

## 盛土施工の効率化と品質管理向上技術に関する研究②

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 21～平 25

担当チーム：地質・地盤研究 G 施工技術 T

研究担当者：宮武 裕昭 森 芳徳 藤田 智弘

### 【要旨】

近年、未曾有の豪雨・地震により、道路盛土等の崩壊が発生している。盛土における被災調査結果や模型実験によれば、盛土内の排水不良とともに締固め不足が被災の要因となることがわかってきた<sup>1)</sup>。従来、道路盛土の締固めにおいて最も広く用いられている品質管理方法は、施工方法を想定し、設計上要求すべき強度、変形抵抗を満足するような締固め度を規定することにより、締固めた土の性質の恒久性と設計から要求される力学特性の両者を確保しているとみなすものである<sup>2)</sup>。しかし、盛土に求められる品質の要求（豪雨・地震に対する安全性）を達成するためには、締固め度の設定だけでなく、それを確実に達成するための適切な締固め機械の選定法、施工手法および品質管理手法を確立していく必要がある。

本研究では、盛土施工において、盛土に求められる品質を確保するための施工手法、品質管理手法を提案することを目的として、盛土工事現場を模擬した実験フィールドにおいて、各種盛土材料に対して、一般的に使用される大型締固め機械を用いて転圧実験を実施した。その結果、各種締固め機械による盛土施工時における、最適な施工手法や品質管理手法について検証できた。

キーワード：盛土、締固め機械、品質管理、密度

### 1. はじめに

我が国の盛土施工においては、盛土の品質向上への要請に呼応するように建設機械についても技術革新が進んでいる。これまで、道路土工—盛土工指針<sup>2)</sup>（旧：道路土工—施工指針<sup>3)</sup>）に基づき締固め作業及び締固め機械の選定を行っているが、この指針の運用から 30 年余りが経過しており、その間に締固め機械の規格・性能は大きく改善されている。

こうした状況を踏まえ、本研究では、盛土締固めに用いられている代表的な大型施工機械を用いて転圧試験を行い、施工条件に応じた締固め機械の選定、施工手法（施工厚さ）、各種品質管理に用いられる計測方法の盛土の品質管理への適用性の検討を行った。

### 2. 研究の体制

本研究では、平成 23 年度～25 年度において、土木研究所と民間企業 10 社にて「盛土施工手法及び品質管理向上技術に関する研究」を立ち上げ、共同研究として実施した。表-1 に共同研究の実施体制を示す。土木研究所における役割分担としては、大型機械を施工技術チーム、小型機械を先端技術チームが担当した。

### 3. 実験概要

#### 3.1 実験地盤

本実験は、土木研究所土工実験棟実験施設にある幅 5 m × 長さ 44.8 m × 高さ 4 m の実験ピットを使用して行った（図-1、写真-1 参照）。実験地盤は、ピット内に基礎地盤を造成後、仕上がり厚 0.3 m になるように地盤材料を敷均して構築した。

表-1 研究の役割分担

大型機械の施工手法と品質管理手法WG	小型機械の施工手法と品質管理手法WG
(株) 大林組, 鹿島道路 (株), (株) 安藤・間, (株) 不動テトラ, 前田建設工業 (株), 酒井重工業 (株)	西松建設 (株), コベルコ建機 (株), 三笠産業 (株), 西尾レントオール (株)
(独) 土木研究所 先端技術チーム・施工技術チーム	

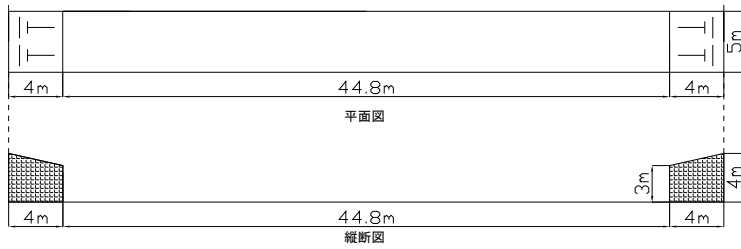


図-1 実験ピット



写真-1 実験ピット

表-2 地盤材料の物理特性

呼称	土質(1)	土質(2)	土質(3)	土質(4)	土質(5)
土粒子密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.647	2.666	2.675	2.681	2.665
最大粒径 $D_{max}$ (mm)	9.5	9.5	9.5	19.0	4.75
細粒分含有率 $F_c$ (%)	4.3	14.8	15.3	33.4	57.1
最大乾燥密度 $\rho_{dmax}$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.571	1.625	1.674	1.666	1.531
最適含水比 $w_{opt}$ (%)	18.2	17.8	16.0	18.8	24.9

### 3. 2 地盤材料の土質条件

表-2 に盛土に使用した地盤材料の物理特性を、図-2.1 に粒径加積曲線を、図-2.2～図-2.6 に締固め曲線を示す。これら5種類の土質に対して最適含水比、最適含水比に対して乾燥側、最適含水比に対して湿潤側に含水比調整を行いながら地盤造成した。

