンネルの建設が提案されている。比較結果は表4.3-8に示されている。

表4.3-8 ポイント5～ポイント7区間のケース5とケース6の比較

| | Case 5 | Case 6 |
|----------------------|------------------------------|---|
| Road Length | 1,500 m | 1,280 m (including 450 m of tunnel) |
| Horizontal Curvature | 625 deg./km | 360 deg./km |
| Vertical Gradient | 6.5 % (max.) 5.6 % (ave.) | 7 % (max.) 6.4 % (ave.) 5 % (in tunnel) |
| Approx. Const. Cost | 4,181,000 US\$ | 5,341,000 US\$ |

ケース5の道路縦断勾配は比較的緩やかであるが、平面線形はこの地域の急峻な地形により良くない。比較検討の結果、擁壁や斜面崩壊防止案のような多くの構造物がこのケースに必要となることが確認された。上記の表の曲径の値がこのことをある程度反映している。

他方、ケース6における著しい弱点はトンネルにおける縦断勾配と建設コストである。トンネルの前後区間がすでに十分急峻となっているため、トンネルの勾配を5%以下にすることは明らかに困難である。

換気装置を持たない長さ450m、勾配5%のトンネルは、空気の汚れあるいは短い視距というような交通問題を引き起こすであろう。

このケースの推定の建設コストはケース5より25%以上高い。ケース5は好ましくない問題を含んでいるが、ケース5（ルート5-6-7）は建設費を低減させるという観点からはより望ましい案である。

(4) ポイント6～ポイント8区間

ポイント6～ポイント8区間には深く入り込んだ沢がある。また、ポイント7は沢の最深部に位置している。

ポイント7を経由したポイント6とポイント7の線形をケース7、ポイント

6とポイント8を直接橋で結ぶケースをケース8と名づける。
 これらの代替案の比較結果は表4.3-9にまとめられている。

表4.3-9 代替案の比較 (ポイント6～ポイント8区間)

| | Case 7 | Case 8 |
|---------------------|---------------|-------------------------------------|
| Road Length | 1,800 m | 960 m (including 250 m of a bridge) |
| Approx. Const. Cost | US\$3,015,000 | US\$11,044,000 |

ケース8の場合には橋の建設にかなりのコストを要するため、ケース7とケース8の間の建設コストに差は議論する余地もない。したがって、ケース7 (ルート6-7-8)がこの区間の最も良い代替案として選択される。

(5) 現道改良および新設ルートの比較検討結果

前で述べた結果を順序づけると、種々の代替案のなかでポイント1～ポイント8区間で進められる最良のルートはルート1-2-3-4-5-6-7-8である。新設ルートの建設の案はここでは「新設ルート」と呼ぶ。この結果、新設ルートはトンネルも橋も持たない道路となる。現道に位置している唯一の潜在的災害発生ゾーンは新設ルートに影響を及ぼすかもしれない。しかしながら、これは適切な災害防止策により簡単に解決できる。新設ルートと道路改良の比較図は図4.3-11および表4.3-10に示してある。表4.3-10の建設コストと縦断線形の記述を見ただけで、新設ルートのほうがポイント(S)～ポイント(V)区間にとってはより有利であることが明白となる。

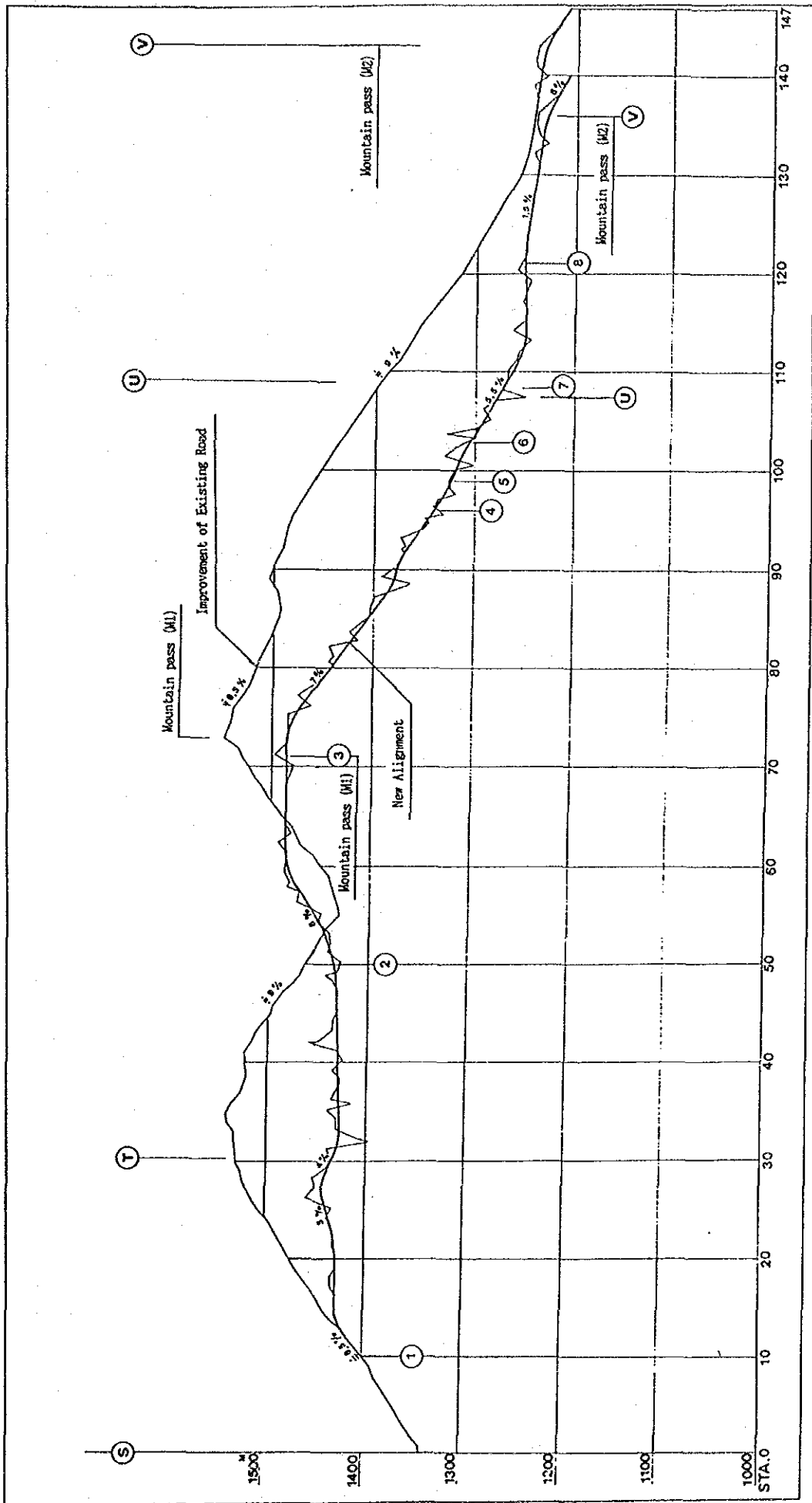


図 4.3-11 ポイント (S) ~ ポイント (V) 区間の代替案の比較縦断面図

表4.3-10 ポイント(S)～ポイント(V)区間での代替案の比較

| | Improvement of Existing Road | New Alignment |
|-------------------------------|--|--|
| Road Length | 14,700 m | 14,000 m |
| Alignment | Horizontal: Curvature = 578 deg./km : Nos. of Curves = 90 Vertical: Steepest Grade = 9.0 %, length = 200+300 m Length with more than 5 % Grade = 9,500 m with less than 5 % Grade = 5,200 m Average Vertical Grade = 5.0 % | Curvature = 548 deg./km : Nos. of Curves = 85 Steepest Grade = 7.0 %, length = 1,500 m Length with more than 5 % Grade = 5,450 m with less than 5 % Grade = 8,550 m Average Vertical Grade = 2.9 % |
| Construction Cost | US\$ 24,994,000- | US\$ 18,077,000- |
| Const. Cost | 38 % higher than "New Alignment" Widening at Point (U), where rocky cliff continues more than 1 km, costs very much. | Cheaper than "Improvement of Existing Road" |
| V. Alignment | Almost impossible to comply with 8 % (Norma). | Very Good in average except 7 % with 1500 m |
| H. Alignment | A little worse as a whole | A little better as a whole but it has two hair-pin curves. |
| Construction | Worse | Better as is a new construction |
| Disaster | Many disaster spots exist. | Impossible to detour a debris flow spot, but no problem with adequate countermeasure. |
| Evaluation and Recommendation | "New Alignment" has much advantage in various meaning against "Improvement of Existing Road", so construction of new road is recommended. | |

