

**東ティモール国
全国国道網の脆弱性に係る
情報収集・確認調査**

**ファイナルレポート
和文要約**

平成25年8月
(2013年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社アンジェロセック

東ティモール国
全国国道網の脆弱性に係る情報収集・確認調査
ファイナルレポート
和文要約

目次

図表リスト

目 次

| | |
|---|----|
| 1. 調査の目的 | 1 |
| 2. 調査日程、調査区間 | 1 |
| 3. 調査結果 | 2 |
| 3.1 舗装状況 | 2 |
| 3.2 A02号線の路体破損状況 | 3 |
| 3.3 その他路線の路体破損状況 | 4 |
| 3.4 地質・地形・気象状況 | 5 |
| 4. 考察 | 7 |
| 4.1 路体崩壊による舗装破損 (A02号線、その他道路の路体崩壊箇所) | 7 |
| 4.2 路床や舗装構造による舗装破損 (路体崩壊に至っていない箇所) | 7 |
| 4.3 道路破損原因と対策工 | 8 |
| 5. 想定される対策事例 | 11 |

図表リスト

図リスト

| | | |
|------|-------------------------------|----|
| 図-1 | 現地調査位置図 | 1 |
| 図-2 | 各国道網におけるインターナショナルラフネス指数 (IRI) | 2 |
| 図-3 | 路体破損状況とその理由 (A02 号線) | 3 |
| 図-4 | 路体破損状況とその理由 (全国道路網) | 4 |
| 図-5 | 東ティモールーオーストラリア北西部の模式地質断面図 | 5 |
| 図-6 | 東ティモールの地質 | 5 |
| 図-7 | 東ティモールの年間降雨量 | 6 |
| 図-8 | 路体破損頻度と地質年代の関係 | 7 |
| 図-9 | A02 号線の断面模式図 | 7 |
| 図-10 | A02 号線の CBR と塑性指数の相関関係 | 7 |
| 図-11 | A02 号線の路体崩壊箇所と自然条件 | 8 |
| 図-12 | A05 号線上の大規模崩壊の対策工案 | 11 |

表リスト

| | | |
|-----|----------------|---|
| 表-1 | 現地調査日程表 | 1 |
| 表-2 | 道路破損原因と対策工 (1) | 8 |
| 表-2 | 道路破損原因と対策工 (2) | 9 |

1. 調査の目的

・全国国道路線の道路災害発生が懸念される路線を抽出して災害原因を検討し、災害の危険性を確認する。結果を東ティモール国全土への展開、活用するための基礎資料として整理する。

・脆弱で不安定な地質、風化が進行している地質または地滑りが危惧される区間、平地部、丘陵部、山岳部といった同国の代表的な地形を通過している A02 号路線について、地形や降水量などの特質をもとに災害原因を検討し、結果を整理する。

・全国路線調査結果と A02 号路線調査結果とを合わせ、東ティモール国全土の地質、地形、気象を前提とした道路開発の計画、建設、維持管理における留意点を取りまとめる。

2. 調査日程、調査区間

現地路線調査は、2013年3月21日のキックオフミーティング後、まず A02 号線から開始し、A05、A06、A09、A04、A11、A12、A10 と続き、2013年5月8日まで実施した。

表-1 現地調査日程表

| | 道路区間 | 日程 |
|---|------|---|
| 1 | A02 | 2013年3月22日-2013年3月23日 2013年3月26日-2013年3月29日 2013年4月4日 |
| 2 | A05 | 2013年4月5日-2013年4月6日 2013年4月27日 |
| 3 | A06 | 2013年4月10日 |
| 4 | A09 | 2013年4月11日 - 2013年4月12日 |
| 5 | A04 | 2013年4月17日 |
| 6 | A11 | 2013年4月17日 |
| 7 | A12 | 2013年4月18日 |
| 8 | A10 | 2013年4月19日 |

