

緩衝材原位置締固め工法の検討－締固めエネルギーに関する一考察

東京電力（株）正会員○小野 文彦
同上 正会員 増田 良一
ハザマ 正会員 トシ デュク フィ オソ
同上 正会員 雨宮 清

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物処分施設における緩衝材はベントナイトとケイ砂との混合材料を用いて原位置で締め固めて製造する方法が有効な方法の一つとして検討されている。緩衝材の要求性能のうち、表-1に示すようなものがあげられる。これらの性能を満足できる配合条件は室内試験結果から、次のようになる。

- ・ケイ砂ベントナイト比 $R_s=20\sim30\%$
- ・乾燥密度 $\rho_d \geq 1.75\text{g/cm}^3$

一方、乾燥密度 $\rho_d \geq 1.75\text{g/cm}^3$ を得るためには大きな締固めエネルギー（室内締固め試験の場合、 $5E_c$ 以上、 E_c : 標準締固め仕事量= $5.625\text{kgf}\cdot\text{cm/cm}^3$ ）が必要となる。（図-1 参照）。このような大きなエネルギーで締め固めた場合、締固め効果、すなわち締固めによる密度の向上は、従来の全締固めエネルギーのみで評価することは不十分で、1打撃あたりの締固めエネルギーについても検討する必要があると考える。

本報は緩衝材の室内試験および原位置試験における締固めエネルギーと乾燥密度の関係について整理し、緩衝材の締固め効果に対する締固めエネルギーの影響を明らかにした。

2. 試験方法および試験結果

表-2 に試験項目および方法を示す。

図-2 に全締固めエネルギーと乾燥密度の関係を示す。

表-2 試験項目および方法

試験	供試体寸法(cm)	締固め方式	備考
締固め	$\phi 10 \times h12.7$	$W=2.5\text{kg}, H=30\text{cm}$ の自由落下	(JSF T 711)
室内落下	$\phi 30 \times h10$	$W=39\sim222\text{kg}, H=100\text{cm}$ の自由落下	
室内振動	$\phi 30 \times h10$	$W=270\text{kg}, 10\text{Hz}$ の振動	
模擬実験	$\phi 120 \times h20$	$W=600\sim1590\text{kg}, 10\text{Hz}$ の振動	ハイロハンマー

表-1 緩衝材の要求性能と目標値

要求性能	代用特性	目標値	備考
熱伝導性	熱伝導率	$\geq 1.0\text{W/mK}$	$w=7\%$ 時
遮水性	透水係数	$\leq 10^{-12}\text{m/s}$	
膨潤性	膨潤圧	$\geq 1.0\text{MPa}$	
収縮性	線乾燥収縮率	$\leq 0.7\%$	参考値

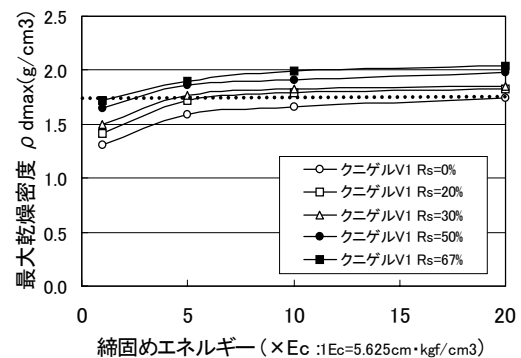


図-1 締固めエネルギーと乾燥密度の関係

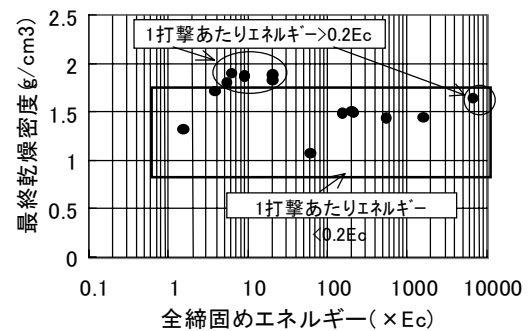


図-2 全締固めエネルギーと乾燥密度の関係

両者の相関が見られず、全締固めエネルギーが大きいほど乾燥密度は大きくなるとは限らないことを示す。そこで、1打撃当たり締固めエネルギーが $0.2E_c$ 以下と以上の2つのゾーンに分けてみると、1打撃当たり締固めエネルギーが $0.2E_c$ 以下では、全締固めエネルギーが大きくても、最大乾燥密度 ρ_{dmax} は 1.70g/cm^3 以下になっており、

締固め効果には限界があることが判明した。一方、1打撃当り締固めエネルギーが $0.2E_c$ 以上のゾーンでは、ほとんどのケースで $\rho_{dmax} \geq 1.75g/cm^3$ になっている。

