

圧縮成型したベントナイトブロックの真空吸着方式による把持試験

原子力環境整備促進・資金管理センター

正会員 高尾肇、増田良一*

日揮

正会員 ○竹ヶ原竜大、上坂文哉

ハザマ

正会員 雨宮清、千々松正和

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分において、圧縮されたベントナイトは、緩衝材として有力であると考えられている¹⁾。緩衝材を製作・施工する方法として、現場締固め方式¹⁾、ブロック方式¹⁾²⁾、一体型方式¹⁾²⁾が検討されている。ブロック方式および一体型方式では緩衝材を処分孔もしくは処分坑道に定置する際に何らかの方法で緩衝材を把持する必要がある。Awano et al.³⁾は CIP(Cold Isostatic Press：冷間等方圧プレス)により成型した一体型方式ブロック(実規模に対し寸法比で 70%のスケールモデル)の 2 種類を真空吸着した結果について報告している。地下環境においては、高温・高湿となることが想定され、ブロックの状態が製作時とは異なる可能性がある。増田ら⁴⁾は、ブロック型緩衝材が高温・高湿環境にさらされた際にどのような状態変化を示すのかを把握するために小規模の供試体を用いた試験を実施しており、条件によっては時間の経過とともに供試体全体にひび割れが発生し、最終的に壊れてしまう場合があるという結果を報告している。したがって、高温・高湿環境において、把持試験を行うことは処分の実現性を検討する上で重要であると考えられる。ここでは、模擬ベントナイトブロックとして、Φ700mm の円筒形のベントナイトブロックを製作し、工場雰囲気(温度・湿度を制御していない環境)および高温・高湿雰囲気中で真空吸着パッドを用いた把持試験を行った結果を報告する。なお、本研究は経済産業省からの委託として、処分サイトの多様性を念頭に置き、緩衝材定置技術に関する幅広い技術メニューの提示を目的として実施中の研究の成果の一部である。

2. 試験材料

試験にはΦ700mm、高さ 300mm、乾燥密度 1.9g/cm³を目標に製作した圧縮成型ブロックを用いた。ベントナイトにはクニゲル V1(クニミネ工業(株)製)を、ケイ砂には瓢屋鉱業製 7 号ケイ砂を使用した。ベントナイト：ケイ砂は重量比で 7:3 である。ブロックの製作は 2,000t 油圧プレスで行った。金型からブロックを抜き出す際には、ブロックがひび割れることが予想されたので、小峯らの報告⁵⁾を参考にして、抜き出し治具を用いてブロックを金型から取り出した。ブロックの製作時には含水比調整の有無を考慮した。把持面の表面荒さが真空吸着特性に影響を及ぼすと考えられることから把持面の切削加工も行った。図-1 に製作したブロックの外観の一例を示す。



図-1 模擬ブロックの外観

3. 試験方法および条件

把持力試験と上昇・下降試験の 2 種類の試験を実施した。把持力試験では、真空吸着により把持可能な重量を求めることを目的に行った。上昇・下降試験では、実規模の緩衝材ブロックから計算される吸着パッド 1 基あたりの荷重を負荷させた状態で後述する速度にて真空なパッドを上昇および下降させ、把持が可能かどうかを確認した。

図-2 に把持試験装置の外観を示す。把持試験装置は、鋼製の門型フレーム、有効吸着径Φ500mm の円形真空パッド、把持力測定用ロードセル、真空パッド上下用モーター、真空ポンプ、真空タンクおよび制御盤から構成されており、フレームに供試体の動きを拘束するストッパーを取り付けることにより把持力試験を、ストッパーを取り外し、モーターで真空パッドを上下動させることにより上昇・下降試験が実施可能である。試験条件を表-1 に示す。把持力試験は、工場雰囲気および高温・高湿環境で、上昇下降試験は工場雰囲気中で試験を行った。把持力試験では、緩衝材ブロックが高温・高湿環境に暴露された状態を想定し、暴露時間は廃棄体 1 本の定置を完了させるために要する時間として、最大 1 時間を設定した。高温・高湿環境は、地温勾配を 3 /100m とし地上平均温度を 15 とした場合の温度 30 、地下での空調なしを想定した相対湿度(以後、RH とする)95%および地下での空調ありを想定した RH80%とした。



図-2 把持試験装置の外観

キーワード 高レベル放射性廃棄物、ブロック型緩衝材、真空吸着方式、把持試験、高温・高湿環境

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 2-8-10 TEL:03-3504-1506、FAX:03-3504-1081、E-MAIL: masuda@rwm.or.jp

表-1 試験条件

番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
試験雰囲気	工場雰囲気				30	RH=80%	30	RH=80%	30	RH=95%
乾燥密度(g/cm ³)	1.90	1.89	1.92	1.92	1.91	1.91	1.92	1.92	1.92	1.92
含水比(%)	4.9	4.9	9.0	9.0	4.9	4.8	9.1	9.1	9.2	9.2
放置時間(h)	-	-	-	-	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0
表面粗さ(μm)	25(上面*) /4.5(下面)	5.6(上面) /25(下面*)	25(上面*) /4.5(下面)	4.3(上面) /25(下面*)	5.0**	5.2**	7.6**	3.2**	3.0**	3.3**
把持力試験	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
上昇・下降試験	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*: 切削加工 **: 高温・高湿環境に放置後の値

