

## 15. アルジェリア東西高速道路での破碎された堆積軟岩の地すべり

Landslide caused by fractured sedimentary soft rock at East-West Highway in Algeria.

○高柳 朝一、佐藤 洋平 (応用地質(株))

### 1. はじめに

アルジェリアの東西高速道路施工現場で切土に伴って多数の地すべりが発生した。担当工区 (約80km)では、切土法面の半数以上で何らかの変状が生じた。地山は、新第三紀の泥岩、マール等の軟岩が主体で、砂岩、石灰岩、シスト等の硬岩～中硬岩が含まれる。泥岩、マール等の軟岩は、ナップ構造に起因して著しく破碎されている。地すべりは、破碎された軟岩に起因する初生すべりである。詳細設計段階において、空中写真判読、地表踏査及びボーリング調査結果により、地すべり発生リスクを考慮した設計を行った。しかし、これらの地すべりを事前に予測することは殆ど不可能であった。現地の地形・地質・地すべりの概要と代表的な3箇所地すべりを紹介する。

### 2. アルジェリアの地形及び気象

北アフリカに位置するアルジェリアは、国土面積が238万km<sup>2</sup>で、世界第10位の広さである。

国土の大半は広大なサハラ砂漠で、不毛の地となる。サハラ砂漠の北側にアトラス山脈が東西に走る。アトラス山脈は、中央に平坦なアトラス高原があり、北側にテル・アトラス山脈が走る。山脈の北は地中海に没する。人口は、地中海に面した僅かな平野に集中し、他にアトラス高原中に点在する。



図-1 アルジェリアの位置

地中海沿岸部の気候は、文字通りの地中海性気候であり、1年は乾期と雨期とに区分される。図-2は、月別の総降水量及び最高・最低気温の平均値を示したものであるが、5月からの乾期は、晴天の日々が続く、植生は枯れ、褐色の乾いた大地となる。地表には無数の乾燥クラックが生じる。最高気温は45°Cを超えることもある。雨期は11月頃から始まり、厚い雲の中、雨の続く日が多い。標高800m以上では、時に積雪もある。年間雨量は、担当工区に近い地中海に面した街スキダで約500mmである。

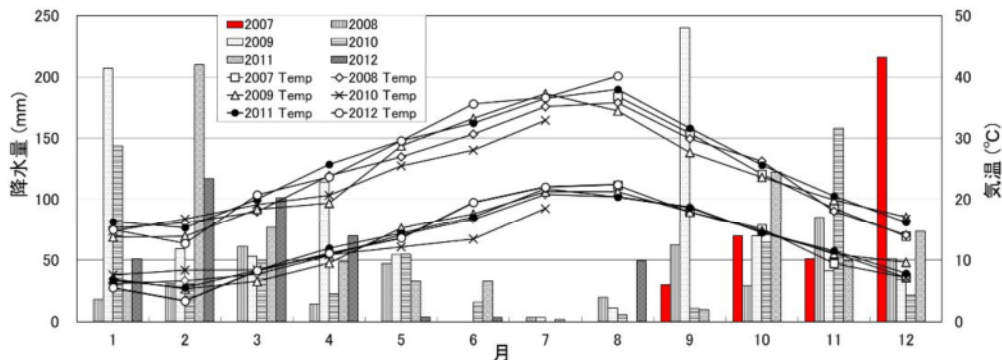


図-2 キャンプ5の月別降水量、最高・最低気温 (平均)

### 3. 東西高速道路の施工及び地形・地質概要

東西高速道路は、東のチュニジア国境と西のモロッコ国境とを結ぶものである。全線の延長は約1,200kmであり、東側の約400kmを日本の共同企業体（Cojaal）が2006年9月に受注したり。本区間は、アトラス高原内の街、標高1,000mのボルジブ・アレリグ（BBA）から東部の主要都市コンスタンチヌスを経て、国境近くの街エル・タルフへ至るものである。道路規格は片側3車線、上下6車線、設計速度は120km/h（一部100km/h）である。施工に際して、7つの工区に区分され、それぞれにキャンプが設置された。この内、コンスタンチヌスから国境寄りのキャンプ5及び6の工区は、地形的には標高800mのテル・アトラス山脈から50mの平地部へ至る地区である。地質的には、山頂付近に中生代の石灰岩やシストが分布し、斜面傾斜は40°程度と比較的急傾斜をなす。一方、山腹斜面は、新第三紀の泥岩やマールからなり、斜面傾斜は10°程度と極めて緩い。泥岩やマールは低固結の軟岩であるが、全体に複雑に褶曲し、著しく破碎されている。全体的な地質構造は、ナップ構造である。