図-3に1打撃当り締固めエネルギーと最大乾燥密度の関係を示す。各試験方法における1打撃当り締固めエネルギーと最終乾燥密度の関係曲線は多少異なっているが、全体傾向として両者の相関が見られ、回帰分析により次式が得られる。

$$\rho_{dmax} = 0.157 \times \ln(E) + 2.0 \quad (R=0.96) \quad (g/cm^3) \quad (1)$$

ここに、 ρ_{dmax} ：最大乾燥密度、 E ：1打撃当りの締固めエネルギー（ $\times E_c$ ）である。

これによると乾燥密度 $\rho_d \geq 1.75g/cm^3$ を得るために、必要な1打撃当り締固めエネルギーは0.2以上である。

図-4、5に室内落下実験結果から、1打撃当り締固めエネルギー $0.2E_c$ 以上で締固めた場合の乾燥密度 $\rho_d = 1.75g/cm^3$ を得るために最小限必要な締固め回数、全締固めエネルギーを示す。締固め回数は1打撃当り締固めエネルギーが大きいほど少なく、締固め時間短縮の観点から有利であることを示す。また、全締固めエネルギーは1打撃当り締固めエネルギーによる影響は見られず、1打撃当り締固めエネルギー $= 0.2 \sim 0.56E_c$ の範囲内において、必要な全締固めエネルギーはおおよそ $2.5E_c$ 程度である。

3. まとめ

以上の検討結果から次のようにまとめられる。

- ①全締固めエネルギーと乾燥密度との相関はみられない。1打撃当り締固めエネルギーが $0.2E_c$ 以下では、全締固めエネルギーが大きくても、最大乾燥密度は $1.7g/cm^3$ 以下になっており、締固め効果には限界がある。
- ②緩衝材の乾燥密度は1打撃当り締固めエネルギーの大きさに大きく依存され、両者の相関が認められる。乾燥密度 $\rho_d \geq 1.75g/cm^3$ を得るために、必要な1打撃当り締固めエネルギーは $0.2E_c$ 以上である。
- ③締固め回数は1打撃当り締固めエネルギーが大きいほど少なくなり、締固め時間短縮の観点から有利である。また、1打撃当り締固めエネルギー $= 0.2 \sim 0.56E_c$ の範囲内において、室内落下実験では、必要な全締固めエネルギーはおおよそ $2.5E_c$ 程度である。

今後は本試験結果を締固め機械の検討に反映させるとともに、実規模実験において、締固めエネルギーによる緩衝材の締固め効果を確認する予定である。

<参考文献>

出口朗他：緩衝材原位置締固め工法に関する検討（その1）、土木学会第54回年次学術講演会、460-461、1999

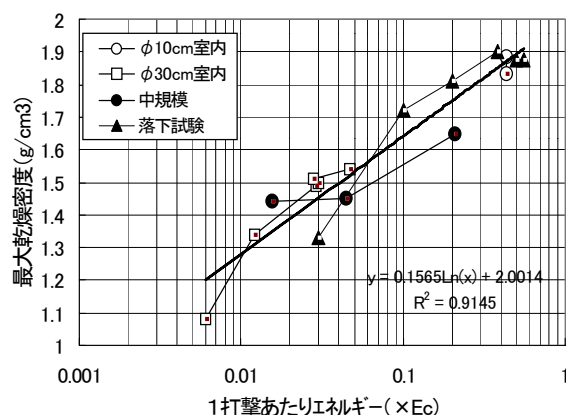


図-3 打撃当りエネルギーと最大乾燥密度

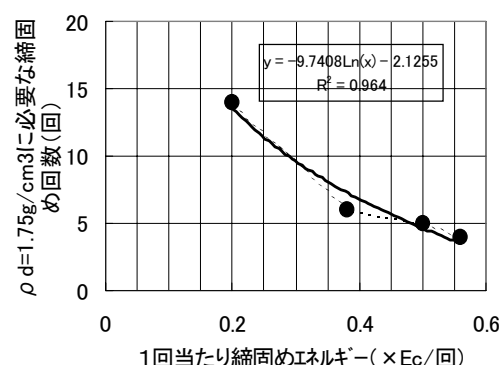


図-4 $\rho_d = 1.75g/cm^3$ に必要な締固め回数

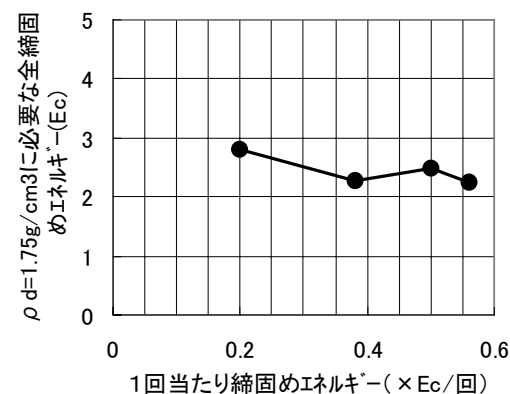


図-5 $\rho_d = 1.75g/cm^3$ に必要な全締固めエネルギー