

厚層締固め盛土の動態観測と密度勾配が変形状に与える影響

日本道路公団 試験研究所 正会員 益村公人
 北海道大学大学院 工学研究科 フェロー会員 三浦清一
 北海道大学大学院 工学研究科 学生員 浦嶋一馬

1. はじめに

筆者らは、盛土施工の効率化を図るため、転圧力 320kN 級振動ローラを使用した締固め層厚の厚層化に関する研究を行って来ており、厚層締固めでは、材料特性の相違や締固め層厚の違いにより層内に生じる密度勾配の程度も異なることが判明している¹⁾。また一連の室内試験の結果より、盛土の圧縮沈下において懸念される密度勾配の影響について、締固め層内の平均密度を増加させることにより抑制できるという知見が得られている²⁾。本論文は実際の盛土における挙動を評価するために、北海道縦貫自動車道において行われている試験盛土における動態観測結果を解析している。さらに安定評価における密度勾配の要因を検討する手法の一考察として、密度勾配を考慮した2次元有限要素解析を行った。

2. 厚層締固め盛土の動態観測

試験盛土は北海道縦貫自動車道大成工事の一部区間(延長 200m)で実施されており、盛土下部路体を厚層締固め(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状を詳細に調査するため、計測機器を設置し動態観測を行っている。使用した盛土材の物性を表1に示す。図3中に定義される密度勾配は、転圧6回時で $m = 0.15(t/m^3 / m)$ を呈する。他の工事の例³⁾では、密度勾配は $m = 0 \sim 0.6$ の範囲であることから、本試験では均質な締固めがなされていることが伺える。また密度については、転圧4回で最大乾燥密度の90%、 $d = 1.40(t/m^3)$ を全層において超えており、密度に関しては十分な値が得られていた。

クロスアーム式層別沈下計の計測結果では、誤差が若干見られるものの、精度の良い計測ができた。計測結果に見られる傾向として、盛土高が上昇すると即時的な沈下を示し、その後は収束している。各層における締固め効果の様相を考察するために整理した各層ごとの圧縮量を図1に示す。図では累積沈下量と同様に特に突出している点は見られない。ただH1については上載圧の増加に伴う圧縮量の増加が他の層に比べて幾分大きいことが認められる。

クロスアーム間各層の圧縮率と上載荷重の関係を図2に示す。圧縮率は $H_n \sim H_{n-1}$ 間の圧縮量をその初期層厚で除し、百分率として定義した。また上載圧が $20(kN/m^2)$ 以上の領域で、回帰直線を求め図中に併記した。上載圧が小さいH5を除いて、H1が若干大きな傾きとなるものの、H1からH4で近似直線はほぼ同じ傾きとなった。この傾きから1次元的な変形係数が判り、これらがほぼ一定であるので、各層で同様の転圧効果が得られていると考えてよい。

表1 材料物性

材料名称			砂礫質粘土
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
締固め特性	最大乾燥密度 ¹⁾	d_{max} (g/cm ³)	1.555
	最適含水比 ¹⁾	w_{opt} (%)	23.2

1 JIS A 1210(B法)

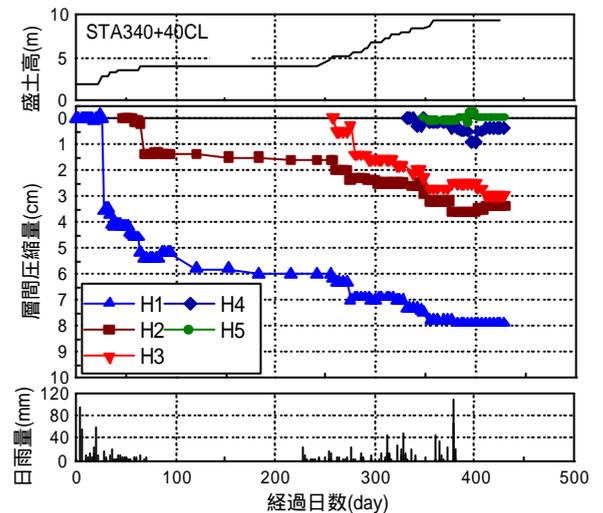


図1 層間圧縮沈下量

Keyword : 高速道路、試験盛土、沈下、動態観測、密度勾配

連絡先 : 〒060 - 8628 札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学 TEL 011 - 706 - 6203 FAX 011 - 706 - 6202
 〒194 - 8508 東京都町田市忠生1-4-1 JH 試験研究所 TEL 042 - 791 - 1621 FAX 042 - 791 - 3717

3. 盛土モデルの有限要素解析

密度勾配が盛土の変形状に及ぼす影響を解析的に検討するために、2次元有限要素解析を行った。計算に用いた盛土モデルとパラメータ設定の概念を図3に示す。また密度勾配の状況を再現するために、鉛直方向に分割して、60cmを上層30cm・下層30cmと分けてパラメータを設定する方法を用いている。拘束条件は下端では鉛直方向を、右端では水平方向を固定している。土要素の構成モデルは線形弾性モデルを用いている。盛土内における土要素の変形係数は、密度と拘束圧に依存している。そこで、変形係数の値を設定するため、室内転圧試験から採取した不攪乱試料による三軸試験結果を用いた。この結果より変形係数を乾燥密度と拘束圧から決定する回帰式を、式(1)のように設定した。

$$E_{(MN/m^2)} = (0.10 \times s_c (kN/m^2) - 0.83) \times r_d (t/m^3) - (0.17 \times s_c (kN/m^2) - 7.75) \quad (1)$$