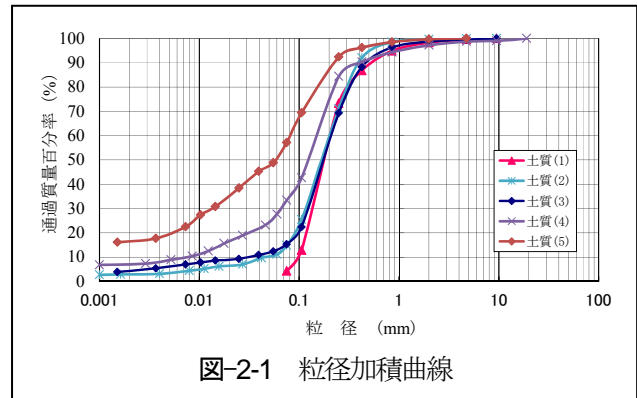


図-2-1 粒径加積曲線

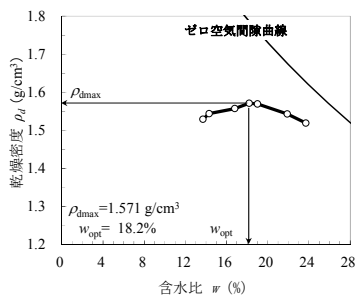


図-2.2 締固め曲線 (土質(1))

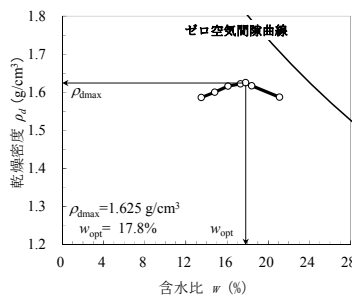


図-2.3 締固め曲線 (土質(2))

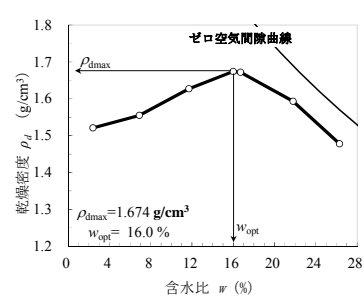


図-2.4 締固め曲線 (土質(3))

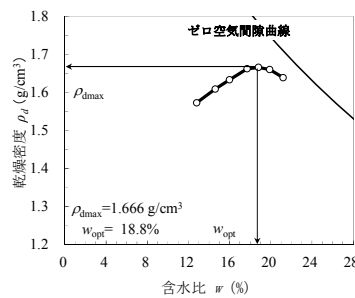


図-2.5 締固め曲線 (土質(4))

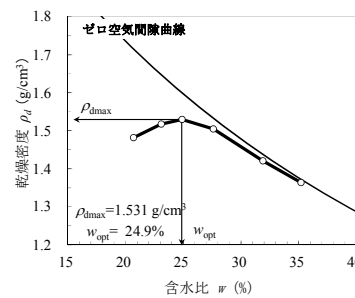


図-2.6 締固め曲線 (土質(5))

表-3.1 振動ローラ仕様

		
呼称	SV512振動有	BW141
メーカー：型式	酒井：SV512D	BOMAG：BW141AD-4AM
質量 (kg)	11050	8700
振動輪荷重(kg)	5700	4550
起振力 (kN)	226	144
振動数 (Hz)	27.5	45
締固め幅 (m)	2.13	1.5
動線圧(kN/cm) (振動輪)	1.323	1.257

表-3.2 静的ローラ仕様

		
呼称	SV512振動無	タイヤローラ
メーカー：型式	酒井：SV512D	日立：CP210
質量 (kg)	11050	11000 (水バラストにて調整)
前輪荷重(kg)	5700	—
締固め幅 (m)	2.13	2.275
静圧	前輪静線圧(kN/cm)：0.262	平均接地圧(kPa)：390

表-3.3 ブルドーザ仕様

		
呼称	ブルドーザ10t	ブルドーザ8t
メーカー：型式	CAT：D5K-LGP	CAT：D3G-LGP
質量 (kg)	10300	7750
接地圧(kPa)	28	29

### 3. 3 使用機械

実験に使用した締固め機械を表-3.1～表-3.3 に示す。機械は盛土工事に広く利用されている振動ローラとブルドーザを対象とした。なお、ブルドーザは本来締固め機械ではないが、トラフィカビリティが低い施工現場で締固め機械として使用される場合があるため対象とした。また、振動ローラについては、「振動有り」の場合と「振動無し(静的)」の場合の2条件で使用した。

### 3. 4 実験方法

コンクリート製のピット底面が盛土の締固めメカニズムに影響を与えないよう表-2 に示す土質(3)を用い、十分に締固めた高さ 2.8m の基礎地盤を構築した。基礎地盤の構築においては、地盤材料の含水比を最適含水比である 16 %になるよう調整し、層厚(仕上がり厚さ) 0.3 m 毎に盛り立て、タイヤローラにて8回締固めを行った。本条件にて締固めを行うことにより、締固め度 95 %以上の十分に締め固められた基礎地盤が得られた。次に、基礎地盤上に含水比調整した地盤材料を表-4 に示す巻き出し厚さ(試験施工で仕上がり厚さが 0.3 m 程度になるよう設定した)で盛り立て、図-3 に示す実験フィールドを構築した。



