

空気間隙率管理及び飽和度管理の違いが盛土品質評価に及ぼす影響

益村測量設計(株) 正会員 ○水野 敏裕
益村測量設計(株) 正会員 益村 公人
(株)高速道路総合技術研究所 三嶋 信雄

1. はじめに

高速道路では、細粒土による盛土路体の締固め管理指標を検討する場合、空気間隙率管理の適用可能性を現場転圧試験にて確認する事になっている。一方、盛土工指針が適用される一般道路の路体では、粘性土に対し同じく空気間隙率 v_a または飽和度 S_r のいずれかを指標とし管理する事となっているが、その指標選択の判断は特段明記されていない。本論文では、この両指標が盛土の品質評価へ及ぼす影響を検討する為、各指標における管理基準値の設定根拠を整理し、更には高速道路における空気間隙率管理採用の背景を論じ、実際の現場施工データから盛土品質の実態を明らかにしている。

2. 空気間隙率と飽和度における管理基準値設定の背景

表 1 には、現 NEXCO3 社の設計要領と盛土工指針に示される空気間隙率管理及び飽和度管理の基準を示す。NEXCO では、原則、現場転圧試験により適用可能な管理指標を決定しているが、特に細粒分含有率 $F_c > 20\%$ となる材料では空気間隙率管理の適用性可能性を最優先に検討を行う。しかし、高含水比粘性土を盛土材料として大量に取り扱った東名高速道路建設期では当初飽和度管理も採用されており、現在様々な機関の設計基準で定められている管理基準 $S_r \geq 85\%$ は、図 1 に示す日本道路公団で実施した関東ロームでの飽和度の測定結果が根拠となっている。この図からわかるように、飽和度が管理基準を満たさないデータも散見されるが飽和度管理を適用する条件として、1) 自然含水比が、規定された乾燥密度にすることのできる含水比よりも高い土、2) 土質の変化が著しく、各種の土が混合している、その割合が常に変化する場合とされており、指標の使い分けは監督員の指示によるものとされている。

表 1 細粒土の締固め管理基準^{1), 2), 3)}

基準	盛土材料	空気間隙率 v_a (%)	飽和度 S_r (%)	備考
日本道路公団 高速自動車国道 設計要領	粘性土	$3\% \leq v_a \leq 10\%$	$95\% \geq S_r \geq 85\%$	上限値管理と 下限値管理
NEXCO 設計要領	$F_c \geq 50\%$	$v_a \leq 10\%$	—	下限値管理
	$50\% > F_c \geq 20\%$	$v_a \leq 15\%$	—	F_c : 細粒分含有率
盛土工指針	粘性土	$v_a \leq 10\%$	$S_r \geq 85\%$	下限値管理

