

盛土の締固め・管理について

(独) 寒地土木研究所 道東支所 ○佐藤 博知
(独) 寒地土木研究所 道東支所 葛西 隆廣
(独) 寒地土木研究所 寒地地盤チーム 佐藤 厚子

北海道開発局では、盛土の品質管理として砂置換による締固め度管理が多く適用されている。この場合、現場から採取した1点のデータより85%以上の締固め度があることを確認する。しかし、施工現場の締固め度はバラツキがあると考えられる。そこで、盛土の実態を把握するために施工した盛土の密度を砂置換法と多点管理の可能な衝撃加速度試験により求める機会を得た。

本報告は、盛土の締固め状態の例をまとめたものである。

キーワード：盛土、密度、砂置換法、衝撃加速度試験

1. はじめに

道路では盛土の締固めがとても重要である。締固めが不足しているということは、盛土の中に空気や水が多く存在していて、土粒子と土粒子がしっかりかみあっていない状態である。このため、支持力不足・凍上など、盛土部分はもちろんのこと、その上にある舗装が、凸凹になり舗装が崩壊してしまうことがある。このように、道路を造る上で、締固めを十分に行うことは重要なことである。

また、道路以外の河川の堤防・ダムなど、その他土木工事全般において、盛土の締固めは重要であり、締固めが不十分であると、土構造物にとって致命的な欠陥となる。

北海道開発局では、道路及び堤防の盛土の締固め度の管理基準は85%以上¹⁾と規程している。仕様書では砂置換法²⁾、衝撃加速度試験法などで盛土の密度から締固め度を測定することになっている。

本発表は、道東の盛土現場（道路2箇所・河川の築堤1箇所、合計3箇所）で、砂置換法と衝撃加速度試験法により締固め度を求める機会があったので、盛土の締固め状態をまとめたものである。

2. 試験方法

(1) 試験を行った試料

試験を行った材料の基本物性値を表-1に示す。

表-1 盛土材料の基本物性値

試料地点		No.1	No.2	No.3
土粒子密度 $\rho_s(\text{g}/\text{cm}^3)$		2.717	2.838	2.615
自然含水比 $W_n(\%)$		23.2	28.2	25.7
粒度特性	2000 μm 以上 (%)	6.3	13.5	58.2
	2000~75 μm (%)	65.9	66.5	24.6
	75 μm 以下 (%)	27.8	20.0	17.2
コンシステンシー特性	液性限界 $W_L(\%)$	54.9	NP. ⁵⁾	NP.
	塑性限界 $W_P(\%)$	34.3	NP.	NP.
土質分類 ⁴⁾		礫まじり細粒分質砂 (SF-G)	礫まじり細粒分質砂 (SF-G)	細粒分質砂質礫 (GFS)
締固めの特性	最大乾燥密度 $\rho_{dmax}(\text{g}/\text{cm}^3)$ ³⁾	1.374	1.700	1.548
	最適含水比 $W_{opt}(\%)$	33.0	20.9	22.2
コーン指数 $q_c(\text{KN}/\text{m}^2)$		1209.2	貫入不可	1563.5

*NP.は非液性・塑性

試料No. 1は、礫まじり細粒分質砂 (SF-G) であり、自然含水比は23.2で最適含水比より乾燥側である。最大乾燥密度は3つの試料の中で、最も低い。

試料No. 2は、礫まじり細粒分質砂 (SF-G) であり、コンシステンシー限界がN.P. の材料である。

試料No. 3は、細粒分質砂質礫 (GFS) であり、他の2つの試料と比較して礫分が多い。

いずれもコーン指数が高く、締固まりやすい材料といえる。

(2) 調査方法

a) 乾燥密度と衝撃加速度の関係

衝撃加速度を現場の管理基準とする場合には、あらかじめ室内において、乾燥密度と衝撃加速度との関係を求め、北海道開発局の基準締固め度に相当する衝撃加速度（基準衝撃加速度）を求めなければならない。突固め回数を15cmモールド、2.5kgランマーにより1層当たり10、25、40、55回で、3回突固めたときの衝撃加速度をモールドの上面で4点測定し、この平均を各突固め回数における衝撃加速度とし、この時の乾燥密度を求める。図-1より衝撃加速度から乾燥密度を推定する。