表-4 巻き出し厚さ (大型締固め機械)

締固め機械	巻き出し厚さ(m)
SV512 振動有	0.45
BW141	0.45
タイヤローラ	0.40
SV512 振動無	0.40

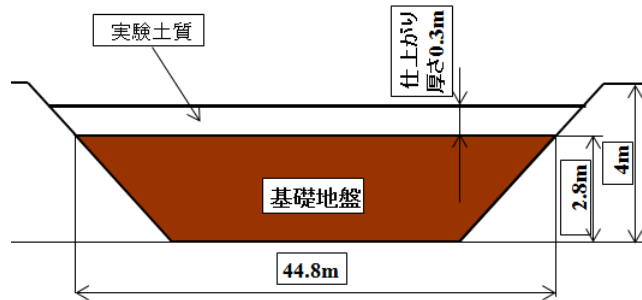


図-3 実験フィールド (側面図)

### 3. 5 計測項目

表-3.3～表-3.6 に本実験で行った全ての計測項目を示す。

表-3.3 計測項目 (密度・含水比)

呼称		概要	計測時期	測点数	規定等
コア サンプル		内径0.1m, 高さ0.1mのコアサンプラーを用い、地表面～0.1m, 0.1m～0.2m, 0.2m～0.3m, のそれぞれの深さにおける密度・含水比を測定した。	0, 2, 4, 6, 8, 12, 16 回走行後	3	JGS1613-2003 「コアカッターによる土の密度試験方法」 JISA1203  「土の含水比試験方法」
RI 密度計		RI 密度計を用いて密度・含水比を測定した。	0, 2, 4, 6, 8, 12, 16 回走行後	9	JGS1614-2003 「RI 計器による土の密度試験方法」
SDG		SDG 密度計を用いて密度・含水比を測定した。	0, 2, 4, 6, 8, 12, 16 回走行後	3	—

表-3.4 計測項目 (地盤反力係数)





呼称		概要	計測時期	測点数	規定等
平板載荷試験		平板載荷試験機を用いて地盤反力係数 ( $K_{30}$ 値) を測定した。	16 回走行後	3	JIS A 1215 「地盤の平板載荷試験方法」
小型 FWD 試験		小型 FWD 試験機を用いて地盤反力係数 ( $K_{30}$ 値) を測定した。	0, 2, 4, 6, 8, 12, 16 回走行後	3	土木学会編「FWD および小型 FWD 運用の手引き」
動的平板載荷試験		動的平板載荷試験機を用いて地盤反力係数 ( $K_{30}$ 値) を測定した。	0, 2, 4, 6, 8, 12, 16 回走行後	30	—



表-3.5 計測項目 (加速度応答システム)

呼称	概要	計測時期	測点数	規定等
αシステム	αシステム研究会によって開発されたシステム. SV512 振動有, BW141 に搭載して測定した. 「みだれ率」を出力する.	すべての走行時	—	—
CCVシステム	酒井重工によって開発されたシステム. SV512 振動有, BW141 に搭載して測定した. 「CCV 値」を出力する.	すべての走行時	—	—
Evibシステム	BOMAGによって開発されたシステム. BW141 に搭載して測定した. 「Evib 値」を出力する.	すべての走行時	—	—

表-3.6 計測項目 (その他)

呼称	概要	計測時期	測点数	規定等
沈下量	 レベル測定器を用いて表面高さを計測し, 締固めによる地盤表面沈下量を測定した.	0, 2, 4, 6, 8, 12, 16 回走行後	3	—
走行速度	レーン中 10 m を通過する時間をストップウォッチにて計測し走行速度を算出した.	すべての走行時	—	—

#### 4. 実験結果

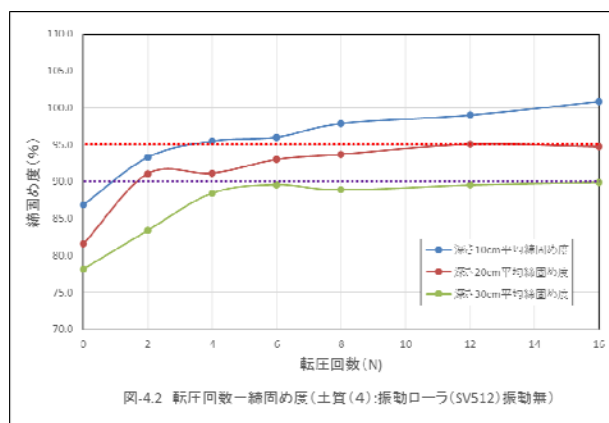
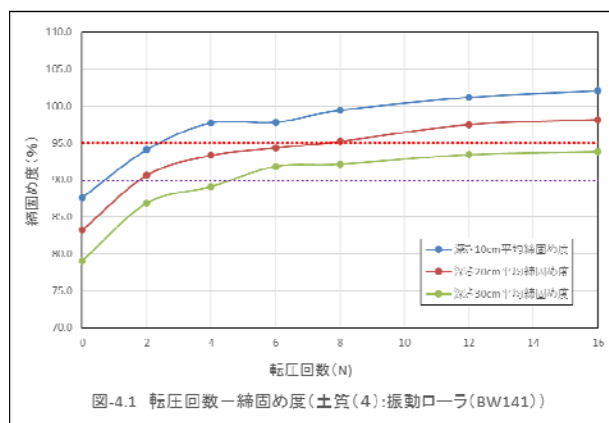
ここでは25年度に実施した、土質(4)を最適含水比(18.8%)の状態、振動ローラを用いて転圧した実験結果について述べる。

