

高速道路における厚層締固め盛土の圧縮沈下挙動

～盛土開始から供用後5年までの経年変化～

Subsidence behavior of expressway embankment with thick layer ～Evaluation after five years service～

東日本高速道路㈱北海道支社 ○正 員 谷藤 義弘 (Yoshihiro Tanifuji)
東日本高速道路㈱北海道支社 川島 正人 (Masato Kawashima)
㈱ネクスコ・エンジニアリング北海道 正 員 山内 智 (Satoru Yamauchi)

1. はじめに

これまで高速道路盛土路体部における盛土の一層の締固め層厚は 30 cm以下と規定されている。これは将来、盛土が受ける降雨や融雪水による影響および地震などの外力に対して、安定で、且つ、路面に有害な沈下を生じさせないように設けられたものである。近年、締固め施工機械の大型化が進み、締固め能力が向上してきた。これらを背景に、締固め能力の向上に対応した品質管理・施工管理手法の確立を目的に、振動ローラの高規格化による締固め層厚 60 cmの厚層化施工が試行的に導入された(写真-1)。

寒冷地の高速道路において厚層により締固められた盛土は、沈下挙動が不明確であるため、長期安定性を確かめることが重要である。そこで、試験施工で構築された盛土の施工時から供用後までの長期沈下挙動を検証するために、動態観測を継続的に実施した。

本報告は、積雪寒冷地における厚層締固め盛土の盛土開始から供用後5年までの動態観測結果について報告するものである。

2. 厚層締固め盛土の施工条件

一層の締固め層厚を厚層化して施工するには、厚層締固めに適応した締固め施工機械および施工管理方法を用いる必要がある。従来行われてきた標準盛土と厚層化盛土の締固め機械および施工管理方法の比較表を表-1に示す。締固め機械については、これまで標準的に用いられてきた転圧力(輪荷重+起振力)200kN級よりも締固め能力の高い320kN級振動ローラを用いることを標準としている。土質条件については、ロームやスレーキング率の高い脆弱岩の場合には、大型締固め機械のトラフィカビリティおよび盛土の圧縮沈下・変形等が懸念されることから適用対象外としている。

厚層化盛土の密度管理の概念図を図-1に示す。施工層内の密度の条件は、標準盛土では施工層内全体の平均密度で品質管理してきたが、厚層化盛土においては、施工層内のうち1/2下層部(下層30cm)の平均密度を満足させる管理としている。

3. 試験盛土の概要

試験盛土は道央自動車道と寒ⅠC～士別剣淵ⅠC間大成地区の一部の盛土区間(延長200m)で実施し、盛土下部路体を厚層締固め(一層の締固め層厚60cm)により構築している。盛土および基盤の変形性状を調査する



写真-1 転圧力320kN級振動ローラによる転圧

表-1 施工管理方法比較表

区 分	標準盛土 (標準締固め機械)	厚層化盛土 (大型締固め機械)	備 考
振動ローラ転圧力	200kN級	320kN級	
一層仕上り厚さ (路体部)	30cm以下	60cm以下	
一層仕上り厚さ (路床部)	20cm以下	35cm以下 (上部路床30cm以下)	
土質条件	全ての土質	土砂・C・D(ローム等) 脆弱岩区分(3)材 以外の土質	(岩質盛土の場合 工法規定方式)
締固め度測定 (施工前転圧試験)	表面透過型RI計器	2孔式RI計器 + 表面透過型RI計器	
締固め度測定 (日常管理試験)	表面透過型RI計器	表面透過型RI計器	(GPS管理を用 いる場合もある)
締固め密度の条件	施工層内の平均密度が 基準値を満足	1/2下層部の平均密度が 基準値を満足	

