株式会社 フジタ 〇堀田崇由・福島伸二・北島 明

<u>§ 1. まえがき</u>

軟岩のような脆弱岩砕材により造成された盛土地盤はスレーキング性の沈下が生じやすいが、原因は大粒の脆弱岩塊を多 く残した状態で撒き出して締固めてもエネルギーが岩塊の細粒化だけに消費され密度増加につながらないためである。スレ ーキング性沈下の抑制には、盛土材を締固め転圧前までにある程度まで細粒化させておくことが必要である。筆者らは脆弱 岩砕材による大規模な用地造成現場で工期上から撒出し厚を標準的な*A*=30cmより厚い*A*=50cm程度で行う必要に遭遇した。そ こで、実施工では地山掘削時にリッパー掻起しとブル走行によるキャタピラ破砕、盛土時に締固め転圧前にブル走行による 破砕転圧を加えた複合転圧を採用することで、厚層撒出しであっても盛土材粒度を締固め転圧前までにスレーキング性沈下 の生じにくい状態まで細粒化できることを現場粒度試験により確認した¹⁾。本稿では、盛土材の長期圧縮沈下試験を実施して 調べた浸水・クリープ沈下特性も考慮して設定した締固め施工での管理基準について報告する。

§2. 盛土材の締固め転圧前の粒度確認

実施工で採用した掘削から盛土までの施工法において、盛土材のI(掘削運搬後)→II(撒出し後)→III(締固め転圧後)の3つの工程における粒度変化を現場粒度試験により調べ、盛土材が締固め転圧前のII段階においてスレーキング性沈下の生じにくい粒度状態になっていることを確認した。図1に得られた現場粒度曲線を示し、施工の各工程の進行にともなってTalbot曲線の D_{max} が $D_{\text{max}}=125\text{mm}\rightarrow75\text{mm}\rightarrow53\text{mm}$ の細粒側に移動し、n値が減少し D_{10} が減少していることがわかる。この結果をもって、掘削から盛土までの各工程で採用した施工方法が Δ =50cmの厚層撒出しであっても、スレーキング性沈下が生じ難い粒度状態になるまで細粒化できることを確認した。

<u>§3. 盛土材の締固め特性</u>

盛土材の締固め特性は「突固めによる土の締固め試験法(JIS A1210)」によりA法の締固めエネルギー E_{C} を標準として1.0× E_{C} 2.0×Ec,4.0×Ecの3種類で変えて実施した締固め試験により調べ, その結果を図2に示す。試料は盛土箇所に運搬された撒出し前の ものを 19.0mm フルイで取り除いたカット粒度状態で使用した。 図中には実際の盛土について水置換法(●印)とRI法(■印)に よる現場密度試験から得られた密度も示す。図から、盛土材の締 固め曲線は締固めエネルギーが増加するほど、ゼロ空気間隙曲線 ZAVC に沿って ρ_{dmax} が増加し、 w_{opt} が減少することがわかる。一 般に、施工中の締固め管理は、現場密度 pd の 1.0×Ec での締固め試 験による ρ_{dmax} に対する比率で表示する締固め度 $D_{\text{C}}=(\rho_{\text{d}}/\rho_{\text{dmax}})\times 100$ (%)により行われる。現場密度 pd は Dc=101.6~102.6% となり、非 常に高い値となっている。これは、複合転圧により盛土材の細粒 化と盛土の高密度化を達成できるが、現場の締固めエネルギーが 室内試験のものより高いことや、室内試験試料がカット粒度状態 で現場盛土材より細粒分が多く締固め曲線がZAVCに沿ってpamax が低く Wopt がより湿潤状態となり、Dc が見掛け上高くなったと考 えられる。現場密度 pdは、室内締固め試験から得られた締固め曲 線のうち, 締固めエネルギー2.0×Ecと4.0×Ecのものの間にあるこ と、すなわち現場施工の締固めエネルギーがカット粒度状態にあ



図1 現場粒度試験による各施工工程 Ⅰ→Ⅱ→Ⅲでの粒度曲線



図2 現場盛土材の室内締固め曲線 (p_d~w 関係)

る室内試験における 2.0× E_c と 4.0× E_c の間にあるとも言えよう。 この状態での空気間隙率 v_a は、土粒子密度を ρ_s 、水の密度を ρ_w とすると、 $\rho_{d}=\rho_w \cdot (1-v_a/100)/(\rho_w/\rho_s+w/100)$ で与えられ、図 2 に図 示すると ZAVC にほぼ平行になり、 $v_a=7\sim12\%$ の状態にあること がわかる。 v_a 値を室内試験試料の $w=w_n$ における密度 ρ_d にあては めて考えると、 $D_c>95%$ は $v_a<13\%$ で行えば、盛土材の変動や締固 めエネルギーが相違して締固め曲線が ZAVC に沿って移動して も、 $D_c>95\%$ 相当の盛土を造成できることを意味している。

