

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

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。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。

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仕様書に掲載されている。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。

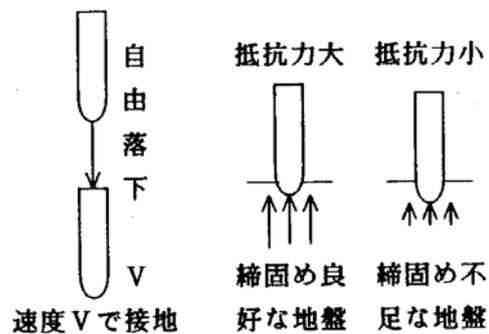


図-1 衝撃加速度

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型加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。

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 箇所の現場について、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）。

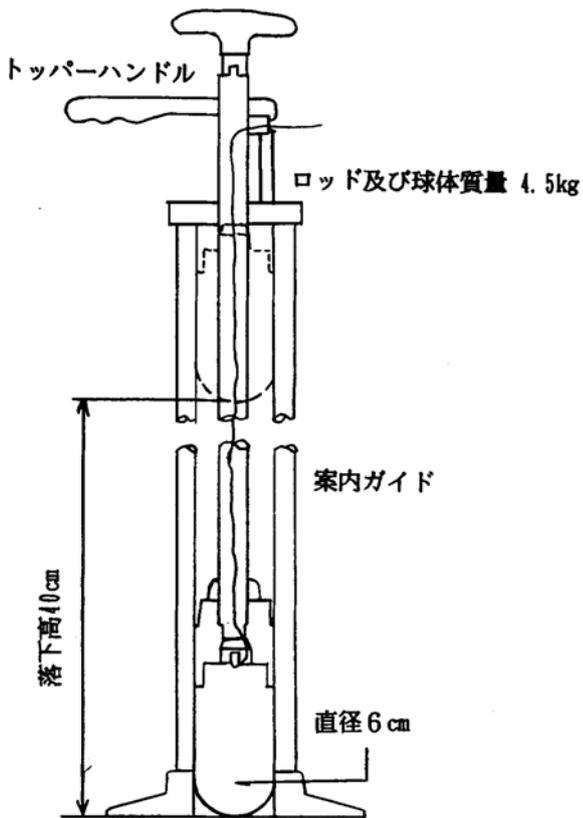


図-2 衝撃加速度試験機

2.2 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（ ρ_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。

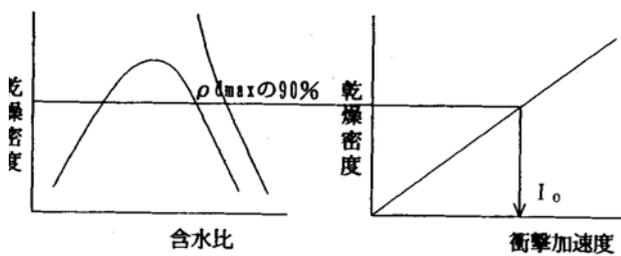


図-3 基準となる衝撃加速度



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

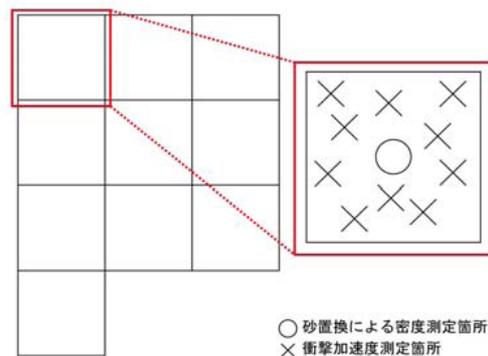


図-4 施工盛土の測定箇所

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	岩手
含水比	24.64	81.22	26.10	6.59	12.23	23.20	20.50	28.20		46.02	8.39
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	2.773
液性限界	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	54.9	N.P.	N.P.		53.23	N.P.
塑性限界	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	34.1	N.P.	N.P.		34.27	N.P.
2 mm以上	2.5	32.1	30.8	73.2	60.4	58.2	10.6	13.5		0	52.7
2 mm~75 μm	49.6	66.0	24.9	20.8	26.3	24.6	69.3	66.5		15.3	28.0
75 μm以下	47.9	1.9	44.3	5.5	13.3	17.2	20.1	20.0		84.7	39.2
最大乾燥密度	1.084	不定	1.478	2.072	1.855	1.374	不定	1.7	1.548		1.990
最適含水比	40.7		25.8	10.7	13.6	33		20.9	22.2		10.1

砂置換は、施工された盛土の密度のばらつきを確認するため、1現場につき10穴で行った。さらに1穴の周辺で10点の衝撃加速度を求めた。盛土の品質管理を行うために、あらかじめ室内試験により、衝撃加速度と乾燥密度の関係を求め、盛土の衝撃加速度から乾燥密度を推定した。なお、乾燥密度と衝撃加速度の測定箇所を図-4に示す。

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

4.1 盛土材料

4.1.1 材料試験と実際の盛土材料

7箇所について盛土施工のために事前に試験した材料の最大乾燥密度と施工時の最大乾燥密度の関係を図-5に示す。約半数は事前試験と実際の材料の最大乾燥密度はほぼ等しいが、残りは若干異なっており、中には0.3t/m³以上の差がある場合もあり、基準値に問題が発生すると考えられる。