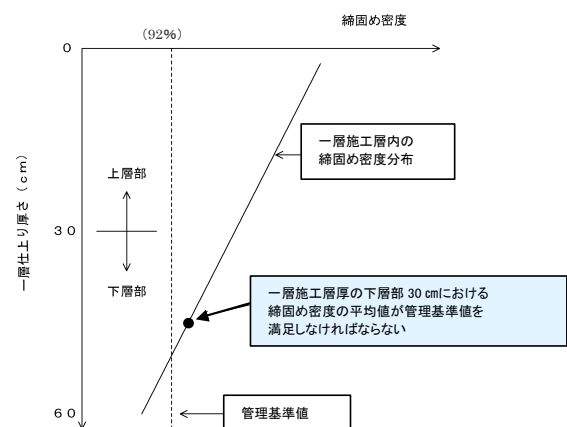


図-1 厚層化盛土の密度管理概念図¹⁾

ために、盛土内にクロスアーム式層別沈下計を6箇所配置し動態観測を行った。試験盛土平面図を図-2に、沈下計の配置概要を図-3にそれぞれ示す。

盛土施工は平成12年度から平成13年度にかけて施工

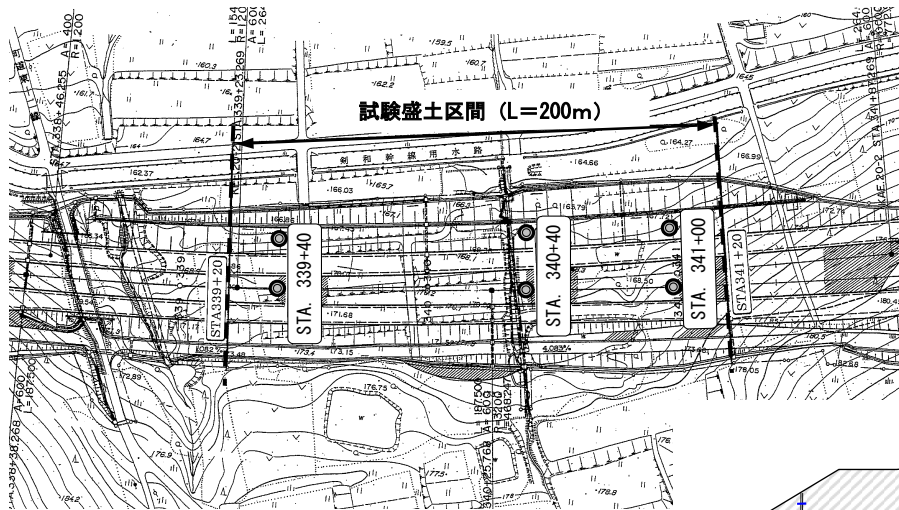


図-2 試験盛土平面図

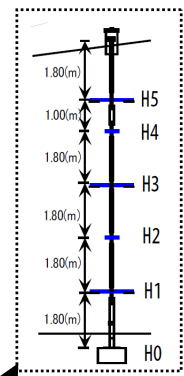
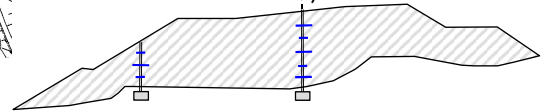
クロスアーム式
層別沈下計

図-3 沈下計配置概要

され、平成 15 年度に供用を開始している。動態観測は盛土施工時から供用後 5 年目まで測定頻度を変えて継続的に調査した。

4. 転圧試験と盛土管理方法

4.1 試験概要

試験盛土の施工に先立ち、使用する盛土材の品質管理方法である転圧回数および管理基準等を決定するために現場転圧試験を実施した。盛土材の物性値を表-2 に示す。盛土材は $75\mu\text{m}$ ふり通過質量百分率が 51% であり、50%を超える材料の締め固め管理方法の区分としては、空気間隙率 $V_a \leq 8\%$ の管理が標準的な管理方法となる。

転圧試験では締め固め層内の深さ方向における密度の分布を測定するために、表面型 R I 計器の他に 2 孔式 R I 計器 (図-4) を設置して行った。試験に用いた機種については、敷均しは 21 t 級湿地式ブルドーザにより撒き出し厚さ 66 cm に敷均し、転圧は転圧力 320 kN 級の大型振動ローラにより 2 回から 16 回までの転圧を行った。