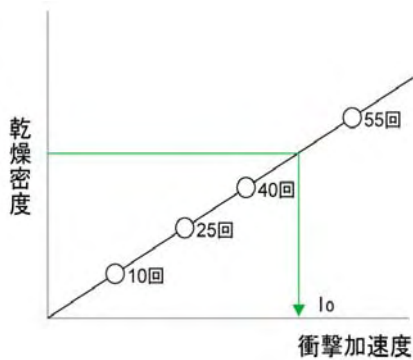


図-1 衝撃加速度と乾燥密度

b) 現場試験

各試料について現場での転圧後、図-2に示すように

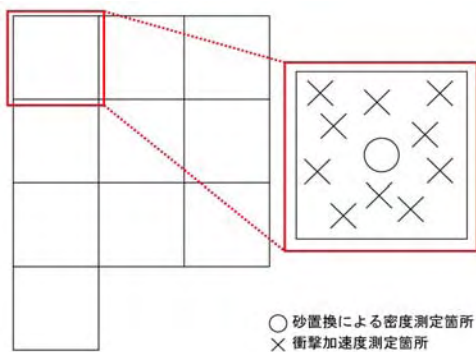


図-2 測定状況

砂置換による密度測定を10箇所、それぞれの密度測定箇所につき、写真-1に示すように、10点の衝撃加速度を求めた。なお、衝撃加速度は、10点測定した上下2点を除いた残り6点の平均値をその箇所での衝撃加速度とした。

