

# 既設道路盛土の原位置安全点検のための性能曲線の検討

野並 賢\*

## A Study of the performance curve for on-site inspection management approach of existing road embankment

Satoshi NONAMI\*

### ABSTRACT

In order to perform rationally the indoor investigation and the on-site inspection concerning the maintenance of an existing road filling, examination of the performance curve of a filling was performed. Compilation of the character of a road embankment was performed from a viewpoint of a maintenance management. It was shown that the performances of an embankment differ from the time of construction. And, it was said that the maintenance of the drainage facilities which time passage leads a decline of a performance had big influence on the performance curve of an embankment. The performance curve of the existing embankment set up the embankment rank division, caring about the accuracy which can be evaluated by on-site inspection. Moreover, the proposal of the frequency of an inspection and repair and the valuation of counter-measure construction were incorporated.

*Keywords* : performance curve, inspection management, existing road embankment

### 1. はじめに

我が国では、高度成長期以降に整備したインフラ構造物が急速に老朽化し、今後 20 年間で建設後 50 年以上が経過する施設の割合が加速度的に高くなるとされている。このことを踏まえ国土交通省では、社会資本全般に関する本格的なメンテナンス時代に向け、2013 年を「メンテナンス元年」と位置付け本格的な対策を始動させたところである<sup>(1)</sup>。斜面・のり面のような土構造物の維持管理については、管理費用の制約等から重要度が高い橋梁・トンネルに比べるとその対応は十分ではないもの、必要性は認められており、潜在的なニーズはあるといえる。

道路盛土や大規模宅地盛土などの盛土構造物に限ってみれば、常時の使用に問題なくとも、豪雨、地震などの外力作用時に性能が極端に落ちるものがある。兵庫県南部地震など過去の地震被害事例では、同程度の外力が作用した場合、被災盛土がそうでない盛土よりも少なく、すべての盛土構造物が一様に危険なわけではないことが指摘されている<sup>(2)</sup>。したがって、盛土構

造物に関しては対策必要箇所を合理的に抽出することが維持管理上の課題として挙げられる。

一方、盛土を含むインフラ構造物の維持管理の最適化を進めるに当たって、アセットマネジメントの考え方を導入することが望まれている<sup>(3)</sup>。その際には通常、ライフサイクルコストを踏まえた性能曲線の概念を導入する手法がとられており、盛土構造物においてもこれを検討することが適当と考えられる。現状では、安定性の低い盛土構造物の抽出は机上調査および現地踏査に基づく点検作業が主たる手法となっていることを踏まえると、安全点検時に作成するカルテに性能曲線の考え方が盛り込まれていることが合理的である。しかし、既設盛土の性能曲線と安全点検時に着目する事柄を関連付けた検討は十分に行われていない。

本研究では以上の背景に基づき、安定性が低い盛土の抽出に際して既往の手法を概観するとともに、維持管理の観点から見た道路盛土の特徴の整理を行った。そして道路盛土を構成する要素が盛土の安定性に対する役割について、机上調査および現地踏査で確認できる事象に留意しながら検討を行った。それらの結果を踏まえ、現地踏査に基づく既設盛土の安定性評価を行

\* 都市工学科 准教授

う際に、基本的な指標となる盛土の性能曲線を検討するものである。

## 2. 既往の既設盛土安定性評価例

### 2.1 盛土の点検手法

道路盛土においては、「道路防災点検の手引き」<sup>(4)</sup>にある「平成18年度防災点検要領」が既設盛土の安定性を評価する標準な手法となっている。これは、管理対象道路の防災レベルに基づいて点検対象区間を選定し、対象区間に対して机上調査および現地確認によって安定性に関する点数付けを行い、安定度調査票（防災カルテ）を作成し、今後の対応方針（対策及び点検継続の判断）を定めるものである。客観性の確保や作業の容易さに留意して作成されているが、盛土の安定性を的確にとらえていない事例も見られるなどの課題もある<sup>(5)</sup>。ただし、現況での利用実績を考慮すると、予定している具体的な点検手法に関する研究は、この安定度調査票を基本として進めることが現実的な方針になるといえる。

被災事例を参考に危険度の高い盛土を抽出する手法を検討したものとして、東名高速道路牧之原地区地震災害<sup>(6)</sup>を受け、机上調査（盛土材料および地山地形・盛土高）と地下水に着目した現地踏査および簡易調査によって、危険性の高い盛土の抽出手法を示したもののや<sup>(7)</sup>、新潟県中越地震で被災した高速道路盛土の傾向の再現性に着目して盛土基本情報から耐震性の低い盛土を抽出し、ニューマーク法に基づく変形量を予測して許容変位量との比較により評価を行う手法<sup>(8)</sup>などがある。前者は継続的な水位観測を行う必要のあること、後者は精度の高い図面が用意されている必要がある。また、両者とも性能曲線で取り扱う時間スケールに見合うような安定性の経年変化を組み込んでいないという課題が挙げられる。このほか、盛土の変状は水の影響を受けたものが大半であることを踏まえ、盛土のり面点検時の着目点を整理し、のり面の補修、補強工法を検討した事例<sup>(9)</sup>や、理想的な完全仕様の点検項目を整理し、そこから路線毎の状況に応じた効果的な点検項目を抽出する手法の検討<sup>(10)</sup>なども行われている。

