

# 火山灰を用いた道路盛土の施工管理について

北海道士質コンサルタント(株) ○松本 博志, 太田 佳之  
小島 一宏, 森本 崇

## 1. はじめに

北海道には、噴出源の異なる火山灰が広域に分布している。これら火山灰の多くは、細粒分から粗粒分まで配合し、材料の確保も比較的容易であることから、盛土材として多用されている。一方、火山灰は多孔質で粒子が脆弱であることから、転圧により粒子が潰れ、設計時に見込んだせん断強度の低下やトラフィカビリティの確保、土量変化率の設定に留意が必要な土砂とされている。

我々は、火山灰を用いた道路盛土においてこれらの事項を検証したので報告する。

## 2. 使用した火山灰の特徴

### (1) 物理的性質

使用した火山灰は、道央圏に広く分布する火山灰3種およびロームであり、盛土にはこれら4種を混合した材料を用いた。試験結果を表-1に示すが、混合材はバックホーによる混合状態を確認するため5点実施した。

表-1 使用材料の物性

試料名	土粒子の密度 (g/cm <sup>3</sup> )	自然含水比 (%)	粒度配合(%)			最大乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )	最適含水比 (%)	せん断強度 φ <sub>d</sub> (°)	粘着力 c <sub>d</sub> (kN/m <sup>2</sup> )
			礫分	砂分	細粒分				
恵庭軽石	2.70	54	59	38	3				
支笏火山灰	2.37	37	10	51	39				
支笏軽石	2.35	99	64	30	6				
ローム	2.75	66	1	51	48				
混合材①	2.41	62	42	43	15	0.92	63	40	
混合材②	2.50	75	39	43	18	0.91	69		
混合材③	2.48	76	42	40	18	0.90	67		
混合材④	2.52	82	43	38	19	0.87	72	39	
混合材⑤	2.44	71	36	44	20	0.88	70		

混合前の物性値は、土粒子の密度が、恵庭軽石・ロームでρ<sub>s</sub>≒2.7 (g/cm<sup>3</sup>)と一般の土砂よりもやや大きく、支笏火山灰・軽石はρ<sub>s</sub>≒2.3 (g/cm<sup>3</sup>)と小さい特徴がある。自然含水比は、粗粒分の配合量や不飽和であることを考慮するとW<sub>n</sub>≒35~100 (%)と非常に高い。

混合後の特徴は、土粒子の密度がρ<sub>s</sub>≒2.5 (g/cm<sup>3</sup>)と一般値よりも小さく、自然含水比はW<sub>n</sub>≒60~80 (%)と高い。図-1に混合前と混合後の粒径加積曲線を示すが、混合材は、細粒分から礫分までほどよく配合する材料であり、試料のばらつきも小さい。

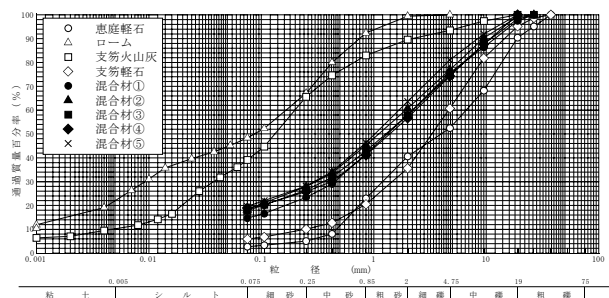


図-1 使用材料の粒径加積曲線

### (2) 締固め特性

図-2に混合材の締固め曲線を示す。

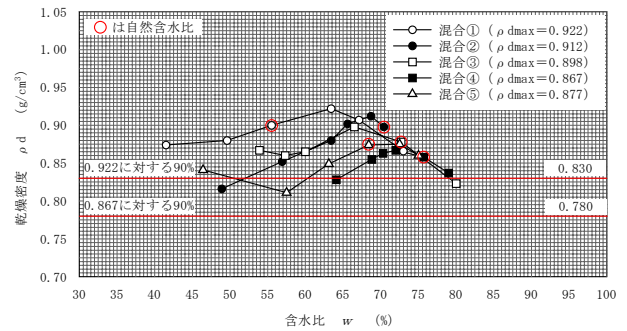


図-2 使用材料の締固め曲線

火山灰は、含水比の変化に対する密度の変化が小さい材料が多いが、当材料も同様の結果となった。これは、火山灰には多孔質な軽石が多く含まれるため、密度が小さく、また間隙に水を保水していることから、含水の変化が密度に与える影響が小さいためと考えられる。