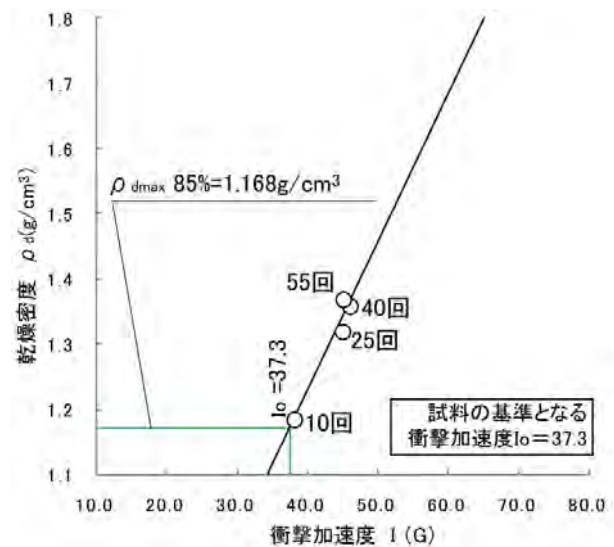


写真-1 衝撃加速度試験の状況

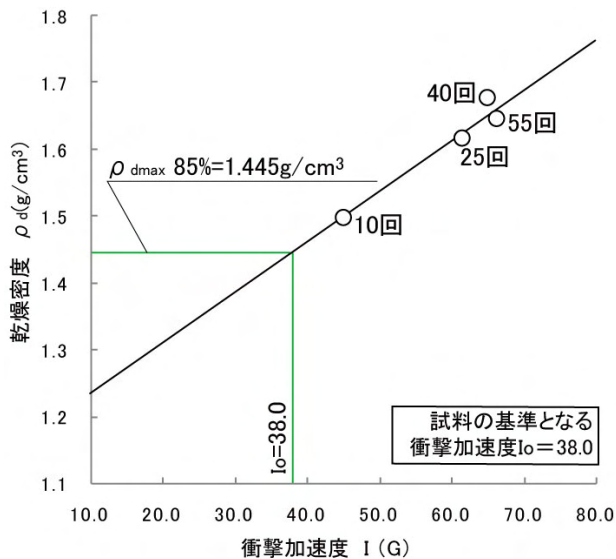
3. 試験結果

(1) 衝撃加速度と乾燥密度

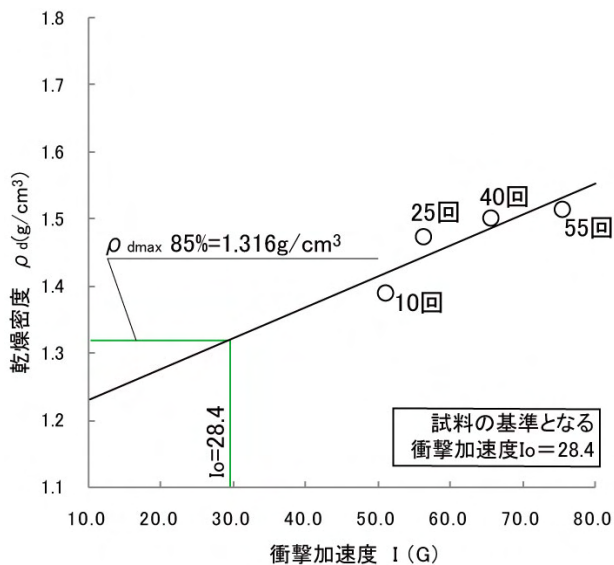
各試料について突固め回数を変えたときの、衝撃加速度と乾燥密度の関係を図-3に示す。図-3には北海道開発局の基準締固め度である85%に相当する衝撃加速度も示した。



(a) 試料 No.1



(b)試料 No.2



(c)試料 No.3

図-3 衝撃加速度と乾燥密度の関係

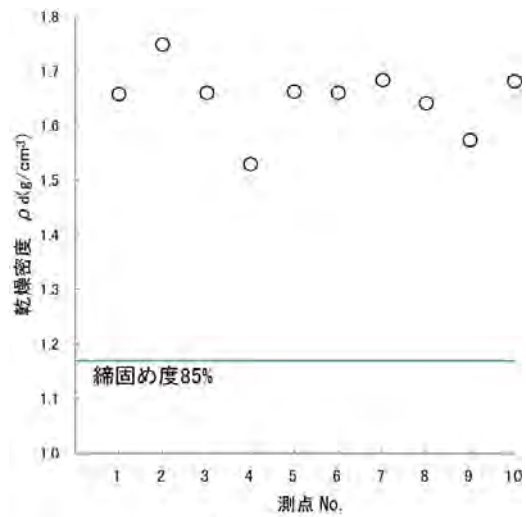
衝撃加速度と乾燥密度は相関性の高い比例を示しているが、No. 1、No. 2、No. 3の順に傾きが緩くなり、試料ごとに異なった。いずれも突固め回数を10回としたときの供試体で85%を満足していた。また、締固め度85%に相当する衝撃加速度は試料ごとに異なっている。

以上より、仕様書の記載どおり衝撃加速度で現場の品質を管理することが十分可能あり、試料ごとに衝撃加速度と乾燥密度の関係を求めて、締固め基準値に相当する衝撃加速度により品質を管理できる。