##### 4. 1 転圧回数と試験値の関係

##### 4. 1. 1 密度 (締固め度)

図-4.1 に BW141 による転圧効果の状況について示す。深さ 100mm、深さ 200mm、深さ 300mm の転圧回数-締固め度の関係で、いずれもコアサンプリングによる計測結果を表している。図中に破線で締固め度 90%、95%を示しているが、それぞれ「道路土工-盛土工指針」<sup>2)</sup>における路体または路床部の日常管理値の目安に該当する。転圧回数6回で下層(深さ 300mm)まで90%以上の締固め効果が得られていることが確認できる。

図-4.2~4.3 には、SV512 (振動有・無) による転圧効果の状況について示す。表層(深さ 100mm)は振動の有無に関わらず、転圧回数4回で95%以上の締固め効果が得られていることが確認出来る。一方、下層(深さ 300mm)では、振動有の場合が転圧回数4回で90%以上の締固め効果が得られるのに対し、振動無の場合は16回転圧しても90%以上の締固め効果が得られなかった。これは昨年度までの実験結果と同様の傾向であり、下層まで十分に締め固めるためには、振動によって締固めエネルギーを下層まで効果的に伝達させることが有効であることが確認出来た。



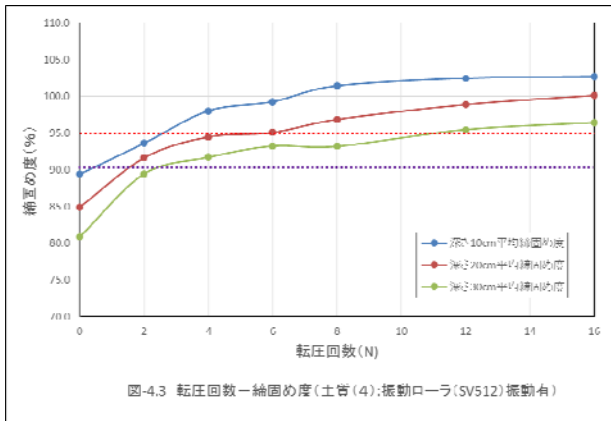


図-4.3 転圧回数-締固め度(土質(4);振動ローラ(SV512)振動有)

#### 4. 1. 2 沈下量

図-4.4 に各締固め機械による転圧回数-沈下量の関係を示す。3 ケースともに同様な傾向が見られるが、転圧回数4回目から差が生じはじめ、16回転圧後の沈下量で比較すると、SV512(振動有)最も大きく、若干下回ってBW141、最も少なかったケースがSV512(振動無)であった。これは、前述の締固め度と同様の傾向であることが確認出来た。

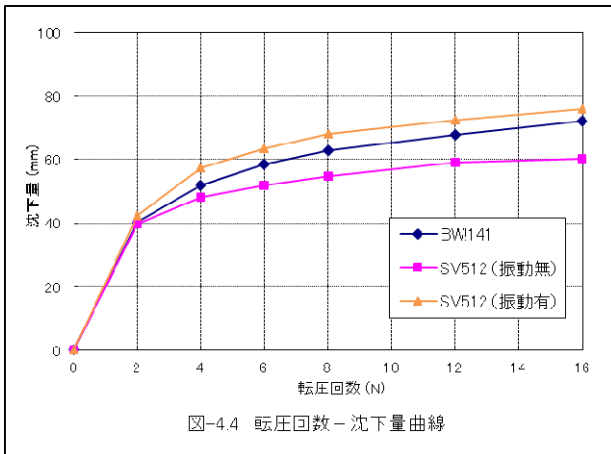


図-4.4 転圧回数-沈下量曲線

#### 4. 1. 3 地盤強度(動的平板載荷試験)

図-4.5 に各締固め機械による転圧回数-地表面の地盤強度の関係を示す。なお、動的平板載荷試験によって得られた地盤反力係数は平板載荷試験により実際に得られたものではないため、本報告では  $K_{30}$  と記載し区別して使用することとした。

各ケースともに転圧回数6回までは強度増加を示す傾向にあるが、8回以降になると振動を用いた2ケース(BW141、SV512(振動有))では強度増加が見られなくなり平衡状態から減少傾向となっている。これは、振動エネルギーにより地表面が過転圧の状態となり、地表面が乱されてしまった可能性が考えられる。

