

# 建設コスト縮減に向けた 標準的な転圧機械を用いた盛土厚層化の検討

安達隆征<sup>1</sup>・西本聡<sup>2</sup>・佐藤厚子<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(独)土木研究所 寒地土木研究所 寒地基礎技術研究グループ 寒地地盤チーム  
(〒062-8602 札幌市豊平区平岸一条三丁目一番三十四号)

<sup>2</sup>正会員 (独)土木研究所 寒地土木研究所 寒地基礎技術研究グループ 寒地地盤チーム  
(〒062-8602 札幌市豊平区平岸一条三丁目一番三十四号)

近年、工事規模の大型化に伴い、高盛土で大規模な土工が増加しており、効率の良い土工が建設コスト縮減、早期供用による経済効果につながるものと期待される。そこで、効率性や経済性の観点から、盛土の一層当たりの施工厚さを標準の厚さよりも厚くすること(以降盛土厚層化と称する)を検討した。

これまでの研究で、盛土厚層化の施工は大型転圧機械で検討がされてきた。しかし、北海道ではその市場性が乏しい。このことから、実際に現場の盛土施工で使用されている標準的な転圧機械を使用し、粗粒土に分される土質について現場試験施工を行った。

**キーワード:** コスト縮減, 盛土厚層化, 標準転圧機械

## 1. はじめに

近年、工事規模の大型化に伴い、経済的施工や工事の早期完成が求められている。特に高規格幹線道路等の建設にあたっては、高盛土で大規模な土工が増加しており、効率の良い土工が、工事全体の経済性、工期短縮に大きく影響するものと考えられる。

現在、道路土工における盛土の締固めは、路床を除き、一層の厚さ 30cm を標準として施工、品質管理されている<sup>1)</sup>が、効率性や経済性の観点から、盛土の一層当たりの施工厚さを標準の厚さよりも厚くすること(以降盛土厚層化と称する)を検討した。

これまでの検討<sup>2)</sup>により、転圧機械は大型締固め機械(25tタイヤローラー)として、盛土厚層化の試験条件がまとめられているが、特に北海道では、大型施工機械の保有台数が低く、施工実績が少ない状況にある。そこで、実際に現場の盛土施工で使用されている標準的な転圧機械を使用し、北海道内各地で現場試験施工を実施した。本報告は、粗粒土に関する試験施工データの分析結果を基に、標準的な転圧機械で盛土厚層化施工が可能であるかを検討し、盛土厚層化に向けたフローをとりまとめたものである。

## 2. 盛土における締固め規定

盛土施工において、どのように土を締め固めるかを仕様書に明確に規定することは、盛土の品質を確実なものにするために必要なことである<sup>3)</sup>。規定の方式には大別して品質規定方式と工法規定方式の2つがあるが、現在は品質規定方式が一般的である。

品質規定方式は、盛土に必要な品質を仕様書に明示し、締固めの方法については施工者に委ねる方式で、検査の対象となるのは盛土の品質の規定に対する可否である。施工者は施工の過程において、常に品質管理を行い、締固め工法を調整していかなければならない。最近の請負工事においては、請負契約の性格上最も合理的な方式と目され、内外の多くの機関においてこの方式が採用されている。

品質を規定する方式には、次に示す3つがある。

基準試験の最大乾燥密度、最適含水比を利用する方法(乾燥密度規定)

空気間隙率または飽和度を施工含水比で規定する方法(空気間隙率または飽和度規定)

締固めた土の強度、変形特性を規定する方法(強度特性規定)

一般的に多く用いられている規定法は 乾燥密

度規定法であり、今回の検討に使用する規定法もこれを採用した。

基準試験の最大乾燥密度、最適含水比を利用する方法（乾燥密度規定）は、締固めた土の乾燥密度と基準の締固め試験の最大乾燥密度  $d_{max}$  の比（締固め度）が規定値以上になっていることを要求する方法である。一般に、土の現場密度測定は JIS A1214「砂置換法による土の密度試験方法」が用いられる。一方、基準の締固め試験としては JIS A1210「突固めによる土の締固め試験方法」が用いられる。