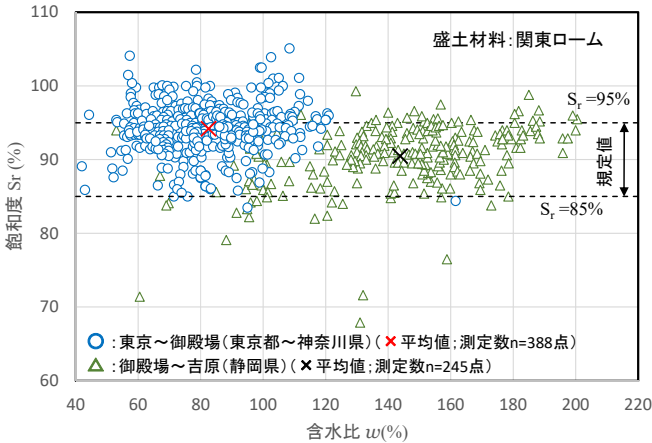


図 1 含水比と飽和度の関係 (東名高速道路) 4)に加筆

3. 空気間隙率管理と飽和度管理の相違

ここでは土粒子密度 ρ_s をパラメーターとして空気間隙率及び飽和度の両指標の関係を考察する。それぞれの指標は式 1、式 2 で示される。

図 2 は (a) $\rho_s = 2.200(g/cm^3)$, (b) $\rho_s = 2.900(g/cm^3)$ とした場合の v_a 曲線と S_r 曲線を $w \sim \rho_d$ 図上に示したものである。この図より、(a) 図では含水比 $w = 77.3\%$, (b) 図では含水比 $w = 58.6\%$ を境界値として両者の関係が僅かではあるが逆転している事がわかる。つまり、この境界値となる含水比より低い場合、乾燥密度 ρ_d は $S_r > v_a$ となり、逆に高い場合には $S_r < v_a$ となる。この境界値の変動傾向を確認する為に、 $w \sim \rho_s$ 図として図 3 に整理した。この図中に破線で示される曲線は、空気間隙率 $v_a = 10\%$ と飽和度 $S_r = 85\%$ が同一となるラインである。この図から、ラインより含水比が高くなるエリアでは、空気間隙率管理を適用する事で飽和度管理の場合よりも高い乾燥密度とする必

$$v_a = 100 - \frac{\rho_d}{\rho_w} \left[\frac{100}{\rho_s} + w \right] \tag{式 1}$$

$$S_r = \frac{w}{\frac{\rho_w}{\rho_d} - \frac{1}{\rho_s}} \tag{式 2}$$

ρ_d : 乾燥密度 (g/cm^3), ρ_w : 水の密度 (g/cm^3)
 ρ_s : 土粒子の密度 (g/cm^3), w : 含水比 (%)

キーワード 盛土, 締固め管理, 空気間隙率, 飽和度, 細粒土

連絡先 〒093-0046 北海道網走市新町 1-7-14 益村測量設計株式会社 TEL 0152-44-7335

要がある。一方、ラインより含水比が低くなるエリアではその逆の事が言える。

つまり、両者には含水比の在り方によって盛土品質が左右される事は明らかであるが、我国における空気間隙率管理または飽和度管理を採用しなければならない材料においては、一般的

に含水比が高い傾向にある為、空気間隙率管理の採用が盛土品質を向上させる為には有利な方法となる。高速道路ではこの事を理由に、東名高速建設以降において飽和度管理から空気間隙率管理へ移行した。しかしながら、現場にてその材料特性、特に施工含水比を十分に把握した上で両指標を選択する事が盛土品質を左右する要因の一つとなる。

4. 空気間隙率管理による現場締固めの実態

図4(a), (b)に、高速道路現場にて空気間隙率管理を行った品質管理データを示す。(a)図は火山灰質粘性土(ローム)、(b)図は細粒分礫まじり砂に分類される材料であり、施工含水比は共に高くブルドーザーによる締固め施工が行われている。(a)図に示す材料は細粒分51.4%と多く細粒土に分類され、施工含水比は $w=80\sim100\%$ と若干の幅を示しているものの、比較的均質な盛土材料である。品質管理データから $v_a=5\sim10\%$ を示し、含水比の多少の変化によらず管理基準 $v_a\leq 10\%$ をクリアし高品質な現場締固めが行われている事がわかる。

一方、(b)図に示す材料は砂分76.3%、細粒分9.9%と粒度組成上は粗粒土に分類され、施工含水比は $w=50\sim90\%$ と非常に大きな幅を示しており材料のバラツキが指摘される。この材料の管理基準は $v_a\leq 15\%$ である。この品質管理データから、概ね $v_a=5\sim10\%$ の範囲を示し、含水比が高くなる範囲では $S_r=85\%$ を下回るデータも散見されるが管理基準は十分にクリアされており、所定の盛土品質は確保できている。

5. まとめ

土粒子密度及び含水比の組合せにより、空気間隙率管理又は飽和度管理には若干ながら相違は生じる。しかしながら、その使い分けは現場材料の状態を的確に判断し、盛土の品質向上に繋げる事が可能な管理指標を選択する事が重要である。

謝辞: 本論文は、公益財団法人高速道路調査会「平成30年度研究助成」(研究者:三嶋信雄)の支援を受けて実施したものである。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1)日本道路公団高速自動車国道設計要領,1964.10, 2)NEXCO3 社設計要領,2016.8, 3)道路土工盛土工指針,日本道路協会,2010.4, 4)関東ロームの土工-その土質と設計・施工-,共立出版(株),1973.8