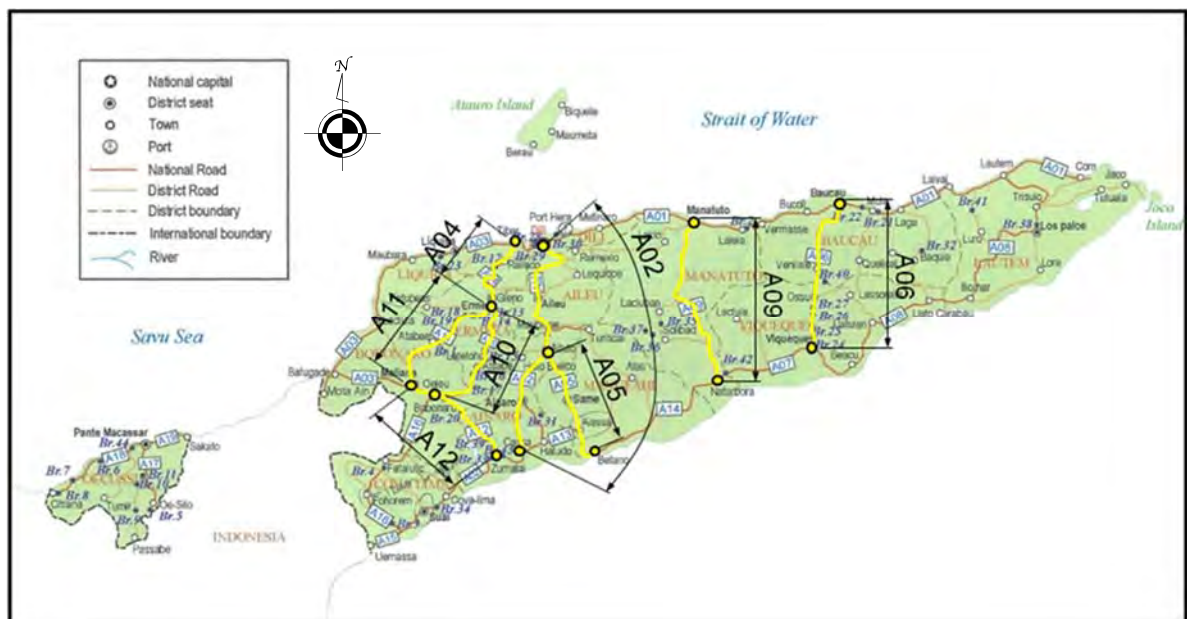


図-1 現地調査位置図

3. 調査結果

3. 1 舗装状況

国際ラフネス指数 (International Roughness Index, (IRI)) の結果

Road Pavement Condition

| A02 | | A04 | | A05 | | A06 | | A07 | | A09 | | A10 | | A11 | | A12 | | A13 | |
|-----|------|--------|-------|--------|--------|-----|-------|----------|----------|-----|----------|-----|--------|-----|---------|-----|-------|-----|-----|
| km | IRI | km | IRI | km | IRI | km | IRI | km | IRI | km | IRI | km | IRI | km | IRI | km | IRI | km | IRI |
| 0 | Dili | 0 | Tibar | 0 | Aitana | 0 | Besau | 0 | Viqueque | 0 | Manatuto | 0 | Ermera | 0 | Maliana | 0 | Cesca | | |
| 5 | | 7 | | 5 | | 5 | | 5 | | 5 | | 5 | | 5 | | 5 | | | |
| 10 | | 10 | | 10 | | 10 | | 10 | | 10 | | 10 | | 10 | | 10 | | | |
| 15 | | 15 | | 15 | | 15 | | 15 | | 15 | | 15 | | 15 | | 15 | | | |
| 20 | | 20 | | 20 | | 20 | | 20 | | 20 | | 20 | | 20 | | 20 | | | |
| 25 | | 25 | | 25 | | 25 | | 25 | | 25 | | 25 | | 25 | | 25 | | 25 | 25 |
| 30 | | 30 | | 30 | | 30 | | 30 | | 30 | | 30 | | 30 | | 30 | | 30 | 30 |
| 35 | | 35 | | 35 | | 35 | | 35 | | 35 | | 35 | | 35 | | 35 | | 35 | 35 |
| 40 | | 40 | | 40 | | 40 | | 40 | | 40 | | 40 | | 40 | | 40 | | 40 | 40 |
| 45 | | 45 | | 45 | | 45 | | 45 | | 45 | | 45 | | 45 | | 45 | | 45 | 45 |
| 50 | 46 | Armaça | 43 | Alissa | 46 | | 46 | Natashor | 50 | | 50 | | 50 | | 50 | | 50 | 50 | 50 |
| 55 | | | | | | | | | 55 | | 55 | | 55 | | 55 | | 55 | 55 | 55 |
| 60 | | | | | | | | | 60 | | 60 | | 60 | | 60 | | 60 | 60 | 60 |
| 65 | | | | | | | | | 65 | | 65 | | 65 | | 65 | | 65 | 65 | 65 |
| 70 | | | | | | | | | 70 | | 70 | | 70 | | 70 | | 70 | 70 | 70 |
| 75 | | | | | | | | | 75 | | 75 | | 75 | | 75 | | 75 | 75 | 75 |
| 80 | | | | | | | | | 80 | | 80 | | 80 | | 80 | | 80 | 80 | 80 |
| 85 | | | | | | | | | 85 | | 85 | | 85 | | 85 | | 85 | 85 | 85 |
| 90 | | | | | | | | | 90 | | 90 | | 90 | | 90 | | 90 | 90 | 90 |
| 95 | | | | | | | | | 95 | | 95 | | 95 | | 95 | | 95 | 95 | 95 |
| 100 | | | | | | | | | 100 | | 100 | | 100 | | 100 | | 100 | 100 | 100 |
| 105 | | | | | | | | | 105 | | 105 | | 105 | | 105 | | 105 | 105 | 105 |
| 110 | | | | | | | | | 110 | | 110 | | 110 | | 110 | | 110 | 110 | 110 |
| 115 | | | | | | | | | 115 | | 115 | | 115 | | 115 | | 115 | 115 | 115 |
| 120 | | | | | | | | | 120 | | 120 | | 120 | | 120 | | 120 | 120 | 120 |
| 125 | | | | | | | | | 125 | | 125 | | 125 | | 125 | | 125 | 125 | 125 |
| 130 | | | | | | | | | 130 | | 130 | | 130 | | 130 | | 130 | 130 | 130 |
