単一ランマ締め固め試験による原鉱ベントナイト材料の多連装ランマ転圧条件の最適化

清水建設（株）　　正会員　○張　至鎬、沖原　光信、石井　卓、斉藤　亮

１．はじめに

筆者らは、低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分施設における側部低透水層の構築技術として、自走式多連装ランマ装置による転圧施工技術を開発してきた[1),2)]。これらの実験結果では、低透水層の目標乾燥密度（ρ_d=1.6Mg/m^3）以上は達成できたものの、平均密度がやや高めであることや、深さ方向において若干の密度のバラツキが見られた[1),2)]。品質の安定を目指した転圧施工技術の改善点として、乾燥密度のバラツキをより小さくすること、さらには小規模な要素試験によって目標乾燥密度に合致する転圧条件を事前に決めることができることを目指し、単一ランマを用いた締め固め試験により、その可能性を調べたので、ここに報告する。転圧条件として着目した因子は、転圧時間、原鉱ベントナイト材料の含水比、ランマのストロークである。

２．単一ランマ締め固め試験の概要

単一ランマ締め固め試験に用いた材料は、原鉱ベントナイトの 10mm アンダー（商品名：クニゲル GX、クニミネ工業㈱製造・販売）であり、含水比を 20%～25%の範囲で 5 水準に調整したものを用いた。**図-1** に締め固め試験の概要を示す。ランマは自走式多連装ランマに使用している空圧駆動式ユニット（商品名：サンドランマ）を用いた。直径 150mm、高さ 200mm の試験モールドの中に所定の含水比を持つ原鉱ベントナイト材料を投入し、単一ランマにより 5 秒～45 秒間転圧した後に、締め固まったベントナイト円筒体を抜き出し、乾燥密度を測定する方法である。1 回の転圧による仕上がり厚は 50mm とし、試験モールドは 4 回転圧で 1 個のサンプルが作成されることになる。

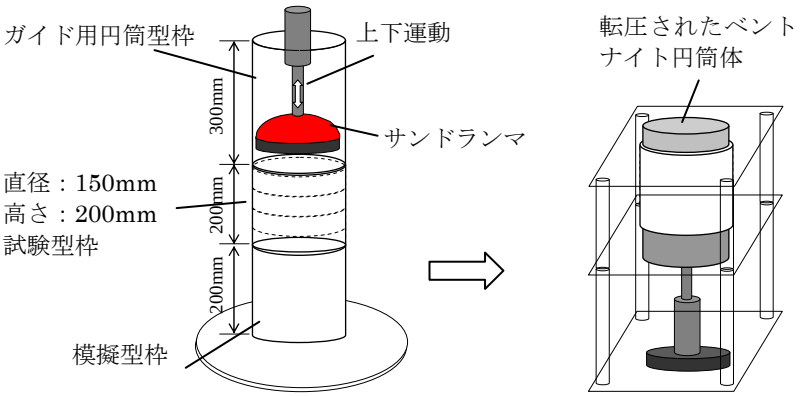

図-1　締め固め試験の概要

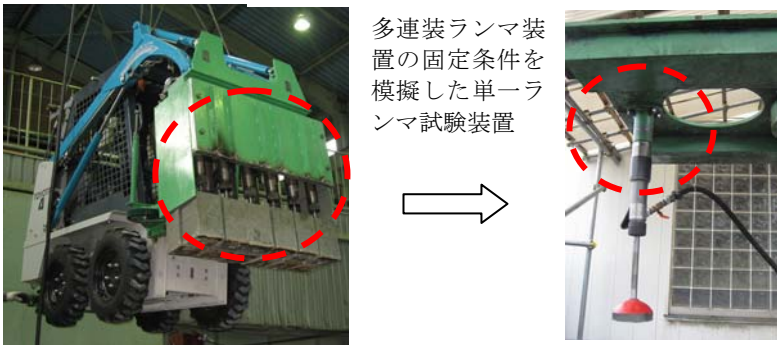

図-2　多連装ランマを模擬した頭部固定の単一ランマ試験装置

本試験では、原鉱ベントナイト材料の含水比、転圧時間の 2 つの要因の他に、ランマの高さ位置の固定条件、ランマのストローク条件にも着目した。case1 は、ランマの頭部を手で把持し、頭部の反力条件をフリーとした実験ケースであり、所定の転圧時間に達するまで連続で転圧した。このため、ランマとベントナイト材料の接触面とのストロークは、一定距離を維持しているわけではない。一方、case2 は、ランマの頭部を固定し反力を逃がさない条件とした。すなわち、転圧高さを 5 秒間継続した直後に、ランマ底面とベントナイト材料の接触面との高さ距離を再調整し、これを繰り返すことで、所定の転圧累計時間にわたってランマのストローク長を一定に保つように設定した。このときのストローク長は 100mm とした。これらの試験条件を**表-1** にまとめて示し、**図-2** には、自走式多連装ランマの実機と高さ位置を固定するための単一ランマ保持装置を示す。

３．試験結果と考察

図-3 に case1 における締め固め試験結果を示す。横軸は転圧時間を、縦軸は乾燥密度である。含水比が大きくなるにしたがって締め固め難くなるが、乾燥密度は転圧エネルギーによらずに変化しなくなる傾向にある。含水比が

キーワード　放射性廃棄物、余裕深度処分施設、低透水層、原鉱ベントナイト、ランマ
連絡先　　〒135-8530　東京都江東区越中島 3-4-17　清水建設（株）技術研究所　ＴＥＬ03-3820-5455