写真-1 現場の代表的な地形

### 4. 切土に伴う地すべりの概要

キャンプ5及び6の工区では、切土に伴って多数の地すべりや局所崩壊が発生した。工区には、本線の両側で合計171の切土法面がある。切土中及び切土完了後に何らかの変状の発生した法面は、93箇所と5割以上になる。この内、地すべり土量が10万m<sup>3</sup>以上の大規模なものは8箇所で生じた。一方、1段の法面内での崩壊土量10m<sup>3</sup>程度の小規模な局所崩壊も多数発生した。小規模な局所崩壊は、完成後法面でも今年の雨期終盤の3月、4月に多数発生した。

地すべりの内、孔内傾斜計ですべり面深度を確定したのものについて、地すべり形状の特徴を図-3に示す。日本の地すべりと比較して、同一すべり面深度に対して、特に、地すべりの幅が大きくなる。日本の平均はW=6.0Dであるが、アルジェリアの平均はW=12.0Dと2倍である。

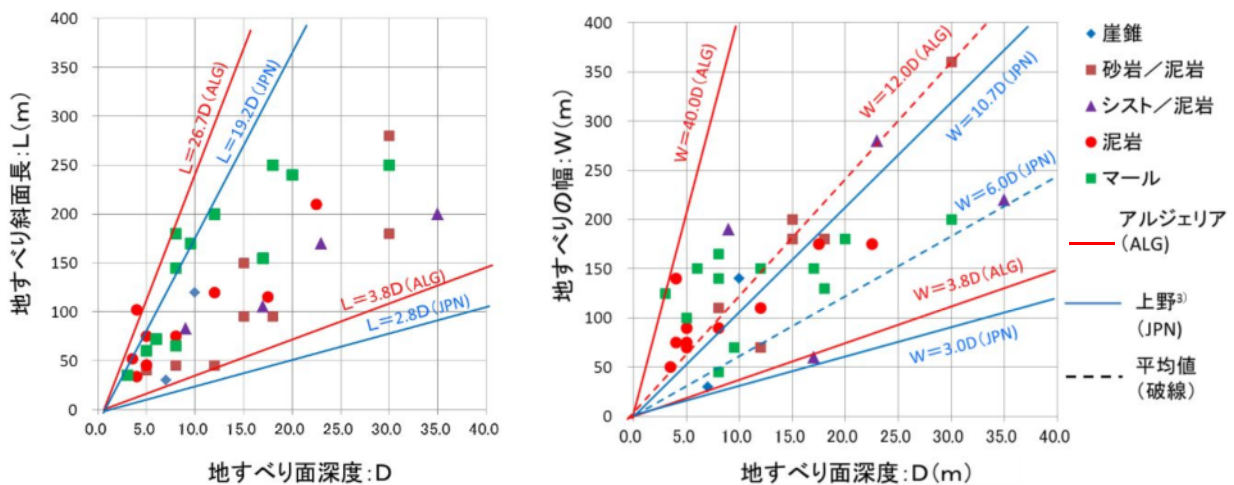


図-3 地すべり形状の比較

## 5. 地すべりの具体例<sup>2)</sup>

切土法面で発生した大規模地すべりの3例を示す。

### 5-1. PK233の地すべり（国道近接の長大切土法面で抑止杭の下を通る地すべり）

#### 1) 地すべり概要（図-4、5参照）

規模：幅200m、斜面長270m、すべり面深さ30m、地すべり土量約54万m<sup>3</sup>

発生時期：2010年6月24日、9段法面の最下段の掘削時

#### 2) 地すべりの発生状況

本法面は、アルジェリア東部の主要幹線道路である国道3号線に近接する長大切土法面であるため、当初設計時から十分な配慮を行った。空中写真判読で、尾根の両側に2つの地すべりブロックが認められた。尾根主部は安定した地山と思われた。両地すべりブロックに対して、事前の孔内傾斜計観測では変位が認められず、ボーリングコア観察、プレシオメータ試験結果から、すべり面深度をGL-18~20mと想定した。これらの地すべりブロックの対策は、排土工を基本とし、法面中段に幅広小段を設け、土塊の除去を行うこととした。切土に対して国道保全のため、抑止杭（L=29m）を2列配置した。起点側の地すべりブロックは、排土工で全ての土塊を除去することができないため、法面中段に抑止杭（L=15m）を1列配置した。