また、北海道開発局の道路・河川工事仕様書<sup>4)</sup>の規定は、JISA1210のA、B法により、路体が最大乾燥密度の85%以上、路床が最大乾燥密度の90%以上としている。今回の試験施工では、盛土の大半を占める路体を対象とした。

### 3. 試験施工の概要

盛土の厚層化を実施するために、厚層化に適した土質、施工方法の提案を目的として、北海道内の盛土工事区間を対象とし、試験施工を行った<sup>5)、6)</sup>。平成18、19年度の2カ年で行い、平成18年度は18工事現場で28件のデータ、平成19年度は15工事現場で16件のデータを収集し、最終的には表-1に示す33工事現場で、44件のデータを得た。

試験施工では、盛土の仕上げり厚さを45cmとし、路体盛土の管理基準値である締固め度85%を確保できる転圧回数を求めるために、転圧回数を変えて盛土の密度を測定した。

#### (1) 施工手順

全体の試験施工の流れを図-1に示す。

密度試験は、土の現場密度測定 JIS A1214「砂置換法による土の密度試験方法」によることとし、1箇所あたり3点で測定し、その最低値を盛土の密度とする。また、密度は、盛土の表面で測定するとともに、盛土内部で基準値を満足していることを確認するため、深度30cmでも測定した（写真-1）。測定箇所を断面から見た概念図を図-2に示す。盛土は深部で基準値を満足していなければならないことから、深度30cmで基準値を満足する転圧回数を盛土施工の転圧回数とした。図-3は、転圧回数と締固め度の関係を示す一例である。例えば、図-3の場合、最大乾燥密度の85%を超える転圧回数は、表層部4回、深度30cmで6回となり、盛土施工の転圧回数は6回となる。