大規模宅地盛土においては、大地震時の大規模盛土造成地の被害を軽減することを目的として宅地耐震化推進事業が進められている。事業の優先度を評価するため、地震時安定性が低いとみなされる盛土の抽出手法が技術マニュアルに示されている<sup>(11)</sup>。これに示されている手法の不備を補完するために、動的コーン貫入試験と簡易安定計算を援用した安定性評価手法の検討も行われている<sup>(12)</sup>。また、多くの異なる盛土に対して実施した動的コーン貫入試験に基づき、地震時安定性の低い盛土の傾向を取りまとめた事例<sup>(13)</sup>もあり、造成年代が古く、基礎地盤表層地質が段丘層もしくは大阪層群であり、盛土厚が厚い盛土で、末端部の変状や旧ため池および調整池のある盛土は地下水位の出現頻度

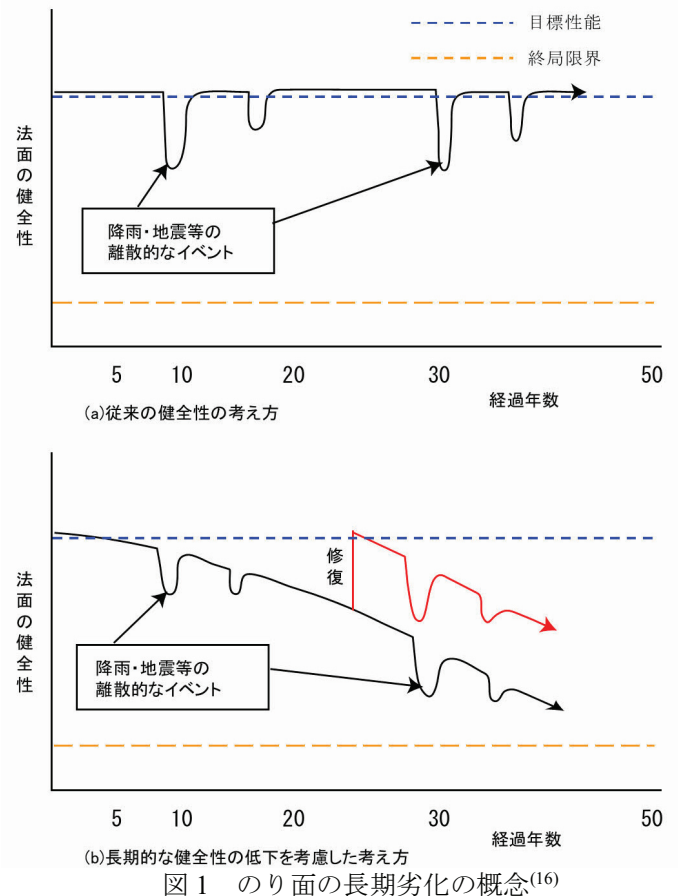


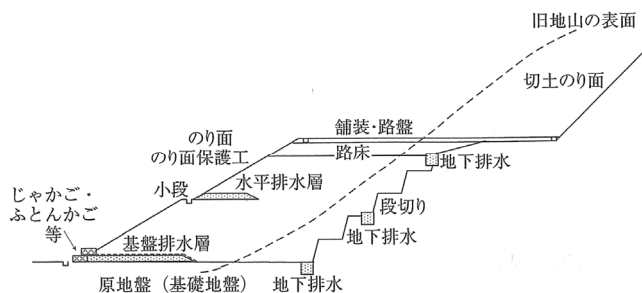
図1 のり面の長期劣化の概念<sup>(16)</sup>

が高く、平均  $N_d$  値も小さい傾向を示すことが述べられている。

### 2.2 盛土の性能曲線

橋梁などの人工構造物においては、劣化原因が土構造物と比べると比較的明確であることもあって、インフラ構造物のアセットマネジメントが着目された当初から劣化予測曲線についての検討が行われてきた<sup>(14)</sup>。一方、のり面についても安定性に関する性能曲線の概念が検討され始めており<sup>(15)</sup>、盛土においては図1に示すように、橋梁等ではあまり問題にならない降雨・地震などの外力が安定性を一気に低下させる要因としている<sup>(16)</sup>。ただし、従来ののり面の性能曲線は強度劣化特性が明確でないなどの理由により、図1(a)に示すように離散的に安定性は低下するものの、長期的にはのり面は安定するものとして取り扱われてきた。しかし排水施設の不具合等により盛土内部の飽和度の上昇を招いた場合、長期的に健全性が低下することを、飽和-不飽和連成弾塑性有限要素解析による事例解析で示した例もある<sup>(16)</sup>。この考え方を反映した性能曲線の考え方を図1(b)に示した。本研究においても、ここで示されている性能曲線を参考に、道路盛土に特化した性能曲線を検討することとする。