2009年3月、法肩部の抑止杭完了後に粗切りが開始された。法面中段の抑止杭も施工され、また追加の孔内傾斜計や水位計を設置した。

2010年1月、地すべり対策及び監視体制が整ったこともあり、本掘削が開始された。掘削の進行に伴って一部の傾斜計で変位が確認された。しかし、当初想定のスべり面よりも深い深度で、変位速度も0.3mm/日以下と小さかった。このため、計測監視を強化して、施工は継続された。

2010年6月1日、法面の掘削は、最下段の残り1/3程度となった所で、国道と抑止杭との間の孔内傾斜計（IC07）の変位が0.8mm/日と増加した。小段排水の目地の開口が目立ってきた。その後、

国道山側路側や背後斜面でもクラックを確認した。掘削及び法面の整形がほぼ終了する時であった。

直ちに応急押え盛土工が施工された。

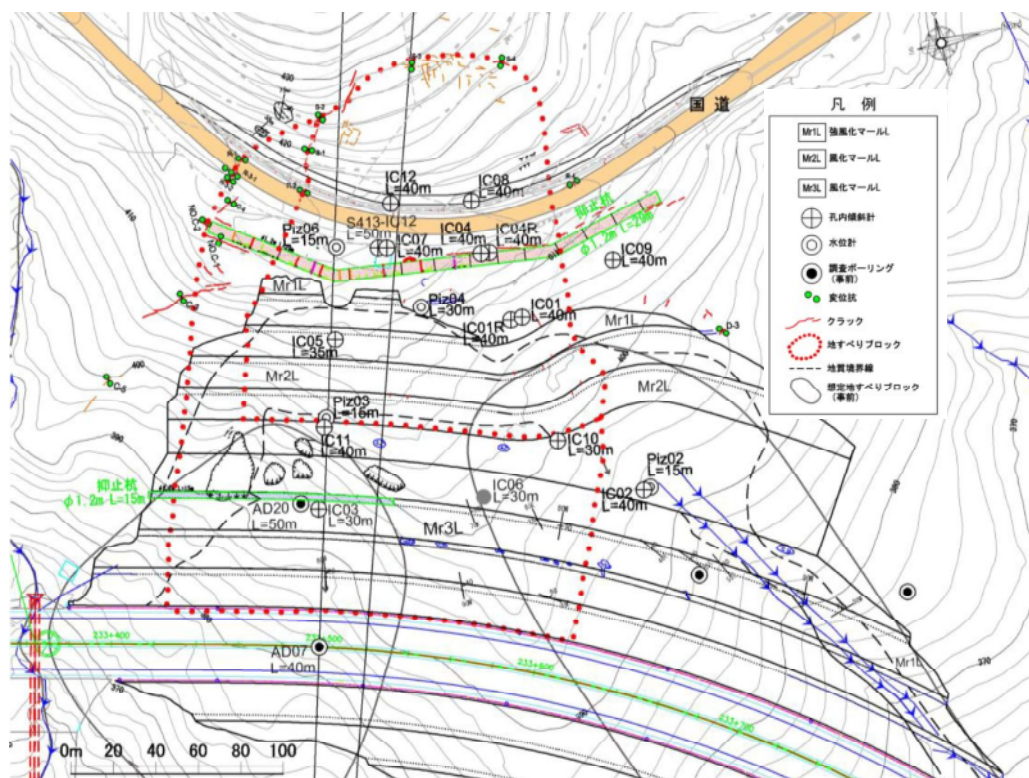


図-4 PK233地すべり平面図



### 3) 地すべりの原因と対策工

本法面の地質は、事前調査で確認されていた破碎された軟岩のマールであり、風化状況も想定通りであった。新鮮部の地山は、軟岩の固結度であったが、無数の微細な割れ目が生じており、鏡肌の発達も顕著であった。地質構造も全体に複雑で、走向は法面に直交～ほぼ平行にまで変化し、傾斜も法面に対して緩傾斜流れ盤～急傾斜受け盤まで変化していた。部分的には粘土化したゾーンも見られた。