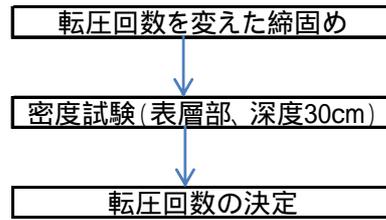


図-1 試験施工の流れ



写真-1 深度30cmでの砂置換状況



仕上厚は $t=45\text{cm}$ に統一する。は密度測定面

図-2 断面から見た現場密度試験箇所の概念図

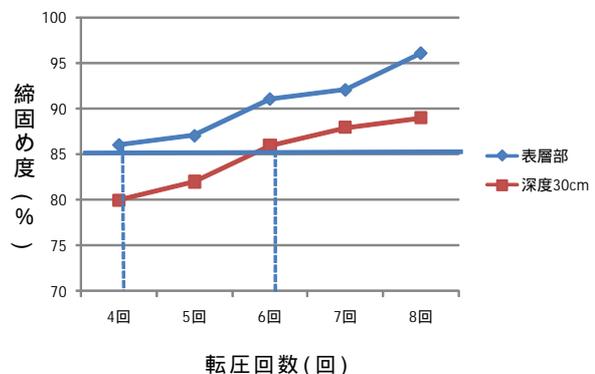


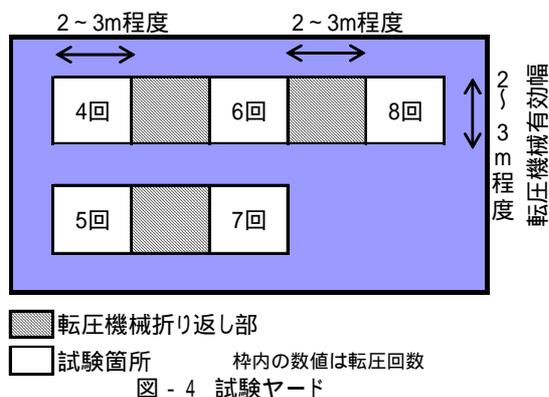
図-3 転圧回数の求め方

表 - 1 試験施工箇所一覧

| 施工年度 | 建設部 | No. | 工 事 名                        | 施工機械                    |               | 土質           |          |
|------|-----|-----|------------------------------|-------------------------|---------------|--------------|----------|
|      |     |     |                              | 敷均し                     | 締固め           |              |          |
| H18  | 札幌  | 1   | 道央圏連絡道路 千歳市チブニー改良工事          | 19tブル                   | 10tタイヤローラー    | 細粒分混じり礫質砂    |          |
|      |     | 2   | 主要道道美唄富良野線 芦別町幌子改良工事         | D65P湿地ブル                | 20t振動ローラー     | 細粒分質砂質礫      |          |
|      | 室蘭  | 3   | 一般道道北進平取線 厚真町下幌内改良工事         | 8t湿地ブル                  | 10tタイヤローラー    | 砂質礫(粒径幅の広い)  |          |
|      | 帯広  | 4   | 帯広広尾自動車道 帯広市幸福29号改良工事        | 7tブル                    | 11t振動ローラー     | 細粒分質砂質礫      |          |
|      |     | 5   | 帯広広尾自動車道 中札内村興和31号改良工事       | 7tブル                    | 10t振動ローラー     | 砂質礫          |          |
|      |     | 6   | 帯広広尾自動車道 中札内村興和31号改良工事       | 7tブル                    | 10t振動ローラー     | 細粒分混じり砂質礫    |          |
|      |     | 7   | 帯広広尾自動車道 中札内村興和32号改良工事       | 18tブル                   | 10t振動ローラー     | 砂質礫          |          |
|      |     | 8   | 帯広広尾自動車道 中札内村共栄34号改良工事       | 21tブル                   | 11t振動ローラー     | 細粒分質砂質礫      |          |
|      |     | 9   | 帯広広尾自動車道 中札内村共栄34号改良工事       | 21tブル                   | 11t振動ローラー     | 細粒分質砂質礫      |          |
|      |     | 10  | 帯広広尾自動車道 中札内村共栄35号改良工事       | 7tブル                    | 10t振動ローラー     | 細粒分混じり砂質礫    |          |
|      |     | 11  | 帯広広尾自動車道 中札内村協和38号改良工事       | 7tブル                    | 10t振動ローラー     | 細粒分質砂質礫      |          |
|      |     | 12  | 帯広広尾自動車道 中札内村協和38号改良工事       | 21tブル                   | 10t振動ローラー     | 細粒分質砂質礫      |          |
|      |     | 13  | 北海道横断自動車道 本別町共栄道路改良工事        | 17tブル                   | 11t振動ローラー     | 礫混じり細粒分質砂    |          |
|      |     | 14  |                              | 17tブル                   | 11t振動ローラー     | 礫混じり細粒分質砂    |          |
|      |     | 15  |                              | 17tブル                   | 11t振動ローラー     | 細粒分質礫質砂      |          |
|      |     | 16  | 北海道横断自動車道 浦幌町貴老路東6線道路改良工事    | 17tブル                   | 11t振動ローラー     | 細粒分質砂        |          |
|      |     | 17  | 北海道横断自動車道 浦幌町貴老路東6線道路改良工事    | 7tブル                    | 10t振動ローラー     | 細粒分質砂        |          |
|      |     | 18  |                              | 7tブル                    | 10t振動ローラー     | 細粒分質砂        |          |
|      |     | 19  | 北海道横断自動車道 浦幌町貴老路東8線道路改良工事    | 21tブル                   | 10t振動ローラー     | 細粒分質砂        |          |