図には、最大乾燥密度が最も大きい0.922と最も小さい0.867に対する締固め度90 (%)のラインも示したが、このような曲線の場合、大半が90 (%)を満足する結果となる。このため、締固め易さを含水比で推測することが難しく、また転圧不足であっても規定の締固め度を満足する場合があります、密度による管理が難しい材料である。

### (3) 強度特性

材料の強度は、最大乾燥密度が最も高い①試料と最も低い④試料を用い、自然含水比の条件で三軸圧縮試験(CD)により確認した。結果は、いずれもせん断強度がφ<sub>d</sub>≒40 (°)、粘着力がc<sub>d</sub>≒50 (kN/m<sup>2</sup>)であり、盛土の安定に必要な強度φ=35 (°)は満足した。

## 3. 盛土施工による破砕性・締固め・強度の検証

### (1) 粒子の破砕性

振動ローラーとタイヤローラー転圧後の試料を採取し、粒径加積曲線の変化を確認した。結果を図-3に示す。

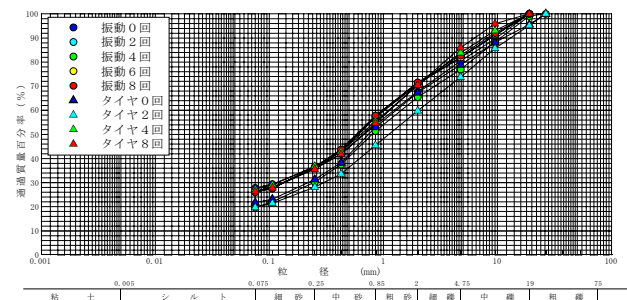


図-3 転圧後の粒度の変化

試料のばらつきも含まれるが、転圧回数が多い赤のプロット点ほど細粒分が多くなる傾向が認められる。これ

は僅かではあるが、転圧により粒子が破碎したことを示しており、転圧により物性が変化することを確認した。

(2) 転圧回数と乾燥密度の関係

転圧回数と乾燥密度（現場密度試験）の関係を図-4に示す。

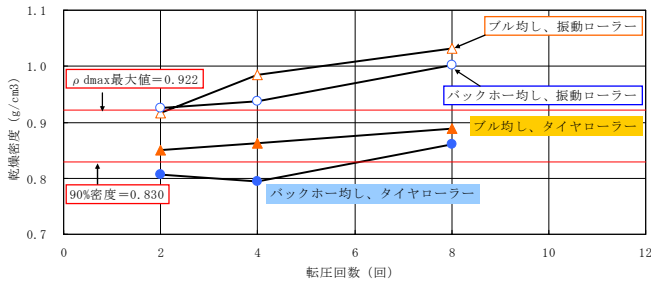


図-4 転圧回数と乾燥密度の関係

いずれの施工機械でも転圧回数の増加に伴い乾燥密度が増加する傾向が認められる。また、振動ローラーでは、2回の転圧で突固め試験で得られた最大乾燥密度以上の値が得られた。基本的には突固め試験結果以上の密度は現場施工では発現しないため、これについても粒子破碎が影響している可能性がある。一方、タイヤローラーでは、4回の転圧でも条件によっては締固め度90(%)を満足しない結果を確認した。

(3) 転圧回数とせん断抵抗角の関係

転圧回数とせん断抵抗角の関係を図-5に示す。

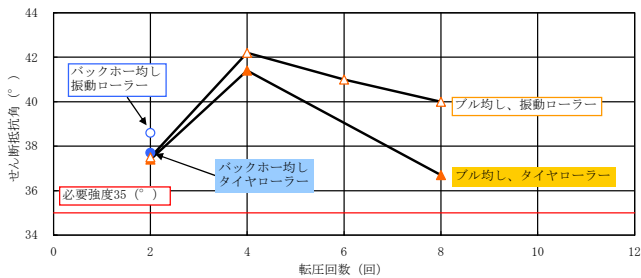


図-5 転圧回数とせん断抵抗角の関係

いずれの条件でも盛土の安定上必要となる  $\phi = 35^\circ$  は満足した。ただし、転圧回数が4回を超えるとせん断抵抗角が低下する傾向が認められる。これは過度の転圧により、多量の水を保水した軽石が潰れ、水が浸み出し泥状化することが原因と考えられる。この現象は目視でも確認でき、今回用いた火山灰では、5回の転圧で水が浸み出し、表面が泥状化した。