| 135 | | | | | | | | | 135 | | 135 | | 135 | | 135 | | 135 | 135 | 135 |
| 140 | | | | | | | | | 140 | | 140 | | 140 | | 140 | | 140 | 140 | 140 |
| 145 | | | | | | | | | 145 | | 145 | | 145 | | 145 | | 145 | 145 | 145 |
| 150 | | | | | | | | | 150 | | 150 | | 150 | | 150 | | 150 | 150 | 150 |
| 155 | | | | | | | | | 155 | | 155 | | 155 | | 155 | | 155 | 155 | 155 |
| 160 | | | | | | | | | 160 | | 160 | | 160 | | 160 | | 160 | 160 | 160 |
| 165 | | | | | | | | | 165 | | 165 | | 165 | | 165 | | 165 | 165 | 165 |
| 170 | | | | | | | | | 170 | | 170 | | 170 | | 170 | | 170 | 170 | 170 |
| 175 | | | | | | | | | 175 | | 175 | | 175 | | 175 | | 175 | 175 | 175 |
| 180 | | | | | | | | | 180 | | 180 | | 180 | | 180 | | 180 | 180 | 180 |
| 185 | | | | | | | | | 185 | | 185 | | 185 | | 185 | | 185 | 185 | 185 |
| 190 | | | | | | | | | 190 | | 190 | | 190 | | 190 | | 190 | 190 | 190 |
| 195 | | | | | | | | | 195 | | 195 | | 195 | | 195 | | 195 | 195 | 195 |
| 200 | | | | | | | | | 200 | | 200 | | 200 | | 200 | | 200 | 200 | 200 |
| 205 | | | | | | | | | 205 | | 205 | | 205 | | 205 | | 205 | 205 | 205 |
| 210 | | | | | | | | | 210 | | 210 | | 210 | | 210 | | 210 | 210 | 210 |
| 215 | | | | | | | | | 215 | | 215 | | 215 | | 215 | | 215 | 215 | 215 |
| 220 | | | | | | | | | 220 | | 220 | | 220 | | 220 | | 220 | 220 | 220 |
| 225 | | | | | | | | | 225 | | 225 | | 225 | | 225 | | 225 | 225 | 225 |
| 230 | | | | | | | | | 230 | | 230 | | 230 | | 230 | | 230 | 230 | 230 |
| 235 | | | | | | | | | 235 | | 235 | | 235 | | 235 | | 235 | 235 | 235 |
| 240 | | | | | | | | | 240 | | 240 | | 240 | | 240 | | 240 | 240 | 240 |
| 245 | | | | | | | | | 245 | | 245 | | 245 | | 245 | | 245 | 245 | 245 |
| 250 | | | | | | | | | 250 | | 250 | | 250 | | 250 | | 250 | 250 | 250 |
| 255 | | | | | | | | | 255 | | 255 | | 255 | | 255 | | 255 | 255 | 255 |
| 260 | | | | | | | | | 260 | | 260 | | 260 | | 260 | | 260 | 260 | 260 |
| 265 | | | | | | | | | 265 | | 265 | | 265 | | 265 | | 265 | 265 | 265 |
| 270 | | | | | | | | | 270 | | 270 | | 270 | | 270 | | 270 | 270 | 270 |
| 275 | | | | | | | | | 275 | | 275 | | 275 | | 275 | | 275 | 275 | 275 |
| 280 | | | | | | | | | 280 | | 280 | | 280 | | 280 | | 280 | 280 | 280 |
| 285 | | | | | | | | | 285 | | 285 | | 285 | | 285 | | 285 | 285 | 285 |
| 290 | | | | | | | | | 290 | | 290 | | 290 | | 290 | | 290 | 290 | 290 |
| 295 | | | | | | | | | 295 | | 295 | | 295 | | 295 | | 295 | 295 | 295 |
| 300 | | | | | | | | | 300 | | 300 | | 300 | | 300 | | 300 | 300 | 300 |