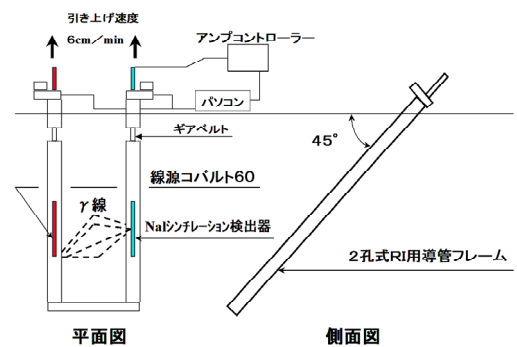
4.2 転圧試験結果

転圧試験で得られた転圧回数と空気間隙率の関係を図-5 に、転圧回数と乾燥密度の関係を図-6 にそれぞれ示す。上層 30 cm の密度とは、表面透過型 R I 計器の平均値を示したもので、下層 30 cm の密度とは、2 孔式 R I 計器の各測点のデータを直線回帰し、盛土表面からの深さ 45 cm (締め固め層厚の 1/2 下層部) を平均値としたものである。空気間隙率は転圧回数の増加に伴い小さくなり、下層 30 cm においても管理基準値 8% 以下を満足し、上層は収束傾向を示している。また、乾燥密度は空気間隙率と同様に下層 30 cm においても 6 回転圧で最大乾燥密度の 92% を超えており、締め固め層全体で十分な締め固め度が得られている。

締め固め層内の盛土表面からの深さと乾燥密度の測定結果を図-7 に示す。敷均し直後の転圧 0 回では締め固め層内の密度勾配がない状態であるが、転圧回数が増加するとともに乾燥密度が増加し、密度勾配が発生していることがわかる。密度勾配および乾燥密度の変化は、転圧回

表-2 盛土材の物性値

材料名称		砂礫質粘土	備考
一般	地盤材料の工学的分類	(CL-SG)	
	土粒子の密度 ρ_s (g/cm^3)	2.684	
	自然含水比 w_n (%)	22.1	
粒度特性	最大粒径 D_{max} (mm)	75	
	細粒分含有率 F_c (%)	51	
	均等係数 U_c	248	
コンシステンシー特性	液性限界 w_L (%)	43.3	
	塑性限界 w_p (%)	21.7	
	塑性指数 I_p	21.6	
締め固め特性	最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm^3)	1.555	JIS A 1210 (JHS条件B法)
	最適含水比 w_{opt} (%)	23.2	



