

石炭灰の試験盛土工

北海道開発土木研究所 正会員

佐藤厚子 正会員 西川純一

天野公人 湯口雄司 仁平陽一郎

1. はじめに

石炭火力発電所から発生される石炭灰は、不良土の改良など土木材料への利用がはかられている。しかし、石炭灰単一の材料を盛土材として利用可能であることは室内試験では明らかになっているものの、北海道での施工例はまだ少ない。そこで、石炭灰単一の材料による試験盛土を実施し、盛土材料としての適否を検討した。その結果、良好な施工結果を確認することができた。

2. 試験概要

試験施工には、性状の異なる2種類の石炭灰を用いた(表-1)。いずれも発生直後の含水比は0%であるが、No.1は運搬による飛散防止のため発電所から運搬排出する前に加水している。

No.1の石炭灰を排出するボイラは、発電効率を上げるため2~3日間隔で種類の異なる石炭を燃焼させるため、発生する石炭灰の性質に幅があり、使用する石炭灰量の性状を予め把握して施工することができない。したがって、施工した盛土の品質を締固め度で管理することが不可能であり、盛土仕上がり目標を試験施工で決めることとした。

一方、No.2の石炭灰を排出するボイラでは、同じ石炭を比較的長期に燃焼させるため、単一の石炭灰が排出される。このボイラでは、石炭の燃焼過程で発生する硫黄酸化物を石灰石により取り除いており、発生する石炭灰には生石灰成分が含まれているため、加水、締固めにより強度発現する。今回の試験施工時期は3月下旬であり、北海道においてはまだ気温の低い時期にあたる。生石灰のポゾラン反応が養生温度により大きく異なるという報告¹⁾もあり、通常期の施工と比べて強度発現が低くなると予想されたので、試験施工に先立ち室内において、養生温度を施工箇所の3月の平均気温である0²⁾として、施工時に必要な含水比と締固め密度を求めた。なお、盛土仕上がり目標は、安定した盛土の強度として、すべり安全率1.2を確保できる強度(7日養生後の一軸圧縮強さ $qu_7=150\text{kPa}$)とした。

3. 試験結果

室内試験

No.2の石炭灰について養生温度の違いがどの程度強度に影響を与えるか調べた(図-1)。養生温度を0とした qu_7 は、20とした場合の約1/20であり、養生温度が強度に大きく影響する。そこで、施工時の予想温度0

で室内試験を行い、目標強度である $qu_7=150\text{kPa}$ を得ることができる含水比と締固め密度を求めた(図-2)。この図より、含水比を34%程度、締固め密度を 1.37t/m^3 程度として施工すれば $qu_7=150\text{kPa}$ を確保できると判

表-1 石炭灰の基本物性値

石炭灰 No.		1	2
土粒子の密度 $s(\text{g/cm}^3)$		2.22	2.69
自然含水比 $w_n(\%)$		15.7	0.0
粒度特性	礫分 $75\text{mm} \sim 2\text{mm}(\%)$	0.0	0.0
	砂分 $2\text{mm} \sim 75\mu\text{m}(\%)$	6.9	8.1
	シルト分 $75\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}(\%)$	79.8	86.3
	粘土分 $5\mu\text{m}$ 未満 $(\%)$	13.3	5.6
コンシステンシー限界 $LL(\%)$		N.P.	N.P.
日本統一土質分類名		ML	ML
最大乾燥密度 $d_{\text{max}}(\text{t/m}^3)$		1.375	1.104
最適含水比 $w_{\text{opt}}(\%)$		20.3	38.0
強熱減量 $Li(\%)$		4.2	9.3
pH		11.6	12.6
酸化カルシウム量 $(\%)$		-	13.9

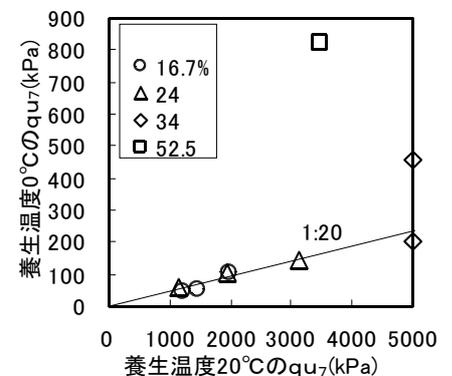


図-1 養生温度の違いが強度に与える影響

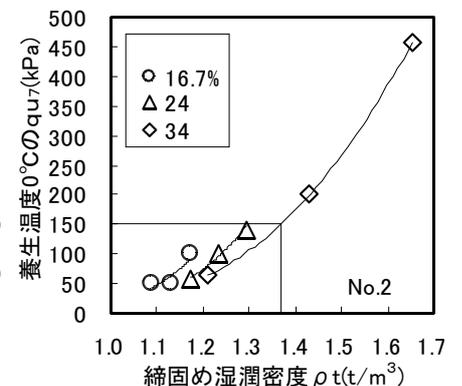


図-2 目標強度を得るための条件

キーワード：石炭灰、盛土材料、低温

北海道開発土木研究所 土質基礎研究室、TEL 011-841-1709、FAX 011-841-7333

なお、現場の密度の確認方法として簡易な方法である衝撃加速度を用いることとした。締固め直後の密度と衝撃加速度の関係を示した図-3より、湿潤密度が $1.37t/m^3$ であるときの衝撃加速度は 70G であるので、これを管理基準とした。

