

Talbot 曲線を用いた堆積軟岩盛土材の現場粒度管理法

株式会社フジタ 土木本部 フェロ-会員 ○福島伸二・北島 明

§1. まえがき

泥岩などの堆積軟岩地山での切・盛土工事では、切土発生の盛土材が締固め転圧しても岩碎片状態で残りスレーキング現象による沈下を引き起こしやすいため、これを防止するには盛土材を可能な限り細粒化して粗・細粒の広範囲な土粒子を含むようにしてから締め固める必要がある。したがって、盛土造成は掘削過程では岩塊を残さない方法を選択し、地山が硬く岩塊が残しやすい場合には撒き出してから細粒化できる工程を追加し（破碎転圧）、最終的に締固め転圧を行う複合転圧法（破碎転圧＋締固め転圧）を採用するなどが必要である。施工中の品質管理では、盛土材が効果的な締固めのできる粒度状態にあることを確認することも要求される。本稿は、堆積軟岩地山での切・盛土工事における盛土材が締固め転圧前にスレーキング性沈下の生じにくい状態まで細粒化したことを確認するために、現場粒度試験から得られた粒度曲線を Talbot 曲線近似して粒度指標を推定する粒度管理法を提案し、その適用性を検討した結果を報告するものである。

§2. Talbot 曲線により近似した粒度曲線の性質

堆積軟岩地山の切・盛土造成を対象に、盛土材が締固め転圧前にスレーキング性沈下の生じにくいレベルまで細粒化したことを確認する方法について検討する。実施工では現場粒度試験を実施して粒度曲線を求めることが基本となるが、その試験は室内でのように全粒度階において実施できるわけではなく、細粒側の粒度階では難しい。そこで、現場粒度試験では試験可能範囲で得られた粒度曲線を Talbot 曲線により近似して、試験実施が難しい細粒側の粒度曲線を推定することを考える。

Talbot 曲線による盛土材の粒度曲線の近似は図-1 のように最大粒径を D_{max} 、粒径を D 、 D における通過質量百分率を P とおくと

$$P=(D/D_{max})^n \times 100 \quad (\%) \quad (1)$$

により与えられる。 n は粒径分布の良し悪しを示し、値が小さいほど細粒分を多く含むことを示す。粒度分布の指標である均等係数 U_c は、粒度曲線の $P=60\%$ 粒径 D_{60} に対する $P=10\%$ 粒径 D_{10} の比 $U_c=D_{60}/D_{10}$ であるので、式(1)を D について整理した $D=D_{max} \cdot (P/100)^{1/n}$ より $D_{60}=D_{max} \cdot 0.6^{1/n}$ と $D_{10}=D_{max} \cdot 0.1^{1/n}$ になるから

$$U_c=D_{60}/D_{10}=6^{1/n} \quad (2)$$

となり n のみで決まる。 n が同じであれば、 D_{max} が変化しても相似曲線となる。したがって、盛土材の細粒化は D_{max} が減少し曲線が平行移動、 n が減少、すなわち U_c が増加することで判定できる。

現場粒度曲線を Talbot 曲線により近似する利点は、現場では細粒側の粒度段階までのフルイ分け試験を実施し難く、 U_c を求めるための D_{10} が得られないが、細粒側の粒度分が欠けた部分的粒度曲線を Talbot 曲線近似することで n を求めれば U_c を算定できることである。また、 D_{max} もわかるので、細粒分含有率 F_c は式(1)に $D=0.075\text{mm}$ を代入すれば、 $P=F_c$ となるので

$$F_c=(0.075/D_{max})^n \times 100 \quad (\%) \quad (3)$$

として算定できる。

§3. Talbot 曲線による現場粒度管理法

盛土材がスレーキング性沈下の生じにくい程度まで細粒化したことの判定基準について既往の研究から検討する。大根(1984)²⁾は、堆積軟岩からなる岩砕盛土材は転圧による細粒化が進行している