平面図 側面図

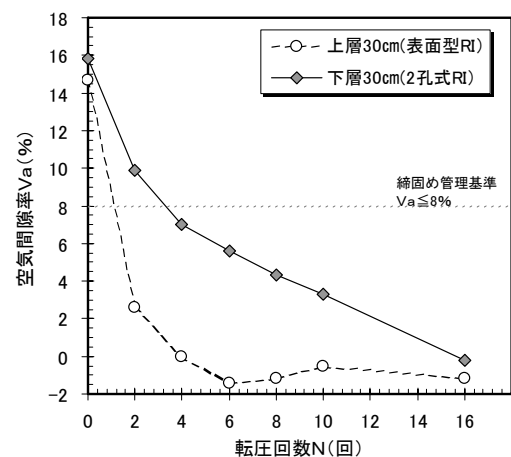
図-4 2孔式 R I 計器の概要¹⁾

図-5 転圧回数と空気間隙率の関係

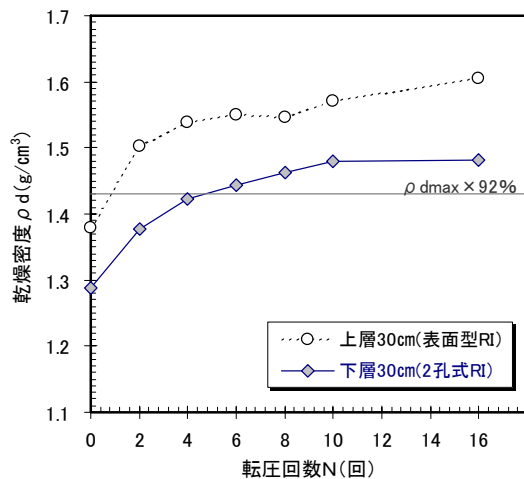


図-6 転圧回数と乾燥密度の関係

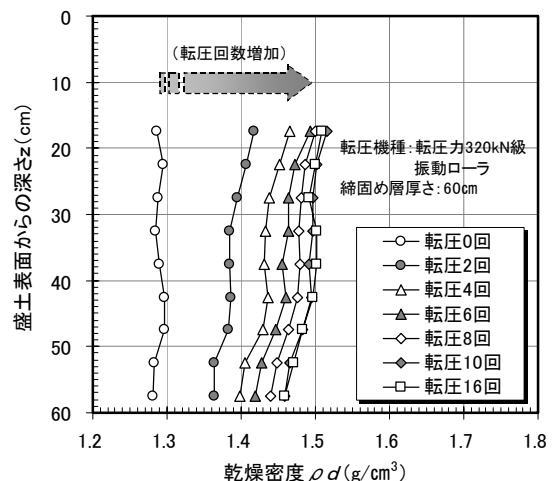


図-7 締固め層内の密度分布

数 6 回以降変化が少ないことや、空気間隙率および乾燥密度の変曲点を踏まえ、転圧回数は 6 回で施工することとした。

転圧試験結果より盛土の品質管理は表-3 により行うこととした。なお、日常管理における品質規定は施工規定方式のGPS管理手法²⁾(振動ローラの走行軌跡から規定の転圧回数を施工したことを確認する管理方法)により盛土管理を行った。

5. 沈下計測結果

6 測点の代表例として最も盛土高の高いSTA.340+40 (CL)の盛土高さ、各クロスアーム間の層間圧縮量、降雨量と経過日数の関係を図-8 に示す。同図からは盛土開始から 70 日までと 200 日～400 日の 2 期間で大きな圧縮量を示していることがわかる。これは盛土立ち上がりによる即時沈下であり、盛土完了後、約 1 年経過時には概ね収束傾向となっている。供用後の最大圧縮量は 5 mm であり、供用開始から 5 年が経過した後の圧縮沈下量に大きな変位は認められない。なお、併せて日雨量も図中に併記しているが、本観測からは降雨量と圧縮沈下量との関係に明瞭な傾向は見られなかった。

次に施工層厚 30 cm の一般盛土の沈下量との関係について述べる。過去の高速道路盛土の実績からは一般的な材料の盛土完了までの圧縮率は 3～5% 程度である。当該盛土における全層圧縮量は 19 cm と全層別沈下計の初期層厚 8.2m に対して 2.3% の圧縮率となっている。このことから、施工層厚 60 cm の厚層化盛土の沈下量は、標準の締固め層厚 30 cm の盛土と比較して差異がないことが確認できた。また、同等の盛土の安定性能を有することも確認できた。

6. まとめ

大型締固め機械を用いて、厚層締固めにより構築された盛土の施工開始から供用後 5 年までの動態観測結果をまとめると次のとおりである。

- (1) 転圧力 320kN 級の大型締固め機械による締固めは、締固め下層部(締固め層厚の 1/2 下層部)においても十分な締固め効果が得られていること

表-3 盛土の品質管理方法

区 分	厚層化盛土施工部
敷均し機種	湿地ブルドーザ(D6R:21t)
敷均し厚	66cm以下
転圧機種	大型振動ローラ(SV160DV:18t)
起振力	343kN
転圧回数	6回
管理基準値	GPSによる施工規定方式
仕上り厚	60cm以下

