

## 7. 比抵抗値による盛土の締固め状況把握技術と既存技術との比較実験

### An Experimental Comparison of Embankment Compaction Assessment Methods Based on Specific Resistance Values and Existing Techniques

落合裕正\*

#### —概要—

本研究は、建設発生土を用いた盛土の締固め管理をより効率的に行うため、土の電気的性質である比抵抗値を利用して乾燥密度を推定する新しい手法（以下、比抵抗法と呼ぶ）を、既存の管理手法である砂置換法およびRI法と比較検証したものである。

実験の結果、各測定方法の測定範囲の違いにより、算出した乾燥密度に差が生じた。一方で測定時間は本研究で開発した比抵抗法が掘削などを必要としない方法であるため大幅な測定時間の短縮が可能であることが分かった。

#### —技術的な特長—

土を締め固めると、間隙中の空気が押し出され、間隙を占める水の割合が増える。これは、単位体積当たりの導電体（水）の体積が増えることを意味しており、土が締固められるのに伴い、土全体の電気的性質が変化するものと考えられる。比抵抗法ではこのような土の電気的性質を把握することで、土がどの程度締め固められたかを把握することが出来る（写真1）。また、従来の方法のような掘削等が不要であり、事前作業は含水比測定程度にとどまるため、現場での測定時間を大幅に短縮することができる（写真2,3）。

一方で、比抵抗法で測定した乾燥密度は、従来の方法と比べると乾燥密度をやや低く評価する傾向が確認された（表1）。これは各測定方法で測定領域が異なること、盛土の施工から本実験の実施までの間に天候等の影響で表層の密度が低下したことが原因だと考えられる。

総じて比抵抗法は従来の方法より、測定時間が短いという利点を持ち、盛土品質管理の効率化に寄与する技術であり、将来的にはより深部まで測定可能な装置の開発を行うことで、正確性と適用範囲がさらに向上することが期待される。

1) 落合裕正ほか、電気的性質を利用した締固め土の乾燥密度の推定方法、第34回地盤工学研究発表会、2024.



写真1 比抵抗法の測定状況



写真2 砂置換法の測定状況

写真3 RI法の測定状況

表1 各測定方法による測定結果

測定方法	測定時間 (s)	乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )
砂置換法	1934	1.97
RI法	2628	2.08
比抵抗法	1187	1.73

# 比抵抗値による盛土の締固め状況把握技術と既存技術との比較実験 An Experimental Comparison of Embankment Compaction Assessment Methods Based on Specific Resistance Values and Existing Techniques

○落合 裕正\*  
Hiromasa OCHIAI

**ABSTRACT** This study investigates the use of soil electrical properties for compaction control of embankments constructed using construction-generated soil with complex soil characteristics. Therefore, we compared the method developed in this study for estimating dry density using electrical resistivity with existing dry density measurement methods. The results showed that the method developed in this study significantly reduces measurement time compared to existing methods.

**Keywords** :比抵抗値, 盛土, 締固め, 乾燥密度  
*Electrical resistivity, Embankment, Compaction, Dry density*

## 1. はじめに

環境意識の高まりを受けて、盛土等における建設発生土の再利用が進められている一方、様々な土質特性を有する土を盛土材料に使用することで、不安定な盛土の流出災害等も生じるなど、その締固め管理の重要性が増している。令和 5 (2023) 年 5 月 26 日には「宅地造成および特定盛土等規制法」(通称「盛土規制法」)が施行され、盛土等を行う土地の用途やその目的にかかわらず、危険な盛土等を全国一律の基準で包括的に規制することになった。これにより、盛土規制法の規制区域内で盛土等を行う場合には、より厳格な盛土の締固め管理が求められることになる。

さらに、盛土の「締固め」は、一般的な土工の各工程の中で、唯一その品質が問われる作業であり、造成された土構造物の全共用期間を通じた安定性や要求される支持性能を左右する重要な工程である。

## 2. 技術の内容

本研究では、複合的な土質特性を有する建設発生土などを使用した盛土の締固め管理において、

比較的容易に測定可能な土の電気的性質を利用することを考えている。

### 2.1 目的

本報告の目的は、比抵抗値を用いた乾燥密度の推定方法(以下、比抵抗法と呼ぶ)と既存の乾燥密度の測定方法との比較を行い、本技術の有効性を確認することである。

### 2.2 技術の原理

土を締め固めると、間隙中の空気が押し出され、間隙を占める水の割合が増える。これは、単位体積当たり導電体(水)の体積が増えることを意味しており、土が締固められるのに伴い、土全体の電気的性質が変化するものと考えられる。本研究では、このような土の電気的性質を経時的に把握することで、土の締固め度をリアルタイムに確認できる方法を検討している<sup>1)</sup>。

## 3. 実験内容

### 3.1 実験概要

当社作業所内の擁壁背面の埋戻し部において、本研究にて開発した比抵抗法と既存の乾燥密度の測定方法として砂置換法及び RI 法の合計 3 通

\*技術研究所 材料研究部

りの方法で乾燥密度の計測を行い、その測定結果及び測定時間を比較した。なお、当該箇所は施工から本実験の実施までに3か月以上経過している。現場状況を写真1に示す。

### 3.2 実験条件

当該盛土材料の室内試験の結果を表1に、乾燥密度の計測に適用した規格を表2に示す。乾燥密度の測定は各測定それぞれ3測点ずつ同一箇所にて実施した。なお、測定時間の計測は、測定状況をビデオカメラにより撮影し、後日動画を確認することで行った。RI法及び比抵抗法で用いた測定機器を写真2に、各測定方法の実施状況を写真3～写真5に示す。