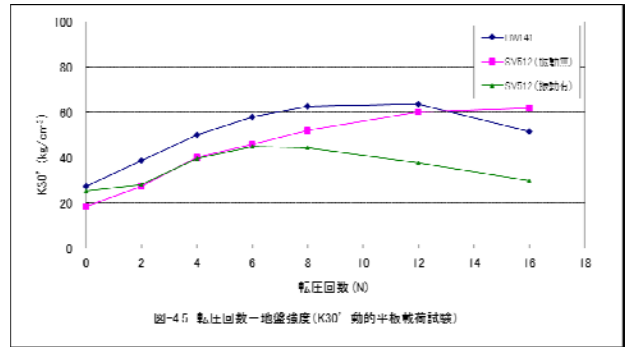


図-4.5 転圧回数-地盤強度( $K_{30}$ ) 動的平板載荷試験

### 4. 2 品質管理基準値の関係

#### 4. 2. 1 密度(締固め度)と地盤強度

図-4.6~4.8 に各締固め機械で転圧後に計測したコアサンプリングによる密度(締固め度)と動的平板載荷試験による地盤強度( $K_{30}$ )の関係を示す。BW141(図-4.6)、SV512 振動無(図-4.7)の結果では、密度(締固め度)と地盤強度の相関性が高い傾向(0.8以上)にあるが、SV512(振動有)(図-4.8)では相関性が低い結果となっている。これは、前述の図-4.5でも確認出来るとおり、転圧回数6回以降は強度が減少傾向となったためと考えられる。ただし、BW141でも転圧回数12回以降は強度が減少傾向となるものの密度(締固め度)と地盤強度との相関性が高い傾向にあるので、現象の解明は今後の課題である。

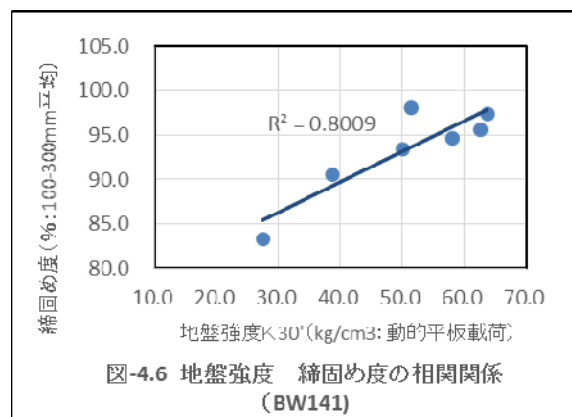


図-4.6 地盤強度-締固め度の相関関係 (BW141)

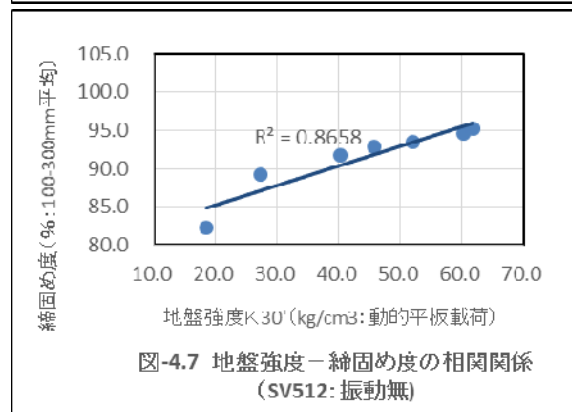
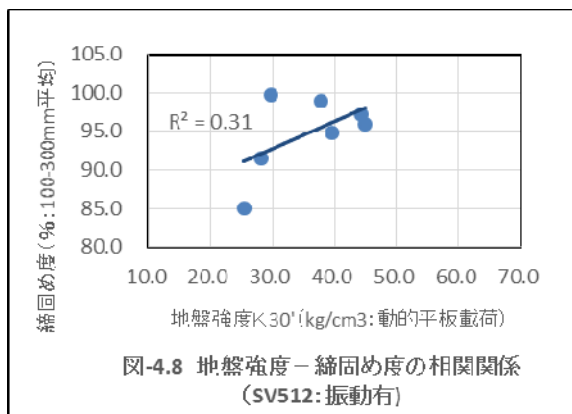
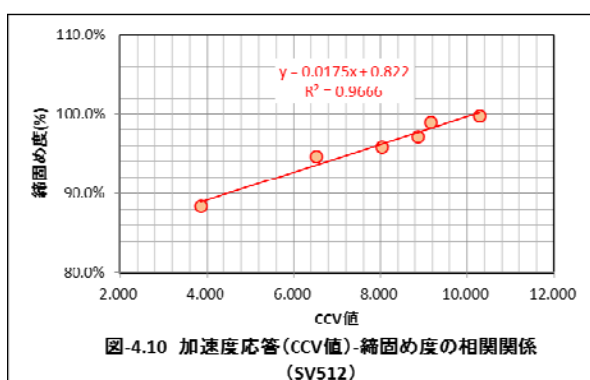
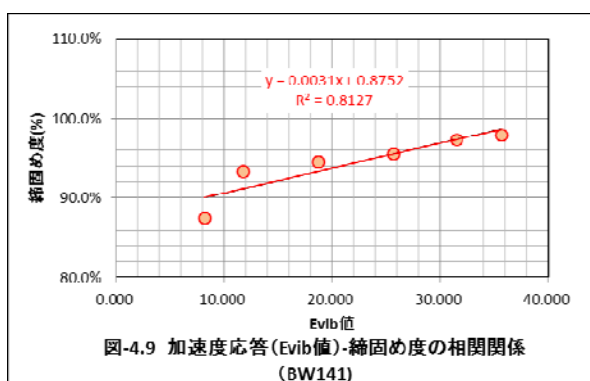


