

# 海面埋立処分場におけるタイヤチップを用いた遮水層保護手法の検討

福岡大学工学部 学生会員 山本 秀平 相原 拓哉 梅田 真志  
 福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 藤川 拓朗 古賀 千佳嗣  
 日本環境衛生センター 正会員 八村 智明 永岡 修一  
 地層科学研究所 正会員 磯部 有作

1.はじめに 国土の狭い我が国では内陸における最終処分場の確保が困難である<sup>1)</sup>。そのため近年では、大都市付近に設置でき、処分容量が多く、跡地利用に適する海面埋立処分場の建設が進められている。海面埋立処分場では、処分場底部の遮水層として主に沖積粘土層が利用される。この層は、自然由来のため層厚は一様ではなく、投入廃棄物による衝撃とめり込みによって規定値<sup>2)</sup>(層厚 5m 以上、透水係数  $1 \times 10^{-5}$  以下)を下回る可能性があり、粘土層の遮水性の損失が懸念される。著者ら<sup>3)</sup>はこれまでもこの問題を解決すべく、廃棄物の投入方法の検討を行っており、底部粘土遮水層上にまず粒径の小さい廃棄物を投入・敷設することにより、その緩衝効果の有効性を確認している。そこで本研究では、これまでの研究を参考に薄層埋立法において遮水層上に緩衝材として古タイヤから再生されるタイヤチップ<sup>4)</sup>を敷くことで投入廃棄物による遮水粘土層の損傷を小さくし、有害物質の漏洩を抑制する検討を行った。本報告では円筒水槽を用い、タイヤチップの底部粘土層への緩衝効果を検討した結果について報告する。

## 2. 実験概要

2-1 実験装置及び試料 本実験には、写真-1に示すアクリル製円筒水槽(直径  $\phi=30\text{cm}$ 、高さ  $h=210\text{cm}$ )を用いた。モデル廃棄物としてはモルタル(粒径  $40 \times 40 \times 40\text{mm}$ )を投入した。水槽底部には遮水層のモデルとして、海成沖積粘土である 2.0mm 以下に粒度調整した試料として有明粘土(密度  $\rho_s=2.65\text{g/cm}^3$ 、液性限界  $w_L=69.5\%$ )を用いた。図-1に有明粘土の粒径加積曲線を示す。粘土層の緩衝材としてはタイヤチップ(粒径  $1.0 < d < 3.0$ ,  $3.0 < d < 5.0$ ,  $d < 32\text{mm}$ )を用いた。写真-2に各粒径のタイヤチップ概観を示す。

2-2 実験条件 表-1に円筒水槽における底部粘土層への投入実験条件を示す。なお、投入実験は水道水を用いて水深  $z=120\text{cm}$  で一定としている。水槽底部には、有明粘土を液性限界の 1.5 倍である 104%の含水比で層厚 20cm に敷設し、底部粘土層上部に緩衝材としてタイヤチップを敷設した。図-2に底部粘土層の表層から 0, 5, 10, 15cm の各深度におけるせん断強さを示す。ここで、せん断強さはペーンせん断試験<sup>5)</sup>により求めている。投入前の底部粘土層は、深度方向に対して若干増加傾向を示しているが、いずれの条件においてもせん断強さが平均で  $\tau_v=0.25\text{kN/m}^2$  とほぼ一定であり、本実験における粘土層作成時の再現性は高いと言える。実験は、タイヤチップの層厚を 3, 5, 7cm、粒径を  $1.0 < d < 3.0$ ,  $3.0 < d < 5.0$ ,  $d < 32(\text{mm})$  と変化させて底部粘土層上部に敷設した。モデル廃棄物投入実験は、1000g モルタルを水槽上部から投入させて、モルタル片のめり込み量に対するタイヤチップの緩衝効果について検討を行った。また、本実験との比較として著者ら<sup>3)</sup>が行った砂利を用いた実験結果を用いた。この実験では、モデル廃棄物投入前に粒径の異なる混合砂利を 1500, 3000g と変化させて底部粘土層上部に堆積させ、モデル廃棄物によるめり込み量の影響について検討を行った。

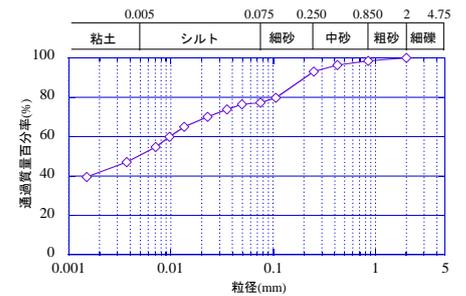
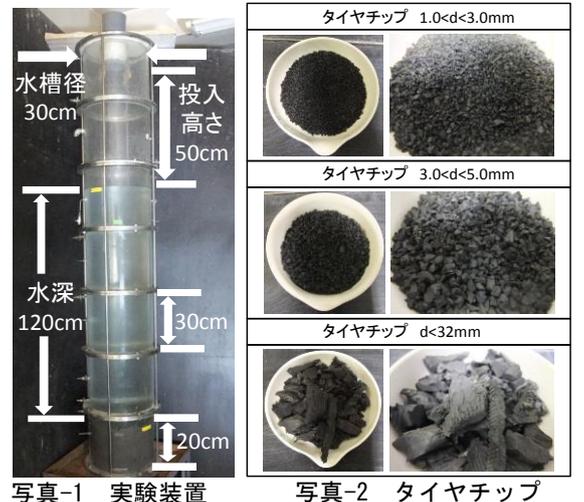


