

## 戦-4 盛土施工の効率化と品質管理向上技術に関する研究(4)

研究予算：運営費交付金(一般勘定)

研究期間：平21～平23

担当チーム：寒地地盤チーム

研究担当者：西本聡、佐藤厚子、安達隆征

### 【要旨】

盛土の品質は、盛土の締固め度により管理しているのが一般的である。現在、盛土の締固め度は、盛土材料の最大乾燥密度に対して、盛土施工中の乾燥密度の割合で求めている。施工中の盛土の乾燥密度は砂置換法で測定していることが多い。砂置換法は、測定や結果の判明までに時間を要するため、工事の進捗に影響を与える。また、手間と時間を要することから、代表地点の測定により、盛土全体を管理している。そこで、簡易な方法により、盛土全体を管理できれば、高品質の盛土を施工することができる。

本研究では、盛土の現状を把握するとともに簡易で面的に盛土の品質を管理できる方法として、衝撃加速度を用いた盛土の品質管理を行うために、含水比、材料の影響など衝撃加速度試験の適用範囲を検討する。また、実際に行われている盛土施工方法に関するデータを収集し、材料に適した盛土施工機械を分類する。

キーワード：盛土、品質管理、密度、強度

### 1. はじめに

締固めは盛土の品質を大きく支配し、十分に締め固めた盛土は常時では十分な安定性を確保している。盛土が十分に締め固められているかは、一般的に盛土材料の最大乾燥密度に対する施工中の盛土の乾燥密度である締固め度で判断されている。盛土の乾燥密度は砂置換法により求めていることが多い。しかし、測定に手間がかかることと結果の判明までに時間を要することから、簡易で施工直後に盛土の品質を管理できる方法の確立が求められている。

北海道開発局では、盛土の品質を簡易、迅速、安価に実施できる方法として衝撃加速度により盛土の乾燥密度を推定する方法が使用書に掲載されている。この方法を北海道だけでなく、全国の土質に適用できれば、効率的な盛土の品質管理が可能となる。

そこで、盛土施工の実態を把握し、管理基準値の妥当性を検証することとした。また、面的、多点測定が可能な方法である衝撃加速度試験により、盛土のばらつきと、衝撃加速度試験の適用範囲を検証した。さらに盛土施工機械と盛土の品質も調査した。

### 2. 衝撃加速度による盛土の品質管理方法

#### 2.1 衝撃加速度

図-1に示すように、物体が地面に衝突してから静止する

までに、その物体に負の加速度が働く。ある物体を自由落下させたとき、この物体が地面に設置してから静止するまでの加速度を衝撃加速度として測定した場合、土の締固め度に応じて衝撃加速度も変化する。したがって衝撃加速度を用いることにより、施工現場でリアルタイムに締固めの良否の判定が可能である。

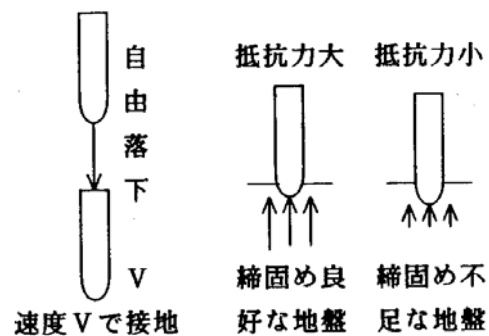


図-1 衝撃加速度

#### 2.1 衝撃加速度試験機

寒地地盤チームでは、衝撃加速度を求める試験機として、図-2に示すような三本の支柱に圧電が隆速度計を内蔵したランマーを取り付けた形式を開発した。ランマーの断面形状は直径6cmの半球状、重量はロッドを含めて4.5kg、ランマーの落下高さ40cmである。地盤の衝撃加速度は、衝