4. 試験結果

4.1 把持力試験

把持力の評価は、ポンプの到達真空度から計算される把持力と、模擬ブロックを真空吸着したときのロードセルの値とを比較することにより行った。図 3(a)に工場雰囲気における把持力評価結果を、図 3(b)に高温・高湿環境における把持力評価結果を示す。両図から、工場雰囲気では、把持面の一部に不具合があった No.1 供試体の切削加工面（図中 1U）、および、高温・高湿環境では、把持面にひび割れ発生した No.6 供試体の 2 条件以外では、約 19kN 程度の把持力があり、ポンプの到達真空度から計算された把持力約 20kN と比較して大きな差が確認されなかった。また、真空パッドの把持力は $F=(\pi D^2/4) \times V$ にて求めることができる。ここで、F；把持力(kN)、D；真空パッドの直径(m)、V；発生負圧(kPa)である。上式に把持試験時の到達真空度を代入して求められる把持力とロードセルによる把持力の実測値はほぼ一致した。

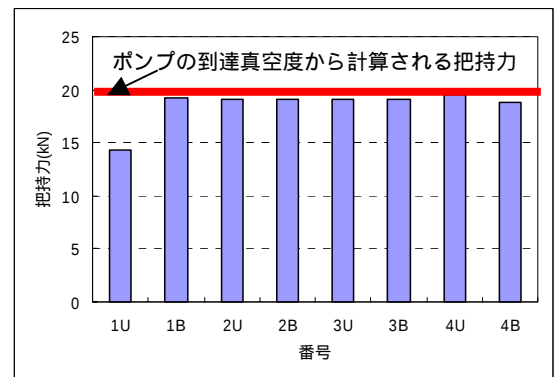
4.2 上昇・下降試験

No.1 供試体の下面を把持し、上昇・下降試験を行った。No.1 供試体の下面(図-2(a)中の 1B)は把持力が約 19kN である。上昇・下降速度は、別途行った機器設計の結果から 10m/min とした。10m/min までの加減速時間を 1,2,3 秒と変化させて試験を行ったところ、下降時において、減速時間が 1 および 2 秒の場合には、吸着パッドから模擬ブロックが外れ、把持できない場合があった。このことは、操業時においてブロックの昇降速度を十分考慮した機械設計が必要であることを示唆している。

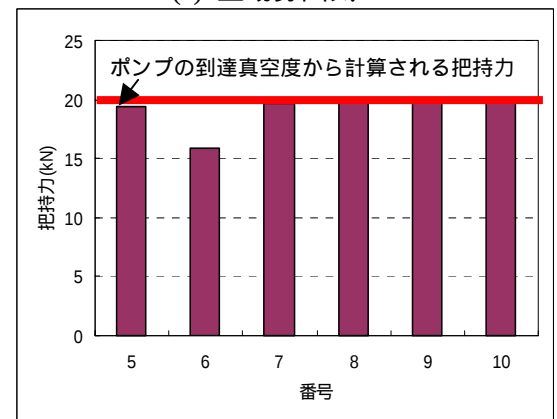
5. まとめ

Φ700mm の圧縮成型ブロックに対し真空吸着方式による把持試験を行った。今回設定した試験条件では、工場雰囲気と高温・高湿環境での把持性能に影響がないことが明らかになった。また、上昇・下降試験結果から、加減速の程度によってはブロックが落下する可能性があることが明らかになった。今後は、放置時間を延長した場合の挙動を確認する予定である。また、把持試験は、把持の対象となるブロックの製作状態に大きく影響されるため、ベントナイト配合率や配合する砂の種類を変えたブロックの製作に関する知見を蓄積することも重要である。なお、本報告は経済産業省からの委託による「高レベル放射性廃棄物処分事業推進調査」の成果の一部である。

【参考文献】1)核燃料サイクル開発機構(1999)：わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性、- 地層処分研究開発第 2 次取りまとめ - 分冊 2 地層処分の工学技術、JNC TN1400 99-022. 2)電力中央研究所、電気事業連合会(1999)：高レベル放射性廃棄物地層処分の事業化技術 3)Awano et al. (2000): Emplacement technique of Monolithic Buffer Material - Development and Demonstration of Handling Equipment for HLW Final Disposal -, Distec 2000 proceedings, pp.153-158 4)増田良一、高尾肇、千々松正和、雨宮清、竹ヶ原竜大、小峯秀雄(2002)：高温多湿環境におけるベントナイトブロックの状態変化に関する検討、土木学会第 57 回年次学術講演会投稿中 5)小峯秀雄、高尾肇、中島晃、長田徹、植田浩義、木元崇宏(2000)：高レベル放射性廃棄物処分のためのブロック型緩衝材の製作方法に関する検討、土木学会第 55 回年次学術講演会



(a) 工場雰囲気



(b) 高温・高湿環境

図-3 把持力評価結果