|      |     | 20  |                              | 21tブル                   | 10t振動ローラー     | 細粒分質砂        |          |
|      |     | 21  |                              | 21tブル                   | 10t振動ローラー     | 細粒分質砂        |          |
|      |     | 22  | 北海道横断自動車道 浦幌町栄穂道路改良工事        | 7tブル                    | 10t振動ローラー     | 細粒分質砂        |          |
|      |     | 23  | 北海道横断自動車道 浦幌町栄穂東15線道路改良工事    | 21tブル                   | 10t振動ローラー     | 細粒分質礫質砂      |          |
|      |     | 24  |                              | 21tブル                   | 10t振動ローラー     | 砂混じり礫        |          |
|      |     | 網走  | 25                           | 一般国道333号 佐呂間町新佐呂間トンネル工事 | 21tブル         | 10t振動ローラー    | 粗石混じり砂質礫 |
|      |     | 留萌  | 26                           | 一般道道名寄遠別線 遠別町宇遠別改良外一連工事 | 20tブル         | 11t振動ローラー    | 細粒分質砂    |
|      |     |     | 27                           | 一般国道40号 幌延町幌延改良工事       | 21t湿ブル        | 8-12tタイヤローラー | 細粒分まじり砂  |
|      | 稚内  | 28  | 一般国道40号 豊富町サロベツ改良工事          | 0.4m <sup>3</sup> バックホウ | 13tタイヤローラー    | 細粒分まじり礫質砂    |          |
| H19  | 札幌  | 29  | 一般国道452号 夕張市 代々木改良工事         | 3tブル                    | 14tタイヤローラー    | 細粒分まじり砂質礫    |          |
|      |     | 30  | 道央圏連絡道路 千歳市 中央改良工事           | 7tブル                    | 10t振動ローラー     | 細粒分質砂質礫      |          |
|      |     | 31  |                              | 7tブル                    | 10t振動ローラー     | 細粒分質礫質砂      |          |
|      |     | 32  | 道央圏連絡道路 千歳市 オルイカ改良工事         | 19tブル                   | 12t振動ローラー     | 細粒分まじり砂質礫    |          |
|      |     | 33  | 道央圏連絡道路 千歳市 祝梅改良工事           | 21tブル                   | 8-12tタイヤローラー  | 細粒分質礫質砂      |          |
|      |     | 34  | 道央圏連絡道路 千歳市 祝梅改良工事           | 21tブル                   | 8-12tタイヤローラー  | 細粒分質礫質砂      |          |
|      | 函館  | 35  | 函館江差自動車道 北斗市 茂辺地インターチェンジ改良工事 | 8tブル                    | 10tコンバインドローラー | 砂まじり細粒分質礫    |          |
|      | 帯広  | 36  | 北海道横断自動車道 浦幌町 川上道路改良工事       | 18t湿地ブル                 | 10t振動ローラー     | 細粒分質砂質礫      |          |
|      |     | 37  | 北海道横断自動車道 浦幌町 栄穂道路改良工事       | 15tブル                   | 10t振動ローラー     | 細粒分質砂質礫      |          |
|      | 網走  | 38  | 一般国道39号 北見市 川東トンネル工事         | 15tブル                   | 12tタイヤローラー    | 細粒分まじり砂質礫    |          |
|      | 留萌  | 39  | 一般国道40号 幌延町 南幌延改良工事          | 21tブル                   | 20tタイヤローラー    | 細粒分まじり砂      |          |
|      |     | 40  | 一般国道40号 幌延町 中幌延改良工事          | 21t湿ブル                  | 8-12tタイヤローラー  | 細粒分質砂        |          |
|      |     | 41  | 一般国道40号 幌延町 南幌富改良工事          | 21tブル                   | 30t振動ローラー     | 細粒分質砂        |          |
|      |     | 42  | 一般国道40号 幌延町 北幌富改良工事          | 21tブル                   | 21tブル         | 細粒分質砂        |          |
|      |     | 43  | 一般道道名寄遠別線 遠別町 宇遠別改良工事        | 19tブル                   | 8-12t振動ローラー   | 細粒分質砂        |          |
|      |     | 44  | 一般国道40号 幌延町 中幌富改良工事          | 21tブル                   | 20tブル         | 細粒分質砂        |          |

