

大型振動ローラによるベントナイト転圧締固め試験

東京電力（株） 正会員 小野文彦，日本原燃（株） 正会員 庭瀬一仁
東電設計（株） 正会員 谷智之，（株）大成建設（株） 正会員 ○藤原斉郁

1. はじめに

低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分などの処分施設では、所定の遮水性能を有する低透水層の構築が必要とされており、高密度に締固められた100%ベントナイトの使用が見込まれている。このうち、廃棄体下方に位置する「底部低透水層」と称される平面的な広がりを持つ部位については、施工の合理化やコスト面などを考慮すると、土工事における従来工法である重機による原位置転圧締固め施工が最も適しているものと考えられている。しかし、重機による100%ベントナイトの原位置締固め施工例はなく、高密度（例えば、乾燥密度 $1.6\text{Mg}/\text{m}^3$ ）の達成性も不明であるなど確認すべき課題が残されているのが現状である。そこで本稿では、大型重機による施工の成立性を確認すべく実施した転圧締固め試験の結果について述べる。

2. 試験概要

本試験では、コンクリートピット内にて大型振動ローラによるベントナイトの転圧締固めを行い、幅約 $2\text{m} \times$ 層厚 1m の締固め層を構築することにより、密度達成性などの施工の成立性について検証した。図-1に試験に用いたピット（幅 $3\text{m} \times$ 長さ $20\text{m} \times$ 深さ 0.8m ）図を示す。また、表-1に試験に用いた大型振動ローラの諸元を示すが、国内最大級の19tクラスで締固め性が高く、空港や道路等の大規模土工事での実績が多い重機である。なお、使用したベントナイトはクニゲルV1原鉱石の最大粒径 20mm 以下としたもので、ピットに備え付けられた専用のスタビライザーにより含水比 17% に加水調整されたものを用いた。図-2に本試験での施工手順を示す。この施工手順については、材料の特殊性や目標密度が高い（乾燥密度 $1.6\text{Mg}/\text{m}^3$ ）点などから当初より思考錯誤が必要と考えられたため、予備試験により撒き出し・転圧を繰り返すことにより設定したものである。すなわち、含水調整されたベントナイトは粘性を有し、撒き出し後に直接大型振動ローラにて締固めた場合には側方への変位が卓越するなど、一般の土質材料に比べ取扱いが非常に難しい点を考慮した結果である。

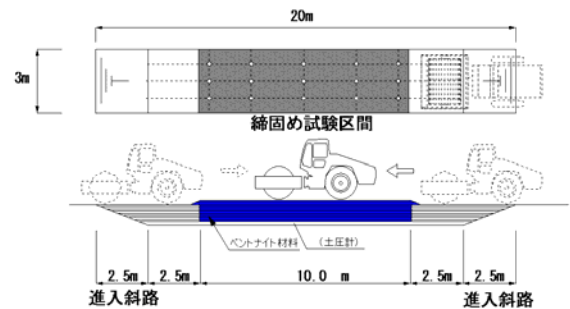


図-1 試験ピット図

表-1 振動ローラ諸元

寸法 (mm)	6,250×2,530×2,910 (全長×全幅×全高)
運転重量	19,000kg
起振力/振動数	343kN/23Hz (低振幅28Hz)
加振振幅 (高振幅/低振幅)	2.3/1.8mm
走行速度 (低速/高速)	0~4/0~10km/h

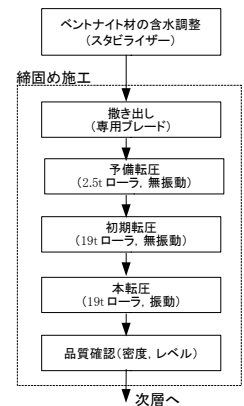


図-2 施工手順

3. 試験結果

3.1 密度達成状況

図-3にレベル測量による撒き出しから転圧締固め過程における層厚の測定結果の一部を示す。撒き出し層厚約 16cm 、仕上り層厚約 10cm についても前述の予備試験の結果を反映させたものであるが、各層とも転圧が進むにつれほぼ同様の層厚変化を示している状況がわかる。また、図-4に砂置換法による10層目での密度変化を示すが、層厚変化に応じた密度増加が見られた。図-5に各層での施工完了後の密度測定結果を示す。その結果、砂置換法($n=32$)では平均 $1.62\text{Mg}/\text{m}^3$ 、標準偏差 $0.02\text{Mg}/\text{m}^3$ とバラツキも小さく目標密度も概ね上回っ

キーワード ベントナイト，締固め，低透水層，振動ローラ，振動計測

*連絡先 〒110-0015 東京都台東区東上野3-3-3 / TEL:03-4464-5182 / ttani@tepsco.co.jp / 谷 智之

ていたのに対し、各層内での密度分布をみるためコアサンプルを上下方向に3分割しパラフィン法によって測定した結果 (n=45) では、平均 1.63 Mg/m³、標準偏差 0.05Mg/m³ と平均値は砂置換法とほぼ一致したものの、各層とも転圧面に近いほど密度が高くなる傾向が認められた。