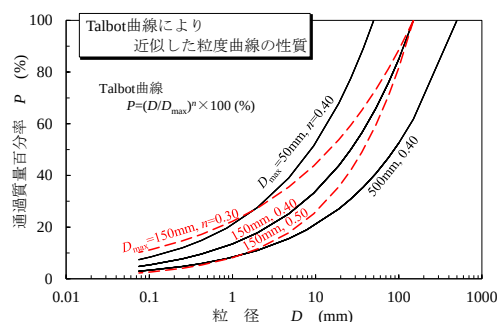


図-1 Talbot 曲線により近似した粒度曲線の性質

間は密度増加につながらず、細粒化して密度増加が始まる粒度が $n \approx 0.3$ 、 $D_{max}=150\text{mm}$ 程度であり、 $n \leq 0.4$ ($U_c \geq 88$) であれば強度低下も生じにくいことを報告している。そこで、盛土材の粒度が締固め転圧前にスレーキング性沈下の生じにくい状態にある時の n 値として $U_c \geq 100$ 相当の $n \leq 0.39$ が目安になると考えられる。

n 値による細粒化基準を採用した事例として白水層群地山（土質調査報告書により堆積年代は古第三紀 6,500～2,000 万年前）における切・盛土造成工事における結果を示す。盛土は、盛土材の掘削・土取段階ではリッパによる掻起しと掻起し面のブル走行によるキャタピラ破碎を行い、盛土段階では仕上り層厚 30cm を目標に撒き出しとコンパクターによる破碎転圧してから、20t 級振動ローラによる 8 回の締固め転圧を行った。現場粒度試験は試験盛土時のⅠ：盛土材の撒出し後→Ⅱ：破碎転圧後→Ⅲ：締固め転圧後の各段階で実施した。フルイ目寸法は 300, 150, 75, 53, 37.5, 26.5, 19, 9.5, 4.75, 2.0mm の 9 段階とし、75mm 以下では木枠現場用フルイを、150mm と 300mm では正方形木枠を使用した。現場粒度試験は大量の試料を扱い、かつ粒子破碎のないように湿潤状態で行う必要から細粒側までのすべての粒度階の粒度曲線を求められないため、せいぜい粒径 $D=2.0\text{mm}$ 通過分までである。

図-2 は試験盛土で実施した盛土材の現場粒度試験によるⅠ→Ⅱ→Ⅲの各段階における粒度曲線と、これらを近似した Talbot 曲線を細粒側まで延長した結果をそれぞれ示す。Talbot 曲線式中の

キーワード：盛土材, Talbot 曲線, 粒度試験

連絡先 〒151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷 4-5-2 株式会社フジタ 土木本部 土木エンジニアリングセンター ☎ 080-9097-2195

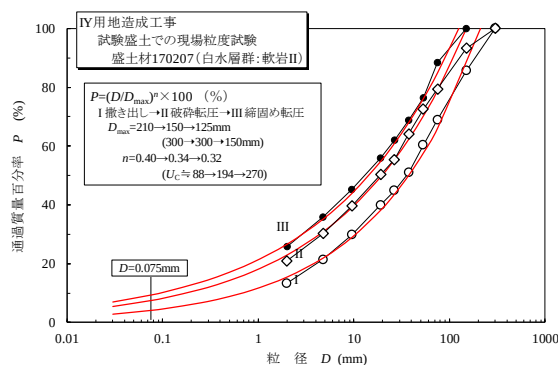


図-2 各試験盛土段階 I → II → IIIでの現場粒度曲線と Talbot 曲線近似

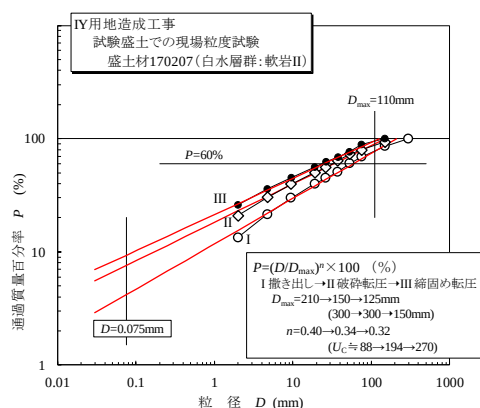
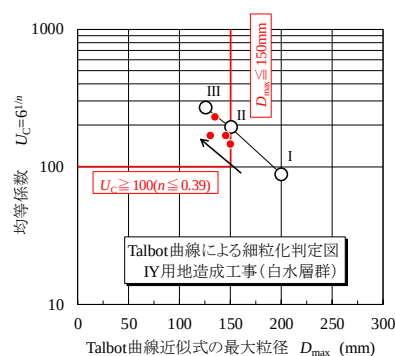
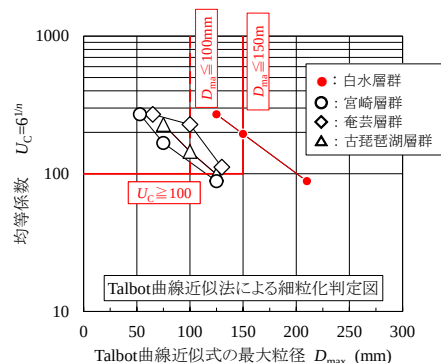


