

斜面変状が橋梁基礎に及ぼす影響に関する基礎的研究

(独)土木研究所 正会員○西田 秀明, 遠藤 繁人, 石田 雅博

1. はじめに

平成 20 年岩手・宮城内陸地震を始めとした近年の地震による道路橋の被害の特徴の一つとして、斜面の変状を原因とした落橋や下部構造の移動、段差の発生などがある。このような被害を生じると安全性はもとより地震後の復旧、復興活動にも支障をきたす。このため、あらかじめ十分な調査を行い大きな斜面変状が生じるような箇所を避けて架橋することが基本であるが、条件によっては地盤変状を生じうる箇所に架橋せざるを得ない場合もある。しかし、地震時に大きな地盤変状を受ける道路橋の耐震安全性をどのように確保すればよいのかについて、例えば基礎の耐力の増加などの構造的な対処で対応可能なかどうか、そもそも当該箇所に架橋することができるのか、などを判断する手法については確立されていない。本文は、判断手法の提案を行うために、斜面に変状が生じる状況に対して道路橋基礎が有する安全余裕に関する解析的検討を行ったものである。

2. 解析条件

本検討では、斜面上に設置された柱状体深礎基礎に斜面変状による外力が作用する状況を想定し、基礎が有する耐力や安定性(支持力)について、様々な斜面の条件や地震力を考慮した場合に生じる斜面崩壊に伴う外力との関係について分析を行った。地震による斜面地盤変状の形態にはいくつかあるが、42 事例を収集分析した結果¹⁾によると、大きく①古い地すべりなどにより形成された崩積土のすべりまたは崩壊②厚い風化層または未固結層のすべりまたは崩壊③流れ盤の層理面・節理面・断層面・薄い脆弱層によるすべりまたは崩壊④下部の脆弱層の変形による上部の岩盤の変状または崩壊⑤柱状節理の発達した岩盤の節理面からの変状または崩壊、に分類される。ここでは、地震に伴い①及び②に相当する斜面崩壊に伴い基礎に外力(すべり力)が作用する状況について検討した(図-1)。斜面崩壊に伴うすべり力は、想定する地盤モデルに対してフィレニウス法による斜面安定解析によりすべり面を設定するとともに、すべり面より上方の土塊がすべり面の上方 $h/3$ (h は地表面からすべり面までの深度) に集中荷重として作用すると仮定した。なお、すべりの発生に伴いすべり面より上側の地層はなくなるとした。

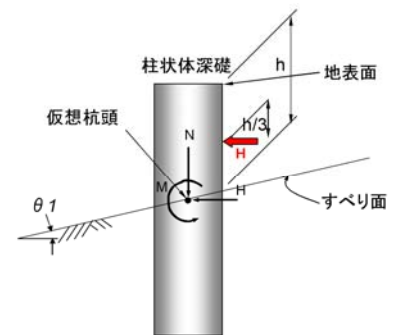


図-1 解析モデル

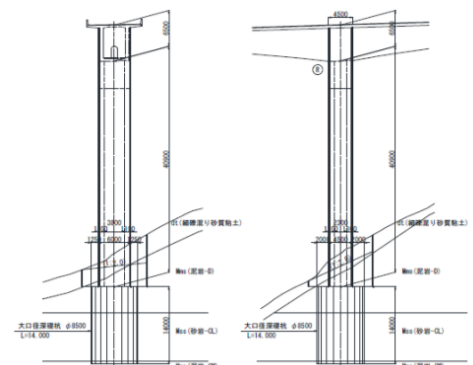


図-2 解析対象基礎

解析対象とした道路橋基礎は、図-2 に示す平成 24 年道路橋示方書に基づいて設計した斜面上に設置する柱状体深礎基礎である^{2) 3)}。この基礎の諸元を固定したうえで、斜面条件や設計地震力を変更し前述の解析を行った。斜面条件及び水平震度の解析パラメータを表-1、地層構成を図-3 に示す。このうち地盤構成についてはすべりが生じ得る層(崖錐層と未固結層部分。以下「すべり層」と呼ぶ)が薄い場合(表-1 の a)と厚い場合(同 b)を、また、設計地震水平震度については道路土工指針⁴⁾におけるレベル 2 地震時の設計水平震度(0.16)、道路橋示方書におけるレベル 2 地震時(タイプ II)の設計水平震度(0.80)及びこの半分(0.40)をそれぞれ想定した。なお、上部構造慣性力については考慮せず、載荷幅は基礎径とした。

キーワード 道路橋基礎, 斜面, 基礎の安定

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (独)土木研究所 TEL 029-879-6773

表-1 解析パラメータ

条件	パラメータ
地層構成(すべり層部)	C1)崖錐層 5m C2)崖錐層 5m+未固結 D 級層 3m
傾斜角	A1)10 度, A2)30 度
すべり層の地盤定数 (崖錐層における粘着力)	G1)5kN/m ² , G2)15 kN/m ²
水平震度 k_h	S1)0.16, S2)0.40※1, S3)0.80

※1 一部ケースのみ ※2 解析ケースはパラメータの記号の組合せで表す

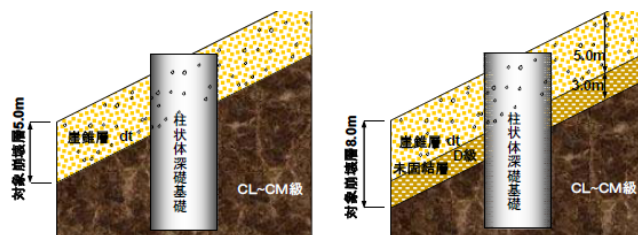


図-3 地層構成(左:表-1の地層構成 C1 右:同 C2)