## (2) 転圧回数

過年度の試験結果から、1~3回の転圧回数では転圧不足であることがわかってきた。また、転圧回数が8回を超えると費用が大きくなり、コスト縮減とはならない。よって、転圧回数はこれらを省いた4~8回の5種類に絞った。試験ヤードの例を図-4に示す。



## (3) 使用機械

現場の施工条件に適応させることを目的として、大型の施工機械を使用せずに、実際に現場で使用されている敷均し機械、転圧機械を使用した(表-1)。

## 4. 試験結果と考察

各試験施工箇所の密度試験結果から、転圧回数ごとに締固め度85%を満たした件数、使用した各転圧機械の件数、試験施工に用いた土質件数をそれぞれ整理した。転圧回数毎に締固め度85%を満たした件数を図-5に、使用した各転圧機械の件数を図-6にそれぞれ示す。

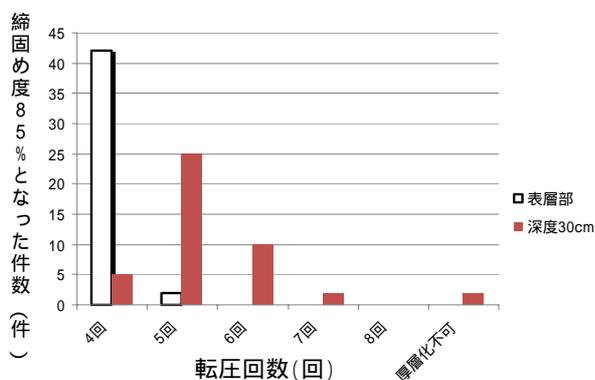


図-5 転圧回数毎の締固め度85%を満たした件数

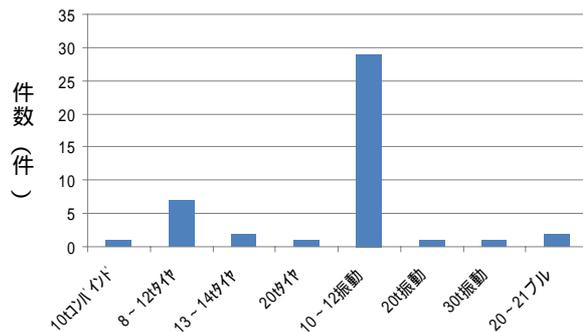


図-6 使用した転圧機械

## (1) 盛土厚層化施工の可否

図-5から、深度30cmにおいて、全体の95%に達する44件中42件が8回転圧以内で締固め度85%を満たしている。また、図-6から、従来の厚層化盛土用転圧機械である25t以上の転圧機械は1件しか使用されておらず、その大半が8~12tタイヤローラーや10~12t振動ローラー(写真-2)での転圧であった。このことから、実際に現場で使用されている施工機械で、十分に盛土厚層化施工が可能である。



写真-2 10t タイヤローラーの転圧状況

## (2) 土質

試験施工では、明確な最大乾燥密度を得られない土質はなかった。表-2に示すように、試験施工に用いた土質は、すべて砂質土か礫質土で、粗粒土に分類される土質であった。

表-2 試験施工に用いた土質の件数

| 土質  | 件数 |
|-----|----|
| 礫質土 | 20 |
| 砂質土 | 24 |

### (3) 試験施工の転圧回数

図-5 に示すように、深度 30cm で締固め度 85% を満たした件数は、4 回転圧で 5 件、5 回転圧で 25 件、6 回転圧で 10 件、7 回転圧で 2 件、8 回転圧で 0 件であった。7 回転圧の 2 件は礫質土に分類される土質であった。また、8 回転圧で締固め度 85% を満たせなかった件数は 2 件あり、いずれも礫質土に分類される土質だった。

