

クリンカやフライアッシュや水砕スラグを母材としたベントナイトブロックへの適用性の検討

岡山大学環境理工学部 ○ (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 米田哲朗 中嶋勇介
 (株) ホージュン 環境地盤グループ (正)岡田朋子
 (財) 地域地盤環境研究所 (正)藤原照幸

1 はじめに 近年，低レベル放射性廃棄物や最終処分場の遮水材としてベントナイト混合土が検討，または採用されている．循環型社会の構築には，エネルギー・資源の消費や環境負荷の少ない，事業効率のよい廃棄物処理が求められている．ベントナイト混合土の母材となる土砂には，現地発生土や購入土が使われている．本論ではクリンカとフライアッシュと水砕スラグの有効利用を目的とし，母材の比較対象として火山灰やまさ土を加え，ベントナイトブロックへの適用性の検討を行った．

2 試験内容と結果 母材の選定は，静岡産まさ土と中国電力火力発電所から発生するクリンカとフライアッシュと川崎製鉄の水砕スラグと北海道旭川産火山灰の 5 種類を用いた．まさ土と火山灰は実際の最終処分場でベントナイト混合土として用いられた母材と同じである．各母材の含水比調整し，各母材の乾燥重量比に対してベントナイトを各 13%,16%,20%配合し混合した．ベントナイトは USA, Wyo, M-I, Greybull 産(SC:商品名スーパークレイ)を用いた． $4 \times 4 \times 16\text{cm}$ のスチール製の供試体にベントナイト混合土を充填し，油圧プレス圧力が $10\text{t}(15,300 \text{ k N/m}^2)$ と $30\text{t}(46,000 \text{ k N/m}^2)$ と $50\text{t}(76,600 \text{ k N/m}^2)$ の 3 種類ので静的荷重にて締固めを行い供試体(以下，プレスブロックと言う)を作成した．なお，事前にベントナイト混合土の充填量を調整し，締固め後のプレスブロックの大きさが $40 \times 40 \times 160\text{mm}$ になるようにした．プレスブロックは配合 3 種類×圧力 3 種類×母材 5 種類×2 の合計 90 ケ作成し，半分の 45 ケは含水比が 0%になるまで乾燥させた．90 ケのプレスブロックの含水比と乾燥密度を測定後に $40 \times 40 \times 80\text{mm}$ と $40 \times 40 \times 80\text{mm}$ に 2 分割し，端面を整形し一軸圧縮試験を行った．表-1にベントナイト配合量(13,16,20%)とプレス圧力(10,30,50t)を変えた 9 点の一軸圧縮強度を，表-2にベントナイト配合量(13,16,20%)とプレス圧力(10,30,50t)を変えた 9 点の乾燥密度結果を示す．

2.1 一軸圧縮強度 乾燥状態における一軸圧縮強度の平均値

表-1 ベントナイト配合量(13,16,20%)とプレス圧力(10, 30, 50t)を変えた 8 種類の乾燥密度結果

項 目	標準偏差	平均値 (g/cm^3)
中電 CA (w=30.7%)	0.058	1.136
中電 CA (w=0.0%)	0.071	1.132
中電 FA (w=18.6%)	0.174	1.056
中電 FA (w=0.0%)	0.042	0.932
北電 CA (w=11.6%)	0.089	1.505
北電 CA (w=0.0%)	0.064	1.453
北電 FA (w=12.8%)	0.052	1.436
北電 FA (w=0.0%)	0.047	1.807
水砕スラグ (w=6.3%)	0.126	1.927
水砕スラグ (w=0.0%)	0.186	1.880
まさ土 (w=14.6%)	0.033	1.849
まさ土 (w=0.0%)	0.047	1.861
火山灰 (w=20.4%)	0.045	1.484
火山灰 (w=0.0%)	0.050	1.411
RC 砕石 (w=5.0%)	0.112	2.223
RC 砕石 (w=0.0%)	0.087	2.125

