

クリンカーアッシュを用いたベントナイトプレスブロックの一年後の、コンシステンシー限界による評価

岡山大学 環境理工学部環境デザイン工学科 ○(フェロー)花村哲也 紀藤千佳

北海道大学 大学院工学研究科 環境資源工学専攻地殻資源工学講座 米田哲朗

(財)地域地盤環境研究所 地盤情報・情報技術グループ (正)藤原照幸

(株)ホージュン 応用粘土科学研究所 (正)水野克己 (正)岡田朋子

1. はじめに

Bt プレスブロックとは、ベントナイト(Bt)と灰を混合し、プレスした成型物である。Bt プレスブロックの原料として土砂は、無尽にある。しかし、山林を伐採し土砂を採取することは、自然環境破壊となる。自然環境破壊の防止と、負の遺産である廃棄物の有効利用の、両者を最優先することが、循環型社会を形成するために必要な新たな哲学である。本論では、電力会社から発生する灰を用いた遮水材料としての、Bt プレスブロックの評価技術の研究を行った。

2 Btプレスブロックを評価する背景と目的

クリンカーアッシュ(Clinker Ash)の化学的性質を示す主成分は、シリカ(SiO₂)とアルミナ(Al₂O₃)である。(表-1参照)この2つの無機質で全体の70～80%を占めている。その他、少量の酸化第二鉄(Fe₂O₃)と、酸化マグネシウム(MgO)と、酸化カルシウム(CaO)などが含まれる。物理的性質は、粒子径・表面状態である。Clinker Ashの性質は、電力会社によって異なる。その理由は、原料である石炭の種類や配合割合、並びに生産工程の違いである。

本研究の目的は、Bt プレスブロックの製造品質保証(MQA)と製造品質管理(MQC)の確立である。Bt プレスブロックの性能を簡便に評価する技術が必要である。評価する技術とは、製造前の乱した混合物と、製造条件の異なる Bt プレスブロックを、同一尺度で評価することである。Bt プレスブロックの MQA と MQC を確立し、ISO シリーズで規格化することで、品質保証ができる。

3. Btプレスブロックの評価内容

Bt プレスブロックの製造条件における初期値は、Bt 量である。物理的性質の変数は、灰の含水比と密度と粒度分布である。化学的性質の変数は、水に分散させた灰の導電率である。製造では、締固め Energy でプレス圧をコントロールする。このため、コントロールの条件は、締固め Energy である。なお、乱した状態の混合土(BMS)で、ある含水比範囲内でプレスする。プレス後の製品は、乾燥密度と含水

表-1 水砕スラグ並びにクリンカーアッシュの化学組成

化学式	スラグ	沖縄	九州	四国	中国	中部	東北	北陸
Na ₂ O	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MgO	5.8	0.6	1.3	0.6	1.2	1.5	1.1	0.9
Al ₂ O ₃	12.7	25.3	21.6	24.5	23.6	25.7	23.6	26.5
SO ₃	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
SiO ₂	32.6	68.3	61.2	57.9	62.7	55.9	62.0	54.2
K ₂ O	2.1	0.3	0.8	0.7	1.0	1.5	0.8	2.1
CaO	45.7	0.7	5.6	2.6	3.5	3.8	4.7	4.6
TiO ₂	0.6	1.8	1.2	1.9	1.1	1.4	1.6	1.9
Fe ₂ O ₃	0.4	2.2	8.3	10.1	7.0	10.2	6.2	9.9