パラメータの設定は、締固め度 D_c より d_{ave} を求め、この値から所定の密度勾配を満たすよう d_{upper} および d_{lower} を決定している。変形係数は各層の盛土天端から深さにより拘束圧を求め、 d_{upper} 、 d_{lower} とともに式(1)に代入し決定している。これらの設定により、締固め層厚60cmの上下層の差だけ

でなく、拘束圧の違いによる差も考慮した変形係数を決定している。設定したパラメータを表2に示す。荷重載荷の設定としては、盛土天端に路盤、

舗装の荷重として想定した $20(kN/m^2)$ の分布荷重を載荷した状態から活荷重を想定して $100(kN/m^2)$ の分布荷重を増加させるものとし、この時の法面における水平変位量および盛土中央での鉛直沈下量を求めた。締固め度の違い ($m=0(t/m^3/m)$) により、水平変位は変化し、締固め度が増加するにつれて変位が減少する。図4は密度勾配の違いによる ($D_c=一定$) 水平変位の変化である。締固め度 $D_c=80\%$ の時、密度勾配による違いはほとんど見られない。これは $D_c=90, 92, 95, 100\%$ の時も同様であった。以上のことから、締固め度の違いによる水平変位の相違が認められたが、密度勾配の違いによる影響は顕著ではないと推察される。

5.まとめ

今回の結果から、以下の知見が得られた。層別圧縮量から盛土全体として一様な沈下が確認できた。また、圧縮率と上載圧の関係には若干のばらつきが見られたものの、厚層化施工により各層で均一に十分な締固め効果が得られていることが示された。密度勾配を有する盛土の変形特性は、密度勾配の違いには依存せず、層内平均密度の違いにより顕著な変化を示す。

【参考文献】1) 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.48,2000,pp28-30. 2) 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/ -50,2001,pp.155-167. 3) 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,2002.(投稿中)

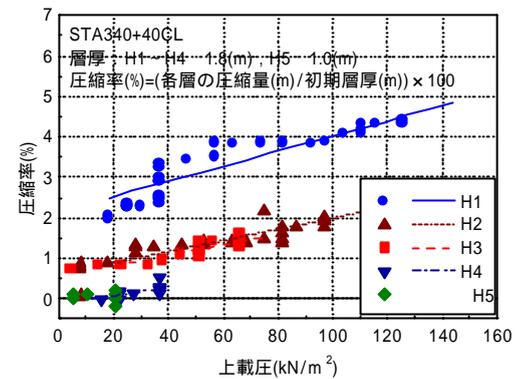


図2 圧縮率と上載圧の関係

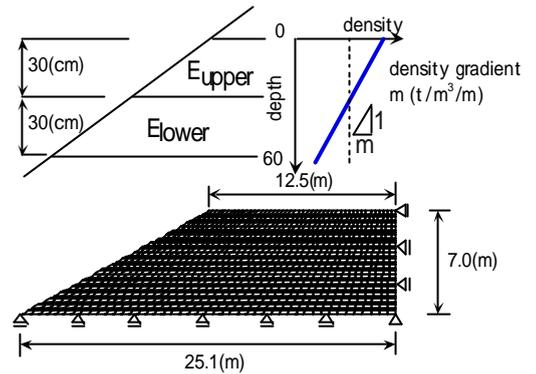


図3 盛土モデルとパラメータ設定の概念

表2 設定したパラメータ

$D_c(\%)$	$m(t/m^3/m)$	$t_{ave}(kN/m^2)$	$t_{upper}(kN/m^2)$	$E_{upper}(kN/m^2)$	$t_{lower}(kN/m^2)$	$E_{lower}(kN/m^2)$
80	0 0.1 0.3 0.6	18.93	19.02 ~ 18.94	6430 ~ 7280	18.88 ~ 18.84	6470 ~ 7320
90		20.55	20.64 ~ 20.56	6510 ~ 8630	20.57 ~ 20.46	6610 ~ 8730
92		20.87	20.96 ~ 20.89	6520 ~ 8870	20.86 ~ 20.78	6630 ~ 8980
95		21.36	21.45 ~ 21.36	6530 ~ 9210	21.34 ~ 21.27	6660 ~ 9330
100		22.17	22.26 ~ 21.18	6530 ~ 9670	22.15 ~ 22.08	6670 ~ 9820

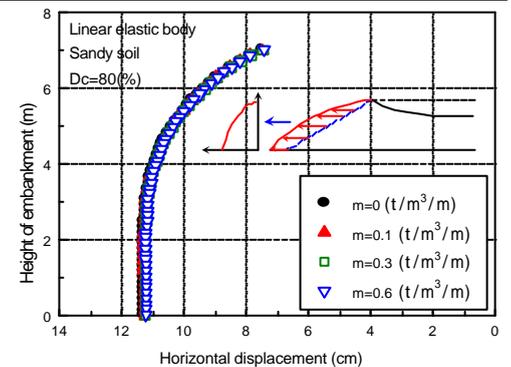


図4 計算結果（締固め度一定、 $D_c=80\%$ ）