

道路土工 - 盛土工指針では、「盛土周辺に施設があるなど特に重要な構造物の耐震性能の照査に当たっては、地震時残留変形解析により地震時の残留変形量が許容値を満足することを確認することが望ましい」とされている。このため、レベル 2 地震動を考慮した盛土の安定解析として、残留変形解析手法を用いた盛土安定解析結果と、従来から用いられている震度法による検討結果を踏まえて考察する。

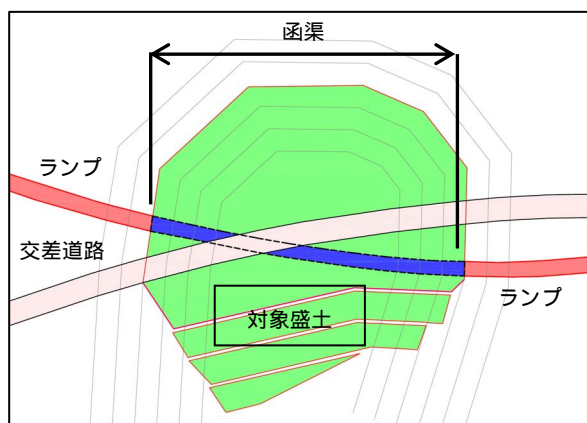


圖-1. 模式平面圖

従来から道路盛土の地震時安定解析は、震度法を適用した円弧すべり（修正フェレニウス法）により、す

べり面の安全率を照査する方法が一般的に用いられている。しかしながら、安全率による照査は、安定性の有無を評価するものであり、変形量は把握できないため、損傷の評価ができない。また、常時の十分な締固めがなされた山地部の盛土や粘性土の卓越した平地部盛土が一般的な適用範囲となることから、地震動の繰返し載荷による地盤の強度低下は考慮できないため、地盤及び盛土材料によっては注意が必要となる。

残留変形解析手法の代表的なものとしては、ニューマーク法が挙げられる¹⁾²⁾。ニューマーク法は、盛土材料がピーク強度を示した後、すべりが発生することにより土の強度が軟化し残留強度まで低下することを考慮し、地震時のすべり土塊の滑動変位量を計算する手法であり、盛土の直接的な変形量を評価することが可能である。

(1) 解析条件

盛土材料は一般値($\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 30^\circ$, $C = 0 \text{ kN/m}^2$)とする。レベル 2 地震動は 種地盤として、道路橋示方書における地震動 - 3 - 3 を用いる。なお、対象とする円弧すべり面は、盛土内の函渠を含むものとした。

地震応答解析による応答加速度を用いて残留変位量を求めるものとし，以下の手順で解析を行った²⁾．

静的解析：初期応力状態を算出する，
動的解析：初期応力状態に対する土質定数の設定，
動的変形特性の設定，設計地震動を設定し，地震応答解析により応答加速度を算出する．

残留変形解析：土質定数（ピーク強度・残留強度等）の設定、動的解析結果による応答加速度を入力し、円弧すべり面に対する残留変位量を算定する。

(3) 解析結果の評価

無対策時の解析結果

ニューマーク法による解析結果では、残留変形量 $S=0.10\text{m}$ (表 - 1, 図 - 2) となる。

今回対象とする盛土は、盛土内に重要構造物(函渠)が計画されていることから、残留変位量が発生しないことを条件として、対策工が必要と判断した。

対策工適用時の解析結果

対策工は、盛土内への補強材敷設を採用した。補強材配置ケース毎の解析結果を表 - 1 に示す。

今回検討においては、函渠の重要性和修復性の困難さを考慮し、残留変位量 0.00m を目標として、補強材 $L=35\text{m}$ (引張強度 600kN/m^2)2 層配置(図 - 3)とした。

表 - 1. ニューマーク法による解析結果

CASE	対策工	補強引張強度	変位量(m)
1	なし	-	0.10
2	補強材 $L=35\text{m}$:1 層配置	300kN/m^2	0.07
3	補強材 $L=35\text{m}$:2 層配置	600kN/m^2	0.00

5. 震度法を適用した円弧すべりによる解析

参考として、従来から一般的に用いられている震度法を適用した円弧すべり(修正フェレニウス法)による解析結果を表 - 2 に示す。

解析条件及び検討ケースは、ニューマーク法による残留変形解析と同一とし、レベル 2 地震動は $k_h=0.20$ を用いた。許容値は地震時計画安全率 $F_s=1.00$ とした。

表 - 2. 震度法を用いた修正フェレニウス法による解析結果

CASE	対策工	補強引張強度	安全率
1	なし	-	0.96
2	補強材 $L=35\text{m}$:1 層配置	300kN/m^2	1.01
3	補強材 $L=35\text{m}$:2 層配置	600kN/m^2	1.06

6. まとめ

一般的な盛土材料・盛土勾配を用いた場合でも、今回のような高盛土におけるレベル 2 地震動に対して、震度法による安定計算では所定の計画安全率を確保できないケースがある(図 - 2)。

対策工(補強材敷設)を適用した検討ケースについて、震度法による安定計算では所定の計画安全率を確保していても、ニューマーク法では残留変位量が生じる場合(CASE - 2)がある。

7. 考察

重要な構造物を対象とする盛土の安定解析は、従来までの安全率による評価のみでなく、残留変位量による評価が有効である。変位量の許容値は、対象とする盛土の重要性や周辺構造物への影響を考慮し、適切に設定することが求められる。

また一方で、修復性が容易で迂回路が確保できる低規格な道路においては、所定の安全率を必ずしも確保できない場合でも、ある程度の残留変位量を許容し、総合的に盛土の安定性を判断することも考えられる。

ただし、全国に膨大な箇所がある道路盛土全てに耐震性を求めるのは現実的ではない。盛土内に重要構造物が埋設されている場合や、国幹道などの主要幹線道路や緊急輸送指定道路のうち、概ね 3 段以上の盛土が対象となろう。

本論文が地震時の盛土安定評価における参考となれば幸いである。

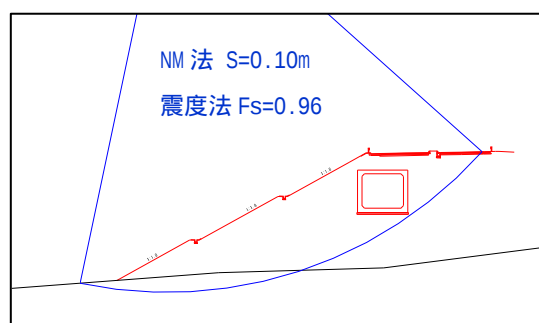


図-2. CASE-1(無対策時)の解析結果

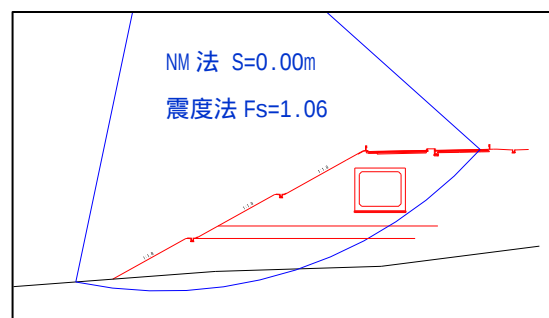


図-3. CASE-3(補強材 $L=35\text{m}$:2 層配置時)の解析結果

参考文献

- 1) 日本道路協会:道路土工 盛土工指針(平成 22 年度版), 平成 22 年 4 月.
- 2) 東・中・西日本高速道路株式会社:設計要領第一集 土工,平成 27 年 7 月.