以上より、転圧により密度は増加するが、せん断抵抗角は過度の転圧で低下することが分かった。このため、締固め管理を密度で行い、規定の値を満足しないからといって、転圧を続けることは逆効果となる。

4. 土量変化率の検証

大規模な盛土施工の場合、僅かな土量変化率の誤差でも、土量・搬入計画に大きな影響を及ぼす。このため、土量変化率の把握は重要である。表-2に道路土工<sup>1)</sup>に示される一般的な土砂の土量変化率を抜粋して示す。今回用いた材料は、粒度配合では礫質土に区分される土砂であることから、表の上段が目安となる。

表-2 一般的な土砂の土量変化率

名称		L	C
礫混じり土	礫	1.10~1.20	0.85~1.05
	礫質土	1.10~1.30	0.85~1.00
	固結した礫質土	1.25~1.40	1.10~1.30
砂	砂	1.10~1.20	0.85~0.95
	岩塊・玉石混じり砂	1.15~1.20	0.90~1.00
粘性土等	粘性土	1.20~1.45	0.85~0.95
	礫混じり粘性土	1.30~1.40	0.90~1.00
	岩塊・玉石混じり粘性土	1.40~1.45	0.90~1.00

土量変化率は下式により求められる。

$$L = \frac{\text{ほぐした土量 (m}^3\text{)}}{\text{地山の土量 (m}^3\text{)}}, \quad C = \frac{\text{締固めた土量 (m}^3\text{)}}{\text{地山の土量 (m}^3\text{)}}$$

道路土工によれば地山土量は、比較的正確に測定できるとされるが、今回は層厚や分布状況が異なる4種の材料を混合して使用するためこれの把握が困難となった。このため、当現場では縦3m×横3m×高さ6mの大規模掘削を行い、この体積と発生した土砂の土量および重量を測定して地山密度を把握した。また、ほぐした土量および締固めた土量は、試験施工を行い算出した。結果は以下のとおりである。

$$L = 1.15, \quad C = 0.75$$

表-2と比較すると、運搬計画にかかわるLは、一般的な値と同様であるが、土量計画にかかわるCは、通常の土砂よりも小さいことが分かった。これは、Lについてはほぐすだけなので通常の土砂と条件は同様であるが、Cは、火山灰の粒子は脆弱なため、一般の土砂よりも粒子破碎や変形が大きく、空隙が少なくなることが原因と考えられる。

5. まとめ

- ① 盛土には、北海道に分布する一般的な火山灰を使用した。転圧により粒子が破碎することを確認した。
- ② 転圧回数と密度および強度の関係は、転圧により密度は増加するが、過度の転圧でせん断抵抗角が低下することが分かった。
- ③ せん断抵抗角が低下する原因は、火山灰は粒子が脆弱なことから、水を保水した軽石が潰れ、含水状態が高くなることによる。
- ④ 運搬計画にかかわる土量変化率は、一般的な土砂と同様であるが、締固めによる土量変化率は、一般的な土砂よりも小さいことが分かった。
- ⑤ 締固めによる土量変化率が小さい原因は、火山灰は一般的な土砂よりも粒子が脆弱なため、転圧により粒子が破碎し、空隙が少なくなるためと考えられる。

6. おわりに

火山灰についての研究は進められ、いろいろな成果が得られているが、使用する材料により結果が異なることが実情である。このため、火山灰を用いた盛土では、試験施工を行い、締固めや強度の管理方法の確立や土量変化率などの測定が必要と考える。

《引用・参考文献》

1) 社) 日本道路協会：道路土工要綱 pp270~273, 2010.6.