

16. 数量化理論による切土のり面の安定性評価例

Estimation of cut slope stability analyzed by quantification theory

応用地質株式会社 徳島支店 ○橋野直二

日本道路公団 四国支社 徳島管理事務所 池内政男

1. はじめに

徳島県内の徳島自動車道と高松自動車道は、四国東部を中央構造線に沿って東西に走る高速自動車道であり、阿讃山地の南麓に数多くの長大な切土のり面が分布している。切土のり面は建設時に作成されたのり面調書を基に、異常降雨時の点検等の管理が行われている。これらの切土のり面の安定性を評価することは、切土のり面の管理を行う上で有用な資料となる。切土のり面の評価手法は多くの方法があるが、本報文では、のり面調書を基に切土のり面の安定性に関する要因を抽出し、それら要因を数量化Ⅱ類（判別分析）を用いた統計的手法で解析し、客観的で定量的な切土のり面の評価を行った事例を紹介する。

2. 評価方法

切土のり面の評価は、徳島自動車道約 50km と高松自動車道約 20km の計 70km の自動車道を対象とした。対象区間の切土のり面は全 136 箇所存在し、この内、のり面調書が整備されている徳島自動車道 65 箇所の切土のり面を数量化Ⅱ類による判別分析をし、判別式を用いて、全 136 箇所の切土のり面を判別得点で定量的に評価した。

判別分析では、供用中の切土のり面の「崩壊、非崩壊」を外的基準として設定した。切土のり面の安定性の要因であるアイテムは、のり面調書等の机上資料から得られる情報として、地質、地質構造、背後地形、のり高、のり勾配を抽出した。しかし、のり面勾配は 1:1.2 と 1:1.5 の勾配が大半であり、のり面勾配の変化が少ない。さらに、背後地形は地すべり地形を抽出したが、外的基準との相関が少ないことから、最終的には「地質、地質構造、のり面の高さ」を切土のり面の安定性の要因であるアイテムとした。

対象の自動車道は多くの区間が中央構造線と併走するため、「中央構造線との距離」もアイテム（安定性の要因）として加え、計 4 アイテムを選定した。

本路線では、供用中の切土のり面の崩壊等に関して道路管理上の要因である側道の有無、暫定用地の有無、及び、建設当時の対策工施工の有無が、切土のり面の安定性と管理上の要因と判断できることから、管理上の切土のり面に対する評価には、これらの要因を付加したものとした。

2-1. 外的基準とアイテム

外的基準は、供用中の切土のり面の「崩壊、非崩壊」であるが、供用中に崩壊した切土のり面は、対象区間では 1 事例しかない。このため、「崩壊」を、

- ・ 大規模な崩壊：施工中の切土のり面の大規模な崩壊、変状
- ・ 小規模な崩壊：施工中及び

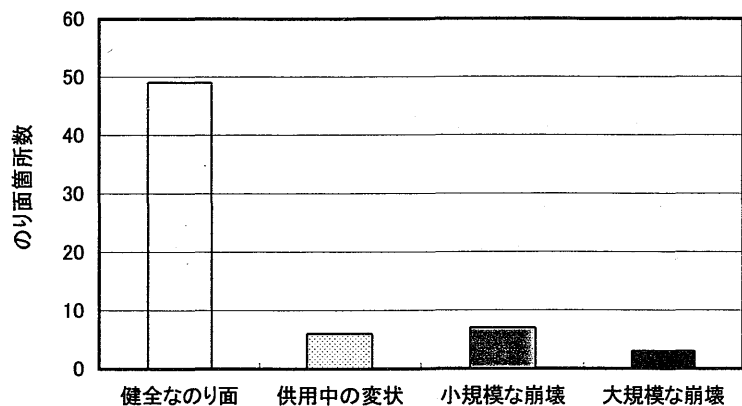


図-1 外的基準

供用後の小規模な切土のり面の崩壊

- ・ 供用中の変状：供用後の切土のり面の顕著な変状とした。

外的基準としての「崩壊：大規模な崩壊、小規模な崩壊、供用中の変状」「非崩壊：健全なおり面」の切土のり面箇所数を図-1に示す。アイテムは、「地質」「のり面と中央構造線の距離」「のり高」「地質構造（流れ盤の有無）」の4アイテムで、各アイテムに対するカテゴリ-と外的基準の相関を、図-2～図-5に示した。