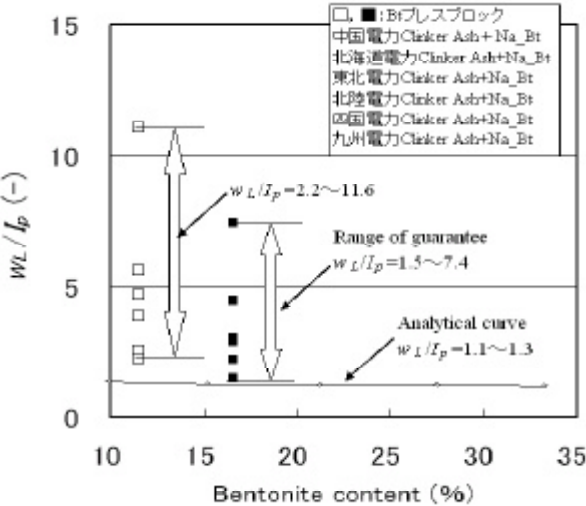


図-1 常温で一年後の w_L/I_p とBt量の関係

表-2 Clinker Ash その他 Bt プレスブロックの全細孔体積

No	項目	Bt量 (%)	プレス圧力 (kN/m ²)	全細孔体積 (mm ³ /g)	平均細孔径 (mm)
①	中国電力Clinker Ash+Bt	16.6	76,600	372.6	2,386.2
②	中国電力Clinker Ash+Bt	16.6	76,600	413.0	6,830.3
③	中国電力Clinker Ash+Bt	11.5	15,300	454.9	4,743.0
④	水砕スラグ+Na ₂ Bt	16.6	76,600	117.0	7,214.7
⑤	Na ₂ Bt(スーパークレイ)	100	----	134.6	15.3

水砕スラグ：川崎製鐵水島製鐵所より入手

比とコンシステンシー限界が結果として得られる。製造後1年間保存した Bt プレスブロックを、コンシステンシー限界で評価した。評価の対象は、電力会社6社の Clinker Ash である。Clinker Ash 比較するために水砕スラグを用いた。

3. 1 w_L/I_p によるBtプレスブロックの評価

Clinker Ash と水砕スラグを含水比調整した。乾燥重量比に対して Na 型 Bt 配合し混合した。Na 型 Bt は、USA 産 Bt

スーパークレイである。40×40×160mm のスチール製の供試体に、BMS を充填した。静的荷重にて締め固めを行い、Bt プレスブロックを作成した。Bt プレスブロックの寸法が40×40×160mm になるように調整した。油圧プレスは、15,300 k N/m² と 76,600 k N/m² の2種類である。BMS の含水比が大きいと、BMS がスチール製の供試体の隙間から流出する。BMS の含水比が小さいと、Bt プレスブロックの作成ができない。BMSL の含水比は、予備試験から求めた経験値である。Bt プレスブロックは、乾燥防止対策を行い、常温で一年間保管した。一年後に Bt プレスブロックが膨潤と収縮の判定は、乾燥密度と含水比で検定した。常温で一年間保管した Bt プレスブロックは、膨潤と収縮はしなかった。コンシステンシー限界の検定は、まさ土に Bt 量の配合比を変化させ検量線を作成した。(図-1参照)まさ土の水に分散させた導電率は、 $E_c=0.732\text{ns/cm}$ である。まさ土と Bt を混合した Bt プレスブロックの w_L/I_p は、1.3 ~ 1.1 である。 w_L/I_p の増加は、 w_L に対して、 I_p が減少することになる。これは、 w_L と I_p の比が大きくなることを示している。 w_L/I_p が小さければ、塑性体を保持する能力が大きくなる。まさ土と Bt を混合した Bt プレスブロックは、まさ土に含まれる電解質の影響を受けていないことが判る。(図-1参照)Bt 量が 11.5%で、Clinker Ash と水砕スラグを用いた Bt プレスブロックは、 $w_L/I_p=2.2 \sim 11.6$ である。各々の電力会社の Clinker Ash の化学的性質の違いで、Bt プレスブロックの w_L/I_p が異なる。そして、Bt 量を増すことで、Bt プレスブロックの w_L/I_p は、1.5 ~ 7.4 とその範囲は小さくなる。(図-1参照)電力会社から発生する灰は、物理的性質と化学的性質が一定でない。このため、Bt プレスブロックの w_L/I_p の範囲が、製品保証の範囲となる。(図-1参照)電解質の影響を小さくすることで、検量線である $w_L/I_p=1.3 \sim 1.1$ に近づけることが可能となる。