図-2 各国道網における国際ラフネス指数 (IRI)



写真 インターナショナルラフネス指数 (IRI) と路面性状

- ① A02 号線の首都ディリからカーサ区間の舗装状況は、ディリ近辺と途中のアイリウ近辺及びカーサに向かう 3 区間のみ、通行の支障が少ない路面状況である。その他の区間は山岳区間であり、舗装破損が著しい。
- ② その他の南北道路も、山岳区間において舗装破損が著しい。

3. 2 A02 号線の路体破損状況

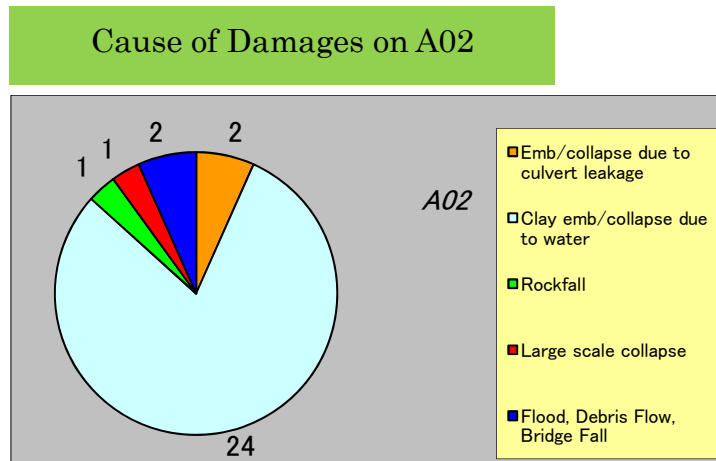


図-3 路体破損状況とその理由 (A02 号線)



写真 破損状況

- ① 著しい舗装破損は、自然災害による道路の崩壊によりもたらされているものである。
- ② 道路崩壊の大部分は、粘性土の路体に水が浸入することによって崩壊している。
- ③ 第 2 番目の原因は、横断排水管の埋設深さが浅く、しかも継ぎ手部分のコンクリート保護していないため、交通荷重により継ぎ手がずれ、漏水が発生し路体を崩壊させている。
- ④ 3 番目の原因は、洪水や土石流による道路崩壊である。