4.3.8 ポイント(V)～ベジャピスタ区間

(1) 現道の現況

この区間はポイント(V)～ポイント(W)の区間とポイント(W)～ベジャピスタの区間との両区間に分けられる。

ポイント(V)～ポイント(W)区間は平均地形勾配 32° の斜面に沿って現道が通っている。小さな沢が多数あり、現道平面線形は蛇行している。

ポイント(W)～ベジャピスタまでは平均地形勾配 20° と緩やかな斜面となっている。しかし、この区間一帯は土質が悪く、降雨量(年間約 $2,500\text{mm}$ 、日最大 160mm)も多いため、地滑り地域となっている。

縦断線形はポイント(V)からほぼ一律の勾配でベジャピスタまで下っている。

(2) 現道の改良

(1)で述べたことから、平面線形の部分的改良や幅員の拡幅等で現道の幾何構造を改良することが最善改良案である。

その理由は、1つは付近に望ましい代替ルートを見出すことが困難であること。また、2つは現場踏査の結果この区間には大きな地滑り災害は生じないので、適切な災害防止策を施すことにより現道改良することで地滑り等の重大災害を防げるからである。

4.4 橋梁

橋梁建設の調査は図4.4-1の図にしたがって行なわれた。ここでは橋梁を必要とする場所を見出し、その建設の正確な位置を決定することを目的としている。橋梁の調査は道路の幾何構造と非常に密接に関連しているゆえに、両調査は同時に行なわれた。

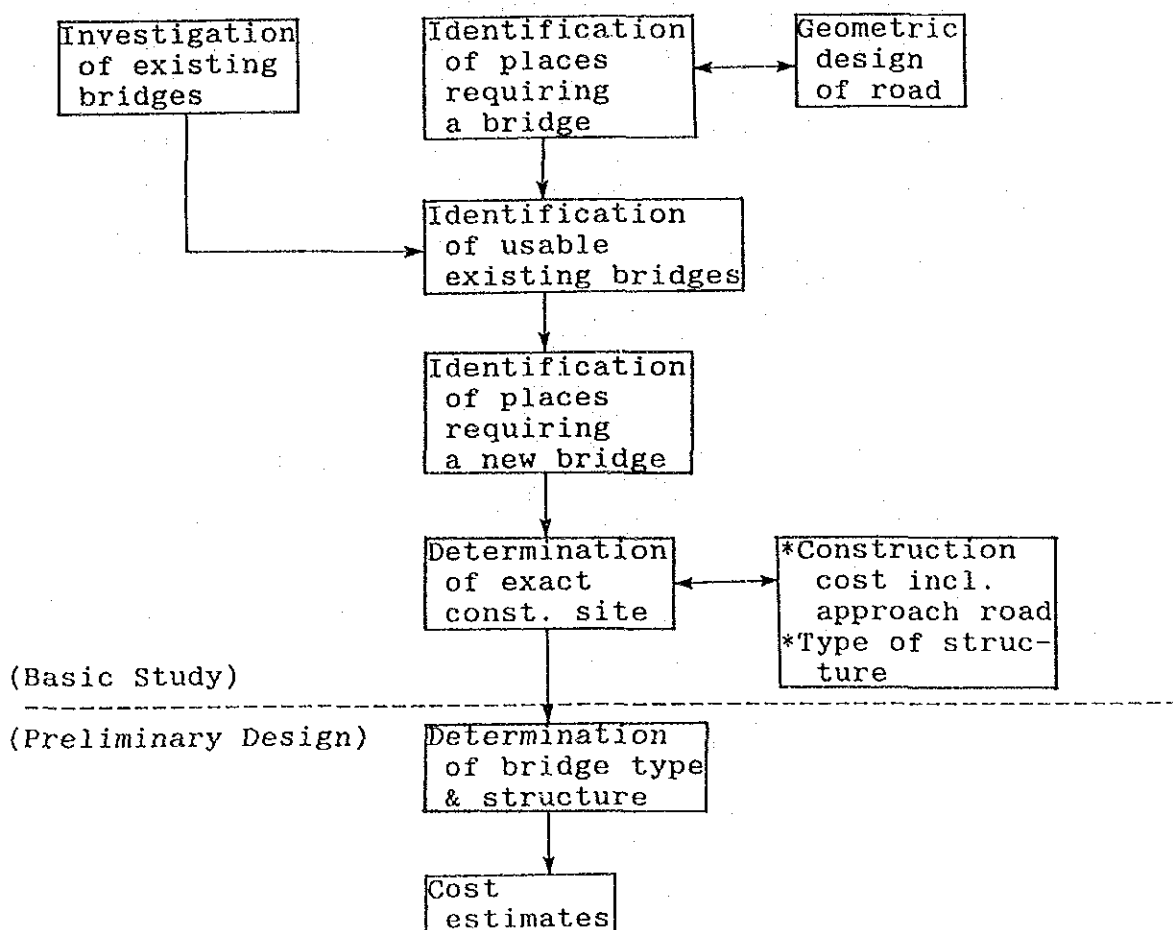


図4.4-1 橋梁の調査の手順

4.4.1 橋梁の設置

(1) 橋梁の設置箇所

現地踏査の結果、橋の必要な箇所は以下の14箇所であった。

- (1) ポイント(A) (2)パトゥーニ (3) チャリヤ (4) カスカーダ
- (5) カホネス (6) アルトチョーロ2 (7) プエルトレオン
- (8) チョフニヤ (9) ヤラ (10)サンシルベリオ (12) サンロレンソ
- (13)エスピリトゥ (14) カラスコ (15)アバロア

プロジェクト道路はポイント(A)を除く上記の全ての箇所でコロイコ川の支流を横断している。この支流の水量はかなり多いため、管およびボックスカルバートは適切ではない。従って、これらの13箇所では橋が必要となる。しかし、表4.4-2(1)に示したように、ポイント(A)付近には多くの潜在的な地滑り地帯がある。土砂、岩の予期される落下を避けるために、プロジェクト道路のルートはこれらの危険地帯を避けることが望ましく、このためには橋の建設が必要となる。

(2) 既存橋の評価

現道には、表2.3-9 および2.3-10に示されたように14の橋が架かっている。これら14橋のうち、13橋は上記(1)で述べたように橋を必要とする箇所全てに架かっている。残りの1橋(アルトチョーロ1)は橋のかわりにコンクリートボックスガルバートに変えることを提案する。その理由は次のとおりである。