表-2 ベントナイト配合量(13,16,20%)とプレス圧力(10, 30, 50t)を変えた 8 種類の一軸圧縮強度結果

項 目	標準偏差	平均値 (KN/m^2)
中電 CA (w=0.0%)	2.11	1796
中電 FA (w=0.0%)	8.32	1839
北電 CA (w=0.0%)	11.18	3704
北電 FA (w=0.0%)	9.57	1585
水砕スラグ (w=0.0%)	11.14	1805
まさ土 (w=0.0%)	13.03	3900
火山灰 (w=0.0%)	4.09	3455
RC 砕石 (w=0.0%)	36.85	6889

はクリンカとフライアッシュと水砕スラグが， $180 \sim 1839\text{KN/cm}^2$ とほぼ同じ値を示し，偏差値はクリンカが 2.11 と最も小さい．まさ土と火山灰の一軸圧縮強度の平均値が $3900 \sim 2455\text{KN/cm}^2$ と大きい．

キーワード 廃棄物，プレスブロック，クリンカ，ベントナイト

連絡先 (株) ホージュン 〒379-0133 群馬県安中市原市 1433-1 TEL 027-385-0233 okada@hojun.co.jp

しかし、まさ土の偏差値は 13.03 と火山灰に比べ大きく、まさ土の骨材径や粒度分布が強度のバラツキに影響していると考えられる。湿潤状態におけるクリンカと火山灰を比べると、一軸圧縮強度の平均値は $305 \sim 361 \text{ kN/cm}^2$ とほぼ同じ、偏差値も 0.52 ～ 0.46 と 5 種類の中で最も小さい。また乾燥状態におけるクリンカと火山灰を比べると一軸圧縮強度の平均値は $1796 \sim 3455 \text{ kN/cm}^2$ と骨材の違いによる影響で火山灰がクリンカより 2 倍程度大きい。水砕スラグは湿潤状態と乾燥状態に関係なく偏差値は 4.50 と 11.14 と 5 種類の中で最もバラツキが大きい。

2.2 乾燥密度と含水比 湿潤状態と乾燥状態における乾燥密度の平均値は、フライアッシュ、クリンカが最も小さく、次ぎに火山灰の順で、まさ土と水砕スラグが 5 種類の中で最も大きく、又同じ値を示している。湿潤状態と乾燥状態における偏差値は、火山灰とまさ土が、5 種類の中で最も小さく、特に火山灰は湿潤状態と乾燥状態の偏差値がほぼ同じで含水比が変化しても乾燥密度は変化しないことが判る。しかし、フライアッシュは乾燥状態であれば、偏差値は 0.042 と小さいが、湿潤状態であれば 0.172 と大きく、湿潤状態で乾燥密度のバラツキが大きい。また、水砕スラグは湿潤状態と乾燥状態に関係なく偏差値は 0.126 と 0.186 と大きく、5 種類の中で最もバラツキが大きい。

2.4 母材の選定結果 ベントナイト混合土で要求される項目は性能(難透水性)と品質(透水係数のバラツキが小さい)である。ベントナイト混合土の透水係数は含水比と乾燥密度に依存する¹⁾。このため、湿潤状態と乾燥状態において乾燥密度の偏差値が小さい母材が、ベントナイト混合土の母材として適していると言える。表-1と表-2の結果から、ベントナイト配合量やプレス圧力を変化させた条件で、湿潤状態と乾燥状態でも、火山灰やまさ土やクリンカは、乾燥密度が大きく変化しない、バラツキが小さい母材であることが図-1より判る。

2.5 微細形態観察 難透水性に関わる間隙には 4 種類ある。すなわち、①不飽和ベントナイト混合土の粒度組成、②不飽和ベントナイト混合土の巨視的な微構造(組織)内のアグリゲート間隙、(写真-1 参照)③アグリゲート内部のベントナイトなどの一次粒子集合体の間隙、④ベントナイトの一次粒子内のラメラ間隙である¹⁾。ベントナイトは配向性を示すため偏向顕微鏡を用いた微細形態観察では白色に写る。巨視的な微構造内のアグリゲート間隙をベントナイトが充填していることが判る。(写真-2 参照)