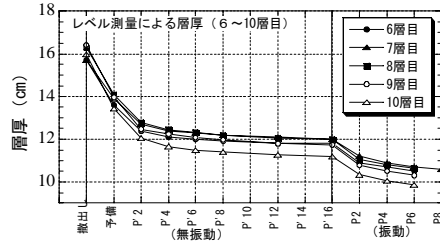


図-3 転圧による層厚変化

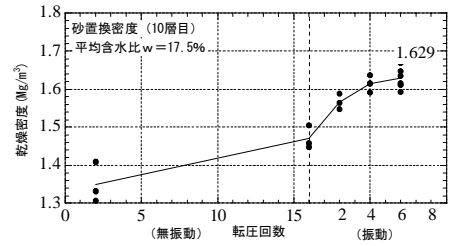


図-4 転圧による密度変化

3.2 振動計測

余裕深度処分を対象とした場合、大型振動ローラの振動が底版コンクリートなど地下空洞内の周辺構造物へ影響することが懸念されたため、コンクリートピット底版表面に設置した加速度計により転圧時の加速度応答の測定を行った。図-6 に加速度最大値 (約 12G, 上下方向) を示した 1 層目 6 パス時の加速度測定結果, 図-7 に各層での加速度最大値を示す。図から、加速度最大値は振動ローラが加速度計直上を通過した際に示しており、その最大値も締固め層数が増すに従い低下していく様子がわかる。以下、ここでは空洞内での類似事項である発破振動が覆工コンクリートへ及ぼす影響での知見をもとにこの結果を検証した。

コンクリート構造物などに対し、弾性波の伝播によって媒質内に生じる伝播方向応力は次式で示される¹⁾。

$$\sigma = \rho \cdot V_p \cdot v \text{-----①}$$

このとき、

σ : 伝播方向応力, V_p : 媒質の弾性波伝播速度,
 ρ : 媒質密度, v : 弾性波の伝播による媒質の振動速度

ここで $V_p=3.74\text{km/s}^2$, $\sigma=3.6 \text{ MPa}$ (コンクリートの引張強度) と仮定すると、①式より限界振動速度は $v=41 \text{ cm/s}$ となる。また、振動が繰返し波であり、振動周波数 (約 30Hz) に対し測定周波数 (本測定では、1kHz) が十分大きいことを前提として、 $\Delta t=0.001\text{sec}$ 間の加速度測定値の平均値と Δt の積により求めた速度算出値を図-8 に示す。その結果、1 層目施工時において約 6cm/s の最大値を示しており、限界振動速度値を大きく下回る結果となった。

4. おわりに

本試験により、ベントナイトによる大型振動ローラを用いた低透水層の構築に見通しがついたものとする。今後は、振動の影響を含め、実証試験等による知見の蓄積を行う予定である。なお、本研究は電力共通研究として実施したものである。

参考文献

- 1) 雑喉謙：発破振動の周辺への影響と対策，鹿島出版会，pp8-9.
- 2) 物理探査ハンドブック，物理探査学会，p9.

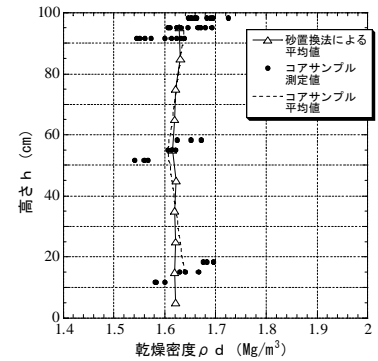


図-5 施工完了後の密度

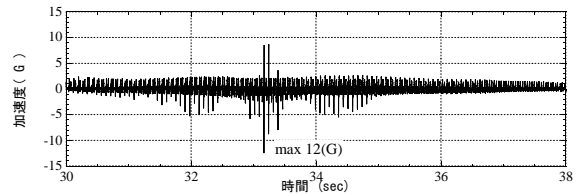


図-6 加速度計測結果 (1層目, 上下方向)

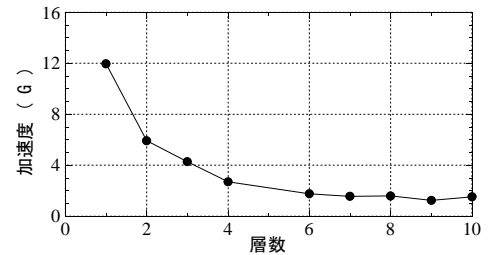


図-7 各層での加速度最大値

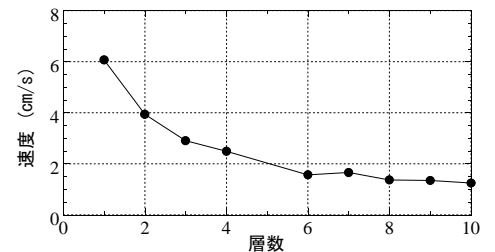


図-8 速度算出値 (各層最大値)