撃加速度試験機により取り込み、計測器に画面表示され、プリンターにより出力できる。

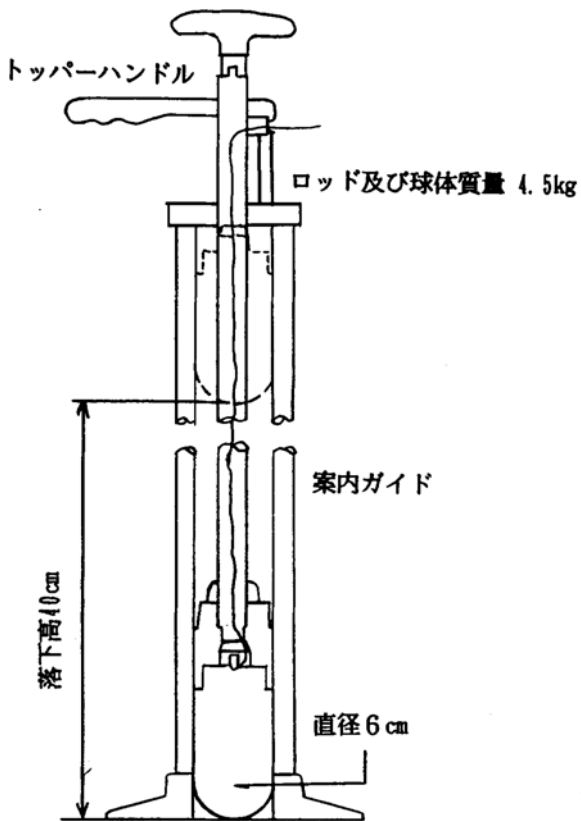


図-2 衝撃加速度試験機

### 2. 3 衝撃加速度による盛土品質管理

締固め試験により、基準となる締固め度(北海道開発局では85%)を求める。15cmモールド、2.5kgランマーを用いて、突き固め回数を1層あたり10、25、40、55回の3層で突き固めを行い、各突き固め回数における衝撃加速度を測定し、衝撃加速度( $I$ )と乾燥密度( $\rho_d$ )の関係を求める。突き固め試験で得られた最大乾燥密度の85%に対応する衝撃加速度を基準となる衝撃加速度( $I_0$ )とする(図-3)。現場で衝撃加速度を求め、基準となる衝撃加速度以上であるかにより盛土の品質を管理する。

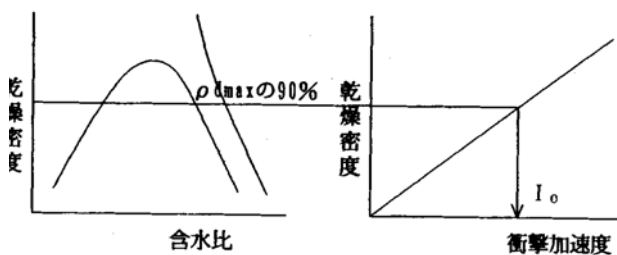


図-3 基準となる衝撃加速度

## 3. 試験方法

### 3. 1 調査内容

盛土の実態を把握するために、北海道10箇所(うち道路盛土9箇所、河川堤防1箇所)、岩手県の河川堤防の計11箇所について、盛土施工のための材料試験データ、実際の施工箇所より採取した材料の物性値、砂置換による盛土の乾燥密度測定(写真-1)、盛土の衝撃加速度を求めた(写真-2)。乾燥密度と衝撃加速度の測定箇所を図-4に示す。



写真-1 砂置換による盛土の密度測定



写真-2 盛土の衝撃加速度測定

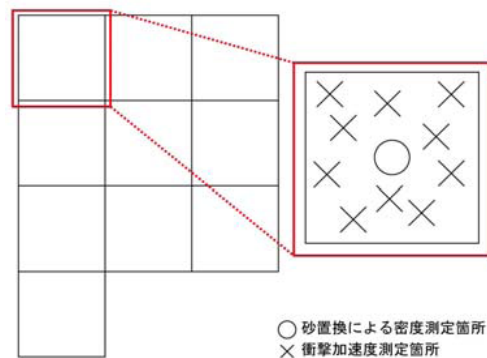


図-4 施工盛土の測定箇所

表-1 試験に用いた材料の基本物性値

試料名	常川	日高	留萌	千歳	茂辺地	鹿追	北見	根室	池田	千代田
含水比	24.64	81.22	26.10	6.59	12.23	23.20	20.50	28.20		46.02
土粒子の密度	2.442	2.324	2.650	2.715	2.652	2.717	2.473	2.838	2.615	2.583
液性限界	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	54.9	N.P.	N.P.		53.23
塑性限界	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	34.1	N.P.	N.P.		34.27
2mm以上	2.5	32.1	30.8	73.2	60.4	58.2	10.6	13.5		0
2mm~75 $\mu$ m	49.6	66.0	24.9	20.8	26.3	24.6	69.3	66.5		15.3
75 $\mu$ m以下	47.9	1.9	44.3	5.5	13.3	17.2	20.1	20.0		84.7
最大乾燥密度	1.084	不定	1.478	2.072	1.855	1.374	不定	1.7	1.548	
最適含水比	40.7		25.8	10.7	13.6	33		20.9	22.2	

また、盛土施工時の材料のばらつきを確認するため、施工した2箇所での盛土について、基本物性値を求めた。

### 3. 2 盛土材料

試験を行った盛土材料の基本物性値を表-1に示す。様々な種類の土質がある。

## 4. 試験結果

室内及び現場で調査した結果を次に示す。

### 4. 1 盛土材料

#### 4. 1. 1 材料試験と実際の盛土材料

盛土材料としての土質試験結果と実際の盛土で用いられた土質を比較した。その結果、盛土材料としての土質試験結果と実際の盛土材料の試験結果とは若干の差があることが分かった。

