

ボタ材（炭鉱掘削ずり）に関する土質試験結果

鹿島建設(株) 正会員 ○岡本道孝 下沖優介 横山 修

1. はじめに

ボタ材の集積地形を改変する切盛土工事を実施することとなった。ボタ材に関する工学的知見が少ないことから、本報ではこの切盛土工事の施工計画を策定する目的で実施した土質試験結果と施工概況について報告する。

2. 外観および物理試験結果

写真－1 は当工事で扱ったボタ材の一例である。ボタ材の多くは暗灰～薄灰色を呈していたが、白色～薄桃色の材料が一部に混在していた。炭鉱作業に従事した方の話によれば、白色の材料はボタ材に混在する石炭が土中で燃焼したときに生成されるものである。

ボタ材の物理試験結果を表－1 に、粒径加積曲線を図－1 に示す。土粒子密度 ρ_s にやや小さめの値が認められるが、これは石炭類の混入の影響と考えられる。自然含水比 w_n の変動は10%未満だったが、工事着手前の集積地表層付近で採取した試料の含水比が高い傾向があった。材料の粒度に関して、粒径範囲は幅広く細粒分を比較的多く含んでいる。盛立面で実施した現場透水試験（JGS 1316）で得られた透水係数 k は $1.1\sim 8.3E-08(m/s)$ であった。

3. 締固め試験結果

図－2 にボタ材の締固め曲線を示す。これらの締固め曲線は、JIS A 1210 のA-c 法、もしくはB-c 法によって得られたもので、突固め方法（A 法もしくはB 法）は試料採取時に確認した最大粒径 D_{max} をもとに決定したが、得られた最大乾燥密度 ρ_{dmax} 、最適含水比 w_{opt} は概ね同等となった。図中には造成工事中に実施した砂置換法やシンウォール（ $\phi=86mm$ ）サンプリングコアを用いた現場密度試験の結果である。工事着手前段階では20%を上回る自然含水比 w_n が確認されていたが、掘削採取されたボタ材の含水比 w_n は20%を下回ることが多かった。工事着手前の調査ではバックホウを用いて表層2～3mの範囲から試料を採取していたが、降雨等の影響で表層付近の含水比が上昇していた可能性がある。

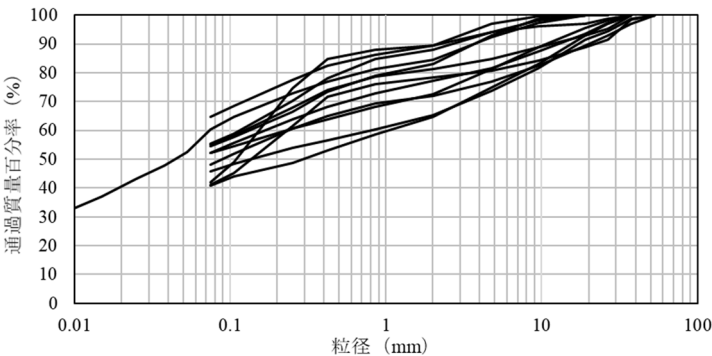


写真－1 ボタ材の外観

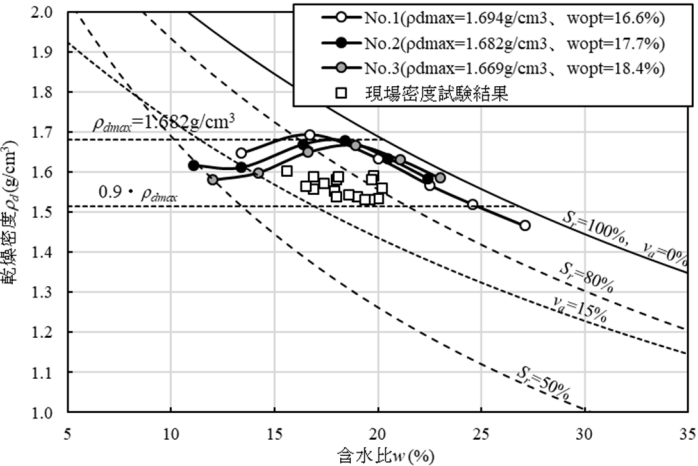
表－1 物理試験結果

項目	平均	(最小)	(最大)
土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	2.517	2.347	～ 2.658
自然含水比 w_n %	22.3	18.5	～ 25.6
最大粒径 D_{max} mm	37.5*	19.0	～ 53.0
細粒分含有率 F_c %	52.5	40.8	～ 64.6
液性限界 w_L %	41.9	34.4	～ 48.3
塑性限界 w_p %	23.0	15.7	～ 28.7
塑性指数 I_p	19.0	15.1	～ 26.3

標本数10、*最頻値



図－1 粒径加積曲線



図－2 締固め曲線

キーワード：ボタ材、炭鉱掘削ずり

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

当工事は、ずり集積地の切盛土工事によって集積地形を平坦化するもので、ボタ材の運搬距離が 300～500m であった。このため、ボタ材の掘削・盛立にスクレップドーザを使用しており、その繰り返し走行によって締め固めを行った（写真－2）。現場密度試験から得られた密度比 D_c は平均 0.93 (0.90～0.95)、空気間隙率 v_a は平均 10.1% (6.2～12.7%) であり、当工事で採用した盛立て品質規格¹⁾を概ね満足した。

