緩衝材原位置締固め工法の検討 - 締固め試験解析報告 -

原子力環境整備促進・資金管理センター 正会員 増田良一* 竹ヶ原竜大 ハザマ 技術・環境本部 正会員 粥川幸司 茂呂吉司 雨宮清

1.はじめに

地層処分における人工バリアは,放射性廃棄物であるガラス固化体の格納容器であるオーバーパック及び これらと岩盤の間に充填される緩衝材から構成される。筆者らは,緩衝材の配合による力学的,水理学的な 特性を明らかにするため各種の室内試験を実施するとともに,廃棄物埋設時の緩衝材施工技術として原位置 締固め工法の検討を行っている¹⁾。原位置締固め工法では,緩衝材の材料であるケイ砂を混合したベントナ イトを処分空間内に供給し,締固め機械を用いて高密度の緩衝材を現場施工するが,締固めにより緩衝材が 所定の性能を満足することに加えて,締固めの衝撃荷重によって周辺岩盤が破壊されないことが重要となる。 この場合,岩盤が破壊されないことを確認する方法として締固めを模擬した動的解析の実施が考えられるが,

解析による評価の適用性を確認しておく必要がある。ここでは, 締固め工法の確立を目的に実施した緩衝材の締固め試験の際に 取得した締固め時の衝撃荷重の測定データを用い,試験のシミ ュレーション解析による評価の妥当性を検討した。

2.試験条件,及び解析条件

写真 - 1に緩衝材締固め試験状況を,図 - 1に試験装置の FEM 解析モデルを示した。試験は,内径 2368mm 厚さ 400mm のコンクリート製円形ピットの中央に外径 860mm の鋼製内型 枠を設け,ピット側壁と内型枠の間に緩衝材を敷き,鋳鉄製の ランマ(厚さ 300mm,質量 2.1t)を自由落下させ所定のエネ ルギにて締固めるものである。1打撃あたりの締固めエネルギ は $1E_c=5.625$ kg・cm/cm³として, 0.1 E_c , 0.3 E_c で実施した。

一方,解析は試験体を含む装置全体を軸対称モデルでモデル化し,ランマを 自由落下させた際の挙動を動的解析にてシミュレーションするものである。こ こで,ランマの自由落下高さhは,緩衝材厚さt_b(撒出し厚 100mm)を用い て式(1),(2)より算出した。

ランマ形状 : 厚さ 300mm,内径 900mm,外径 2248mm ドーナツ型ランマ質量 : 18.9t (2.1t×180°/20°)

ランマ体積 :1.0m³

ランマ単位体積重量 : _R = 18.9t/1.0m³ × 9.81m/s² = 185.41kN/m³

$$Ec = \frac{h_R \times 18.9/1000 \times h}{t_b \times 5.625} Ec(=0.1,0.3)$$
(1)
$$\therefore h = \frac{\times t_b \times 5.625}{h_p \times 18.9/1000}$$
(2)

本解析ではコンクリート,緩衝材,ランマ,内型枠とも弾性材料として扱った。ただし,緩衝材及びコンクリートにはランマの落下による衝撃荷重が加わることとなり,いずれの材料定数もひずみ速度に依存すると思われる。そこで,

キーワード 高レベル放射性廃棄物,緩衝材,締固め試験,衝撃解析,動的挙動





連絡先:〒105-0001 東京都港区虎ノ門2丁目8番10号 TEL03-3504-1506、FAX03-3504-1297、E-MAIL: masuda@rwmc.or.jp

コンクリートの弾性係数にはひずみ速度依存性を考慮することとした²⁾。しかしながら,緩衝材に関する研究がほとんどなく材料特性の定量的評価は困難であるので,ここでは静的な定数を用いることとした。これらの材料定数を表-1の結果比較とまとめて示す。なお、ランマと緩衝材の接触面では接触境界を導入した。ただし,接触状態における摩擦は考慮していな