3. 3 その他路線の路体破損状況

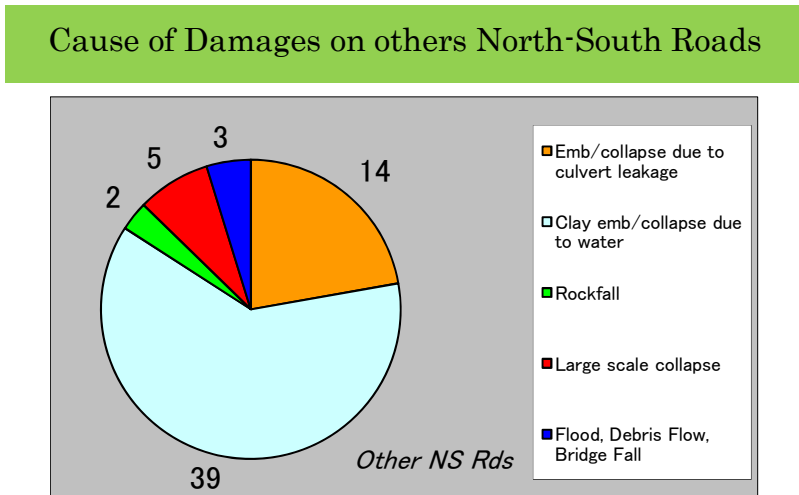


図-4 路体破損状況とその理由（全国道路網）



- ① 道路崩壊の原因の順序は、A02号線とほぼ同様である。
- ② しかし、横断排水管からの漏水による道路崩壊は、人災とも言えるものであり、全体の道路崩壊の4分の1にもなっている。
- ③ さらに、大規模崩壊が無視できない割合になっている。