一方、砂質土に分類される土質は、すべて 6 回までの転圧で、締固め度 85% を満たしているため、試験施工の転圧回数は、4~6 回で十分である。

### (4) 転圧回数が多くなる土質

図-7 に、礫質土に分類される土質において、転圧回数毎に締固め度 85% を満たした件数を示す。

深度 30cm で、転圧回数が 7 回になった 2 件および、転圧回数が 8 回までに目標締固め度を満足しなかった 2 件は、表層部では 4~5 回転圧で目標締固め度を満足していたので、表層部ではよく締め固まっていたことがわかる。一方、深度 30cm 付近では、礫と礫の隙間に空隙が見られた。

これらのことから、礫質土に分類される土質のなかには、締固め効果が深部まで伝わりづらい土質があると思われる。

そこで、転圧回数が 7 回で目標締固め度を満足する材料、転圧回数が 8 回を超えても目標締固め度を満足しない材料について、物性を調べたが、明確な傾向を見出すことはできなかった。

以上のことから、礫質土に分類される土質の試験施工は転圧回数を 4~8 回とする。

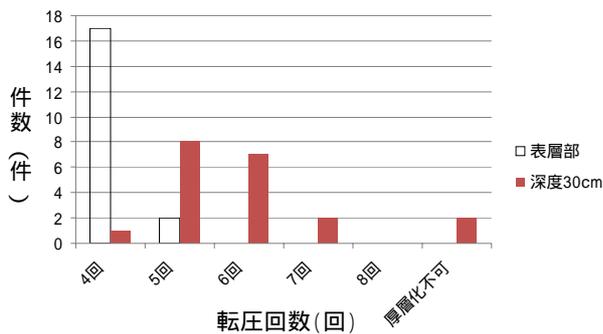


図-7 礫質土において転圧回数毎の締固め度 85% を満たした件数

## 5. 盛土厚層化実施フロー

これまでの検討結果から、盛土厚層化を採用するにあたり、図-8 に示すフローを提案する。

火山灰のように、明確な最大乾燥密度を求めることができない材料土は、検討できなかったため、転圧回数を 4~8 回として試験施工を行う。また、締固め度管理ではなく、D 値管理<sup>7)</sup>とする。シルトや粘性土などの細粒土に分類される土質は、検討できなかったため、転圧回数を 4~8 回として試験施工を行う。