ι۱,

3.試験,解析結果の比較,考察

解析は緩衝材の層厚(10cm,30cm)に対し, それぞれ締固めエネルギ0.1E_c0.3E_cで合計4 ケースを実施した。コンクリートの内面側に設 置した加速度計,土圧計による1回目打撃時の 測定結果(最大値)と解析結果(最大値)を比 較して表-1に示した。また,代表的な結果と してCASE13における1回目打撃時でランマが 緩衝材に最も沈み込んだ際の鉛直応力度分布を 図-2に示した。解析ではコンクリートの底盤,

側壁表面への緩衝材からの作用荷重を算出できないが,ここではコ ンクリート表面の発生応力度と緩衝材がコンクリート表面へ及ぼす 作用圧力が等しいものとしてコンクリートの発生応力度を土圧とみ なすこととした。

表 - 1より,コンクリート底盤,側壁の鉛直方向,水平方向の土 圧は概ね数 MPa の結果となった。ランマの落下エネルギ(衝撃力) に対し,試験ではベントナイトを介してコンクリート底盤に応力の 伝達がなされるが,解析においても力の釣り合いにより適切な応力 度分布が得られたものと思われる(図 - 2)。

一方,コンクリート底盤,側壁の鉛直,水平方向加速度に対して は,試験値よりも解析値の方が10~20倍大きいものとなった。加 速度の評価においては,緩衝材及びコンクリートの変形量と変形に 要する時間,すなわち,部材の弾性係数や衝撃力が部材内を伝搬す る速度が重要な要素となる。しかしながら,本解析ではコンクリー

トの弾性係数にひずみ速度依存性を考慮したものの,緩衝材のそれを考慮していない。また,これに関わる 研究もほとんどなされていないため,現段階では緩衝材の弾性係数に関わるひずみ速度依存特性の定量的な 評価は困難である。このため,今後の研究としては,試験結果を参考として緩衝材の材料特性に関わるパラ メータスタディを行い,緩衝材の弾性係数を推定することが課題になると思われる。 4.おわりに

廃棄物埋設時の緩衝材施工技術の一つとして,締固め時のシミュレーション解析を実施しその妥当性を検討した。解析の結果,締固め時のコンクリートへの作用力(コンクリートの発生応力度)については試験結果とよい一致をみており,解析手法としては妥当であるものと考えられた。一方で,加速度及びコンクリートの変形に関しては一致しなかったので,緩衝材の弾性係数の適正化を手がかりに今後研究を進めていく予定である。なお、本研究は経済産業省からの委託による「地層処分技術調査等」の成果の一部である。 参考文献

- 1)小野文彦他:緩衝材原位置締固め工法の検討,土木学会,第55回年次学術講演会講演概要集共通セッション,平成12年9月
- 2) 土木学会:コンクリート標準示方書構造性能照査編, 2002年3月

表 - 1 解析ケース,材料特性値及び比較結果

						CASE11	CASE13	CASE31	CASE33
緩	衝材層	厚	cm			10		30	
締固めエネルキ			E _c			0.1	0.3	0.1	0.3
ランマ速度			m/sec			1.52	2.62	1.52	2.62
ランマ落下高さ			mm			117.2	351.5	117.2	351.5
コンクリート弾性係数			$\times 10^{7}$ kN/m ²			3.18	3.23	3.19	3.22
緩衝材弾性係数			×10 [°] kN/m [∠]			3.7		3.7	
ランマの沈み込み量 (緩衝材表面沈下量)			解析		mm	- 3.8	-6.5	-5.8	-9.5
加速度	鉛直 方向	緩衝材 中央	試験	上向	G	4	15	6	11
				下向		-19	-26	-8	-13
			解析	上向		119	225	80	214
				下向		-177	-273	-69	-214
뉘번	鉛直 方向	内型枠 側	試験	圧縮		-2.06	-2.74	-0.94	-1.37
			解析	圧縮	MPa	-2.47	-4.30	-1.11	-2.06
		外コンク リート側	試験	圧縮		-1.35	-2.31	-1.03	-1.50
			解析	圧縮		-1.79	-3.21	-1.04	-1.92
	水平 方向	底部	試験	圧縮		-0.68	-1.06	-0.66	-0.95
			解析	圧縮		-1.32	-2.36	-0.90	-1.67



図 - 2 CASE13 応力度分布解析結果