現場試験施工

一般土砂の施工は、ブルドーザにより敷き均しし、タイヤローラにより転圧する。この方法により施工した石炭灰盛土の転圧の効果を地盤の密度と相関性の高い衝撃加速度⁴⁾で求めた。

図-4に No.1 の石炭灰により施工したときの転圧回数と衝撃加速度の関係を示す。転圧回数が6回までは、タイヤローラの重量が大きいため、ローラの外側に石炭灰が押し出される現象が生じ、転圧回数を増加させても衝撃加速度は大きくなり、締固め効果が上がらなかった。6回より転圧回数を増加させると衝撃加速度は一定値 50G に近づく。そこでこの 50G を目標衝撃加速度とし、これを確認しながら施工することとした。

No.2 の石炭灰は、排出時に加水する装置がないため、施工現場で加水した。加水は、現場に運び込まれたフレコンパック詰め石炭灰を敷均しながら散水する方法と、フレコンパック内の上部から注水する方法の2通りを実施し、効率の良い方法を採用することとした。No.2 では、ブルドーザによる敷き均しとタイヤローラによる転圧ができた。No.2 を施工したときの転圧回数と衝撃加速度の関係を求めた(図-5)。どちらの加水方法でもかなりの飛散があり、何らかの対策が必要である。あらかじめ加水した場合は、目標値である 70G を満足できなかった。これはフレコンパックの中に十分水分が行き渡っていなかったためである。一方、敷均しながら加水した場合には、6回の転圧により 70G を満足した。このことから、現場の施工は敷均しながら加水し、6回転圧した後の衝撃加速度が 70G 以上ある事を確認しながら施工することとした。

次に、石炭灰盛土の土量変化率を求めた(表-2)。No.1 と No.2

は、ほぼ同じ土量変化率であり、No.1 は転圧により、No.2 は加水と転圧により運び込まれた量の 3/4 程度に変化した。

4.まとめ

2つの性状の異なる石炭灰により試験盛土を実施した。その結果、低温期であっても十分施工ができることが分かった。含水調整して搬入された石炭灰は飛散がなく取り扱いが容易であるが、固化をほとんど期待できない粒度分布の悪い石炭灰であることから、長期的な盛土の安定に若干の不安が残る。一方、加水、締固めにより強度発現する石炭灰では、現場で含水調整しなければならぬため飛散対策が必要である。しかし、盛土が完成した後は十分な強度があり、安定した盛土となる。

5.おわりに

今回の検討により、石炭灰による盛土の施工について、施工、品質管理方法など具体的に示すことができた。今後、施工した盛土の観測を行い、その成果を踏まえて、現場への実用化に向けたいと考える。

<参考文献>

- 1) 日本石灰協会石灰安定処理委員会:石灰による軟弱地盤の安定処理工法、鹿島出版会、1983.11
- 2) (財)日本気象協会:北海道の気象、2001.3
- 3) 地盤工学会:土質試験の方法と解説、2002.3
- 4) 佐藤厚子:新技術紹介、衝撃加速度試験機、土と基礎、1996.8

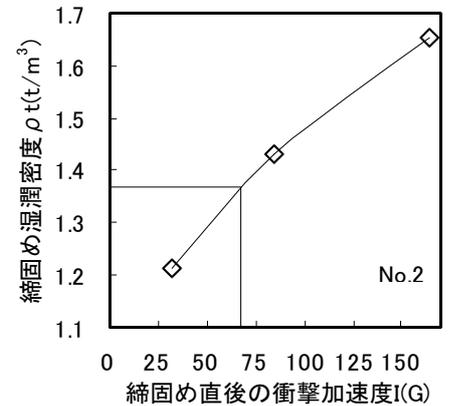


図-3 締固め直後に必要な衝撃加速度

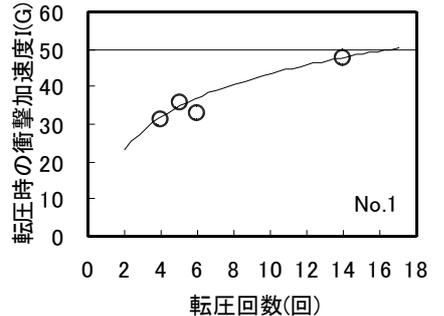


図-4 転圧回数と衝撃加速度(No.1)

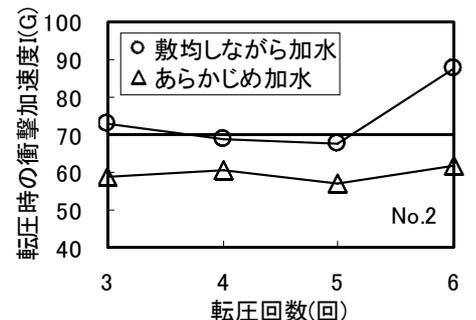


図-5 転圧回数と衝撃加速度(No.2)

表-2 盛土材としての石炭灰の土量変化率

石炭灰	搬入量(m ³)	盛土量(m ³)	土量変化率
No.1	100.00	76.65	0.76
No.2	108.00	76.21	0.71