- a) 橋の規模が他の橋と比べ小さい
- b) 谷の深さはそんなに深くない(2.5mから3.7m)
- c) 乾季には水が少ない

他の現在の13橋がこれらの将来にも使えるかどうかという観点から評価されなければならない。従って、これらの橋を道路改良後も使用するならば、以下の条件を満足することが最小限の条件となる。

- a) 取付道路を含む橋梁周辺の線形が4.2節に示された幾何構造を満たすこと。
- b) 橋梁の有効幅員は、橋長50m以下で9.0m以上、50m以上で7.3m以上であること。(図4.2-3参照)
- c) 構造的に将来も使用可能であること。

表4.4-1 は上記の条件のもとで既存橋の評価を行なったものである。

表4.4-1 より、ヤラ橋のみが上記の3条件を満たしている。従って現在のヤラ橋は将来ともこのまま使用される。他方、サンロレンソ橋、エスピリッツ橋、およびカラスコ橋は、取付道路の線形と幅員を改良することにより将来利用可能となる。そうでなければ、新しく橋梁が建設されなければならない。既存の橋を改良するのか、あるいは新しく橋を作るのかの選択は建設コストに依存する。上記の橋のうちでカラスコ橋は線形改良、幅員拡幅が最も容易な地形であるので、コストの比較はカラスコ橋に対してのみ行なわれた(表4.4-2(9)参照)。

この結果、既存橋を改良した場合、その建設費は新設橋に比べ1.3～1.5倍必要となった。サンロレンソ橋とエスピリッツ橋はカラスコ橋よりも地形的により険しいところに位置しているゆえ、それらの平面線形の改良や幅員の拡幅は新たに橋を建設することよりも不利となることが予想される。このコスト比較から、上記の3橋は新たに建設されるべきである。また、表4.4-1に示された他の10橋は好ましくない平面線形、好ましくない有効幅員のため新設すべきである。

表4.4-1 既存橋の評価

| Bridge | Horizontal Alignment | Effective Width | Structure |
|--------------|----------------------|-----------------|-----------|
| Patuni | N | N | N |
| Challa | N | N | N |
| Cascada | P | N | N |
| Alto Choro-2 | N | N | N |
| Pto Leon | N | N | N |
| Cajones | N | N | N |
| Chojña | P | N | N |
| San Silverio | N | N | N |
| Yara (*) | P | P | P |
| San Lorenzo | N | N | P |
| Espiritu | N | N | P |
| Carrasco | N | N | P |
| Avaroa | N | N | N |

- * Bridge Length = 180.75 m
- P Complying with the criteria
- N Not complying with the criteria

従って、ヤラ橋以外の全ての13橋（ポイント(A)の新設橋も含める）は新設されることになる。

4.4.2 架橋の位置と新設橋梁の規模

それぞれの設置箇所について、最適の架橋位置を検討するために、13箇所を前後の道路平面線形から次の2つに分けて検討することとした。

- 1) グループⅠ・・・取付道路箇所がほぼ直線となる箇所
（カスカーダ橋、カホネス橋、チョフニャ橋）

これらの橋梁設置位置は、道路の平面線形から決まり、結果として、ほぼ既設橋と同じ位置に設けることになった。橋長は、以下のようになる。

カスカーダ橋・・・18.5m（図4.4-2 参照）

カホネス橋・・・25.0m（図4.3-1、図4.3-2 参照）

チョフニャ橋・・・22.0m（図4.4-3 参照）

- 2) グループⅡ・・・取付道路が直線とならない箇所
（ポイント(A)、パトゥーニ橋、チャリャ橋、アルトチョーロ2橋、
アバロア橋、サンシルベリオ橋、サンロレンソ橋、エスピリッツ橋、
カラスコ橋）

これらの橋梁は全てが谷部にある。谷の深奥部に橋梁を設けることは、橋梁を短くできるが、取付部の土工量が多くなる。それゆえに、最適で最も経済的な建設位置を見つけるためには、各代替位置での橋と取付道路とのコストの総和が推定され評価されなければならない。更に、これらの橋梁は曲線橋となる可能性が高く、この場合の平面曲線半径（R）は

a) 支保工で建設が可能な橋梁は $R \geq 50m$

b) 支保工が不可能で片持ち工法、押出し工法、その他を採用しなければならない場合は $R \geq 100m$

としなければならない。

また、曲線橋は大きなねじり剛度を床版橋か、箱桁橋のいずれかである。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

以上の点を考慮しつつ、全体として最も経済的な架橋位置を求めべく比較検討をおこなった。それぞれの橋梁についての検討結果が表4.4-2(1)～(9)および表4.4-3に示されている。なお、アバロア橋は以下の理由から検討結果を添付していない。アバロア橋ヒウアタ川が階段状で急勾配に落ち込み、山の傾斜が約 50° ときつく橋脚を設けることができない。したがって、既設橋の近くを単純橋で渡河するほうが有利であることは明らかである(図4.4-4参照)。