3. 2 Bt量と初期含水比と締め固めEnergyの異なる

Btプレスブロックの評価

Bt 量と初期含水比と締め固め Energy の異なる Bt プレスブロックの評価を行うために、3種類の Clinker Ash と水砕スラグの Bt プレスブロックの全細孔体積と平均細孔径を求めた。(表-2参照)全細孔体積と平均細孔径は、水銀ポロシメーターを用いた。Bt 量の違いで、細孔径分布図に大きな違いは認められない。Bt 量の増加で、若干全細孔体積が減少している。Bt 量の増加で、平均細孔径の減少は見られない。なお、偏光顕微鏡写真から、微細な Bt が母材の細孔を埋める役割や母材同士の間に満たす充填材としての役割を果たしていると推察される。(図-2参照)プレス圧力の違いで、

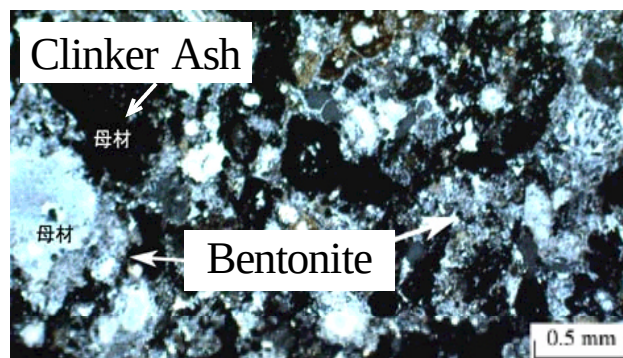


図-2 Clinker Ash Bt プレスブロックの偏光顕微鏡写真

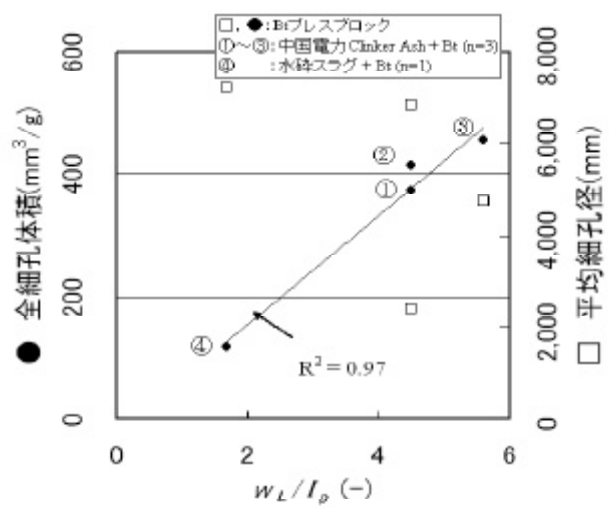


図-3 w_L/I_p と全細孔体積並びに平均細孔径の関係

細孔径分布図の 100 ~ 1,000nm の部分に大きな違いが見られる。全細孔体積と平均細孔径は、プレス圧力が大きいと、共に小さい。プレス圧力の増加に伴い、BMS は締め固められる。そして、Clinker Ash を破碎し、細孔を小さくする。プレス圧力は、Bt プレスブロックの微細構造に影響を及ぼす。 w_L と全細孔体積並びに I_p と全細孔体積の相関性はない。しかし、 w_L/I_p と全細孔体積の相関性は $R^2=0.97$ と強い。(図-3参照)全細孔体積は比表面積を表し、 w_L/I_p は水の関数である。しかし、4点だけの評価では、データが偏っているため、検証が必要である。

4. まとめ

各々の電力会社の Clinker Ash の化学的性質の違いで、Bt プレスブロックの w_L/I_p が異なる。Bt 量を増すことで、Bt プレスブロックの w_L/I_p は、1.5 ~ 7.4 とその範囲は小さくなる。検証が必要だが、 w_L/I_p と全細孔体積に相関性がある。Bt プレスブロックの化学的性質と物理的性質を w_L/I_p で評価する可能性が示唆された。本研究は、岡山大学 教授花村哲也研究室と、北海道大学 教授米田哲朗研究室と、(株) ホーゲン 応用粘土科学研究所の共同研究である。

謝辞 本研究に協力して頂いた、日本キャストブル工業㈱、川崎製鐵水島製鐵所ら関係者各位に感謝します。