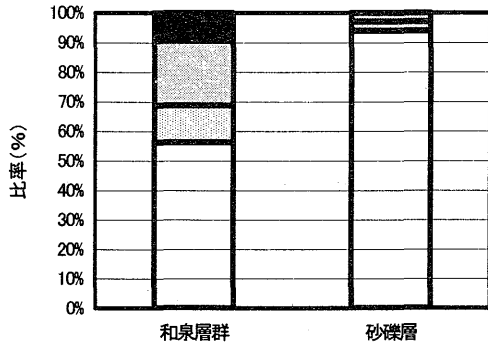


図-2 地質のカテゴリ-と外的基準

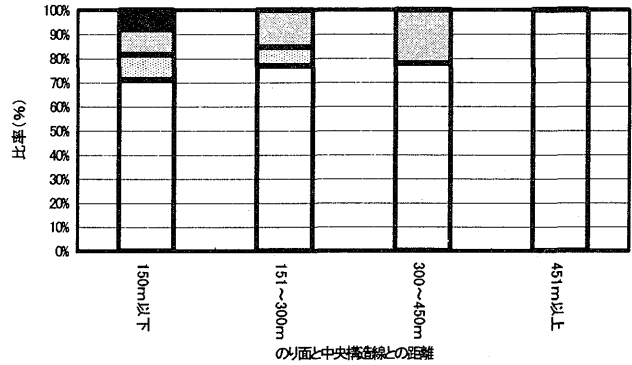


図-3 のり面と中央構造線の距離のカテゴリ-

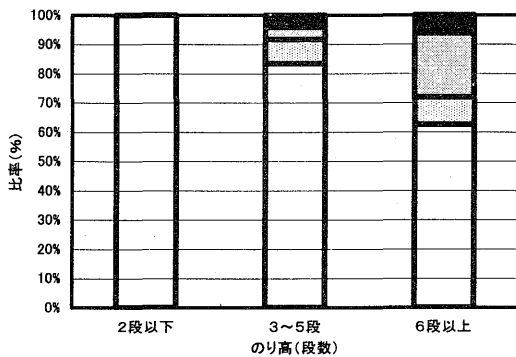


図-4 のり高(段数)のカテゴリ-

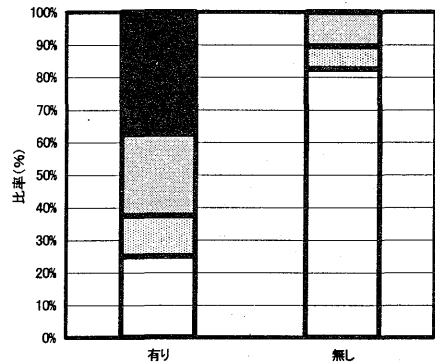


図-5 流れ盤のカテゴリ-

図-2～図-5でハッチは図-1と同様、ハッチ有りの全て：「崩壊」、ハッチ無し：「非崩壊」

図-2～図-5のカテゴリ-区分で、流れ盤の切土のり面では約75%と非常に高い比率で外的基準の「崩壊」が発生している。一方、中央構造線との関係では、大規模な崩壊は中央構造線に近接した切土のり面のみに発生しているが、小規模な崩壊は比較的距離が離れた切土のり面にもみられる。

