

道路盛土崩壊に伴う災害残土の再利用の検討事例

㈱ウエスコ ○月元 崇寛, 井上 真, 藤原 身江子, 服部 満博, 草加 大輝

1. はじめに

平成 30 年 7 月豪雨により道路盛土の崩壊が発生し、大量の土砂が流出した。

本事例では、発生した崩壊土砂（災害残土）の搬出と処分に多額の費用がかかるため、盛土材料としての再利用の可能性を検討した。

崩壊土砂の検討は、①UAV 測量により崩壊土砂分布範囲を把握、②現地踏査により 3 種類に分類、③室内土質試験により土質性状を把握し、再利用の可否を評価した。

2. UAV 測量

早急に崩壊規模を把握することを目的として、UAV 測量を行った。UAV 測量は、立ち入りが困難な場所や広い範囲の測量を短時間で行うことができるため、早急に災害現場の全体像の把握や地形データが入手できるなど、本事例のような災害現場に非常に適している。

UAV 測量の結果、崩壊は高さ20m、幅36mで発生しており、崩壊に伴い流出した崩壊土砂の到達距離は、約120mにまで達していることがわかった（写真-1）。



写真-1 UAVで撮影した被災状況全景

3. 現地踏査結果

(1) 崩壊土砂の性状

崩壊土砂は、砂質土や礫質土を主体としており、一部に汚泥（写真-2）が確認された。

現地踏査の結果、崩壊土砂を粘性土 TP-1、砂質土 TP-2、礫質土 TP-3の3種類に分類し、サンプリングした。



写真-2 崩壊土砂(汚泥)

(2) 崩壊の素因

現地踏査の結果から、崩壊の素因を推察した。

崩壊を生じた道路盛土は不均質な盛土材料で構成されていたため、道路の沈下が繰返し発生し、崩壊前に道路舗装面にクラックが生じていたものと推察される。このクラックから雨水が盛土内に浸透し、盛土を不安定化させ、崩壊に至ったと考える。

4. 災害残土の室内土質試験結果

室内土質試験は、物理試験と突き固めによる土の締固め試験、力学試験を実施した。

(1) 材料特性

表-1に室内土質試験結果、図-1に粒径加積曲線を示す。

TP-1は、3試料の中で最も細粒分（シルト分+粘土分）の含有量が59.1%と多く、TP-2の細粒分の含有率は31.6%、TP-3の細粒分の含有率は13.5%となっている。また、TP-2とTP-3は礫分を多く含有しているが、その2試料の礫分には粒度組成の違いがある。

表-1 室内土質試験結果一覧

| 試料名 | TP-1 | TP-2 | TP-3 |
|--|--------|---------|-----------|
| 一般 | | | |
| 土粒子の密度 ρ_s g/cm ³ | 2.642 | 2.693 | 2.656 |
| 自然含水比 w_n % | 16.4 | 14.3 | 7.3 |
| 粒度 | | | |
| 礫分 % | 17.6 | 41.7 | 65.8 |
| 砂分 % | 23.3 | 26.7 | 20.7 |
| シルト分 % | 38.4 | 19.5 | 7.6 |
| 粘土分 % | 20.7 | 12.1 | 5.9 |
| 最大粒径 D_{max} | 37.5 | 53 | 53 |
| 粒径加積曲線凡例 | ●—● | ○—○ | △—△ |
| コンスタンパー特性 | | | |
| 液性限界 % | 32.8 | 33.6 | 31.5 |
| 塑性限界 % | 20.9 | 23.0 | 19.2 |
| 塑性指数 I_p | 11.9 | 10.6 | 12.3 |
| 分類 | | | |
| 地盤材料の分類名 | (CLSG) | (GCsS) | (GS-Cs) |
| 分離記号 | 砂礫質粘土 | 粘性土質砂質礫 | 粘性土まじり砂質礫 |
| 試験方法 | A-c | A-c | A-c |
| 締固め | | | |
| 最大乾燥密度 ρ_{dmax} g/cm ³ | 1.707 | 1.850 | 1.972 |
| 最適含水比 w_{opt} % | 18.7 | 14.7 | 12.0 |

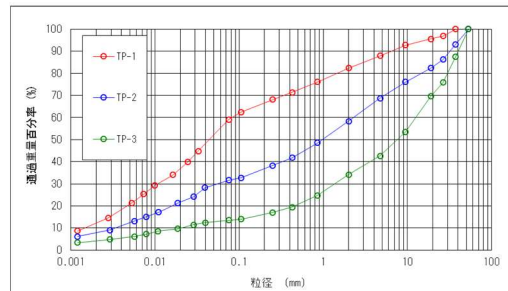


図-1 粒径加積曲線

(2) 締固め特性

図-2に突き固めによる土の締固め試験により求めた締固め曲線（乾燥密度-含水比曲線）を示す。なお、締固め試験は、湿潤・非繰返しの条件で実施した。

最大乾燥密度は、礫分の多い順に、TP-3（礫分65.8%）が高く、TP-2（礫分41.7%）、TP-1（礫分17.6%）の順に小さくなる一般的な傾向¹⁾を示している。