3. 検討結果

図-4 に基礎本体の安全率(基礎の降伏水平耐力に対するすべり力の比)とすべり力の関係を示す。水平震度 k_h やすべり層厚が大きく、崖錐層における粘着力が低いほど安全率が低い。しかし、傾斜角については、 $k_h=0.16$ のケースでは大きい方が、 $k_h=0.80$ のケースでは逆に小さい方が、それぞれ安全率が小さくなっている。水平震度が大きい場合に傾斜角の緩い方が安全率が低くなっているのは、すべり力に関係するすべり土塊の重量が傾斜角の緩い場合の方が大きく評価されることが要因と考えられる。したがって、傾斜角が緩くても一度すべりが生じると基礎の安全性へ与える影響が大きくなる可能性があることがわかる。図-5 に基礎底面の鉛直地盤反力度の安全率(鉛直地盤反力度の上限値に対するすべり力作用時の基礎底面の鉛直地盤反力度の比)とすべり力の関係を示す。鉛直地盤反力度に対する安全率は、水平震度によらず傾斜角が小さい方が大きく、また、すべり層部が厚い方が同一の水平震度で見た場合に安全率が小さくなった。以上より、斜面のすべりに対する基礎の安全性は、水平震度が同一とした場合、基礎が設置されている斜面の傾斜角だけでなく基礎本体耐力と鉛直地盤反力度のどちらが先に限界状態に至るかやすべり層厚などにより異なることがわかる。

4. おわりに

地震により斜面崩壊した場合の道路橋基礎の安全性について、斜面崩壊やすべり力などをごく限定的、簡易的に与えた基礎的検討を行ったが、崩落形態や、外力の作用方法(載荷幅の設定など)、斜面上の基礎の設置条件(受働抵抗を期待できるか否かなど)の違いによっても傾向が変わると考えられることから引き続き検討を行う予定である。

- 参考文献** 1) 浅井健一, 日外勝仁, 佐々木靖人: 地震時に構造物基礎の安全性に影響を及ぼすような斜面地盤変状のパターン, 地盤工学会関東支部発表会, 2012.10.
2) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 下部構造編, 2012.3.
3) (社)日本道路協会: 斜面上の深礎基礎設計施工便覧, 2012.4.
4) (社)日本道路協会: 道路土工一切土工・斜面安定工指針, 2009.6.

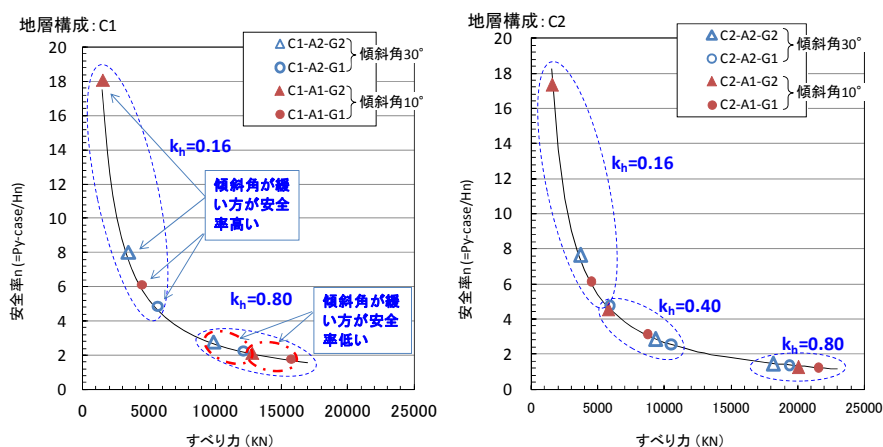


図-4 基礎本体の安全率(降伏水平耐力に対するすべり力の比)とすべり力の関係

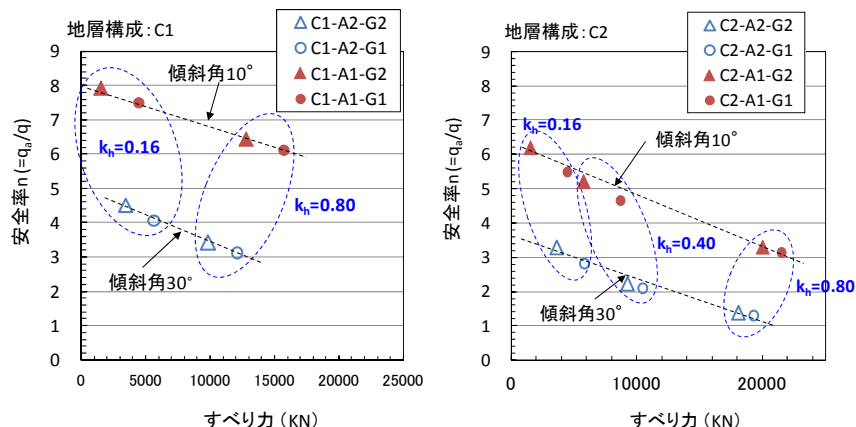


図-5 基礎底面の鉛直地盤反力度(鉛直地盤反力度の上限値に対する鉛直地盤反力度の比)に対する安全率とすべり力の関係