このほか、地下水排除工の性能低下を、確率密度関数を用いることにより表現し、のり面のライフサイクルコストを定量的に示した研究も行われている<sup>(17)</sup>。

図2 道路盛土の主な構成<sup>(18)</sup>

### 3. 道路盛土の管理上の特徴と道路盛土の安定性評価の整理

道路盛土の性能曲線の検討のため、維持管理の観点から道路盛土の特徴を把握し、道路盛土を構成する要素と安定性に関する評価の関係を検討した。検討に際しては幅広い道路盛土へ適用できるように、汎用性に留意した。

#### 3.1 維持管理の観点から見た道路盛土の特徴

維持管理の観点から見た道路盛土の特徴は、以下のようによまとめられる。

①盛土は、現場での施工管理が比較的容易な締固め度  $D_c$  を指標として、仕様設計の考え方にに基づき品質保証の下限値を用いた管理を行っている。一方、盛土の力学的な安定性評価はせん断抵抗角  $\phi$  や粘着力  $c$  などの強度特性や、地下水位や盛土形状等によって定まるものであり、施工時の管理基準である締固め度で一義的に決まるものではない。したがって、同一の施工管理基準で築造された盛土であっても、盛土材料が異なることによる強度特性・透水性の違いにより、築造当初から品質が異なっている。このことは、盛土の品質評価および既設盛土の安定性向上を困難なものにしている一因となっている。また、盛土材の性状で品質が決まるということは、一旦盛土が築造されると、抜本的な強度向上対策が困難であることを示している。

②他の土木構造物（橋梁、トンネル等）と異なり、品質管理の難しい自然材料（土）を主要材料とする。また、切土工事や建築基礎工事等での発生土を受け入れることによって盛土材料とすることが一般的であるため、希望通りの材料が確保できるとは限らない。これらのことも、盛土の品質評価を困難なものにしている一因といえる。

③良質な材料を用いて良く締固めた盛土で排水機能が十分に発揮されていれば、続成作用によって時間とともに安定化することが期待できる。一方、排水性能が低下するような条件下にあり、スレーキングしやすい盛土材料であれば乾湿繰返しによる変形や強度減少をもたらす。また、締固めが十分でなく保水性の高い盛土は、経年的な地下水位上昇をもたらすせん断強度が低下するため、外力作用時に崩壊することが懸念さ

れる。すなわち、築造時の盛土の状態（地盤材料特性、締固め度等）および設置箇所（集水地形、降雨量、基礎地盤の変形性等）が築造後の盛土の安定性を大きく左右することを意味する。特に、築造後の盛土の性状は、盛土内へ水の侵入を許さないか、もしくは入った水を速やかに排出させることができるかが重要なポイントとなる。

以上を整理すると、道路盛土の性能曲線の検討を行うに当たっては、1) 現行の品質管理基準に基づく盛土であっても、築造時から盛土の性能は同一ではないこと、2) 盛土材料の不良に起因する品質の低い盛土の抜本的対策は困難であること、3) 自然材料を用いているため、品質のばらつきが避けられないこと、4) 盛土材の性状および排水施設（状況）により経時的な性能の変化が異なり、築造後は盛土の水分管理が重要であること、などを反映させる必要があると考えられる。

#### 3.2 道路盛土の構成と盛土点検にかかる基本的な考え方の整理

具体的な検討を進めるにあたって、道路盛土を構成する要素が盛土の安定性にどのような役割を担っているかの整理を行った。図2に道路盛土の標準的な横断面図を示した。これより、道路盛土は、路体、路床からなり、盛土の主体をなす「盛土材」と、基礎排水層や水平排水層、小段水路からなる「排水施設」と、舗装、ガードレールなどの「付帯構造物」からなることがわかる。以下に、盛土安定性の観点からそれぞれの概要を示し、安定性評価との関係をまとめることとした。

##### 3.2.1 道路盛土の構成要素

①盛土材：土質材料からなり、盛土を主に構成する。安定性の支配的な要因となるものである。3.1節で述べたように、よく締まった盛土であれば盛土内に水が入りにくい時間とともに安定化するが、水の影響を受ける盛土は時間とともに劣化する。また、岩砕ずりのようなせん断強度が大きく、透水性の高い（水が抜けやすい）材料と、粘性土混じり砂のようなせん断強度が小さく、保水性の高い材料とでは、同じ締固め度を確保しても、性能に差が生じることが避けられない。本質的に、性能規定を行うことが難しいものである。