2-2. 判別分析

数量化Ⅱ類による判別分析を65箇所の切土のり面で行い、以下の判別式を得た。判別式から得られた判別得点と外的基準の関係を図-6に示した。

$$\text{判別式： } y = 0.0202L + 0.0198H + 0.267G + 0.440S - 0.0119$$

ここで y；安定性（1=崩壊、0=非崩壊）

L；のり面と中央構造線の距離分類

H；のり高分類

G；地質区分

S；流れ盤区分

外的基準
 ○健全なり面（非崩壊）
 △供用中の変状（崩壊）
 □小規模な崩壊（崩壊）
 ◇大規模な崩壊（崩壊）

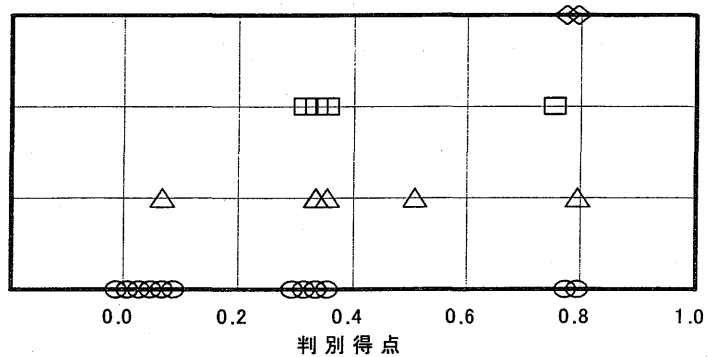


図-6 判別得点と外的基準

判別得点は、「崩壊」: 1.0、「非崩壊」: 0.0に対応するが、大規模な崩壊が発生した切土のり面は判別得点が0.8で、「崩壊」と判別される。しかし、小規模な崩壊と供用中の変状が発生した切土のり面では、判別得点が広範囲に分布し、特に、0.3~0.4に集中している。このことは、判別得点が0.4以下で「非崩壊」と判別される切土のり面も、崩壊の危険性が高い（安定性が低い）と判断できる。また、「健全なり面」でも判別得点が0.8と高いものがある。これは、現在までに、顕著な崩壊、変状が表れてはいない切土のり面であるが、今後は、変状、崩壊の発生する可能性が高い、安定性の低い切土のり面と判断できる。

3. 切土のり面の安定性評価

3-1. 判別得点

対象切土のり面136箇所の判別得点分布を、図-7に示した。全切土のり面も、判別分析を行った65箇所の切土のり面と同様に、判別得点は0.8が最大値であった。

また、0.2~0.4の得点に最も多く切土のり面が集中している。この得点分布は、図-6の安定性が低い切土のり面も含んでおり、「非崩壊」と「崩壊」が混在している。

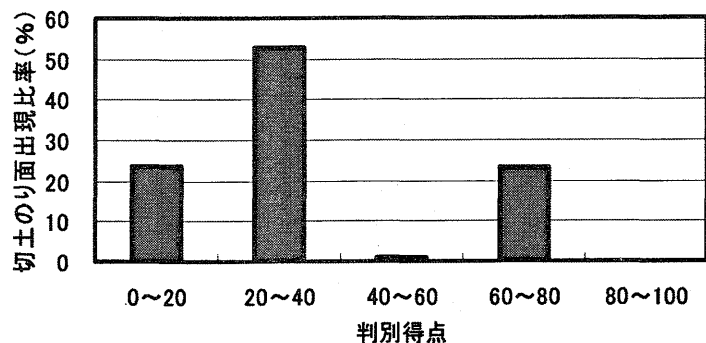


図-7 全切土のり面の判別得点の分布

3-2. 管理対象切土のり面の抽出

管理に用いる切土のり面の安定性評価として、判別式で得られた判別得点0.0~1.0を100倍し、0.0~100.0の範囲の数値として用いた。

道路の切土のり面管理では、「崩壊」のり面（安定性が低いり面）と「非崩壊」のり面（安定性が高いり面）の他に、崩壊が発生した場合に、道路本線に直接影響する切土のり面と、崩壊が直接道路本線に及ぶ可能性が少ない切土のり面がある。さらに、崩壊後、対策が施工しやすい切土のり面と、対策を行うために道路通行に甚大な影響を与える切土のり面がある。このような、崩壊が発生しても対応しやすい箇所は、道路本線に併走する側道が存在する箇所と、今後の拡幅等のための暫定用地の有る箇所が挙げられる。また、不安定な切土のり面でも施工中から供用後にかけて対策工を実施した切土のり面は、安定性が高くなっている。これらの点を考慮して、側道、暫定用地が無い切土のり面に対しては、各々10得点を加算し、