3 まとめ 紀藤(2003)²⁾らはクリンカを用いたプレスブロッ

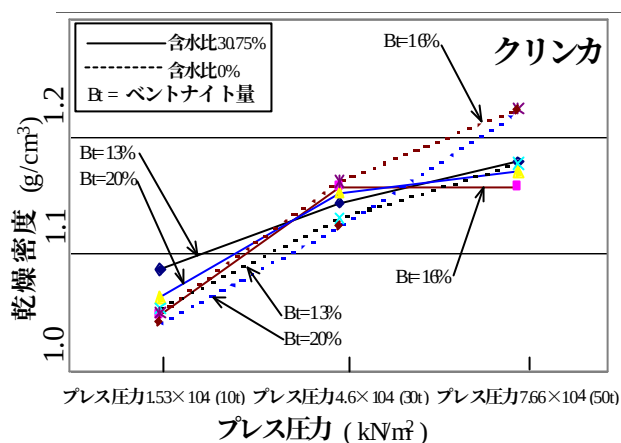


図-1 中電 CA の乾燥密度とプレス圧力と配合量の関係

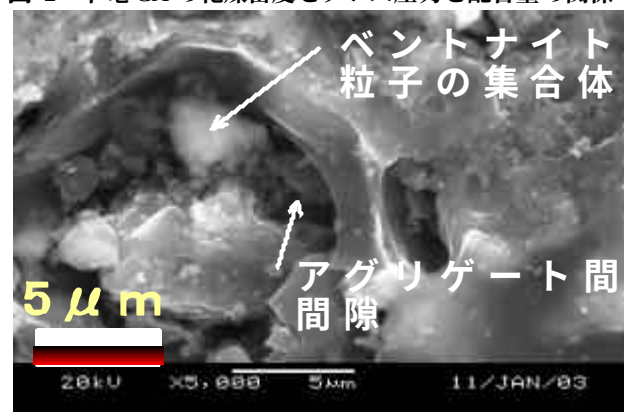


写真-1 中電クリンカー：ベントナイト=100：16(SEM)

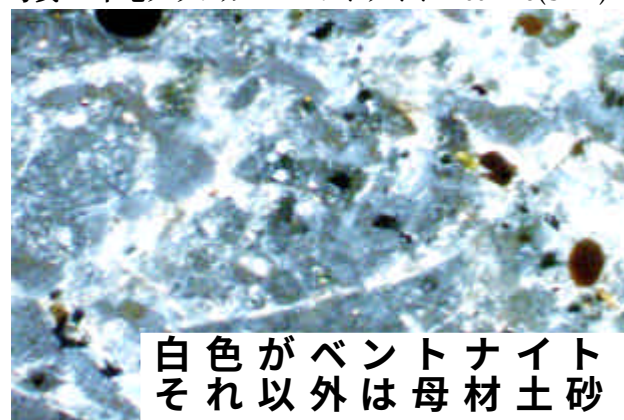


写真-2 プレスしたベントナイト混合土偏向顕微鏡

クの継ぎ目部の透水係数を求め 10^{-9} cm/s オーダーを示したと報じている。このため、湿潤状態と乾燥状態条件でベントナイト混合土の乾燥密度と一軸圧縮強度の評価では、一軸圧縮強度と乾燥密度のバラツキが最も小さく、クリンカとフライアッシュと水砕スラグの 3 種類の中で、クリンカが母材として最も適していると示唆できる。

参考文献 1)Grim, R. E. (1962) : Applied Clay Mineralogy, pp.218-219. McGraw-Hill, New York. 2)紀藤千佳・花村哲也・中嶋勇介・米田哲朗・岡田朋子・藤原照幸(2003)石炭灰およびスラグの粘土ライナーへの有効利用に関する研究。