図-4.7 地盤強度-締固め度の相関関係 (SV512: 振動無)



#### 4. 2. 2 密度 (締固め度) と加速度応答

図-4.9～4.10 に振動締固め機械で計測したコアサンプリングによる密度と加速度応答値 (E vib 値) の関係を示す。BW141 (図-4.9) 及びSV512 振動有 (図-4.10) より、今回の地盤材料及び実験条件下においては、密度 (締固め度) と加速度応答値の相関性が高い傾向 (0.8 以上) にあることが確認できた。



### 5. まとめ

#### 5. 1 各締固め機械の適用範囲

本研究において実施した大型締固め機械による転圧

実験結果の一覧を表-6.1 に示す。実験値は、現行の品質管理基準として現場で広く採用されている締固め度で示している。表-6.1 から以下の知見が得られた。

- ① 各土質における各種締固め機械の締固め特性を明らかに出来た。(領域A～領域Dに区分)
- ② 振動ローラ (動的締固め) を用いることにより、締固めエネルギーが地盤内に有効に伝搬し、細粒分の少ない土質から多い土質まで、幅広く下層部までの締固めが期待できる。
- ③ 締固め効果は、地盤材料特性に影響を受けやすい。すなわち、締め固めに適した土質 (土質 (2)、土質 (3)) であれば、タイヤローラ (静的締固め) であっても下層まで転圧効果が期待できる。

#### 5. 2 品質管理手法

一定の条件下であれば、締固め度 (密度) と地盤強度 (動的平板載荷試験値: K30') との相関が非常に高いことが確認出来た。また、振動締固め機械では加速度応答値による品質管理の可能性が高いことが確認出来た。

現行基準では、R I や砂置換法による密度 (締固め度) 測定による品質管理が主流だが、今後は、それらを補完する目的で簡便な品質管理手法である動的平板載荷試験や加速度応答値による計測管理等を併用することにより、盛土品質の面的管理が可能となり、盛土構造全体としての品質確保及び信頼性向上に寄与するものと考えられる。

#### 6. 今後の課題

本研究では、大型の締固め機械を対象に各種条件による転圧実験を実施するとともに品質管理手法の適用性について検証した。表-6.1 で確認出来るとおり、振動ローラによる転圧 (振動有) の場合、現行の品質管理基準 (締固め度) で 100% を超過するケースが存在する。これは、締固め機械の性能の向上等の要因により、現場での締固めエネルギーと室内試験における締固めエネルギーに乖離が生じているものと考えられる。今後は、振動ローラの締固めエネルギー等を適切に反映した品質管理手法及び基準値を設定する必要がある。また、最近では他現場で発生した不均質な材料や細粒分を多く含んだ材料など多様な材料を用いて盛土を構築する事例も多い。今後は、盛土の安定性・耐久性向上に向け、不均質な材料を用いた場合でも一定の品質を確保出来るように、情報化施工等の面的かつプロセス管理が可能な技術や新たな品質管理技術等の導入による高度な施工技術、品質管理技術を確立する必要がある。また、土工構造物のメンテ



ナンスサイクルの確立に向けて、施工時に取得した品質管理データを維持管理段階で有用に活用するために、データベースに収録すべき品質管理項目等も検討していきたい。

参考文献

- 1) 松尾 修：道路盛土・河川堤防の設計と締固め土の締固めと管理, 基礎工, 2009 年 7 月号
- 2) 道路土工-盛土工指針, 社団法人日本道路協会
- 3) 道路土工-施工指針, 社団法人日本道路協会

表-6.1 大型締固め機械の実験結果一覧(締固め度)