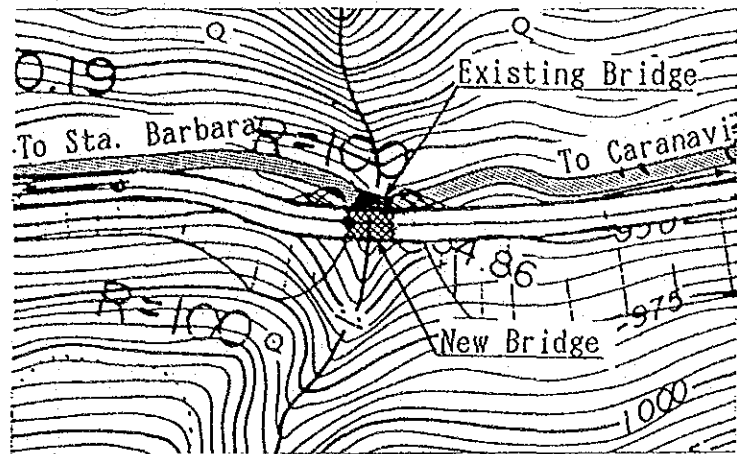


図4.4-2 カスカダ橋位置図

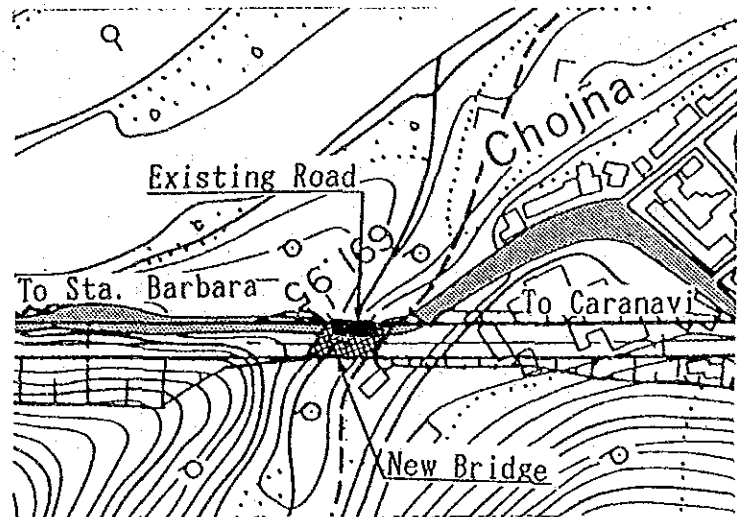


図4.4-3 チョフニャ橋位置図

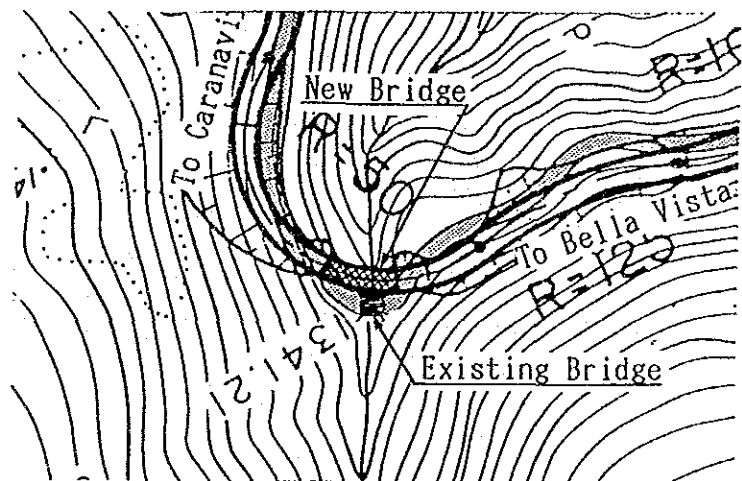
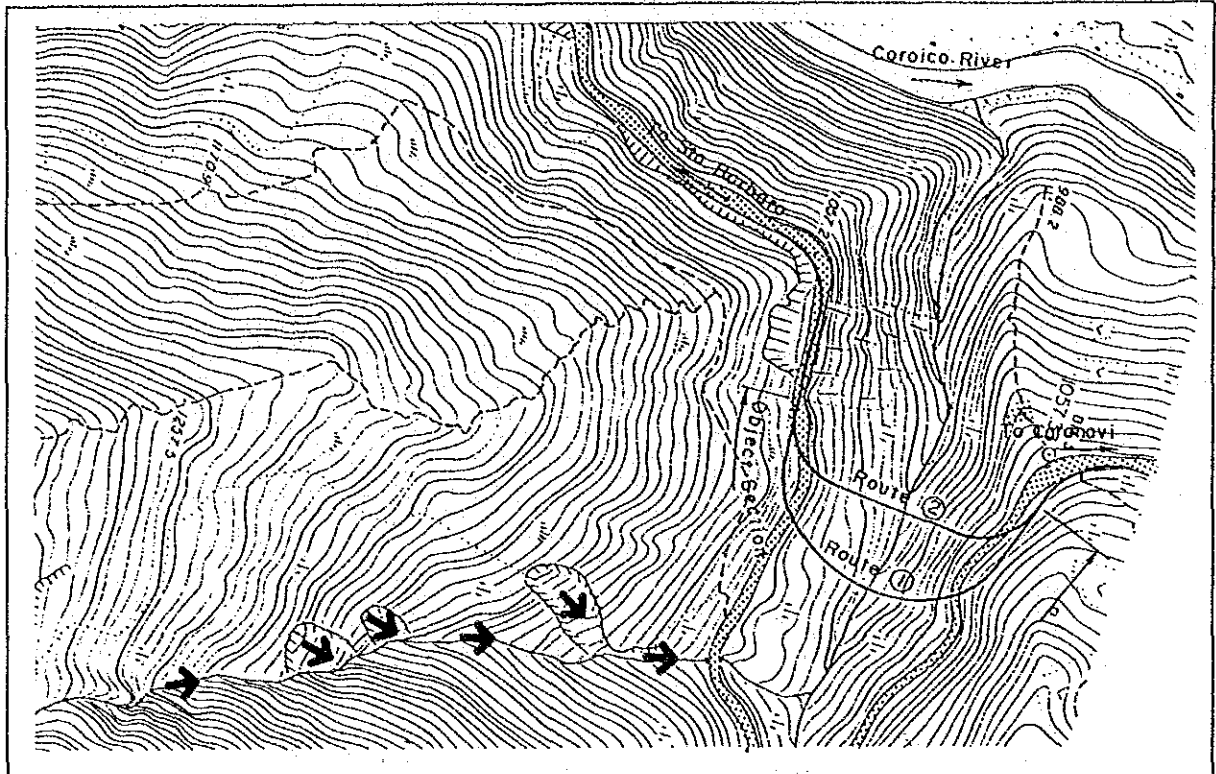


図4.4-4 アバロア橋の位置

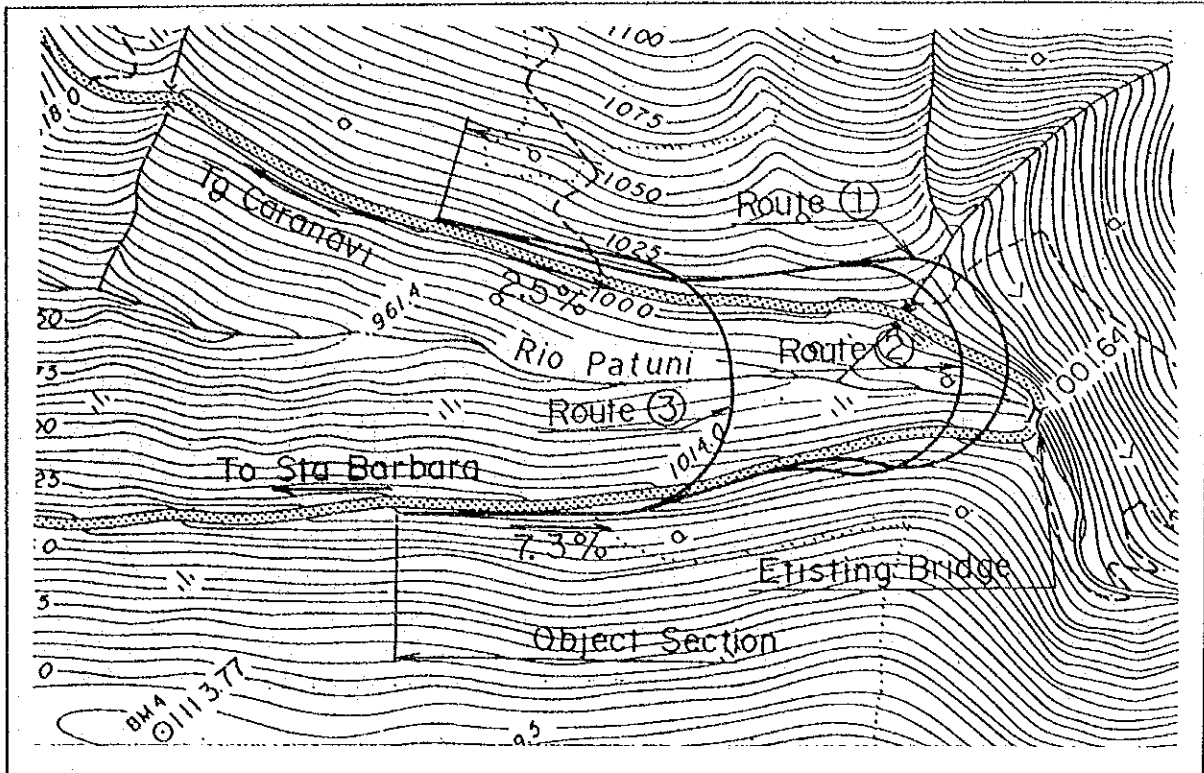
表4.4-2(1)ポイント(A)



| Route | ① | ② | ③ |
|--------------------------------------|--|---------------------|---|
| Length of Route | 300m | 220m | |
| Radius of Curvature | 50-100-50m | 50- 50m | |
| Volume of Excavation | 34600m ³ | 48300m ³ | |
| Bridge Length | 130m | 135m | |
| Depth of Valley | 45m | 50m | |
| Ease of Construction | Not Easy | Easy | |
| Rough Cost Estimation unit:\$1000 | \$ 2230 (1.1) | \$ 2090 (1.0) | |
| Selected Route | Route 2 | | |
| Reasons for Selection | 1. Almost same bridge length 2. Small volume of excavation 3. Direct route and easy construction 4. Almost equal cost | | |

Brackets "()" indicate the expansion rate, compared with the lowest route.