4. 強度試験結果

図－3 は締め固めたボタ材に関するコーン指数試験 (JISA1228) の結果である。含水比 $w_n \geq 20\%$ の範囲でコーン指数 q_c は 400kN/m^2 を下回っていたため、工事着手前はボタ材の施工性が悪いと予想していた。しかし、前述のように多くのボタ材の含水比が 20% を下回っていたため、降雨直後以外で施工性が極端に低下することはなかった。

図－4 に工事着手前に実施した室内再構成試料の三軸圧縮試験 (UU : JGS 0521) の結果と盛土施工中にシンウォールサンプリングしたコアの一軸圧縮試験 (JIS A 1216) の結果を取りまとめた。室内再構成試料は密度比 $D_c = 0.90 \sim 0.95$ を目標として作成した。同図中に併記した強度定数 (c_u, ϕ_u) は図中に記載の全試験結果を用いた最小二乗法²⁾によって評価した値である。

5. 圧密試験結果

図－5 に圧密試験 (JISA 1217) から得られた $e - \log p$ 関係を示す。圧密試験では工事着工前にずり集積地から採取したボーリングコアを用いており、圧密降伏応力 p_c は約 40kN/m^2 であった。当工事における締め固めによって正規圧密線に沿ってボタ材の圧縮が生じたとした場合、現場密度試験で確認された間隙比 e の範囲 (0.59～0.66) から、締め固められたボタ材の圧密降伏応力 p_c は 100kN/m^2 以上に達したと予想される。

6. おわりに

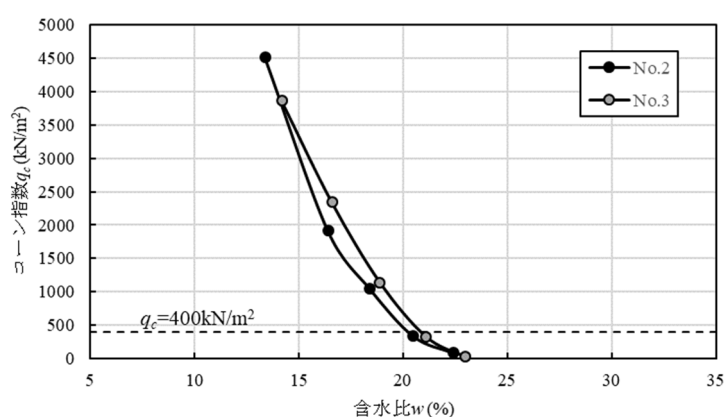
盛土材として取り扱うことが稀なボタ材の土質試験結果を紹介した。類似材料を対象とした工事の施工計画の参考となれば幸いである。

参考文献

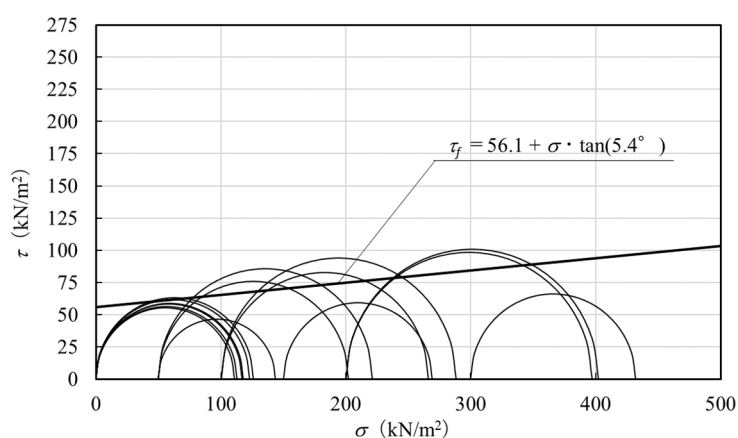
- 1) 宅地防災研究会編：宅地防災マニュアルの解説 第二次改訂版，2007
- 2) 地盤工学会編：地盤材料試験の方法と解説，pp.594，2009



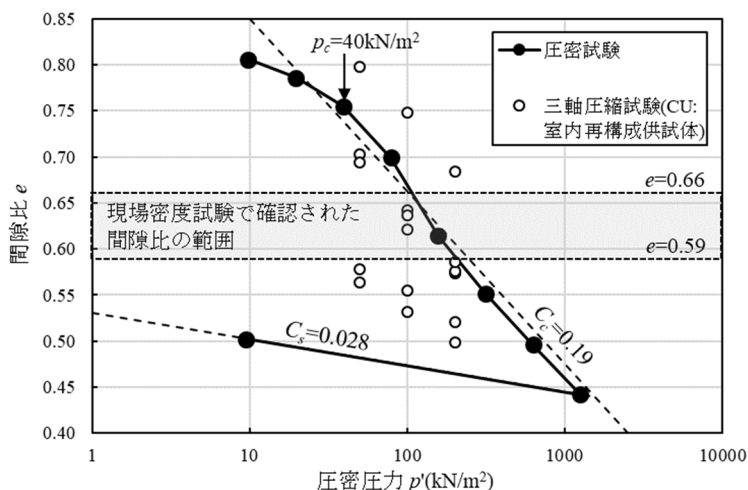
写真－2 施工状況



図－3 コーン指数試験結果



図－4 三軸圧縮試験 (UU) と一軸圧縮試験の結果



図－5 $e - \log p$ 関係