本地すべりと元地形との関連性は認められず、掘削による上載荷重の除去で生じた初生すべりであると言える。

応急押え盛土工によって、孔内傾斜計の変位は大きく減少した。対策工は、線形変更によって、応急押え盛土工をさらに嵩上げすることとした。

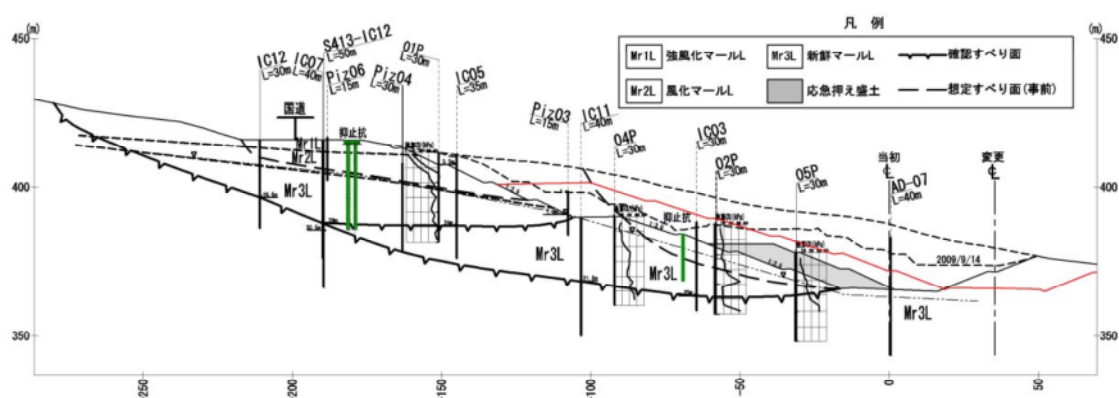


図-5 PK 233地すべりの断面図

### 5-2. PK263 の地すべり（シスト／マールの境界で発生した地すべり）

#### 1) 地すべり概要（図-6、7参照）

規模：幅 250m、斜面長 200m、すべり面深さ 30m、地すべり土量約 50 万 m<sup>3</sup>

発生時期：2010 年 3 月 13 日、4 段法面の最下段の掘削時

#### 2) 地すべりの発生状況

本地区は、傾斜 7° 程度の緩やかな尾根であり、事前の踏査では小規模なワジはあるものの、地形・地質的な異常は認められなかった。2008 年秋より設計勾配 1 : 2.5 で掘削が始まった。掘削は順調に進んだものの、2009 年 11 月に起点側法面内で局所崩壊が発生した。このため、変位杭を設置して掘削を少しずつ継続した。しかし、2010 年 3 月 13 日に変位杭の増加があり、翌 14 日に大規模な地すべりの発生を確認した。末端の圧縮クラックは、本線を横断し反対側法尻へ至るものであった。施工は中断中であった。直ちに応急押え盛土工を行い、地すべりブロックの内外で孔内傾斜計や水位計をグリッド状に配置し、地すべり機構の把握を行った。

#### 3) 地すべりの原因と対策工

本法面の地質は、法面上部に中生代のシストが、下部に新第三紀のマールが分布し、境界部が褶曲するなど複雑な地質構造であった。シストは斜面上部では褐色に風化しているが、斜面下部では新鮮であるものの、破碎が顕著で粘土化の進んだものであった。孔内傾斜計の観測より、すべり面を破碎された地質境界部で確認した。また、法面の風化／新鮮部の境界では湧水も認められた。地すべりの素因は、地質境界の粘土状に破碎されたゾーンである。