3. 4 地質・地形・気象状況

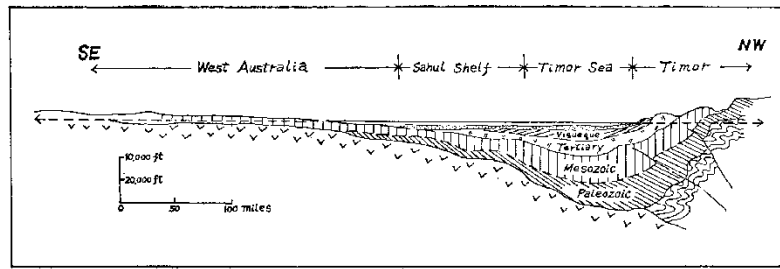


図-5 東ティモールーオーストラリア北西部の模式地質断面図

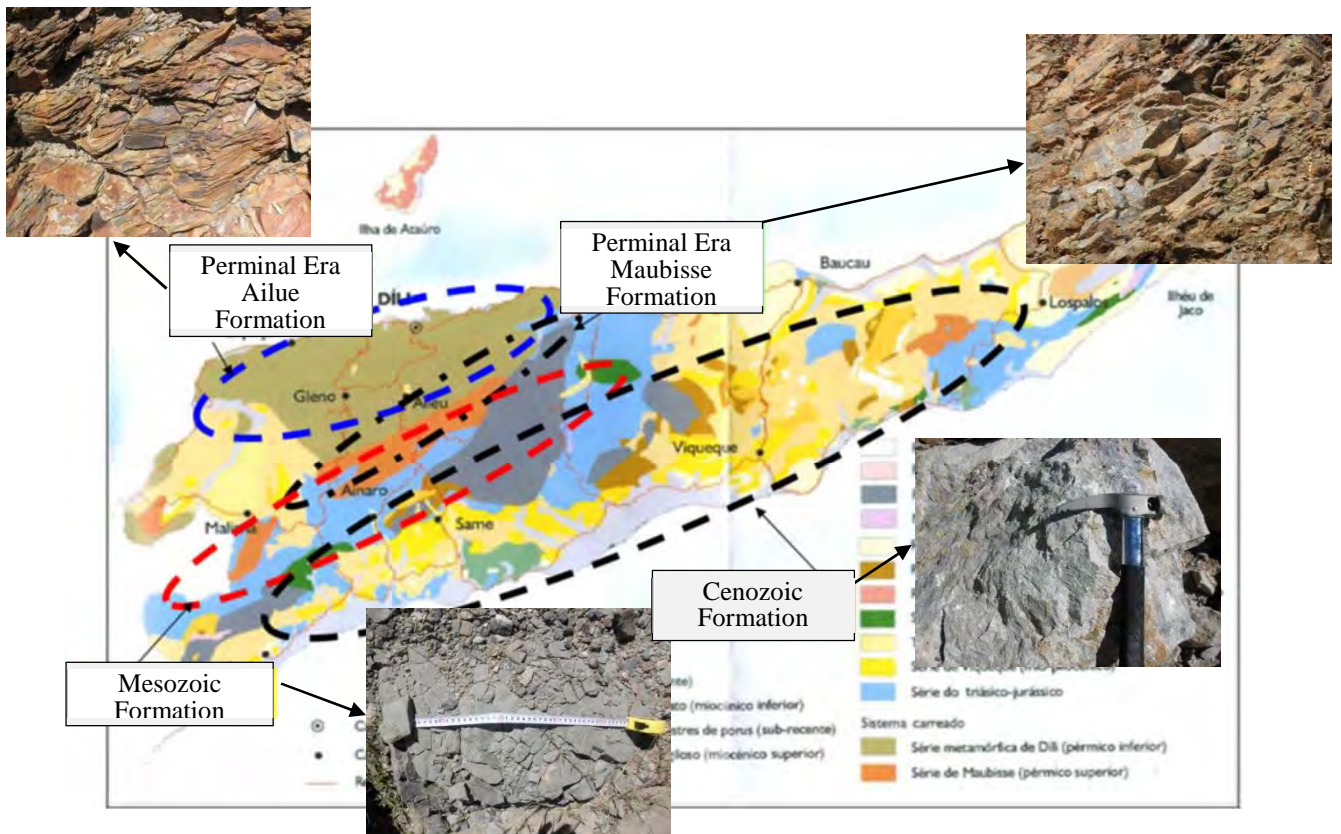


図-6 東ティモールの地質

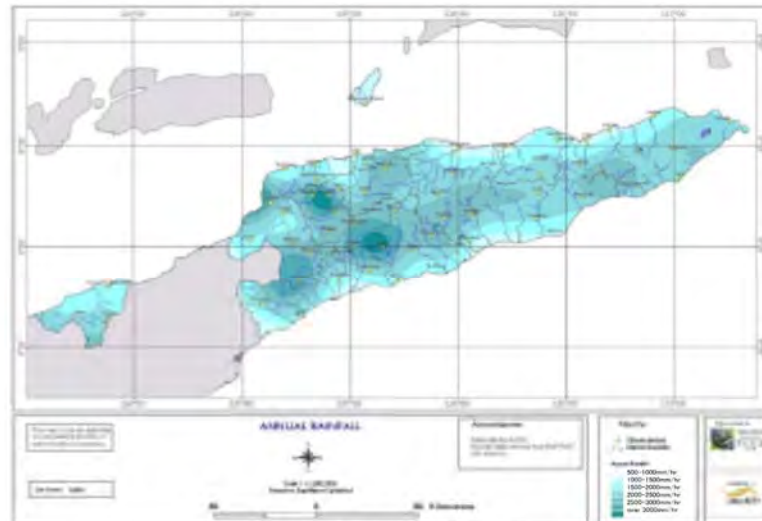


図-7 東ティモールの年間降雨量

- ① 東ティモールは、オーストラリアプレートがユーラシアプレートにぶつかり押し上げられる動きから、北より古生代、中生代、新生代の地層が形成されている。
- ② 北の首都ディリ周辺は、古生代の堆積岩のアイリウ層やマウビセ層であり、風化した節理が発達した脆弱な片岩や頁岩、千枚岩が露頭し、その下には風化し崩落した粘性土が分布している。
- ③ 3000m級の中央山地は、降雨量も多く中生代の堆積岩の地層であり、泥岩、頁岩や石灰岩が露頭し、風化した粘性土が地山となっている。
- ④ 南部の丘陵地は、新生代の固結が緩い堆積岩の地層であり、河岸段丘に石灰岩や砂岩が露頭し、降雨により大規模に崩壊しやすい地質となっている。