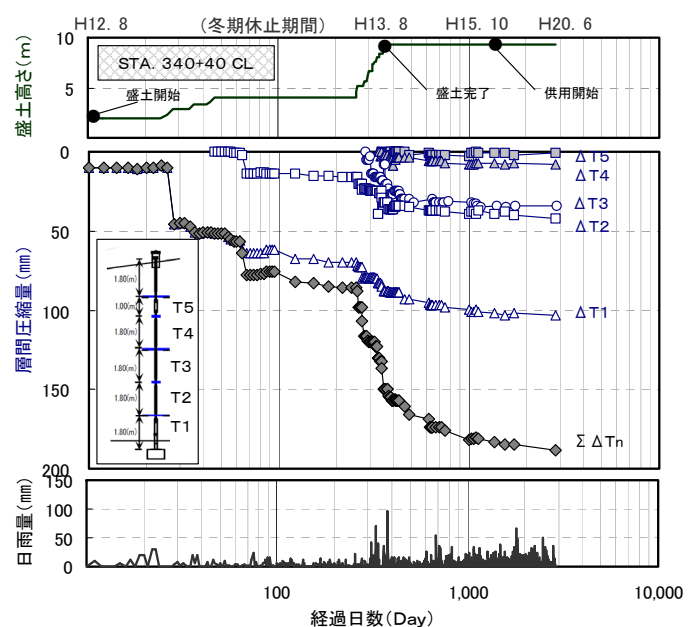


図-8 層間圧縮沈下量

が示された。

- (2) 圧縮沈下量は、盛土施工完了までの即時沈下がほとんどであり、その後、沈下量は盛土完了から約 1 年経過時には概ね収束傾向にある。

- (3) 供用開始から5年が経過した盛土の沈下量に卓越した領域は見られず、全層で均一な締固め効果が得られている。
- (4) 層厚 60 cmの厚層化施工によって構築された盛土の圧縮率は、施工層厚 30 cmの一般盛土と比較して差異は認められず、同等の安定性能を有している。

7. おわりに

本試験盛土の動態観測結果から大型締固め機械による厚層化盛土の有効性を確認することができた。また、本試験で行われた品質管理方法については、東日本高速道路(株)土工施工管理要領(参考資料)として基準化された。現在、厚層化による盛土施工は、新東名・名神高速道路をはじめとする山間部での大規模土工工事を中心に採用されてきており、北海道内においても、本格採用に向け、更なる有効性について検証していきたいと考える。

謝辞

試験盛土の計画から評価検証にあたっては、北海道大学大学院工学研究科三浦清一教授に貴重な御助言、ご協力を頂きました。末筆ながら、記して深甚なる感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 東日本高速道路(株)：土工施工管理要領、pp.参 37-参 56、2009.
- 2) 東日本高速道路(株)：土工施工管理要領、pp.参 57-参 111、2009.
- 3) 水野・川島・山内：和寒地区の厚層締固め盛土の圧縮沈下挙動、第 44 回地盤工学研究発表会講演集、pp.971-972、2009.
- 4) 水野・山内：旭川大成地区の厚層化盛土の沈下追跡調査評価検証、地盤工学会北海道支部技術報告集第 49 号、pp.45-48、2009.
- 5) 浦嶋・三浦・益村：厚層締固め盛土の動態観測と安定性評価における密度勾配の影響、地盤工学会北海道支部技術報告集第 42 号、pp.151-160、2002.
- 6) 益村・三嶋・三浦：道路盛土の締固め層厚に関する現場転圧試験、土と基礎 Vol.48No.2、pp.28-30、2000.
- 7) 益村・三嶋・三浦：厚層締固めによって生じる道路盛土内の密度勾配と圧縮沈下挙動に及ぼす影響、土木学会論文集 NO.672/VI-50、pp.155-167、2001.
- 8) 益村・三浦・三嶋：密度勾配を考慮した道路盛土の安定評価と品質管理基準に関する研究、土木学会論文集 No.714/VI-56、pp.141-154、2002.