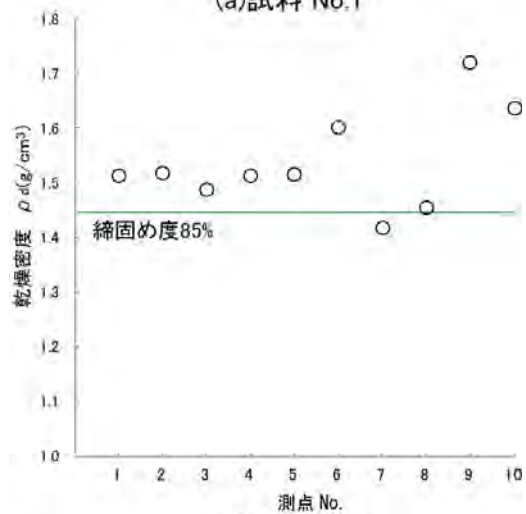
(2) 現場密度

各現場の砂置換により求めた乾燥密度を図-4に示す。

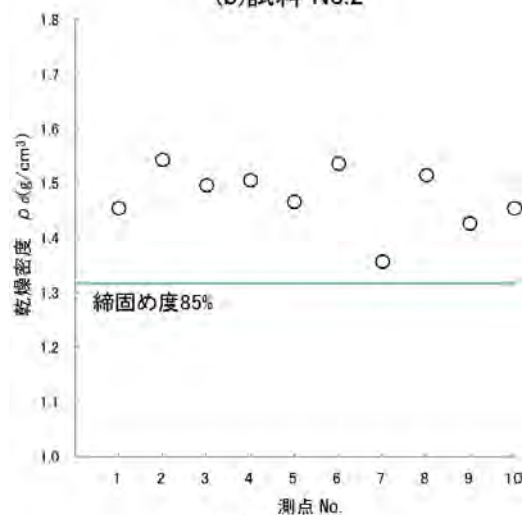
ほとんど基準締固め度85%を十分上回っていた。満足していないNo. 2の1点については締固め直後に結果を得ることが出来れば、盛土の施工に反映できる。



(a)試料 No.1



(b)試料 No.2

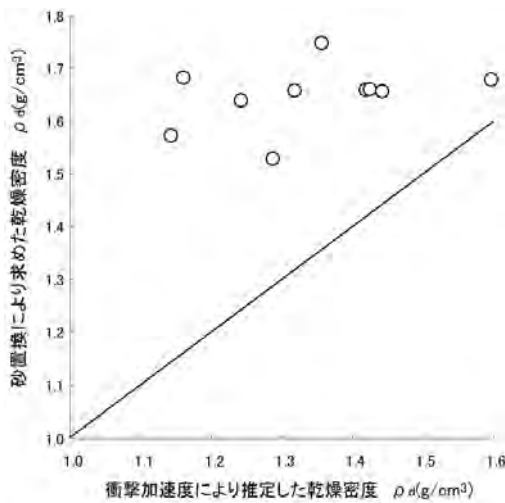


(c)試料 No.3

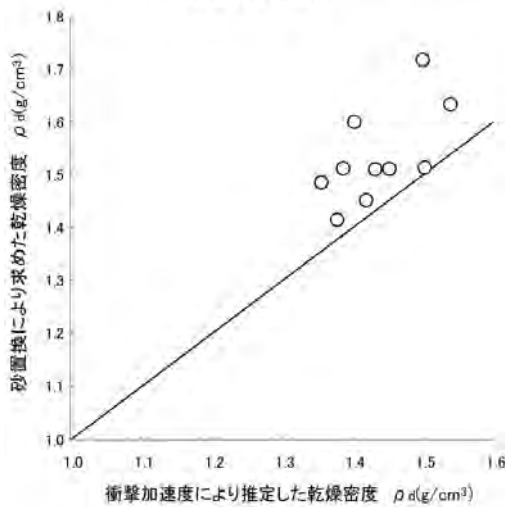
図-4 砂置換により求めた乾燥密度

(3) 衝撃加速度と砂置換による現場密度

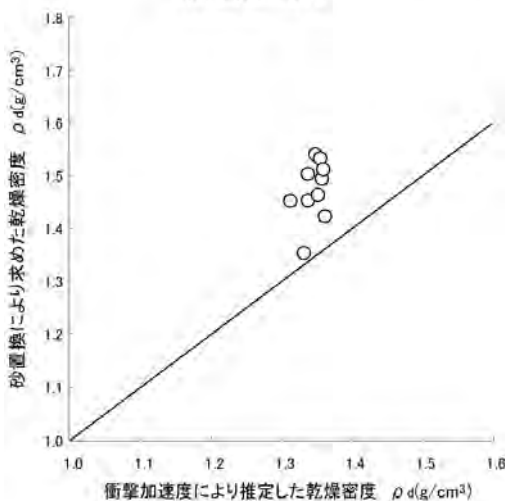
各現場について図-3の関係をを用いて衝撃加速度より推定した乾燥密度と砂置換により求めた乾燥密度の関係を図-5に示す。