道路建設において、道路路体となる東ティモールの表層地質は、上述のような要因から概して脆弱といえる。

4. 考察

4. 1 路体崩壊による舗装破損（A02号線、その他道路の路体崩壊箇所）

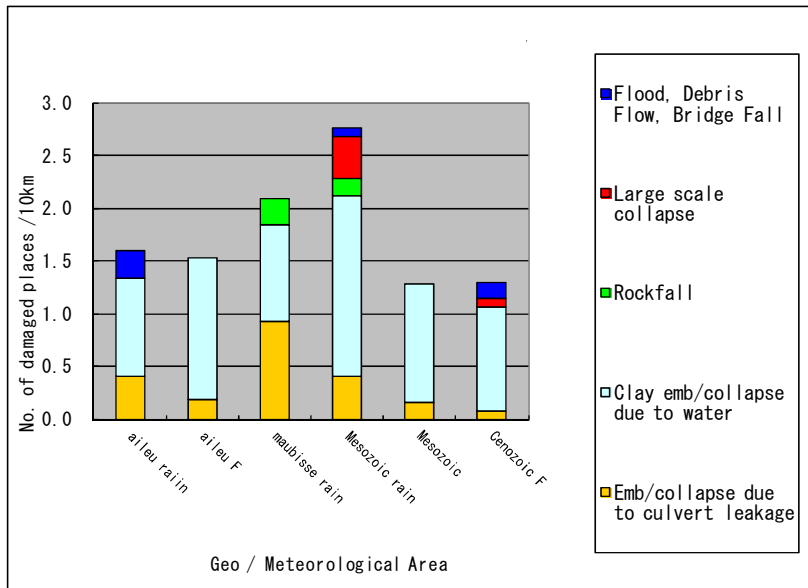


図-8 路体破損頻度と地質年代の関係

- ① 最も頻度が高く、しかも各種の路体崩壊が多く起っているのは、中生代地層の降雨量が多い中央山地を通過している道路である。
- ② 他の地層帯の区間では、もし横断排水管からの漏水が改善されれば、その他の道路崩壊の頻度の差は少ない。

4. 2 路床や舗装構造による舗装破損（路体崩壊に至っていない箇所）

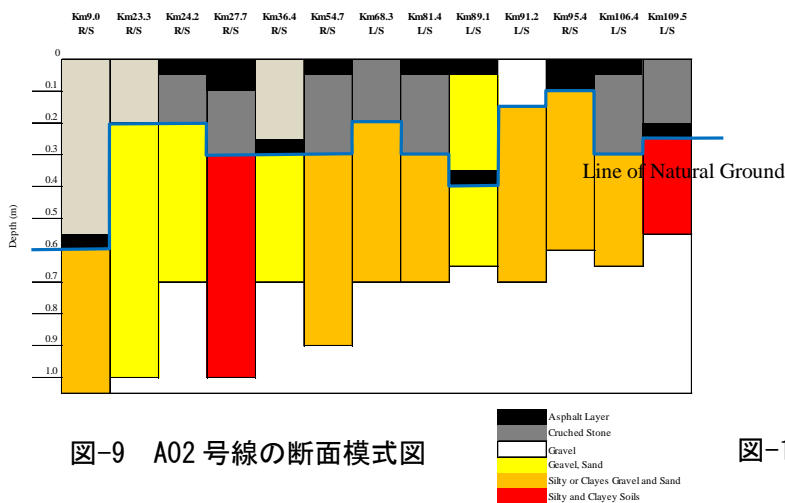


図-9 A02号線の断面模式図

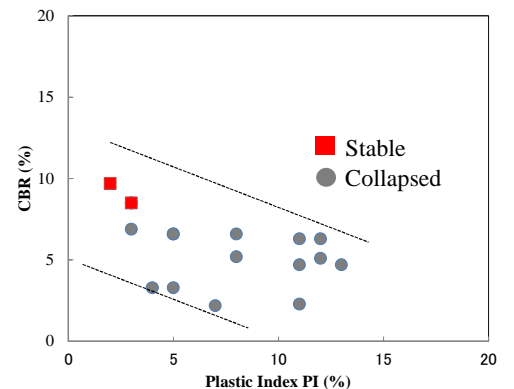


図-10 A02号線のCBRと塑性指数の相関係

| Location | Rainfall (mm/year) | Spring water | Topography | Collapse |
|----------|--------------------|--------------|------------|-------------|
| 9+000 | 1000 | | Valley/Sag | Collapsed |
| 16+200 | <2000 | | Ridge | Stable |
| 23+300 | >2000 | | Valley | Collapsed |
| 23+500 | >2000 | | Valley | Collapsed |
| 24+200 | >2000 | | Valley | Collapsed |
| 27+700 | >2000 | | Valley | Collapsed |
| 27+800 | >2000 | | Valley/Sag | Collapsed |
| 54+700 | <2000 | | Valley/Sag | Settlement |
| 66+900 | >2000 | | Sag | Stable |
| 73+900 | >2000 | ○ | Valley/Sag | Collapsed |
| 77+700 | >2000 | ○ | Valley | Collapsed |
| 81+400 | >2500 | | Valley/Sag | Settlement |
| 83+100 | >2500 | | Valley | Collapsed |
| 85+800 | >2500 | | Valley | Collapsed |
| 89+100 | >2500 | ○ | Valley | Collapsed |
| 91+200 | >2500 | ○ | Valley | Settlement |
| 95+300 | >2500 | ○ | Valley | Washed away |
| 103+600 | >2500 | ○ | Valley | Collapsed |
| 106+400 | <2000 | | Valley/Sag | Collapsed |
| 114+500 | <2000 | | | Collapsed |