表-1 締め固め試験ケース

試験ケース	原鉱ベントナイトの含水比（%）	ランマ高さ位置の固定条件	転圧時間 (sec)	転圧方法
case1	19.5、21.0、22.2、23.2、23.7	フリー	5～60	所定時間まで連続転圧
case2	20、21.7、23、23.6	固定	10、15、20	5秒ごとの転圧後、ランマの位置を再調整

22.2%、23.2%の条件では、連続転圧時間を 20 秒以上にすることによって、目標乾燥密度は 1.6（Mg/m^3）に達しており、これ以上の転圧時間にしても密度の増加は見られない。転圧エネルギーの変化に伴う密度のバラツキが減少していることから、含水比条件を工夫することで、バラツキの少ない低透水層が構築可能であることを示唆している。しかしながら、実際に施工に用いる多連装ランマ装置では、各ランマユニットの頭部が固定されており、反力エネルギーが加わる条件であるので、実条件を模擬した要素試験になっていない。**図-3** の傾向から実際の転圧条件を決めることは最適とは言えない。以前実施した施工実験において[1),2)]、目標とする密度よりも平均密度が大きくなったことの原因はこの点にあると判断した。

図-4 には case2 の試験結果を示すが、これは、ランマの高さ位置を固定して、5 秒間転圧を継続した後に、その都度ランマとベントナイト接触面との高さが 100mm となるようにランマ高さ位置を再調整しながら、5 秒間の転圧を繰り返して所定の累計時間まで転圧したケースである。常に、ランマのストロークを一定に保つことが可能となるため、case1 よりバラツキの少ない転圧エネルギーを与えることができる。また、ランマ高さ位置を固定している場合の方が、フリーとした場合に比べ、反力効果により大きな転圧エネルギーを与えることができると考えられる。このため、**図-4** に示すように、ランマ高さをフリーとした case1 の条件では、転圧時間 10 秒という短時間では密度 1.6（Mg/m^3）を達成できなかったものが、ランマ高さを固定把持する case2 の条件では実現できた。また、23%と 23.6%の材料においては、転圧時間が 2 倍に増えても、目標密度から乖離しないことが確認された。

4．まとめおよび多連装ランマへの適用性

①多連装ランマで低透水層を帯状に構築する際に、転圧機のランマ高さ位置を一定に維持して走行させることを模擬した単一ランマ試験を事前に実施することで、実施工における最適条件を決められる。

②ランマ底部の高さをベントナイト材料の上面から 100mm を維持して転圧走行することにより転圧エネルギーの効率が良いことが分かったので、多連装ランマは低速 1 パス走行させるよりも、高速で複数回パス走行させることで、より効率の良い転圧ができる。

この試験結果に基づいて、今後、余裕深度処分施設の側部を模擬した実証実験を実施する予定である。

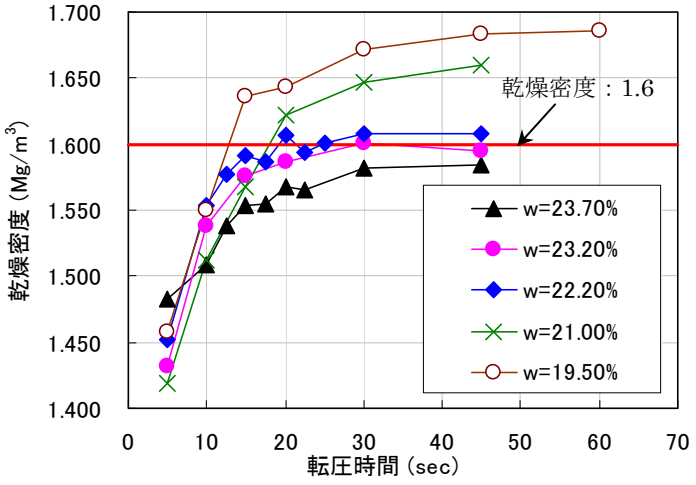

図-3 case1 の試験結果

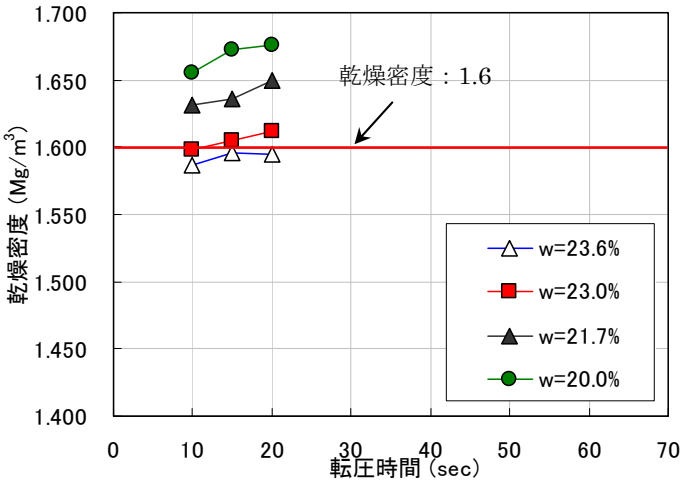

図-4 case2 の試験結果

参考文献

1) 青木、石井他：自走式多連装ランマによる高密度ベントナイト転圧、土木学会第 61 回年次学術講演会、CS05-053、2006 年 9 月

2) 青木、石井他：自走式多連装ランマによる高密度ベントナイト転圧（その 2）、土木学会第 61 回年次学術講演会、CS5-015、2007 年 9 月