#### 4. 1. 2 盛土材料のばらつき

2箇所での盛土では1層転圧後の盛土から10点採取した盛土材料の基本物性値を求めた。この2箇所では、盛土材料のばらつきはほとんどみられなかった。

#### 4. 1. 3 締固め度

盛土1箇所あたり砂置換法により10孔の密度を測定した。締固め度を求めたところ、ほとんどの盛土で、10個のデータの締固め度が85%<sup>1)</sup>を満足していた。締固め度は、85%を十分に上回る箇所が多かったが、85%に近い箇所もあり、1箇所の盛土で10点のデータのうち1点が満足していなかった。盛土の粒度分布が似かよっていても締固め度に差が生じた。今後、締固め度に影響を与える物性値を検討する必要がある。

#### 4. 1. 4 衝撃加速度試験

砂置換1孔につきその周辺の衝撃加速度を10点測定し、衝撃加速度のばらつきを求めた。また、室内試験より衝撃加速度と密度の関係を求め、衝撃加速度による盛土の品質管理の妥当性を検証した。

### ① 衝撃加速度のばらつき

室内試験による衝撃加速度と乾燥密度の関係を図-5に示す。衝撃加速度と乾燥密度は相関性の高い比例を示した。

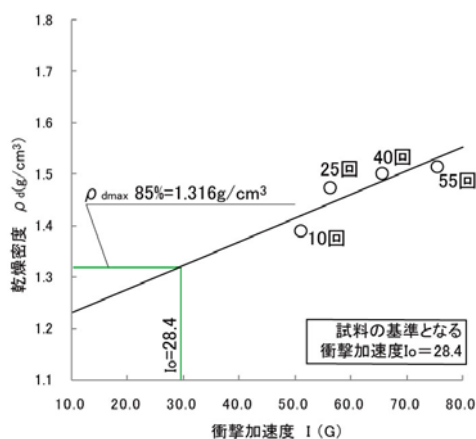


図-5 衝撃加速度の推定

### ② 衝撃加速度と砂置換による現場密度

現場で測定した衝撃加速度より、図-5から推定した乾燥密度と砂置換により求めた乾燥密度の関係を求めたところ、室内試験時の含水比が高い場合、現場の盛土の密度と衝撃加速度から推定した密度が一致しない場合があった。現場密度の推定に適用できる含水比の範囲を検討する必要がある。

また、礫の多い現場では、衝撃加速度が高くなる傾向にあるため、適応できる礫混入率の範囲を検討しなければならない。

#### 4. 1. 5 測定時間

砂置換の測定は平均で1孔あたり30分~1時間、衝撃加速度は10点あたり3~5分程度であった。さらに、砂置換法は孔を掘るため、盛土表面の一部が別な材料となってしまうが、衝撃加速度試験法は非破壊である。また、

砂置換は結果を出すのに1日以上必要とするが衝撃加速度試験はその場で結果が出るため、締固め不足が発見された場合は再転圧をすぐに行うことができ、次の施工に影響しない。

## 5. まとめ

本研究の結果を要約すると以下の通りである。

- ① 盛土材料のばらつきはほとんどみられなかった。
- ② ほとんどの盛土で締固め度は85%を満足したが、1箇所の盛土で10点のデータのうち1点が締固め度不足であった。
- ③ 試験時の含水比が高い場合、現場の盛土の密度と衝撃加速度から推定した密度が一致しない場合があった。
- ④ 礫の多い現場では、衝撃加速度が高くなる傾向にあった。
- ⑤ 衝撃加速度試験法は迅速、簡易、リアルタイムに盛土の品質を管理できる試験法である。

## 参考文献

- 1) 北海道開発局：道路・河川工事仕様書、P202~203

## A STUDY ON IMPROVING EMBANKMENT CONSTRUCTION EFFICIENCY AND TECHNOLOGIES FOR ENHANCING QUALITY CONTROL

**Abstract** : The quality of embankments is usually managed in line with their degree of compaction, which is currently calculated from the ratio of the dry density during embankment construction to the maximum dry density of the embankment material in question. In many cases, the dry density of embankments during construction is ascertained using the sand replacement method, which affects the progress of construction due to the time-consuming nature of measurement and the finalization of results.

As the approach is resource-intensive in terms of time and labor, whole embankments are managed using measurement at a representative point. Simple management of the entire structure in this way allows construction of high-quality embankments.

This study seeks to clarify the current status of embankments, and examines the range of application for impact acceleration testing (for factors such as water content and the influence of materials) as a means of enabling simple and overall embankment quality management. Data on embankment construction methods actually implemented will also be collected to allow identification of embankment construction machines suitable for different materials.

**Keywords** : embankment, quality control, density, strength