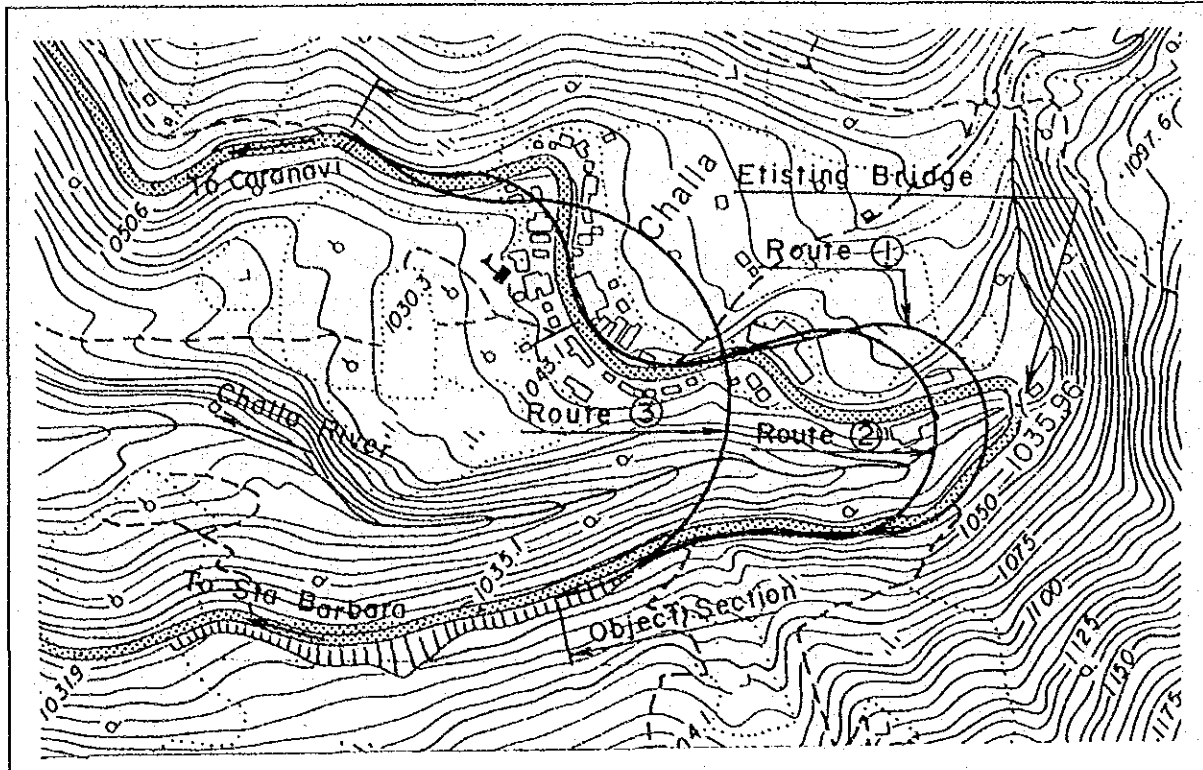
表4.4-2(2)パトゥーニ橋



| Route | ① | ② | ③ |
|--------------------------------------|--|---------------------|---------------------|
| Length of Route | 640m | 395m | 380m |
| Radius of Curvature | 50m | 50m | 50-100-50m |
| Volume of Excavation | 86100m ³ | 39100m ³ | 17200m ³ |
| Bridge Length | 30m | 45m | 90m |
| Depth of Valley | 10m | 12.5m | 30m |
| Ease of Construction | Easy | Easy | Not Easy |
| Rough Cost Estimation unit:\$1000 | \$ 1490 (1.3) | \$ 1100 (1.0) | \$ 1660 (1.5) |
| Selected Route | Route 2 (45m downstream from the existing bridge) | | |
| Reasons for Selection | 1. Small volume of excavation 2. Lowest cost 3. Same ease of construction as route 1 | | |

Brackets "()" indicate the expansion rate, compared with the lowest route.

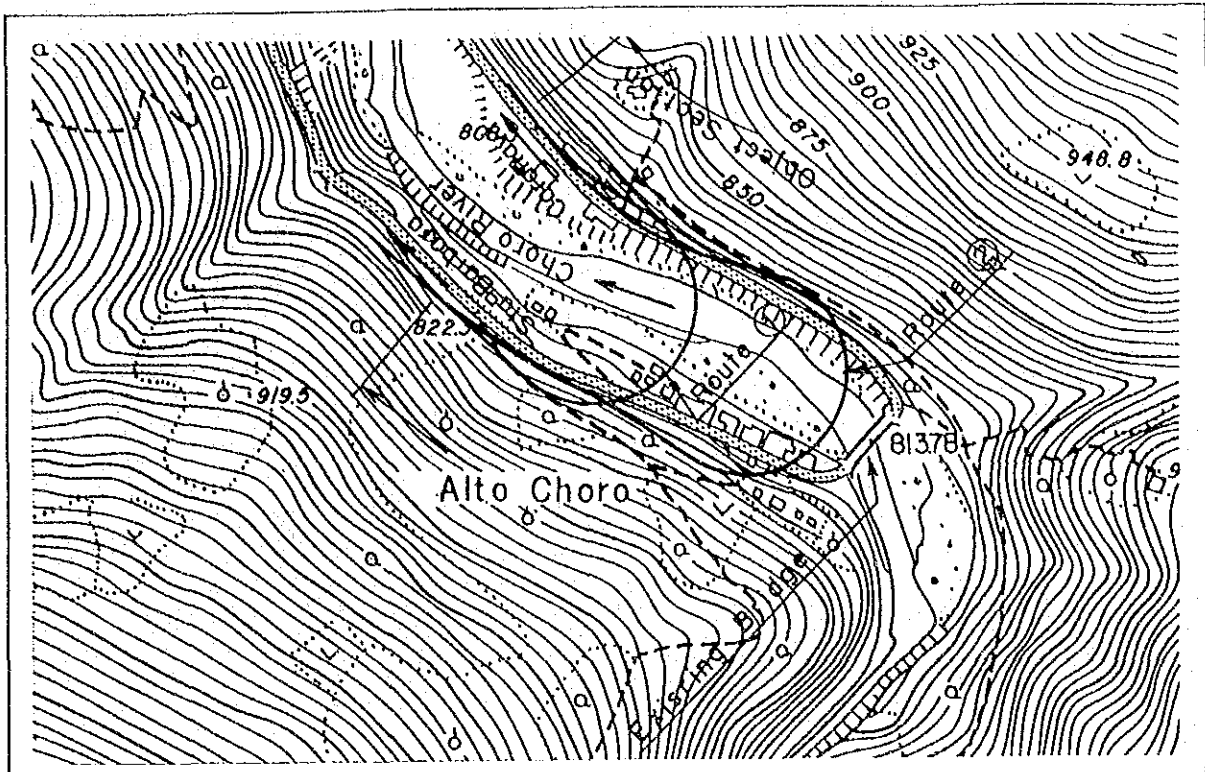
表4.4-2(3)チャリヤ橋



| Route | ① | ② | ③ |
|-----------------------------------|--|---------------------|---------------------|
| Length of Route | 620m | 580m | 400m |
| Radius of Curvature | 50m | 50m | 100m |
| Volume of Excavation | 35740m ³ | 22360m ³ | 21310m ³ |
| Bridge Length | 30m | 60m | 110m |
| Depth of Valley | | | |
| Ease of Construction | Easy | Easy | Not Easy |
| Rough Cost Estimation unit:\$1000 | \$ 750 (1.0) | \$ 880 (1.17) | \$ 1670 (2.23) |
| Selected Route | Route 1 (15m downstream from the existing bridge) | | |
| Reasons for Selection | 1. Shortest bridge length 2. Lowest cost 3. Easy construction work | | |

Brackets "()" indicate the expansion rate, compared with the lowest cost.