§4. 浸水・クリープ沈下特性による締固め管理値

脆弱岩砕材により造成された盛土地盤は、図3に概念的に示す ように、時間経過による長期的な $e_V \sim \log_{10} t$ 関係が直線的に進行 するクリープ沈下(直線の傾き a_e により評価),地下水位上昇や

キーワード: 脆弱岩, スレーキング, 締固め管理

連絡先 〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1 株式会社フジタ 技術センター土木研究部 25046-250-7095



降雨浸透による浸水沈下 Δe_{VSub} とその後の浸水状態でのクリープ 沈下 α_{eSub} が生じる。浸水沈下やクリープ沈下を抑えるには盛土材 を細粒化してから十分締固めることが必要である。そこで、盛土 材の D_c を変えて締固めて準備した供試体の長期圧縮沈下試験に より、浸水・クリープ沈下に及ぼす D_c の影響を調べた。長期圧 縮沈下試験は応力増加比 $\Delta \sigma_v / \sigma_v = 1.0$ で $\sigma_v = 10 \rightarrow 20 \rightarrow 40 \rightarrow 80 \rightarrow 160$ $\rightarrow 320 \rightarrow \underline{320} \rightarrow \underline{640}$ kN/m² のように段階的に増加させ、各 σ_v レベル で7日間載荷させてから α_e を求めた。下線は浸水状態での α_{eSub} を 求めた σ_v であることを表している。各 σ_v レベルでは、所定の時 間経過毎に測定した供試体の高さ変化 ΔH と供試体の初期高さ H_0 により沈下ひずみ $\varepsilon_v = (\Delta H / H_0) \times 100$ を算定した。

図4は浸水沈下として浸水時からの沈下とその後の7日間に生じた沈下を合わせた値として求めた $\Delta e_{VSub} & D_c$ の関係を示してある。 $\Delta e_{VSub} & D_c$ が増加すると減少、特に $D_c \ge 95\%$ において急減することがわかる。図5には $\sigma_V = 160 \rightarrow 320$ kN/m²に増加させた時の沈下の時間的変化 $e_V \sim \log_{10} t$ を示してある。図から、 e_V は時間がある程度経過すると時間の対数に比例して生じること、その大きさは浸水状態における方が大きいことがわかる。図6は、 D_c を変えて実施した図5のような長期圧縮沈下試験から求めた a_{e_s} a_{e_sbub} 、 D_c の関係を示す。図から、 $\rho_U - プ沈下は浸水時ほど大きく (<math>a_e < a_{e_sbub}$)、 D_c の増加により減少、特に $D_c \ge 95\%$ において急減することがわかる。以上のことから、施工時の締固め管理は $\Delta e_{VSub} \ll a_{e_s}$ 風化程度の変化により $\rho_{d_{max}}$ が変化するため難しく、何よりも室内試験では供試体ド寸法の関係から盛土材をカット粒度状態にあり





図6 クリープ係数 α_e , $\alpha_{esub} \sim D_C$ 関係 ($\sigma_V=320$ kN/m²)

原粒度と相違していること、特に脆弱岩砕材では施工中に粒子破 砕による粒度変化が著しいことを考えると、室内試験による ρ_{dmax} を使用することに疑問を感じる。また、実施工では掘削位置で泥 岩・砂岩の構成割合や風化程度が相違し材質や締固め特性も変化 するので、その都度 ρ_{dmax} を変えることが難しい。そこで、締固め 管理指標として図2に示した v_a 値に着目し、締固め曲線が材料変 化や現場・室内間での締固めエネルギーの相違によりZAVCに沿 って上下に移動しても、 v_a 線はZAVC にほぼ平行になるので、 v_a をある一定値以下にすれば、 D_c をある一定以上にすることができ る。図2の締固め曲線における現場密度 ρ_d は $v_a=7~12$ %にあり、 $w=w_n$ において $D_c \ge 98$ %に相当する。逆に、 $D_c \ge 95$ %に相当する ように締固めるには、盛土材の変化や現場と室内試験における締 固めエネルギーの相違に関係なく、図2から $w=w_n$ では $v_a \le 13\%$ と すればよいことになる。以上から、締固め管理基準値は D_c 値に 代えて v_a 値により $v_a \le 12\%$ に設定することにした。

§ 5. あとがき

脆弱岩砕材を用いた大規模な造成現場において、掘削箇所による地層構成や風化程度の相違に起因して締固め特性が変化するため室内試験による ρ_{dmax} を用いた D_{c} 値による締固め管理が難しい。そこで、材料や締固めエネルギーによる相違に関係なく一定の締固め程度を表示できる v_a を用い、浸水沈下やクリープ沈下が急減する $D_{c} \ge 95\%$ 相当の $v_a \le 13\%$ に設定することにした。

【参考文献】

 堀田崇由,福島伸二,北島明:施弱性岩砕土の盛士造成における Talbot 曲線 を用いた粒度管理法,第51回地盤工学研究発表会,2016.(投稿中)