表1 盛土材料の室内試験結果

土粒子密度 (g/cm <sup>3</sup> )	自然含水比 (%)	最大乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )	最適含水比 (%)
2.788	7.9	2.048	11.4

表2 適用した規格

測定方法	規格
砂置換法	JIS A 1214
RI法	JGS 1614
比抵抗法	—

### 4. 実験結果

各測定方法により得られた乾燥密度およびその測定時間は以下の通りである。

#### 4.1 乾燥密度

乾燥密度の測定および推定結果を表3に示す。また、各測定方法によって得られた乾燥密度を、砂置換法によって求めた乾燥密度を基準として百分率で示している。

表3 乾燥密度の測定結果

測定方法	乾燥密度(g/cm <sup>3</sup> )	比率(%)
砂置換法	1.97	100(基準)
RI法	2.08	105.6
比抵抗法	1.73	87.8

#### 4.2 測定時間

各測定方法の測定時間を表4に示す。なお、測定時間は車から測定用資材を降ろす測定準備工

程、事前測定工程、本測定までの時間とした。砂置換法及びRI法においては、上記の現地作業の他に、測定対象の土に対して炉乾燥法(JIS A 1203)等を行い、含水比等を測定する必要があるが、今回の時間測定にはこれを含まない。



写真1 現場状況



(左: RI法、右: 比抵抗法)

写真2 測定機器



(左: 掘削状況、右: 砂の投入状況)

写真3 砂置換法



(左: 削孔状況、右: RI計器設置状況)

写真4 RI法



(左: 比抵抗値測定 遠景、右: 比抵抗値測定 近景)

写真5 比抵抗法

表 4 各測定方法の測定時間

測定方法	項目	測定前準備	事前測定	本測定(3点当たり)	合計(s)
砂置換法	実施内容	砂の計量など	-	掘削、土採取、計量	1934
	時間(s)	420	-	1514	
RI法	実施内容	BG測定など	α測定	削孔、測定	2628
	時間(s)	950	1291	387	
比抵抗法	実施内容	測定器の組立など	体積含水率測定	貫入、測定	1187
	時間(s)	198	644	345	

### 4.3 実験の考察

今回の実験では、各測定方法から得られた乾燥密度は、砂置換法を基準とすると、RI 法は過大評価 (105.6%)、比抵抗法は過小評価 (87.8%) する結果となった。理由としては、各測定方法の測定領域の違いによる影響が考えられる。今回の測定では図 1 に示すように比抵抗法、砂置換法、RI 法の順で測定領域が深くなっている。さらに、今回測定を行った盛土は施工から 3 か月以上経過しており、その間、工事用車両等の通行がほとんどない場所であった。よって、密度の変化に影響を与える要因は天候によるものがほとんどであり、表層に近いほどその影響は顕著であると考えられる。つまり、表層は降雨等により乾湿の繰返しや浸食が起こり密度が低下したと考えられる。そのため、測定領域が深くまで及ぶ RI 法は過大評価となり、測定領域が浅い比抵抗法は過小評価となったと推測される。

測定時間については、砂置換法は掘削作業に、RI 法は BG 測定 (土中や宇宙から放出される自然放射能の測定) や α 測定 (土中の水分量の補正) に時間がかかるのに対し、比抵抗法は掘削の必要が無く、事前測定は体積含水率の測定のみであるため測定時間を大幅に短縮することが可能となった。なお、砂置換法及び RI 法は別途室内試験により含水比を求める必要があるが、本実験ではその時間は含んでいない。

### 5. まとめ

①天候の影響を受けやすい表層付近は密度が

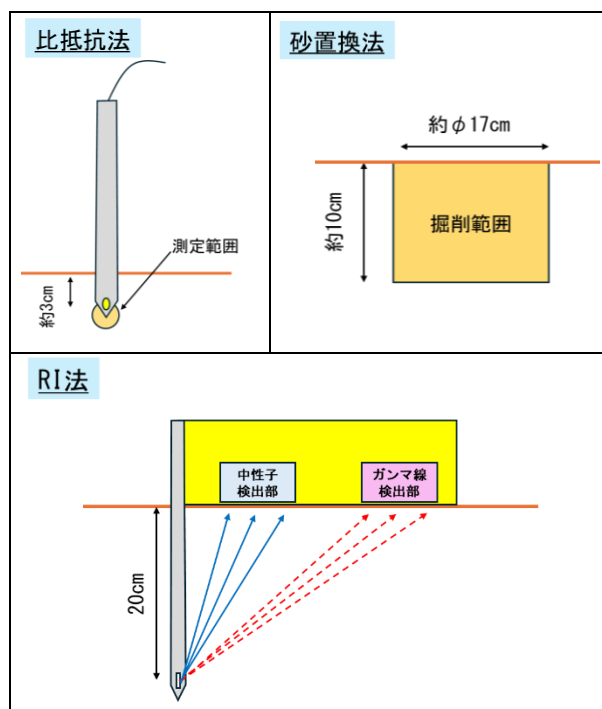


図 1 各測定方法の測定領域

低下しており、本実験で実施した測定領域が異なる 3 通りの測定方法では乾燥密度に差が生じた。  
②本研究で開発した比抵抗法は従来の砂置換法及び RI 法と比較して測定時間を大幅に短縮することが可能である。

今後は盛土内部まで測定することが可能な比抵抗の測定装置の開発を検討しており、本測定器を用いて盛土の計測を継続的に行っていく。

### 【参考文献】

- 1) 落合裕正ほか：電気的性質を利用した締固め土の乾燥密度の推定方法，第 34 回地盤工学研究発表会，2024.