図-3 現場粒度曲線の Talbot 曲線近似 (両対数法)

D_{max} は実際の粒度曲線の値ではなく、粒度曲線の主要部分をうまく近似できるように試行錯誤的に決定した。現場粒度曲線は図-2 からわかるように、形状がなめらかでなく、 D_{max} に近い粒度階の含有割合が少なく S 字であるため、Talbot 曲線により粒度曲線全体をうまく近似できない。そこで、図-3 は Talbot 曲線が両対数図上で直線になる性質を利用して、 D_{max} 付近の粗粒部分を除いた粒度曲線部分をうまく直線で近似できるように Talbot 曲線の D_{max} と n を決めた結果である。図から、粗粒側も含めて全体を近似しようとする n を小さくする必要があり、近似曲線が現場粒度曲線を横切り、 F_c を過大評価してしまう。そこで、Talbot 曲線は U_c の算定に必要な粒度曲線の主要部である D_{60} を含む部分から細粒側をうまく近似できるように D_{max} と n を決めることを推奨したい。なお、現場粒度試験は乾燥に伴う粒子破碎防止のために湿潤試料で実施したが、各粒度階における岩砕粒子が同一母岩であり粒径だけが異なるとすると、乾燥試料での結果と同じになる。

図-2 から、Talbot 曲線近似した粒度曲線は各盛土段階の進行により、 D_{max} が $D_{max}=210 \rightarrow 150 \rightarrow 125 \text{ mm}$ ($300 \rightarrow 300 \rightarrow 150 \text{ mm}$) に減少し細粒側に平行的に移動し (括弧内の数値が実際の粒度曲線における値である)、 n が $n=0.40 \rightarrow 0.34 \rightarrow 0.32$ ($U_c=88 \rightarrow 194 \rightarrow 270$) のように減少し D_{10} が減少してゆくことがわかる。特に、撒き出しから破碎転圧の I → II 段階において細粒化が進んでおりコンパクターによる破碎転圧が効果的であったようである。一方、II → III 段階の締固め転圧による細粒化が少ないのは、堆積年代が古く地山強度が高いためであり、締固めエネルギーが高密度化に費やされていることを示している。いずれにせよ、締固め前の II 段

図-4 Talbot 曲線による細粒化判定図 (U_c-D_{max})図-5 各事例の試験盛土における細粒化判定図 (U_c-D_{max})

階までの n は $n=0.34$ ($U_c=194$) と細粒化の目安とした $U_c \geq 100$ を満足していることがわかる。

図-4 は図-2 に示した各盛土段階 I → II → III の粒度曲線の Talbot 曲線近似による粒度指標 (U_c, D_{max}) の変化を○記号で示す。図中には盛土材の締固め転圧前の細粒化程度の判定基準とした目安

$$U_c \geq 100 \quad (n \leq 0.39), \quad D_{max} \leq 150 \text{ mm}$$

を示してある。図から、盛土段階中に D_{max} が減少、 U_c が増加し、(U_c, D_{max}) が右下から左上に移動し、段階毎に細粒化が進行していることがわかる。図中の●記号は、実施工での盛土段階のうちの締固め転圧前の (U_c, D_{max}) である。図から、掘削位置による風化程度や強度などが相違し細粒化が一律ではないものの、目標とした基準を満足していることがわかる。図-5 は図-4 の結果に加えて他の事例の結果と併せて示してある。以上のことから、盛土材の粒度特性がスレーキング性沈下しにくい状態にあるかどうかの判定に現場粒度試験による粒度曲線の Talbot 曲線近似の結果から求めた図-4 に示した U_c-D_{max} 判定図を適用できると考える。

§4. あとがき

本稿は堆積軟岩盛土材の締固め前の粒度曲線を Talbot 曲線により近似してスレーキング性沈下が生じにくい粒度状態まで細粒化したことを確認する方法として Talbot 曲線近似を用いた方法を提案した。今後、他の事例への適用を通して、適正な粒度曲線の Talbot 曲線近似法や現場粒度試験の簡便化等に取り組みたい。

【参考文献】 1) Fuller, W. B. and Thompson, S.E. : The Laws of Proportioning Concrete, Transactions of American Society of Civil Engineers, pp.67-143, 1907. 2) 大根義男：盛立て材料としての岩塊の諸問題，土と基礎，Vol.32, No.7, pp.3-8, 1984.