地下水も雨期で高かった。この高水位の影響も考えられる。

対策工は押え盛土工をそのまま利用する線形変更とした。押え盛土の下面には碎石による透水ゾーンを設け、押え盛土内部に地下水が上昇しないようにした。

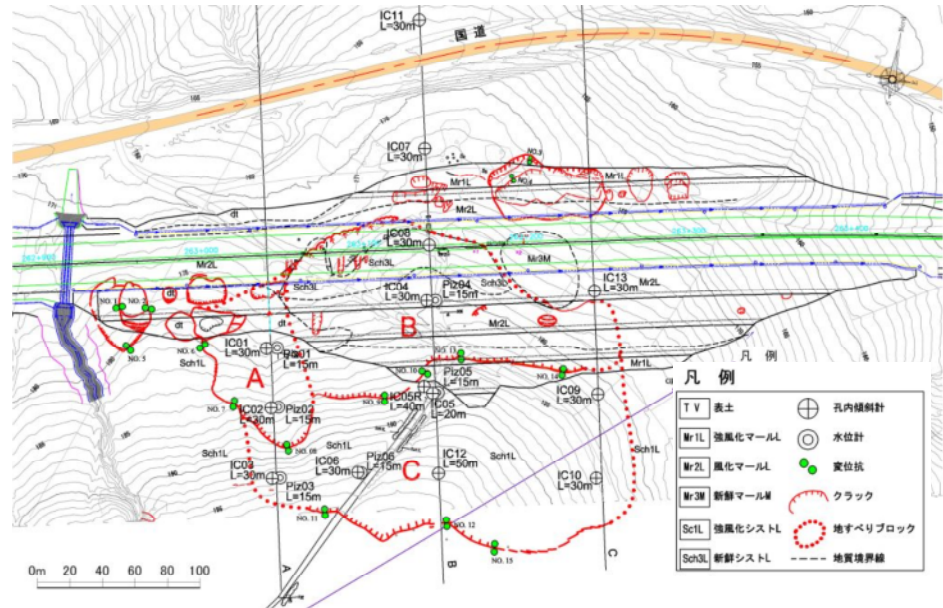


図-6 PK263地すべり平面図

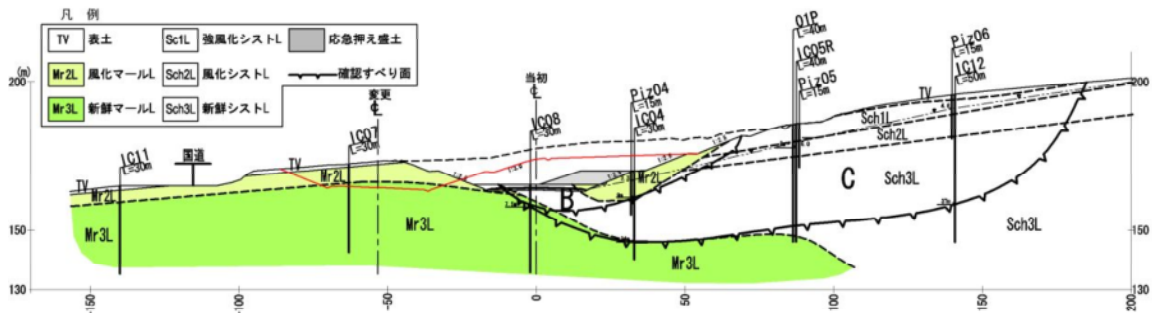


図-7 PK263地すべり平面図

### 5-3. PK281 の地すべり（砂岩の巨大ブロックの上下で発生した地すべり）

#### 1) 地すべり概要（図-8，9 参照）

##### ・A ブロック（1回目の地すべり）

規模：幅 150m、斜面長 150m、すべり面深さ 15m、地すべり土量約 11 万 m<sup>3</sup>

発生時期：2009 年 5 月 6 日、設計勾配 1:1.5 の 6 段法面の粗掘削時

##### ・B ブロック（2回目の地すべり）

規模：幅 170m、斜面長 250m、すべり面深さ 30m、地すべり土量約 43 万 m<sup>3</sup>

発生時期：2010 年 5 月 2 日、変更勾配 1:3.0 の 7 段法面の粗掘削時

#### 2) すべりの発生状況

本地区は、傾斜 5~10° の斜面である。事前のボーリング調査では、泥岩中に硬質な砂岩を挟む安定した地山と評価されていた。2008 年秋から掘削が開始されたものの、2009 年 5 月に背後斜面でクラックが発生した（A ブロック）。このため、応急押え盛土工を行い、孔内傾斜計、水位計を主測線沿いに設置した。本ブロックの対策は、勾配変更による排土工とし、2010 年 1 月から変更勾配 1:3.0 での粗掘削が開始された。しかし、掘削の進捗と共に、背後斜面に新たなクラックが発生した（B ブロック）。本ブロックは、法面背後の高圧線鉄塔を巻き込むものであった。このため、再び応急押え盛土工を行い、詳細な調査を行った。