【凡例(締固め度)】×: 90%以下、○: 90~95%未満、◎: 95~100%未満、●: 100%以上、-: 実験未実施

土質	Fc(%) 細粒分含有率	ρ <sub>dmax</sub> (g/cm <sup>3</sup> ) 最大乾燥密度	最適含水比W <sub>opt</sub> (%)	転圧回数	深さ	ブルドーザ		タイヤローラ		振動ローラ(SV512)		振動ローラ(BW141)					
						8t	10t			振動無	振動有						
土質(1)	4.3	1.571	18.2	2	~10cm	【領域A: 下層まで十分に締固まっている領域】 ・全測点で締固め度95%以上(●又は◎) ・10%以上(●)も多数存在し現行基準の適用が不適切の可能性あり						93.6% ○	93.8% ○				
					~20cm							91.8% ○	95.4% ◎				
					~30cm							95.8% ◎	95.4% ◎				
					4	~10cm	【領域B: 下層まで締固まっている領域】 ・下層で締固め度90%以下(×)が1~2点存在するが、概ね90%以上(○)						97.5% ◎	97.4% ◎			
						~20cm							97.0% ◎	97.2% ◎			
						~30cm							99.9% ◎	97.4% ◎			
					8	~10cm	【領域C: 下層までは締固まっている領域】 ・上~中層では締固め度が概ね90%以上(○)だが、下層では90%以下(×)が多く存在						97.4% ◎	97.4% ◎			
						~20cm							99.9% ◎	99.9% ◎			
						~30cm							97.9% ◎	99.9% ◎			
						~10cm	【領域D: 上~下層まで全層締固まっている領域】 ・全測点で締固め度が90%以下(×) ・当該土質での締固め機械の適用は不適切						97.7% ◎	98.1% ◎			
					土質(2)	14.8	1.625	17.8	2	~10cm	92.4% ○	-	101.7% ●	103.3% ●	102.9% ●	102.4% ●	102.4% ●
										~20cm	88.3% ×	-	100.7% ●	101.0% ●	102.4% ●	100.2% ●	
~30cm	85.2% ×	-	97.2% ◎	97.2% ◎						99.3% ◎	99.3% ◎						
4	~10cm	91.9% ○	-	103.4% ●						104.7% ●	104.9% ●	103.7% ●					
	~20cm	89.0% ×	-	103.2% ●						104.3% ●	104.0% ●	102.5% ●					
	~30cm	87.3% ×	-	99.1% ◎						100.2% ●	102.6% ●	100.0% ●					
6	~10cm	94.6% ○	-	104.8% ●						105.1% ●	104.6% ●	104.1% ●					
	~20cm	88.4% ×	-	104.3% ●						104.2% ●	104.2% ●	103.4% ●					
	~30cm	86.6% ×	-	99.8% ◎						100.4% ●	104.1% ●	101.4% ●					
	~10cm	94.1% ○	-	104.8% ●						105.6% ●	105.3% ●	103.9% ●					
8	~20cm	90.4% ○	-	103.9% ●						104.5% ●	104.6% ●	103.7% ●					
	~30cm	87.6% ×	-	101.3% ●						101.9% ●	104.8% ●	102.8% ●					
	~10cm	94.9% ○	-	104.7% ●	106.4% ●	105.8% ●	104.4% ●										
	~20cm	91.1% ○	-	104.5% ●	105.2% ●	104.8% ●	103.5% ●										
12	~30cm	86.9% ×	-	102.9% ●	102.8% ●	104.3% ●	103.4% ●										
	~10cm	95.0% ○	-	105.9% ●	105.7% ●	106.9% ●	105.2% ●										
	~20cm	91.4% ○	-	104.8% ●	105.4% ●	105.7% ●	105.1% ●										
	~30cm	88.7% ×	-	102.9% ●	102.8% ●	104.5% ●	103.6% ●										
土質(3)	15.3	1.674	16	2	~10cm	-	99.3% ◎	102.2% ●	100.9% ●	98.7% ◎	103.3% ●						
					~20cm	-	93.8% ○	101.7% ●	100.4% ●	96.2% ◎	102.0% ●						
					~30cm	-	89.6% ×	98.1% ◎	96.8% ◎	96.3% ◎	100.2% ●						
					4	~10cm	-	100.8% ●	104.2% ●	103.4% ●	102.0% ●	105.7% ●					
						~20cm	-	94.0% ○	104.3% ●	103.4% ●	100.9% ●	103.7% ●					
						~30cm	-	90.7% ○	99.5% ◎	98.1% ◎	97.2% ◎	101.4% ●					
					6	~10cm	-	101.1% ●	102.0% ●	103.6% ●	103.7% ●	105.3% ●					
						~20cm	-	95.1% ◎	102.8% ●	103.7% ●	102.4% ●	104.7% ●					
						~30cm	-	92.7% ◎	97.9% ◎	100.8% ●	99.3% ◎	103.7% ●					
						~10cm	-	101.3% ●	105.4% ●	103.8% ●	104.4% ●	105.3% ●					
					8	~20cm	-	96.3% ◎	104.8% ●	103.8% ●	102.3% ●	104.8% ●					
						~30cm	-	92.7% ◎	102.9% ●	102.0% ●	99.6% ◎	103.1% ●					
~10cm	-	102.4% ●	105.8% ●	104.4% ●		105.4% ●	106.4% ●										
~20cm	-	95.6% ◎	105.6% ●	104.7% ●		103.2% ●	105.9% ●										
12	~30cm	-	92.6% ◎	101.3% ●	102.3% ●	100.5% ●	104.8% ●										
	~10cm	-	101.3% ●	105.7% ●	104.7% ●	106.0% ●	106.5% ●										
	~20cm	-	96.7% ◎	105.7% ●	105.1% ●	104.3% ●	106.2% ●										
	~30cm	-	93.4% ○	103.6% ●	102.7% ●	100.5% ●	105.0% ●										