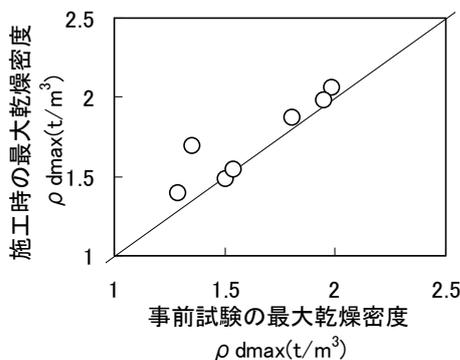


図-5 事前試験と施工時の最大乾燥密度

4.1.2 盛土のばらつき

図-6に砂置換により得られた乾燥密度を示す。図中○印は締固め度85%である。現在の品質管理方法では、締固め度85%を下回ることがない管理方法となっているが、7箇所の調査現場のうち、2現場で締固め度85%を下回る箇所があった。1点測定での最低値管理では、最低値を満足できない場合があり、基準または、測定方法の改定が必要と思われる。

図より現場ではかなりのばらつきがあることが明らかであり、現行の最低値1点管理よりも平均値管理とし、基準値を引き上げることを提案する。ちなみに、図中●印は締固め度90%であるが、平均値90%の管理値としても盛土は合格する。

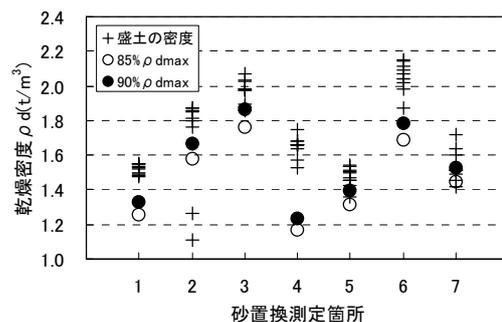


図-6 砂置換のばらつき

4.1.3 衝撃加速度と砂置換の整合性

現場で測定した衝撃加速度から推定した乾燥密度と砂置換で得られた乾燥密度の関係を図-7に示す。砂置換による乾燥密度と比較して現場の衝撃加速度から推定した乾燥密度は低い傾向にある。図中黒塗りは、現場の衝撃加速度が、室内試験時に求めた突固め回数10回から55

回までの範囲内にデータが収まった場合で、白抜きはこの範囲からはずれていた。このため、白抜きでは衝撃加速度と乾燥密度を比例関係にあるとして、この関係から推定した。範囲からはずれると必ずしも比例関係にないことも考えられるので、推定した乾燥密度と現場の乾燥密度とが一致しなかったものと思われる。今後この原因と室内試験の突固め回数を検討したい。

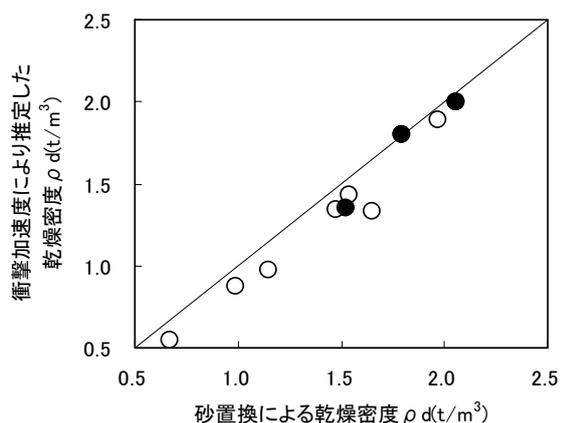


図-7 砂置換による乾燥密度と衝撃加速度により推定した衝撃加速度

4. 1. 4 試験施工に用いられた建設機械

施工に用いられた建設機械と締固め回数を表-2 に示

表-2 盛土施工の締固め機械

箇所名	敷き均し機械	転圧機械	重量	転圧回数
日高	湿地ブルD3C	タイヤ RT205	12t	6回
常川	湿地ブル	タイヤ	10t	4回
北見	—	タイヤ	8~10t	8回
千歳	—	タイヤ	8~10t	8回
鹿追	—	タイヤラ	23.6t	5回
根室	—	ブルドーザ30型 31P		5回
池田	普通ブル	コンパインドロー	3~4t	5回
千代田	—	タイヤ	3t	4回
庄内川	—	振動ロー	10t	
釧路	ブルD31P	—		6回
虎杖浜	—	4tコンパインドロー (振動あり)	4t	6回
岩手	ブルD6(21t)	振動ロー	13t	6回

す。これらの 11 箇所の盛土は表中の施工状態で十分な品質を確保できた。材料の土質による傾向をまとめるにはデータが乏しいが今後の盛土施工の参考となる。

4. 1. 5 衝撃加速度による盛土の品質管理の効率性

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) 施工現場では密度のばらつきが大きいので、締固め管理方法についての検討が必要である。
- (2) 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
- 2) 佐藤厚子、西本 聡、鈴木輝之：北海道における盛土の締固め管理に関する検討、土木学会北海道支部平成22年度年次技術研究発表会、2011.2