図-11 A02号線の路体崩壊箇所と自然条件

- ① 大部分の舗装は、舗装耐用年数10年を過ぎてしていると類推できる。
- ② 舗装は、軟弱な粘性土の路床区間において破損している。
- ③ 路床の上に路盤を敷設せず、直接アスファルトを敷設している区間の舗装は破損している。
- ④ 砂や石の路床でも、地下水位の高いところの舗装は破損している。

4. 3 道路破損原因と対策工

表-2 道路破損原因と対策工 (1)

| 既存の損傷 | | 改修、新設工事 | |
|----------|----------------------|---------------------|-------------------------|
| damage 1 | 浸透水による粘性土地盤の崩壊 | 適切な保護による新設盛土工事 | |
| | 主因 | 高い地下水位 | 地下排水溝及び法面上の水平排水設置 (写真3) |
| | 副因1 | 表面水の浸透 | 地下排水溝及び法面上の小段排水設置 (写真4) |
| | 副因2 | サグ部、及び縦断勾配変化点 | カルバート接続部のコンクリートによる保護 |
| | 副因3 | 粘性土地盤の存在 | 地盤材料の改良 |
| | 副因4 | 土質分類に対する適切な技術仕様書の不備 | 土質分類と試験方法に対する技術資料書の確立 |
| damage 2 | カルバート排水溝からの漏水による地盤崩壊 | 十分な土被りを有する新設カルバート設置 | |
| | 主因 | 十分な土被り厚の不足 | |
| | 副因1 | カルバート接続部の保護不足 | カルバート接続部のコンクリートによる保護 |
| | 副因2 | 土質分類に対する適切な技術仕様書の不備 | カルバート排水溝の技術仕様書の確立 |

表-2 道路破損原因と対策工 (2)

| 既存の損傷 | | 改修、新設工事 | |
|----------|-----------|---------------------|---------------------------------|
| damage 3 | 土石流、洪水、落橋 | | 大容量排水能力を有する施設の建設 |
| | 主因 | 低通水能力 | カルバート排水より橋梁設置推奨 |
| | 副因1 | 岩、土砂堆積による詰まり/維持管理不足 | 岩の撤去 |
| | 副因2 | 不適切盛土材の使用 | 良質材の選定 |
| damage 4 | 大規模崩壊 | | 適切な保護工を伴う盛土とバイパス、及び線形シフトによる新規道路 |
| | 主因 | 脆弱な法面材料 | |
| | 副因1 | 高い地下水位 | 地下排水溝及び法面上の水平排水設置 (写真3) |
| | 副因2 | 粘性土地盤の存在 | 法枠工 (写真1) 法面吹付け (写真2) の設置 |
| | 副因3 | 排水溝の崩壊 | 地下排水溝及び法面上の小段排水設置 (写真4) |
| damage 5 | 落石 | | 不安定で危険な岩石の強制撤去 |
| | 主因 | 長期にわたって風化した岩石 | 法面吹付け、ロックネット、ガビオン擁壁工 |

Damage1 : 横断排水管の漏水による崩壊の原因は、浅い埋め戻しと保護工の欠如、技術仕様書の内容不備である。したがって対策は、より深い埋め戻し厚と保護工による横断排水管の緊急補修と、技術仕様書の内容の明確化である。

Damage2 : 粘性土の地山の浸水による崩壊の原因は、高い地下水位や表面水の浸入やサグや縦断勾配の変化点など水が集まりやすい線形等である。従って、斜面への水平排水管の挿入や道路下へのめくら排水の設置、小段排水や縦排水路の設置などの対策が必要である (写真 4)。

Damage3 : 土石流には大型カルバートや橋の設置が考えられる。

Damage4 : 大規模崩壊に対しては、基本的に当該区間のバイパスや路線位置の変更によって対応すべきであるが、代替路線が設置困難な場合には、斜面の安定対策としての法枠工やアンカー工、鋼管杭の他 (写真 1)、上記水平排水管の挿入や道路下へのめくら排水の設置、小段排水や縦排水路の設置 (写真 3、4) などの対策がある。

Damage5 : その他落石に対しては、吹き付け工 (写真 2) や落石防止ネットやガビオン擁壁などがある。

写真1 Grating crib method



写真2 Gunite-shooting method



写真3 Horizontal Drainage
/Blind Drainage



写真4 Vertical Drainage
/Berm Drainage



5. 想定される対策事例

図-12 A05号線上の大規模崩壊の対策工案