(a)試料 No.1



(b)試料 No.2



(c)試料 No.3

図一五 砂置換と衝撃加速度の比較

衝撃加速度により求めた乾燥密度が砂置換により求めた密度より小さい。

No. 2、No. 3については、衝撃加速度により求めた密度と砂置換により求めた密度はほぼ等しいが、No. 1では衝撃加速度により求めた密度の方が砂置換により求め

た密度より小さい。

そこで、現場の含水比と室内試験時の含水比を確認した(表一2)。

表一2 現場の含水比と室内試験時の含水比(単位%)

	No.1	No.2	No.3
現場の含水比	23	28	26
室内試験時の含水比	34	22	24

No. 1は室内試験時の含水比が現場の含水比より高く、No. 2、No. 3は室内試験時の含水比が現場の含水比より低い。室内試験の含水比が、現場の含水比よりも高い場合に、砂置換により求めた乾燥密度と衝撃加速度により求めた乾燥密度との差が大きくなった。以上より、衝撃加速度による締固め管理では、現場の含水比が室内試験の含水比よりも低くなると適用困難となることが考えられる。

(4) 測定時間

今回の調査で砂置換による密度と衝撃加速度の測定時間を求めた。

砂置換の測定は平均すると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、砂置換法は穴を掘るが、衝撃加速度試験法は表面が少しくぼむだけであり、非破壊である。また、砂置換は結果に1日以上必要とするが衝撃加速度試験はその場で数値が出るため、次の施工に影響しない。ただし、衝撃加速度試験は石があると正しい数値が出ないことから、測定箇所の状態を良く把握しなければならない。

(5) 施工機械と転圧状況

各現場で用いた施工機械、転圧回数、締固め度の関係を表一3に示す。なお、締固め度は砂置換で測定した10個の平均である。

表一3 転圧状況と締固め度

試料名	施工機械	転圧状況	締固め度
No.1	タイヤローラ	5回	120.0%
No.2	ブルドーザ30型	5回	90.4%
No.3	コンパインドローラ	5回	95.3%

すべての現場で90%以上の締固め度であった。現場では監督および代理人の指導のもと、材料に適した施工機械および転圧回数で施工されていることがわかる。

4. まとめ

今回の調査によりわかったことを次にまとめる。

- 1) 現場の締固めは若干のばらつきはあるものの、良好に施工され、基準締固め度は十分満足している。
- 2) 衝撃加速度による密度測定は迅速であり、結果をすぐに施工に反映できる。
- 3) 衝撃加速度による密度管理は、含水比の影響を受ける場合があるので、室内試験時には現場の含水比より大きくなるように注意が必要である。
- 4) 現場施工に用いている転圧機械は、盛土材料の締固め特性を良く把握していた。

5. あとがき

今回の現場調査の結果、盛土の施工は基準値を十分満足していることがわかった。また、現場での転圧が材料に応じた機械で施工されていることもわかった。この小文が今後の施工の一助となれば幸いである。

本調査にあたり、ご協力頂いた3現場を担当された方々に謝意を表す。

参考文献

- 1) 北海道開発局：道路・河川工事仕様書、P202-203、P4-38-P4-51
- 2) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説、P563-570
- 3) 日本道路協会：道路土工—施工指針、P193-204
- 4) 日本道路協会：道路土工—土質調査指針、P298-301
- 5) 川上房義：土質力学（第6版）、P29