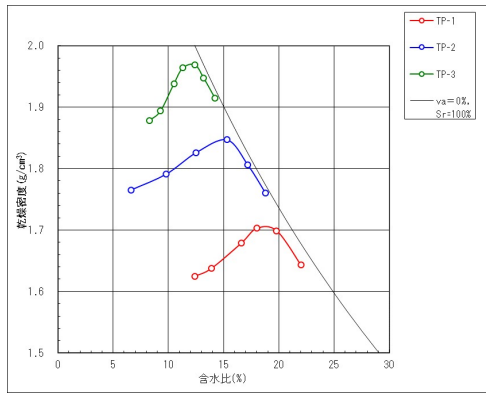


図-2 土の締固め曲線

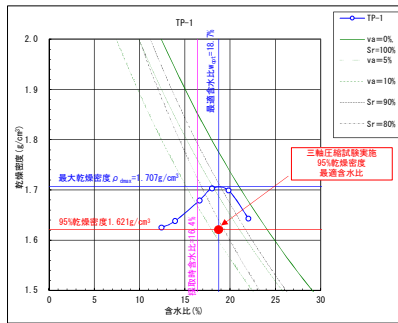


図-3 土の締固め曲線 (TP-1)

(3) 盛土材料としての適用性

3試料の締固め曲線に、採取時の含水比、最大乾燥密度の95%密度、飽和度 Sr (土中の間隙が水で満たされている体積の割合) 曲線、空気間隙率 va (土中に含まれる空気体積の全土体積に対する割合) 曲線を併記し、図-3～図-5に示す。

全試料の採取時含水比は最適含水比に比べて乾燥側の状態にあることが判明した。よって、道路盛土として最適に仕上げるために、2つの事項を提案した。1つ目は、施工時の含水比を最適含水比付近で管理することである。もう1つは、本事例の崩壊が降雨による強度低下であることを勘案し、浸水の影響による強度低下を最小限に止めるため、施工時の密度を最大乾燥密度の95%密度の締固め度とすることである。

(4) 盛土材料の力学特性

強度特性を求めるための三軸圧縮試験を実施した。試験結果を表-2に示す。なお、三軸圧縮試験に用いる供試体作成条件は含水比を最適含水比とし、締固め度は最大乾燥密度の95%とした。

三軸圧縮試験の結果、当該地の崩壊土砂を盛土材料として使用する場合の内部摩擦角 ϕ と粘着力 c を、崩壊土砂の主体である TP-2, TP-3 の値 ($\phi=35.0^\circ \sim 39.5^\circ$, $c=6.8\text{ kN/m}^2 \sim 39.2\text{ kN/m}^2$) を採用し、かつ不均質性を考慮して安全側に $\phi=35.0^\circ$, $c=0\text{ kN/m}^2$ と設定した。

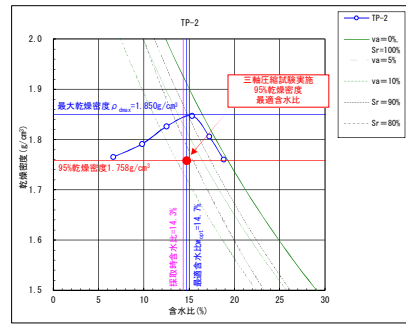


図-4 土の締固め曲線 (TP-2)

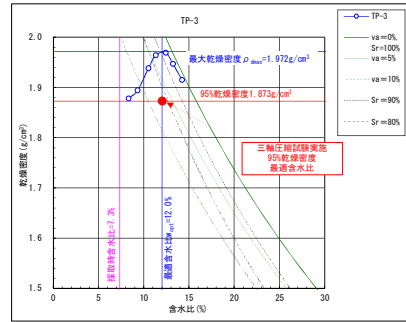


図-5 土の締固め曲線 (TP-3)

表-2 三軸圧縮試験結果一覧

| 試料番号 | | TP-1 | TP-2 | TP-3 | |
|--------------------|------|----------------------------|-------------------|--------------------------|------|
| 地盤材料の分類名 (分類記号) | | 砂礫質粘土 (低液性限界) (CLSG) | 粘性土質砂質礫 (GCsS) | 粘性土まじり砂 質礫 (GS-Cs) | |
| せん断 | 試験条件 | CU— | CD | CD | |
| | 全応力 | c kN/m ² | 14.3 | 6.8 | 39.2 |
| | | ϕ 度 | 24.6 | 35.0 | 39.5 |
| | 有効応力 | c' kN/m ² | 13.0 | — | — |
| ϕ 度 | | 32.2 | — | — | |

5. おわりに

本事例は、豪雨を誘因として崩壊が発生したが、盛土材料が不均質であったため、沈下が繰返し発生し、道路舗装面にクラックを生じさせたことが素因となつたと推察される。このことから、安定した道路盛土を仕上げるためには盛土材料の特性を把握すること、締固め管理を十分に実施することの重要性がわかった。

今回の検討では、室内土質試験によって、災害残土の再利用の可否を検討したが、含水比は最適含水比付近で管理し、締固め度は最大乾燥密度の95%密度とすることで、安定計算上、安定した道路盛土に仕上げるができることがわかった。

今回、現地踏査により災害残土の土質を3つに区分したが、各土量を把握するには至らなかった。

今後、災害残土の再利用の可否を検討する上で、崩壊土砂の土質ごとの土量を把握するため、ボーリング調査などから得られた土質情報を基に三次元地層モデルを作成し、土量を推定する方法を試みたい。

《引用・参考文献》

1) 地盤工学会:土の締固め 地盤工学会・実務シリーズ30, p. 9-10, 2012. 4.