②排水施設：側溝や排水暗渠、カルバートボックスなど、主にコンクリート（ポリエチレン素材などが用いられることもある）からなる人工構造物である。舗装も広義の排水施設である。降雨時の走行機能の確保や、盛土前に存在していた溪流の代替機能の確保のみならず、盛土内に水を入れないという、盛土の品質を安定させるために重要な役割を担う構造物である。竣工直後が最高の品質を発揮し、時間とともに劣化する。また、想定外力や設置箇所に応じた機能を発揮させる必要があり、これらは設計・施工時に考慮するべきものである。

排水施設は図3に示すのり面排水工と、図4に示す

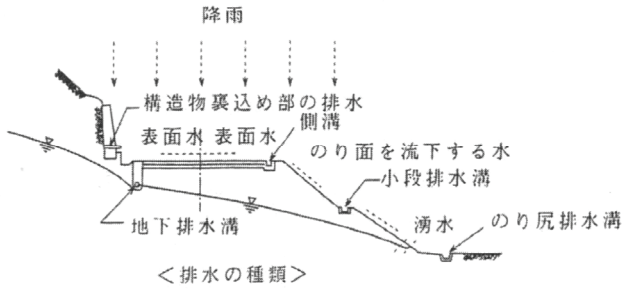


図3 のり面排水工(4)

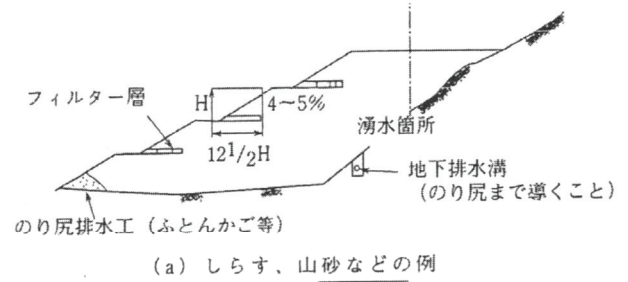
地下排水工に大分類される。のり面排水工は構造物が地表に露出しており、また小規模な構造物で構成されることから、機能回復が容易であるが、地下排水工は盛土築造途中に設置し、設置時に点検手法を導入していなければ盛土完成後に管理、点検、対策を行うのが困難である。このため、不具合が生じて間接的な手法でしか評価ができない。

③付帯構造物：道路盛土の安定性には直接的に関係しないが、道路施設として不可欠なものである。道路盛土の不安定化により、これらの機能も低下することがあるため、変状の程度が盛土安定性の指標になることがある。逆説的には、付帯構造物の不具合を招かないように盛土の安定性を確保する必要があるともいえる。

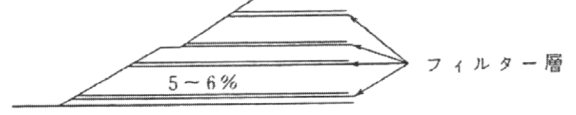
**3.2.2 安定性評価時の要素の整理** 盛土の安定性を支配しているのは先述のように盛土材であるため、これに焦点を当てた整理を行った。なお、ここでの整理は別途検討する具体的な点検手法につながるものであり、性能曲線の検討とは直接的に関連しないものであることに留意されたい。

安定性評価の観点からの盛土材の要素を整理すると、1)盛土材料、2)盛土の締り具合、3)水分分布、に分類される。ここで、1)盛土材料とは、土が生来的に有する性質である粒径や粒度分布、粒子形状、粒子の硬さ(圧裂強度)を指す。「岩砕ざり」や「砂質土」など、土の名称としてとらえれば理解しやすい。2)の盛土の締り具合は、盛土材料の密度の状態を指す。密な盛土であれば強度は大きく、透水性は低くなるため、しまっている盛土ほど安定性は高い。1)と2)の組み合わせにより、盛土材の基本的な強度特性が決まる。3)の水分分布については、これらの状態が結果的に盛土に与えている影響を評価することとなる。降雨時にのり面表層水の発生を許すような盛土は、浸食による変状や、表層崩壊、宙水の発生を招く恐れがある。また地下排水工に不具合を生じている盛土は盛土内水位を発生させ、盛土不安定化をもたらす。