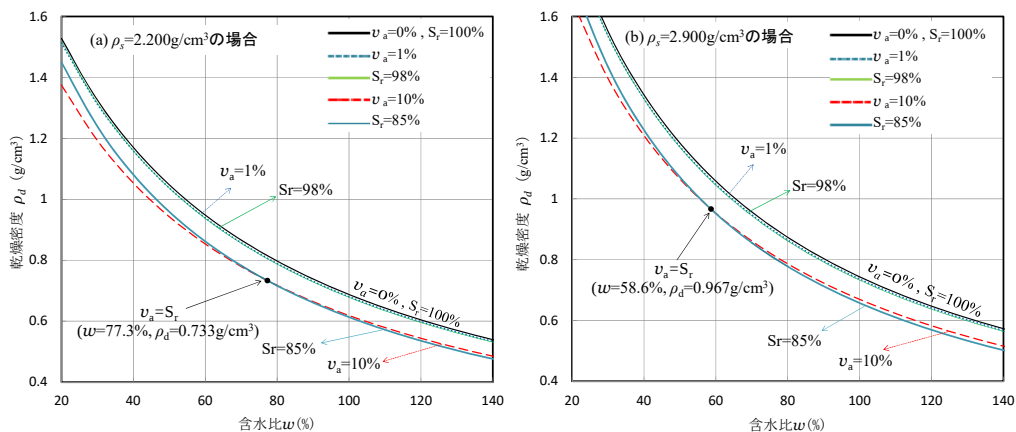


図2(a), (b) 空気間隙率と飽和度の相違

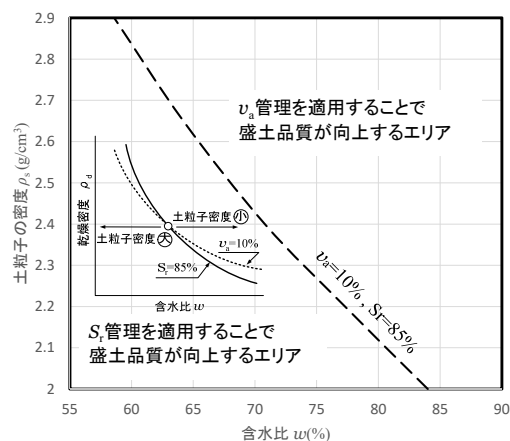


図3 含水比と土粒子密度の関係

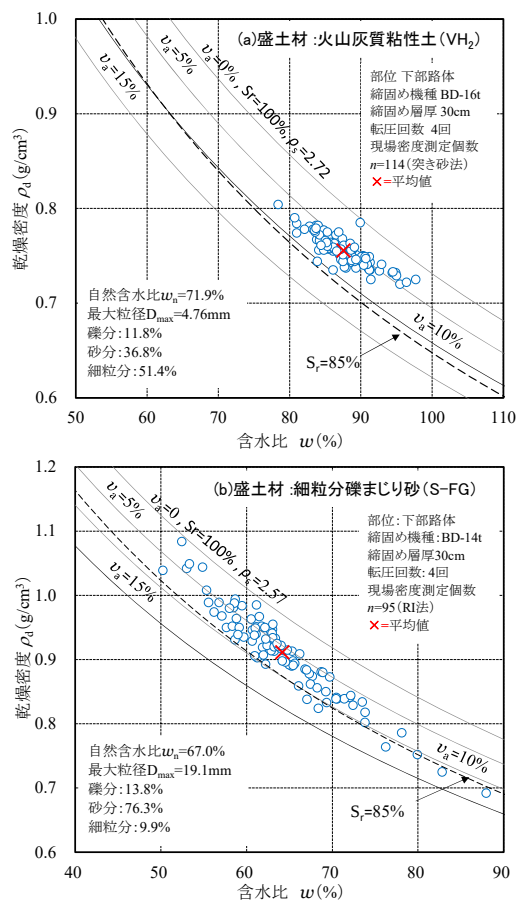


図4(a), (b) v_a 管理による品質管理データ