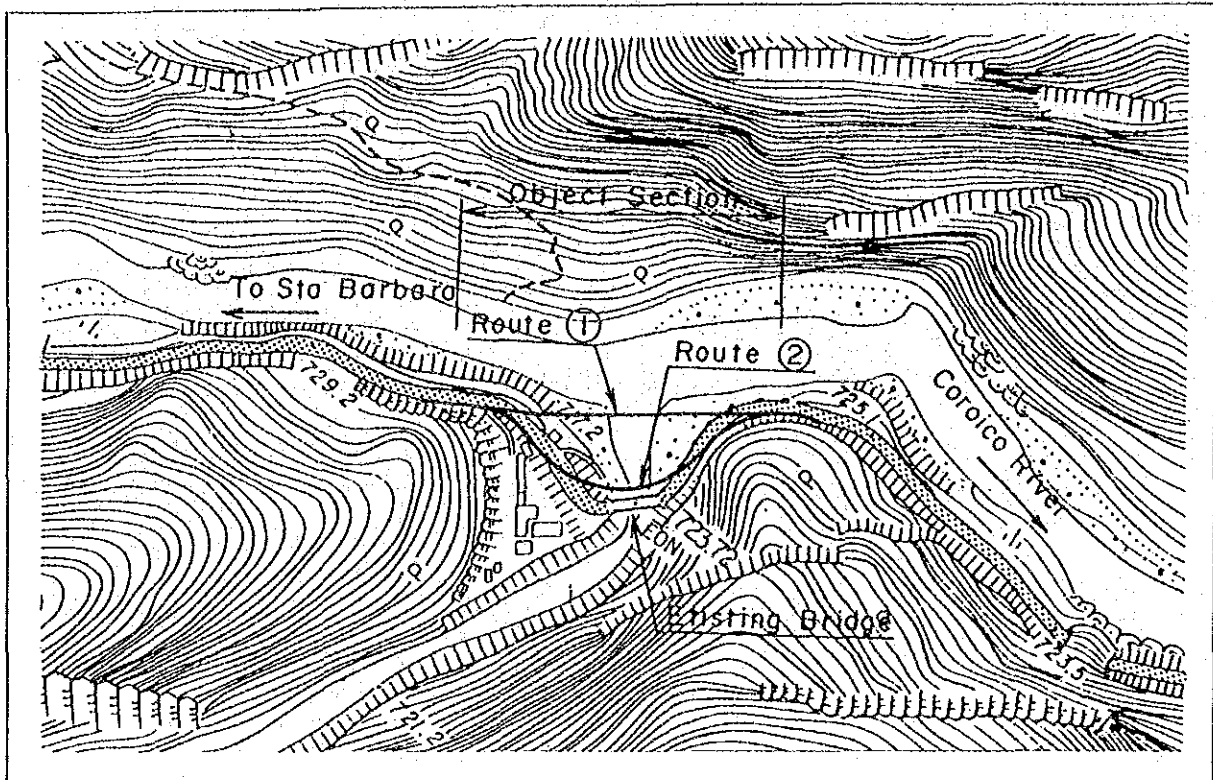
表4.4-2(4)アルトチョー口橋



| Route | ① | ② | ③ |
|--------------------------------------|--|---------------------|---|
| Length of Route | 300m | 460m | |
| Radius of Curvature | 50m | 50m | |
| Volume of Excavation | 25770m ³ | 35900m ³ | |
| Bridge Length | 70m | 50m | |
| Depth of Valley | 12m | 8m | |
| Ease of Construction | Not Easy | Easy | |
| Rough Cost Estimation unit:\$1000 | \$ 980 (1.02) | \$ 960 (1.00) | |
| Selected Route | Route 2 (20m downstream from the existing bridge) | | |
| Reasons for Selection | 1. Gentle vertical gradient (Refer to Note below) 2. Easy construction work 3. Almost equal cost Note: The proposed vertical gradient of the new bridge becomes more gentle when it is as near the existing bridge as possible, because of the steep vertical gradient of the existing road as shown in () of the above figure. | | |

Brackets "()" indicate the expansion rate, compared with the lowest cost.

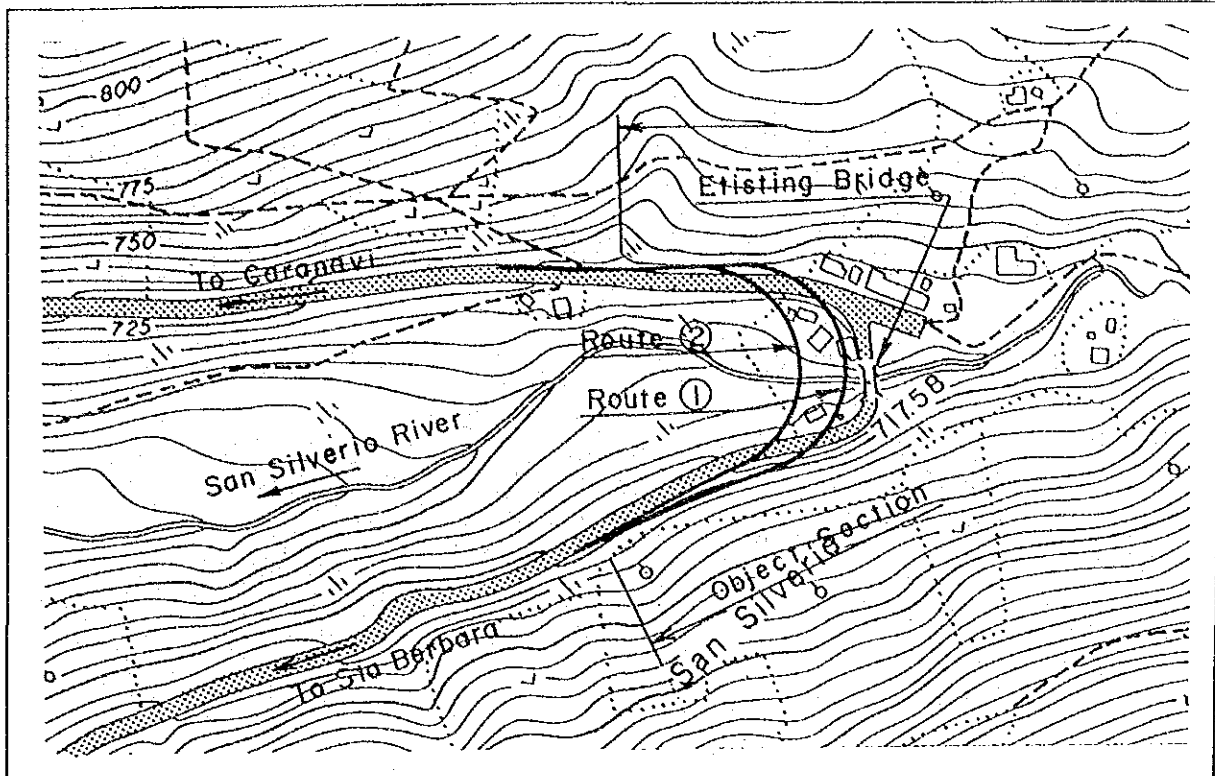
表4.4-2(5)プエルトレオン橋



| Route | ① | ② | ③ |
|--------------------------------------|--|---------------------|---|
| Length of Route | 160m | 180m | |
| Radius of Curvature | | 50m | |
| Volume of Excavation | 8647m ³ | 23060m ³ | |
| Bridge Length | 55m | 30m | |
| Depth of Valley | | | |
| Ease of Construction | Easy | Not Easy | |
| Rough Cost Estimation unit:\$1000 | \$ 550 (1.00) | \$ 610 (1.11) | |
| Selected Route | Route 1 | | |
| Reasons for Selection | 1. Small volume of excavation 2. Smooth horizontal road alignment 3. Easy construction work because of shallow water 4. Almost equal cost | | |

Brackets "()" indicate the expansion rate, compared with the lowest cost.