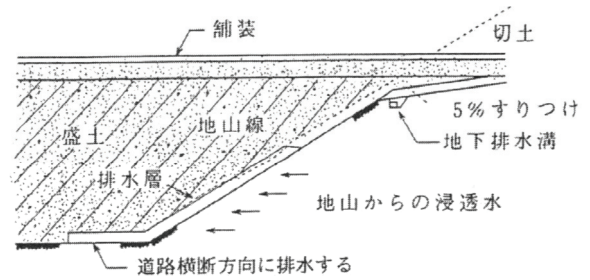
机上調査および現地踏査で評価できる事柄と、上記に挙げた関係を考察すると、1)と2)については工事記録の確認を行わない限り、現地踏査で直接的な評価が



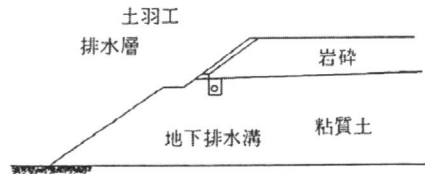
(a) しらす、山砂などの例



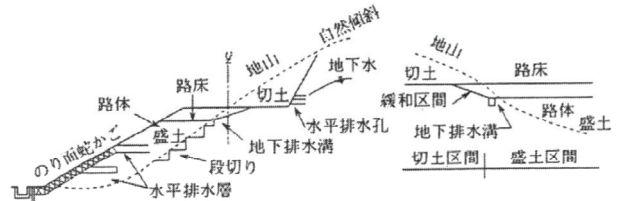
(b) 火山灰質粘性土の例  
水平排水層の例



<地山の表面に設けた砂層の排水層>



<盛土材質が異なる場合の排水施設の例>



(a) 片切り・片盛り部における例 (横断面図) (b) 切土・盛土接続部における例 (横断面図)

<のり面から湧水を排水する施設>

図4 地下排水工(4)

できないため、これらの性状が劣悪な場合に現れるのり面・路面の変状状態から定量的な評価を行う必要がある。3)については排水施設の状況から盛土外部からの水の侵入状況やのり面に湿潤化など、現地踏査である程度の評価は可能である。また排水不良によって引き起こされる変状についても1), 2)の状況を踏まえながら評価可能である。なお、上記3点に加えて4)盛土形状も盛土安定性に大きな影響を与えるが、これらは調査時に評価が可能である。

**3.2.3 安定性評価方針の検討** 以上の整理に基

づき、安定性評価の基本的な考え方を以下のようにまとめた。盛土の安定性は主に盛土材の性能に依存し、これを長期間安定させることが維持管理の観点から最も重要である。ただし、安定性確保に最も効果的である盛土材料や締固め度の向上は盛土築造後に実施することが困難であるため、築造後は盛土内に水を入れないう方策を担う排水施設が盛土安定化の主な役割を担うこととなる。

一方、排水施設は主にコンクリート構造物からなり、経年劣化を避けられないことから、定期的な維持管理が要求される。すなわち、時間の経過とともに排水施設の機能が低下し、所定の機能を満足しなくなって、盛土材の品質を低下させる時期が訪れることを避けることができない。そこで盛土の性能曲線は、排水施設の経年変化に着目し、それが盛土材料の経年変化に影響を与えるものとして評価することとした。なお、盛土が設置されている基礎地盤も安定性に大きな影響を与えるが、ここでは議論を簡単にするため取り扱わないこととする。広義には、同じ土質材料であることから基礎地盤の評価は盛土材に準ずるものと考えられる。

#### 4. 既設道路盛土の性能曲線の提案

ここでは、3章での検討結果を踏まえて、具体的な既設道路盛土の性能曲線の検討を行った。すなわち、道路盛土のランク区分の設定を行い、排水施設、盛土材両方の健全度～時間関係を示したうえで、現地点検で着目すべき課題が反映できるような盛土の性能曲線の提案を試みた。

**4.1 道路盛土のランク区分の設定** 道路盛土の性能曲線の検討に際し、盛土の安全性を適切に評価し、かつ点検時の評価項目に合致するよう、盛土ランク区分の考え方をランク A～D の 4 段階に設定した。なお、ランク区分を 4 段階としたのは、力学的な照査手法によって評価を行うことが望ましい盛土安定性を現地踏査によって概略的に行うことを目的としたため、これ以上の細分化を行っても十分な精度が得られないと考えたからである。

- ・ランク A：所定の安全性を十分に有しており、今後も急激に低下する可能性が低い。点検頻度を落とすともよい盛土である。
- ・ランク B：排水施設の経年劣化（法尻の擁壁や法枠など盛土の安定性に寄与する構造物を含む）が始まっているものの、所要の機能は発揮されており、目立ったリスクも発生しておらず、所定の安全性は確保できている。カルテ対応となる盛土である。
- ・ランク C：排水施設の機能低下もしくは機能不足に起因する変状が生じ、盛土の安全性が低下している。ただし、排水施設（および擁壁、法枠など）の補修・改善を行えば、盛土の安全性は回復可能である。排水施設の補修・改善を要する盛土である。