### 3) 地すべりの原因と対策工

本法面の地質は、泥岩中に大小様々な砂岩ブロックが存在するものであった。Aブロックは法面中央付近の巨大な砂岩の上面で生じ、Bブロックはこの砂岩の下面で、直線的に生じていた。ボーリングコアでは、砂岩と泥岩との境界部では、破砕されており、これが地すべりの素因と思われる。

対策工は、線形変更とし、すべり面形状の大きく異なる

2つの地すべりブロックに対して、バランスを図った押え盛土工を採用した。

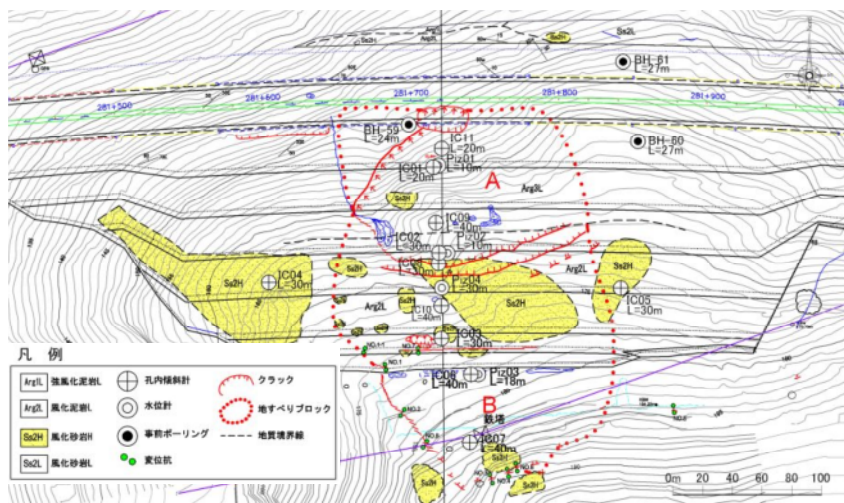


図-8 PK281地すべり平面図

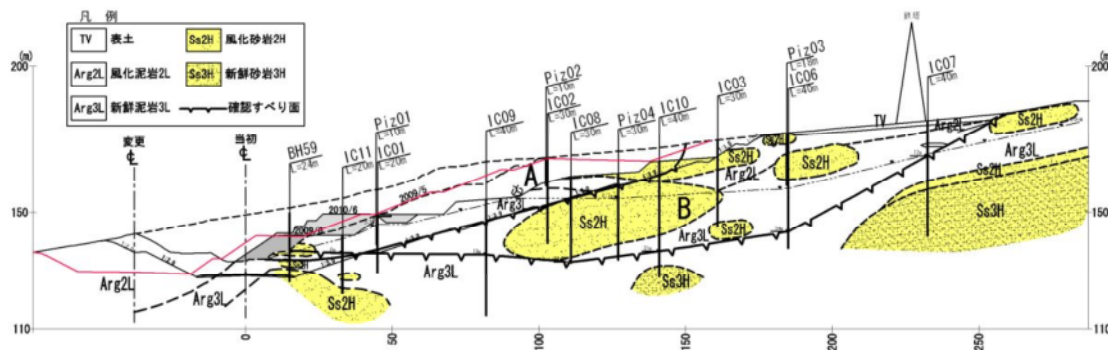


図-9 PK281地すべり断面図

## 6. おわりに

アルジェリアの東西高速道路施工現場で、切土に伴う大小様々な地すべりや局所崩壊を体験した。これらは、日本で見て来た挙動とは大きく異なるものであり、最初の頃は日本での経験が不適切な判断を導くこともあった。既往資料の乏しい海外で業務を行う時の難しさを痛感した。関係者にご迷惑を掛けたことも多々あった。

今、振り返れば、アルジェリアでは4年3ヶ月の間、日本では決して得ることのできない、大変体験貴重な経験をさせて頂いた。関係者へ厚く御礼を申し上げる次第です。

### <参考文献>

- 1) 相河清実 (2010) アフリカ・アルジェリア民主共和国東西高速道路の建設、土木施工、Vol.51、No.12、P.38-42.
- 2) 谷澤房郎 (2011) アルジェリア東西高速道路における地すべり、基礎工、Vol.39、No.1、P.52-54.
- 3) 上野将司 (2004) 切土のり面の設計・施工のポイント、理工図書、PP104.