土質(4)	33.4	1.666	18.8	2	~10cm	-	-	92.8% ○	93.2% ○	93.6% ○	94.1% ○						
					~20cm	-	-	90.2% ○	91.0% ○	91.6% ○	90.6% ○						
					~30cm	-	-	85.8% ×	83.4% ×	89.5% ×	86.8% ×						
					4	~10cm	-	-	95.4% ◎	95.4% ◎	98.1% ◎	97.7% ◎					
						~20cm	-	-	91.1% ○	91.1% ○	94.5% ○	93.3% ○					
						~30cm	-	-	86.8% ×	88.4% ×	91.7% ○	89.1% ×					
					6	~10cm	-	-	97.4% ◎	96.0% ◎	99.3% ◎	97.8% ◎					
						~20cm	-	-	92.5% ○	93.0% ○	95.1% ○	94.3% ○					
						~30cm	-	-	88.9% ×	89.5% ×	93.3% ○	91.8% ○					
						~10cm	-	-	95.8% ◎	97.8% ◎	101.1% ●	99.4% ◎					
					8	~20cm	-	-	94.1% ○	93.7% ○	96.6% ◎	95.2% ◎					
						~30cm	-	-	88.7% ×	88.8% ×	93.2% ○	92.2% ○					
~10cm	-	-	98.8% ◎	99.0% ◎		102.5% ●	101.2% ●										
~20cm	-	-	95.5% ◎	95.0% ◎		98.9% ◎	97.5% ◎										
12	~30cm	-	-	90.3% ○	89.5% ×	95.5% ◎	93.4% ○										
	~10cm	-	-	99.3% ◎	100.8% ●	102.7% ●	102.1% ●										
	~20cm	-	-	95.0% ◎	94.7% ◎	100.1% ●	98.2% ◎										
	~30cm	-	-	92.4% ○	89.9% ×	96.6% ◎	93.8% ○										
土質(5)	57.1	1.531	24.9	2	~10cm	-	-	87.4% ×	94.3% ○	-	94.2% ◎	-					
					~20cm	-	-	82.2% ×	93.0% ○	-	91.9% ○	-					
					~30cm	-	-	87.0% ×	90.6% ○	-	88.5% ×	-					
					4	~10cm	-	-	85.9% ×	96.1% ◎	-	94.5% ◎	-				
						~20cm	-	-	85.4% ×	94.4% ○	-	94.6% ◎	-				
						~30cm	-	-	86.1% ×	93.3% ○	-	92.1% ○	-				
					6	~10cm	-	-	85.6% ×	96.5% ◎	-	94.5% ◎	-				
						~20cm	-	-	85.0% ×	96.1% ◎	-	94.0% ○	-				
						~30cm	-	-	86.6% ×	89.9% ×	-	95.9% ◎	-				
						~10cm	-	-	86.2% ×	96.5% ◎	-	96.6% ◎	-				
					8	~20cm	-	-	87.0% ×	95.7% ◎	-	95.8% ◎	-				
						~30cm	-	-	87.1% ×	91.3% ○	-	94.7% ◎	-				
~10cm	-	-	87.8% ×	96.2% ◎		-	96.1% ◎	-									
~20cm	-	-	84.7% ×	94.9% ○		-	96.4% ◎	-									
12	~30cm	-	-	87.5% ×	93.4% ○	-	94.1% ○	-									
	~10cm	-	-	88.8% ×	95.0% ◎	-	96.8% ◎	-									
	~20cm	-	-	86.6% ×	95.7% ◎	-	97.0% ◎	-									
	~30cm	-	-	88.7% ×	94.7% ○	-	95.1% ◎	-									

# A research of improvement of workability and quality control method for compaction work on embankment

Budged : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2009-2013

Research Team : Geology And

Geotechnical Engineering Research

Group (Construction Technology)

Author : MIYATAKE Hiroaki

MORI Yoshinori

FUJITA Tomohiro

## Abstract :

Even now, many embankments have been collapsed by huge earthquakes and heavy rains. It has become clear that main factors why an embankment is collapsed are poor drainage and also no enough soil compaction. Setting of degree of compaction for satisfying strength and deformation resistance required in the design is the most widely used for the quality control on road embankment, traditionally. In order to satisfy the ability required to an embankment, it is necessary to establish how to select effectual compaction machine, compact by the machine, and evaluate the rain or earthquake safety of the embankment, additionally.

In this research, compaction tests were conducted with selected compaction machines under the some embankment material. As a result, we arranged the relations of kind of compaction machines and characteristic of dry density of soil after the construction.

**Key words** : Embankment, Compaction machine, Quality control, Soil density,