- ・ランク D：悪質な材料、締固め不良、不十分な排水機能、危険な盛土形状などに起因し所定の安全性を満足していない。補修対策のみでは安全性機能の改善が十分でないため、抜本的な対策が必要となる盛土である。

すなわち、良質な材料を用いて十分な締固めを行い、水分量の少ない盛土は十分なせん断強度があるため、当初から高い安定性を有し、続成作用も期待できる。このような盛土はランク A 盛土として評価できる。一方、もともと品質の低い材料を用い、締固めが不十分な盛土は盛土内の水位が上昇しやすく、築造後急激に安定性が低下する。このような盛土をランク D と評価し、この中間にある盛土をランク B、ランク C 盛土と評価する。

**4.2 排水施設の維持管理段階の整理と性能曲線の検討** 3.2 節で述べたように、排水施設の機能低下は避けられないものであることを踏まえ、排水施設の維持管理段階を以下の 4 段階で評価した。

- ①竣工して間がなく、品質の劣化はほとんど進んでいない段階
- ②徐々に性能は低下しているが、所定の機能は確保できている（盛土材料の品質低下にはまだ至っていない）段階
- ③性能の低下が進み、盛土材料の品質を低下させる恐れがある段階
- ④所定の品質を喪失し、盛土材料の劣化要因となっている段階

排水施設の点検・管理手法の評価は、上記を踏まえることにより、盛土の安全性と関連付けた整理が可能になると考えられる。特に、②と③の境界の評価項目を設けることが重要である。なお、上記③の段階にあるパターンとして、排水能力が現場で対応すべき外力を上回り、必要な機能を満足していない状況も考えられ、調査時に確認することが望ましい。

上記に基づいた排水施設の性能曲線の概念を図 5 に示した。図 5 では盛土の安定性ランク毎の性能曲線がランク A～D の 4 段階に分けられるとして、上記①～④の段階が A～D までに該当すると考えて作成している。また、便宜的に縦軸の値を①～④の段階に合致するように作図している。なお、排水施設の性能が盛土の安定性と関連付けたのは、盛土材が高品質であれば変形しにくいため排水施設の劣化も遅いが、品質の低い盛土材は変形が進むことにより目地切れや逆勾配化などの排水施設の劣化も共に進むと考えられるためである。

**4.3 既設道路盛土の性能曲線の提案** 3.1 節の検討に基づき、良質な盛土は強度増加し、低品位の盛土は劣化するとして、盛土材の性能曲線の概念図を図 6 のように与えた。そして 4.2 節での検討を参考に、道路盛土の性能曲線を「盛土材（主）」+「排水施設（従）」