対策工実施の切土のり面は 20 得点を減じ、安定性がより高い切土のり面とした。

図-8 に切土のり面の安定性評価結果を示した。

図-8 より、全 136 箇所の切土のり面の安定性評価では、崩壊、変状が発生する可能性が高い 80 得点以上の切土のり面は約 20 箇所あり、40 得点未満の比較的安定で、小規模な崩壊には管理上支障の少ない切土のり面が約 70 箇所存在する。

以上の切土のり面の安定性結果から、重点的な点検箇所が 80 得点以上、定期的な点検箇所が 40 得点以上として抽出できる。

徳島自動車道が平成 11 年 3 月に、高松自動車道が平成 14 年 7 月に供用を開始した。本検討後に、3 箇所の切土のり面で小規模な崩壊、変状が発生した。変状が発生した切土のり面は、安定性評価で、78 得点が 2 箇所、46 得点が 1 箇所であった。78 得点の切土のり面は安定性が低いと評価できる切土のり面であり、評価結果と比較的良好一致を示している。46 得点から得られる評価は、切土のり面も小規模な崩壊、変状が発生する可能性がある切土のり面であり、定期的な点検を行うことが望ましい箇所に相当している。

4. まとめ

建設時の資料を基に机上調査で、統計的な手法を用いて客観的、定量的な切土のり面の安定性評価を行った。切土のり面の安定性は数多くの要因があり、建設時の資料のみでは十分な評価が困難なことが多い。このような場合、熟練技術者の経験と判断で対応するが、本検討では、資料調査を主体にした、数量化Ⅱ類を用いた客観的な統計処理で、比較的妥当な切土のり面の安定性が評価をすることができた。切土のり面の安定性を評価した結果、

- ・ 地質的に流れ盤であることが切土のり面の安定性に大きく最も関与している。
- ・ 中央構造線との距離は、地質、地質構造に比較して、切土のり面の安定性への関与が少ない。すなわち、中央構造線の近傍でも地質構造が大きく関与している。

を得た。今後は、このような客観的な手法も積極的に取り入れ、切土のり面の管理資料として、役立てていきたい。

<参考文献>

- 1) 地質調査所(1993): 中央構造線活断層系(四国地域)ストリップマップ
- 2) (財)高速道路技術センター(1999): 四国横断自動車道(鳴門~板野間)和泉層群のり面对策検討報告書
- 3) (株)四電技術コンサルタント(1998): 徳島自動車道切土のり面変状調査報告書

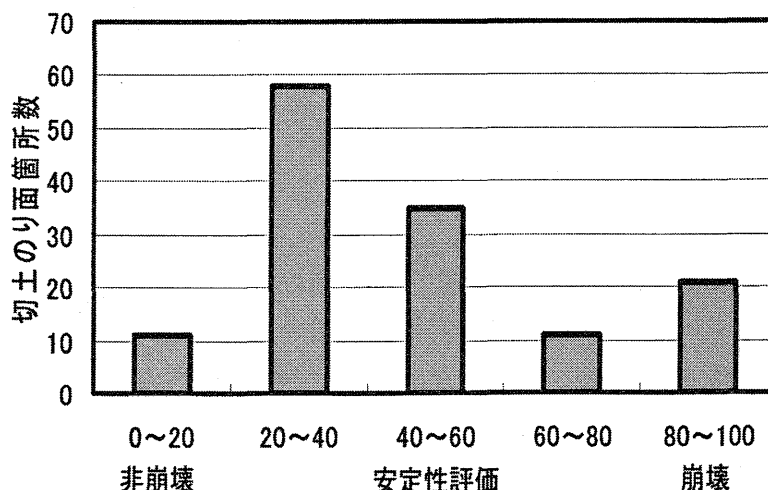


図-8 変状確率と切土のり面箇所数