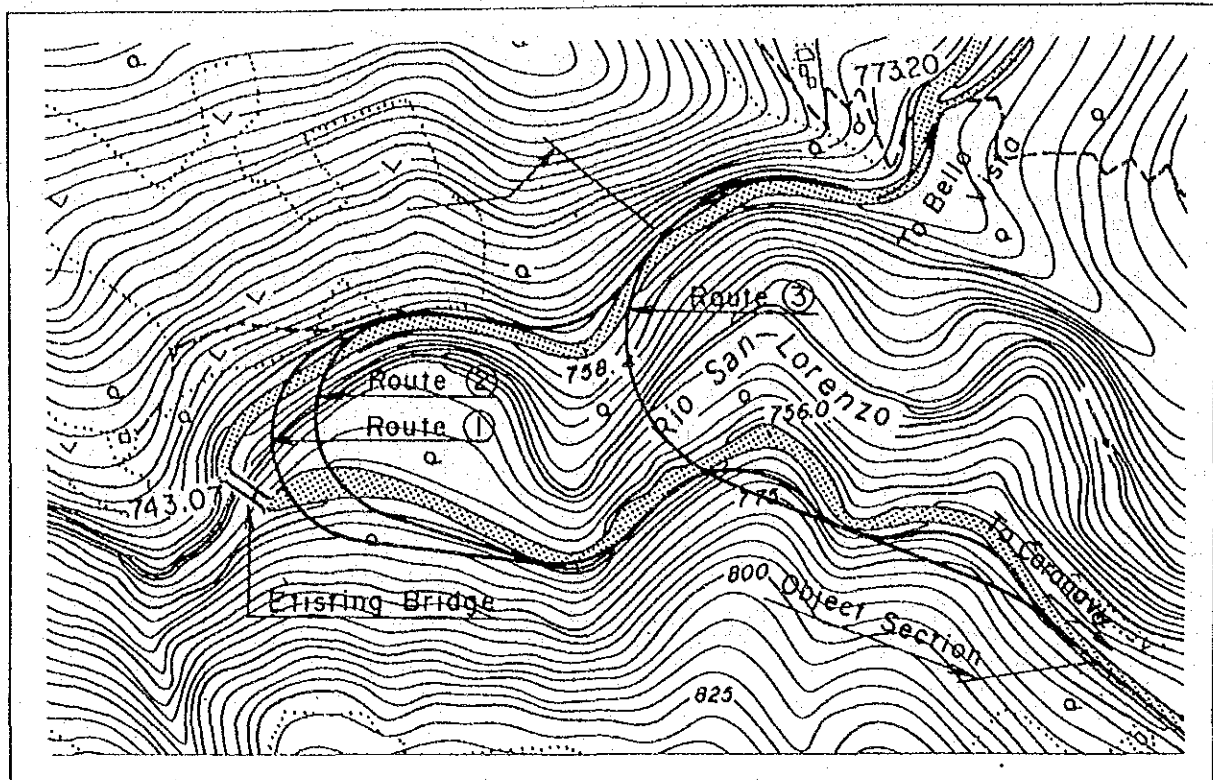
表4.4-2(6) サンシルベリオ橋



| Route | ① | ② | ③ |
|-----------------------------------|---|--------------------|---|
| Length of Route | 280m | 240m | |
| Radius of Curvature | 50m | 50m | |
| Volume of Excavation | 9980m ³ | 4264m ³ | |
| Bridge Length | 40m | 50m | |
| Depth of Valley | 12.0m | 13.0m | |
| Ease of Construction | Easy | Easy | |
| Rough Cost Estimation unit:\$1000 | \$ 540 (1.03) | \$ 520 (1.0) | |
| Selected Route | Route 2 (30m downstream from the existing bridge) | | |
| Reasons for Selection | 1. Small volume of excavation 2. No removal of houses 3. Almost equal cost 4. No problem for construction work | | |

Brackets "()" indicate the expansion rate, compared with the lowest cost.

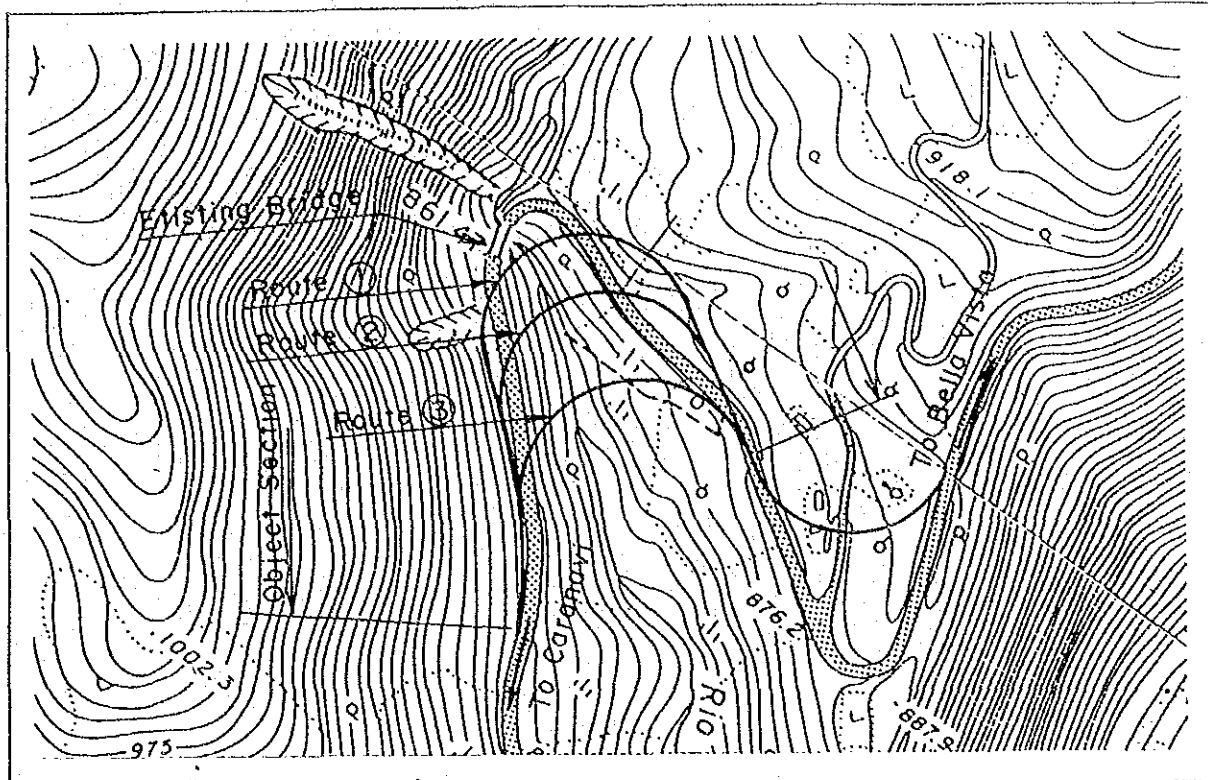
表4.4-2(7) サンロレンソ橋



| Route | ① | ② | ③ |
|-----------------------------------|---|----------------------|---------------------|
| Length of Route | 800m | 760m | 430m |
| Radius of Curvature | 50m | 50m | 100m |
| Volume of Excavation | 174600m ³ | 112660m ³ | 67340m ³ |
| Bridge Length | 50m | 60m | 130m |
| Depth of Valley | 15m | 15m | 30m |
| Ease of Construction | Easy | Easy | Not Easy |
| Rough Cost Estimation unit:\$1000 | \$ 2470 (1.31) | \$ 1880 (1.00) | \$ 2510 (1.34) |
| Selected Route | Route 2 (50m downstream from the existing bridge) | | |
| Reasons for Selection | 1. Lowest cost 2. Smaller volume of excavation than route 1. 3. Easy construction work like route 1 | | |

Brackets "()" indicate the expansion rate, compared with the lowest cost.