礫質土に分類される土質は、4~8 回として試験施工を行う。

砂質土に分類される土質は、4~6 回として試験施工を行う。

試験施工では、表層部と深度 30cm 部で締固め密度（火山灰では D 値）を測定する。

深度 30cm の締固め度が目標値を満足する転圧回数を本施工の転圧回数とする。

転圧回数から厚層化施工と標準施工を比較し、経済的な施工を採用する。

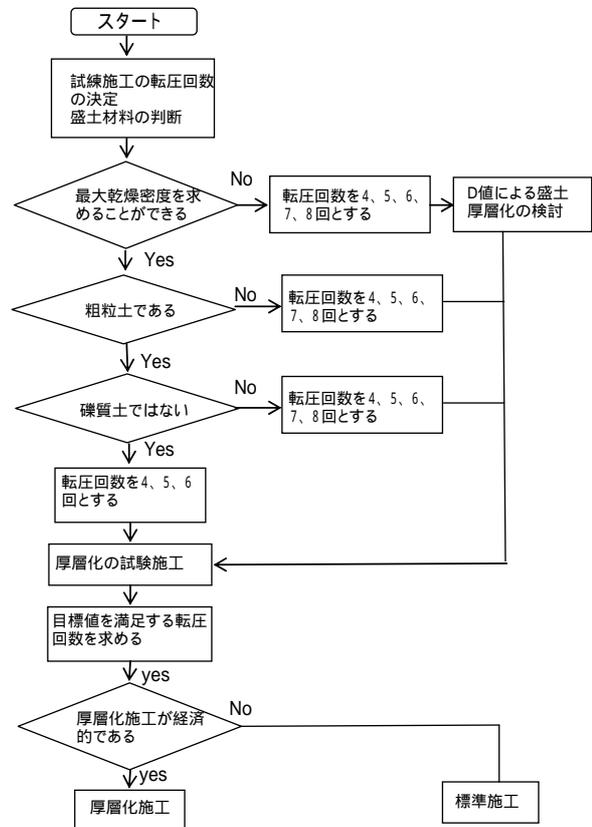


図-8 盛土厚層化採用フロー

## 6. 施工の留意点

粗粒土において、盛土厚層化施工は実際に現場で使用されている標準的な転圧機械で、十分に可能であることがわかった。盛土厚層化施工の実施において、次の項目に留意する。

盛土厚層化施工に当たっては、図-8 のフロー図に従い、試験施工を行う。

本施工では、表層部の締固め度で品質管理を行う。このときの管理値は、試験施工で深度 30cm の締固め度が 85%のときの表層部での締固め度以上とする。例えば図-9 に示すように、試験施工における深度 30cm の締固め度が 85%のとき、表層部での締固め度が 89%であったとする。このとき、本施工では、表層部の締固め度を、89%以上で管理しなければならない。

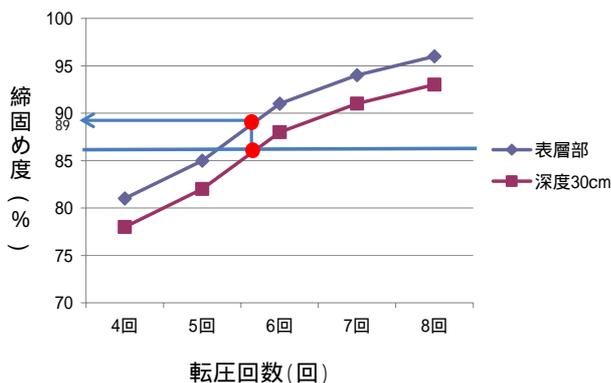


図-9 締固め管理値の求め方

## 7. まとめ

本検討では、盛土厚層化の施工条件を明らかにするために、盛土の密度試験を行った。その結果を以下のとおりまとめた。

実際に現場で使用されている標準的な施工機械で、十分に厚層化施工が可能である。

礫質土に分類される土質は、締固め効果が深部まで伝わりづらい場合があるので、他の土質に比べ、転圧回数が増える場合がある。

## 8. 今後の課題

今回の試験施工では、細粒土に分類されるシルトや粘性土がなかった。また、火山灰のように明確な最大乾燥密度を求めることのできない土質もなかった。これらの土質についても、標準的な転圧機械で盛土厚層化施工が可能であるか、今後検討する必要がある。

また、礫質土の中にも若干厚層化施工ができない材料土があることがわかった。これらの材料土について特定する必要がある。

### 参考文献

- 1) 北海道開発局：道路・河川工事仕様書, pp.1-28, 2007
- 2) 渡辺英, 西川純一：盛土転圧の厚層化,北海道開発土木研究所月報 No.556, 1999.9.
- 3) 道路土工施工指針：社団法人日本道路協会, pp.195, 1992.11
- 4) 北海道開発局：道路・河川工事仕様書, pp.2-202, 2007
- 5) 泉澤大樹, 西本聡, 佐藤厚子：盛土厚層化に向けた試験施工の実施, 寒地土木研究所月報 No.653, 2007.10.
- 6) 安達隆征, 西本聡, 佐藤厚子：盛土転圧の厚層化に向けた試験施工の実施, 第27回日本道路会議, 2007.11.
- 7) 北海道開発局：道路・河川工事仕様書, p.2-203,2007.