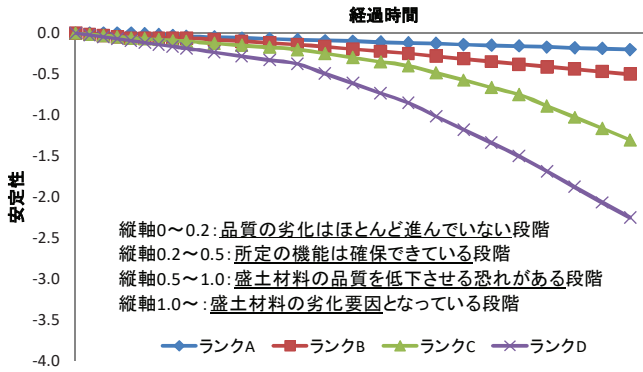


図5 排水施設の性能曲線の概念図

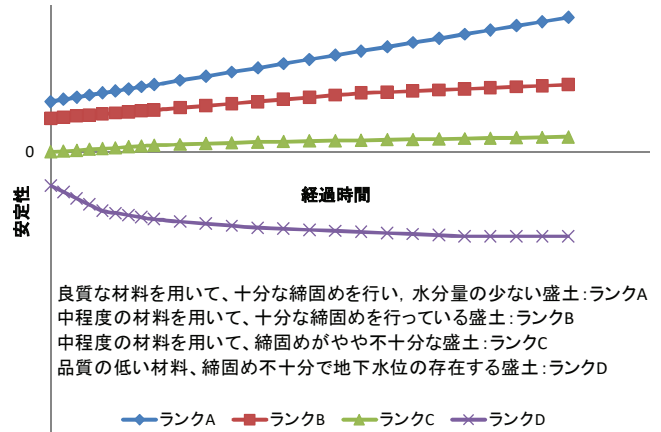


図6 盛土材の性能曲線の概念図

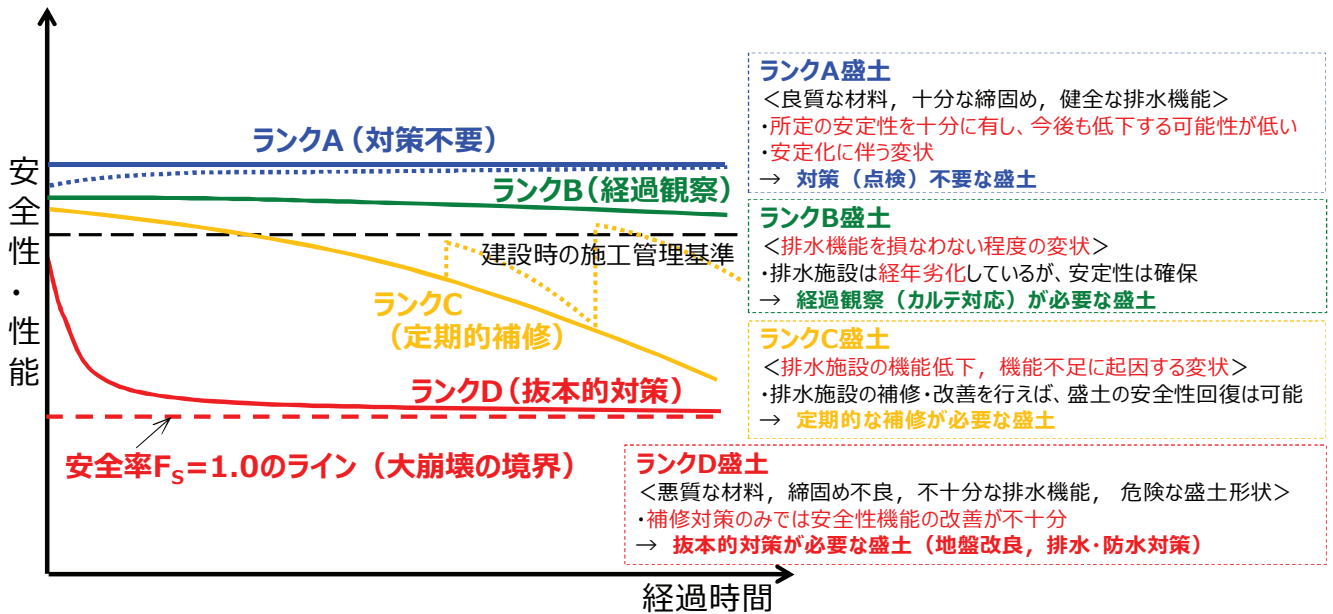


図7 既設道路盛土の性能曲線の概念図

の性能曲線で表すこととした。この考え方にに基づき、理解しやすいように各ランクの説明等を加えたものを図7に示した。なお、図7は外力が作用することによる突発的な安定性の低下(図1参照)を省略していることに留意されたい。

提案する性能曲線では、ランクBとランクCのしきいが排水施設、特にのり面排水工の機能によって決まると説明される。このしきいを現地点検時に見出すことが、盛土安定性評価のポイントの一つになると考えられる。機能が低下した排水施設は、定期的な補修や再築造を行うこととなるが、性能曲線の考え方にに基づけばそのタイミングを現地踏査で判断でき、対策によるランクアップが評価可能となる。また、ランクD盛土に相当するような変状を規定すれば、抜本的対策を検討すべき盛土を合理的に抽出することができる。なお、ランクD盛土の性能曲線は他と異なり下に凸の形状とした理由について、安定性低下の主原因が地下水位の上昇であり、築造当初の状態から地下水位が上昇しやがて定常状態になると品質の低下は鈍化すると考

えたためである。過去の高速道路盛土の降雨による被災が築造後5~10年程度で発生する傾向にある<sup>(19)</sup>ことも、このことを裏付けている。

## 5. おわりに

本論文は現地踏査に基づく既設盛土の安定性評価を行う際の基本的な考え方となる盛土の性能曲線を検討したものである。概要は以下のとおりである。

- A) 維持管理の観点から見た道路盛土の特徴を整理し、築造時から盛土の性能は同一ではないこと、盛土材および排水施設の状態により経時的な性能の変化が異なること、排水施設の維持管理が盛土の性能曲線に大きな影響を与えること、などを述べた。
- B) 盛土の安定性は主に盛土材の性能に依存し、これを長期間安定させることが安定性確保の観点から最も重要であるが、そのためには築造後の盛土安定化の主な役割を担う排水施設の定期的な維持管理が要求されることを示した。また、時間の経過とともに排水施設の機能が低下し、所定の機能を

満足しなくなって、盛土材の品質を低下させることを述べた。

- C) 排水施設の維持管理段階に着目し、現地点検で評価可能な項目と盛土の安定性につながる項目を関係づけた排水施設、盛土材両方の健全度～時間関係を示した。また、道路盛土の性能曲線を「盛土材(主)」の性能曲線+「排水施設(従)」の性能曲線で表されると考え、既設盛土の性能曲線を提案した。提案する性能曲線は、現地点検で評価可能な精度に留意しながら盛土ランク区分を設定していること、点検・対策頻度および対策工の評価を組み込める形とした。