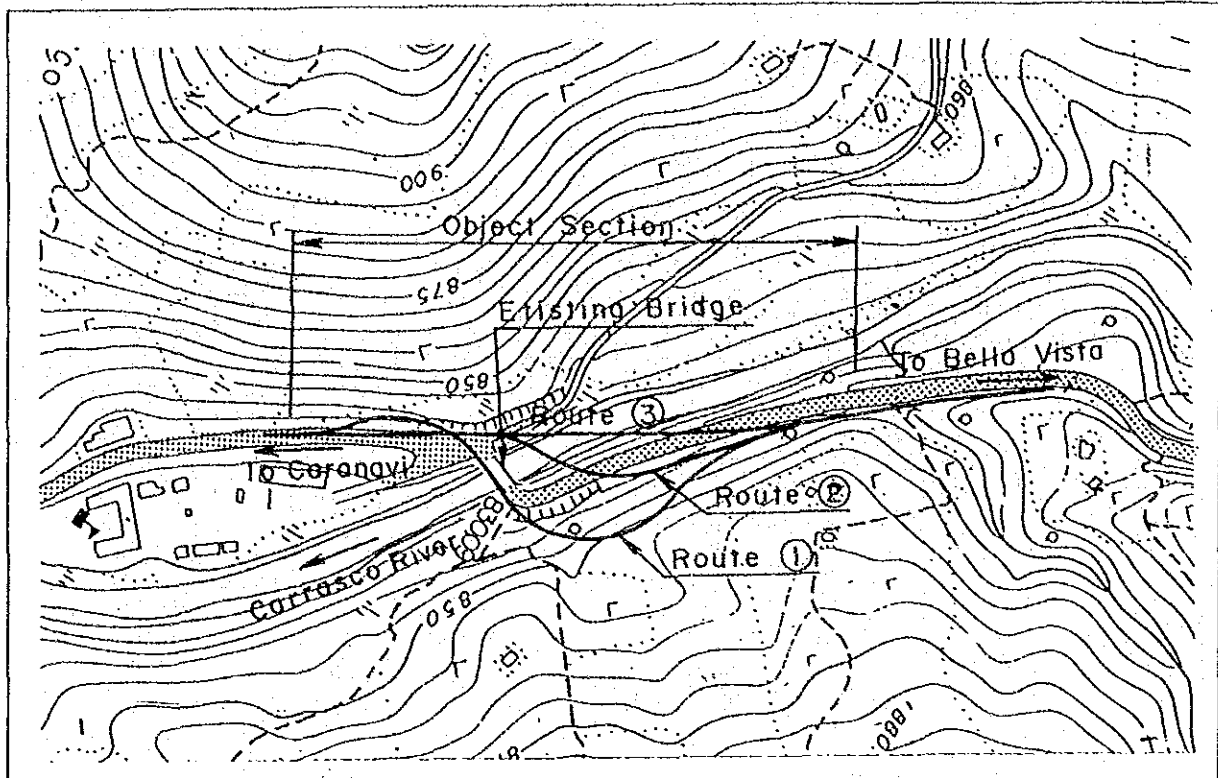
表4.4-2(8) エスピリッツ橋



| Route | ① | ② | ③ |
|-----------------------------------|--|---------------------|--------------------|
| Length of Route | 360m | 300m | 215m |
| Radius of Curvature | 50m | 50m | 100m |
| Volume of Excavation | 31290m ³ | 10350m ³ | 2400m ³ |
| Bridge Length | 35m | 50m | 100m |
| Depth of Valley | 15m | 15m | 20m |
| Ease of Construction | Easy | Easy | Not Easy |
| Rough Cost Estimation unit:\$1000 | \$ 730 (1.13) | \$ 640 (1.00) | \$ 1430 (2.20) |
| Selected Route | Route 2 (40m downstream from the existing bridge) | | |
| Reasons for Selection | 1. Lowest cost 2. Smaller volume of excavation than route 1. 3. Same ease of construction as route 1 | | |

Brackets "()" indicate the expansion rate, compared with the lowest cost.

表4.4-2(9)カラスコ橋



| Route | ① * | ② | ③ |
|-----------------------------------|--|--------------------|--------------------|
| Length of Route | 310m | 280m | 265m |
| Radius of Curvature | | 60-60m ** | |
| Volume of Excavation | 41100m ³ | 5470m ³ | 4290m ³ |
| Bridge Length | 23m | 30m | 65m |
| Depth of Valley | 5.0m | 5.0m | 5.0m |
| Ease of Construction | Not Easy | Easy | Easy |
| Rough Cost Estimation unit:\$1000 | \$ 540 (1.45) | \$ 370 (1.00) | \$ 490 (1.32) |
| Selected Route | Route 2 (30m downstream from the existing bridge) | | |
| Reasons for Selection | 1. Lowest cost 2. Smaller volume of excavation 3. Easy construction work | | |

Note : * Use of the existing bridge

** S-Curve

Brackets "()" indicate the expansion rate, compared with the lowest cost.

表4.4-3 必要な新設橋のまとめ表

| Name of Bridge | Name of River | Location of Bridge | Length of Bridge | Horizontal Curvature |
|----------------|---------------|------------------------------------|------------------|----------------------|
| Point (A) | --- | 250 m downstream from exist. brid. | L=132.5 m | R=50- -50 m |
| Patuni | Patuni | 45 m downstream from exist. brid. | L=40 m | R=50 m |
| Challa | Challa | 15 m downstream from exist. brid. | L=20 m | R=50 m |
| Cascada | Cala Cala | the same location as exist. brid. | L=18.5 m | R=1200 m |
| Alto Choro | Choro | 20 m downstream from exist. brid. | L=50 m | R=50 m |
| Pto. Leon | Quitacarzon | 30 m downstream from exist. brid. | L=75 m | straight |
| Cajones | Cajones | the same location as exist. brid. | L=25 m | R=400 m |
| Chojña | Chojña | the same location as exist. brid. | L=22 m | straight |
| San Silverio | San Silverio | 30 m downstream from exist. brid. | L=50 m | R=50 m |
| San Lorenzo | San Lorenzo | 50 m downstream from exist. brid. | L=52 m | R=50 m |
| Espiritu | Espiritu | 40 m downstream from exist. brid. | L=52 m | R=50 m |
| Carrasco | Carrasco | 20 m upstream from exist. brid. | L=30 m | R=60 m S-curve |
| Avaroa | Mula Jihuata | 15 m downstream from exist. brid. | L=25 m | R=50 m |