なお、本研究は現地踏査結果の利用価値を向上させるための基礎的な検討結果を示した形となっているが、今後はここで提案した性能曲線の考え方にに基づき、具体的な点検手法についての検討を行う予定である。

### 謝辞

本研究は国土技術政策総合研究所の道路政策の質の向上に資する技術研究開発で採択された「沢埋め道路盛土の経済的な耐震診断と耐震補強の開発」(研究代表者：澁谷啓(神戸大学大学院教授))の中間成果の一部を示したものであり、関係各位のご支援、ご協力のもとに進められました。ここに謝意を表します。

### 参考文献

- (1) 国土交通省編：国土交通省白書 第I部 これからの社会インフラの維持管理・更新に向けて ～時代を越えて受け継がれる社会インフラ～, 2014.
- (2) 沖村 孝・二木幹夫・岡本 敦・南部光広：兵庫県南部地震による宅地地盤被害と各種要因との関係分析, 土木学会論文集, No.623 / VI-43, pp.259-270, 1999.
- (3) 大津宏康・松山裕幸・SUPIWIWAT Nutthapon・高橋健二：斜面対策工の性能低下過程の不確実性を考慮したLCC評価, 土木学会論文集F, Vol.62, No.2, pp.405-418, 2006.
- (4) (財)道路保全技術センター：道路防災点検の手引き(豪雨・豪雪等), 2007.
- (5) 戎 剛史・眞弓孝之・鍋島康之・野並 賢・片岡沙都紀・澁谷 啓：既設道路盛土の広域点検手法に関する研究, Kansai Geo-Symposium 2016 論文集ー地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウムー, 2016.
- (6) 東名高速道路牧之原地区地震災害の対応について、道路防災セミナー09年11月号 No.014、PP.1-9、2009.
- (7) 国土交通省道路局：盛土のり面の緊急点検要領(案), 2009.
- (8) 中村洋丈・横田聖哉・吉村雅宏：高速道路盛土の

地震災害マネジメントにおける耐震性評価手法の構築, 土木学会論文集F4, Vol.69, No.2, pp.156-175, 2013.

- (9) (一社)建設コンサルタンツ協会近畿支部：公共土木施設の維持管理に関する研究委員会報告書 第2編道路分科会 3. 斜面・のり面の適切な点検方法の手引きと補修・補強工法選定資料, 2012.
- (10) 福井県土木部道路保全課・福井県雪対策・建設技術研究所・(財)福井県建設技術公社・福井大学・福井県建設コンサルタンツ協会：斜面防災のための新しい管理方法を考える, 道路行政セミナー 2009.11, pp.1-8, 2009.
- (11) 国土交通省都市局：大規模盛土造成地の活動崩落対策推進ガイドライン及び同解説 変動予測調査編, 2015.
- (12) 木場綾乃, 岡野 靖, 野並 賢：動的コーン貫入試験と簡易安定計算を援用した大規模盛土造成地評価基準(案)の検討例, 全地連「技術フォーラム 2016」熊本発表講演集, 2016.
- (13) 沖村 孝, 門田浩一, 片浦正雄, 網野功輔, 前坂巖, 中川 渉, 野並 賢：関西一部地域の盛土諸元と動的コーン貫入試験結果の関係ー大規模盛土造成地変動予測調査を活用して(中間報告)ー, 建設工学研究所論文報告集第56号, pp.85-121, 2014.
- (14) 例えば西川和廣：道路橋の寿命と維持管理, 土木学会論文集, No.501 / I-29, pp.1-10, 1994.
- (15) (一社)建設コンサルタンツ協会近畿支部：斜面安定評価における劣化概念の導入, 斜面防災研究委員会, 資料 No.06-3, pp.47-95, 2006.
- (16) 山本 剛・中井卓巳・丸木義文・小高猛司・岸田潔・大西有三：長期劣化の概念を導入した道路のり面の健全性評価手法の提案, 地盤工学ジャーナル Vol.4, No.1, pp.21-33, 2009.
- (17) 大津宏康・SUPIWIWAT Nutthapon・松山裕幸・高橋健二：地下水排除工の性能低下を考慮した斜面アセットマネジメントに関する研究, 土木学会論文集, No.784 / VI-66, pp.155-169, 2005.
- (18) 日本道路協会編：道路土工 盛土工指針, 2012.
- (19) 奥園誠之：道路供用後の傾斜地盤上盛土の崩壊事例とその対策, 地盤工学会誌 Vol.56, No.4, PP.8-11, 2008.