図-1 粘土の粒径加積曲線

表-1 実験条件

試料	粒径 d (mm)	投入量 m (g)	投入高さ h <sub>p</sub> (cm)	敷設粘土			緩衝材			
				含水比 w (%)	せん断強さ $\tau_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	層厚 h (cm)	試料	粒径 d (mm)	層厚 h (cm)	
モルタル	40×40×40	1000	50	有明粘土	104 (1.5w <sub>L</sub> )	0.25 (平均)	20	緩衝材なし	-	-
								タイヤチップ	1.0<d<3.0	5
									3.0<d<5.0	3
									3.0<d<5.0	5
									3.0<d<5.0	7
d<32	5									

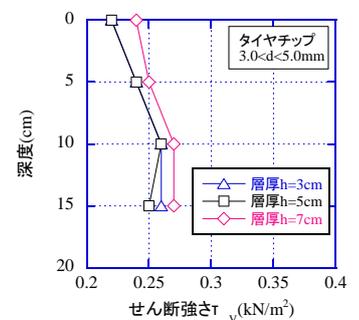


図-2 底部粘土層の深度とせん断強さの関係

また、本実験との比較として著者ら<sup>3)</sup>が行った砂利を用いた実験結果を用いた。この実験では、モデル廃棄物投入前に粒径の異なる混合砂利を 1500, 3000g と変化させて底部粘土層上部に堆積させ、モデル廃棄物によるめり込み量の影響について検討を行った。

3. 実験結果及び考察 図-3 に各モデル廃棄物の沈降速度分布を示す。結果より、モルタルは水深  $z=45\text{cm}$  以深で終端速度に達しており、底部粘土層到達時の沈降速度は  $v=80\text{cm/s}$  である。これは砂利の終端速度と近い値であると言える。図-4 に粒径  $3.0<d<5.0(\text{mm})$  の緩衝材の層厚と最大めり込み深さの関係を示す。なお、緩衝材を敷設していない条件(層厚  $h=0\text{cm}$ )も併せて示している。結果より、層厚が増加すると、めり込みが軽減されていることが分かる。層厚  $h=3\text{cm}$  では、モルタル着底時の衝撃によりタイヤチップの巻き上げが発生し、写真-3 に示すように層厚が薄くなった地点で大きなめり込みが見られた。図-5 に層厚  $h=5\text{cm}$  として緩衝材のタイヤチップの粒径と最大めり込み深さの関係を示す。結果より、粒径が大きくなると、めり込みが軽減されることが分かる。特に今回用いたタイヤチップで最大粒径の  $d<32(\text{mm})$  が最も緩衝効果が高いことが分かる。これは、タイヤチップの粒径が小さい場合は、粒子の巻き上げ及びモルタルの粒子内への沈み込みによって局所的なめり込みが発生する(写真-4)のに対し、 $d<32(\text{mm})$  のような粒径が大きい場合、タイヤチップの粒子が大きく、空隙率が大きいことが要因と考えられる。そのため、写真-5 に示すように緩衝層表面は、着底時の衝撃による空隙率の低下でタイヤチップに多少の沈み込みがあるものの、緩衝層底部では空隙率の変化が小さく、底部粘土層への影響がほとんどなかったと考えられる。投入後のタイヤチップ緩衝層表面状況に着目すると、粒径

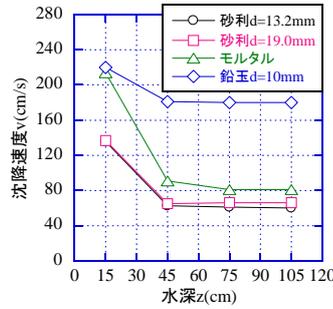


図-3 各モデル廃棄物の沈降速度分布

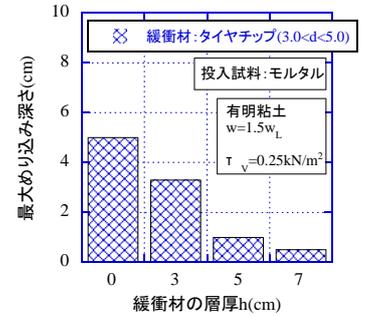


図-4 タイヤチップの層厚と最大めり込み深さの関係

が小さい場合、写真-4 のように緩衝層表面に凹凸が顕著に表れている。これは廃棄物衝突によるタイヤチップの巻き上げが原因である。実際の埋立現場を想定すると、室内実験とは異なり、処分場内の水位を一定に保つために排水が行われている<sup>9)</sup>。この排水によって処分場内には水の流れが発生することが予測される。したがって、粒径の小さいタイヤチップでは更なる巻き上げが考えられる。そのため、実際の現場では粒径が大きく、粒子重量の大きいタイヤチップを用いて、一定の層厚を確保して敷設することが必要であると言える。図-6 に緩衝材として砂利を用いた場合の投入量と最大めり込み深さの関係を示す。結果より、砂利の投入量を増加し、敷設層厚を厚くすることにより、モルタル片のめり込みは軽減されていることが分かる。また、タイヤチップと砂利のめり込み量を比較すると、底部粘土層のせん断強さに違いはあるものの、タイヤチップの粒径  $d<32(\text{mm})$ 、層厚  $h=5\text{cm}$  の条件は、砂利の投入量  $3000\text{g}$  の条件よりめり込みを軽減していることが分かる。この結果からも底部粘土層上部への粒径の大きなタイヤチップの敷設は、高い緩衝効果を得られると考えられる。

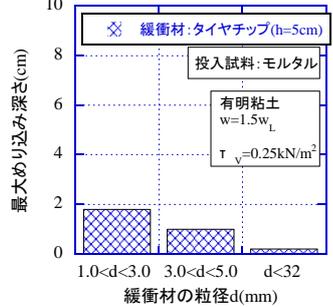


図-5 タイヤチップの粒径と最大めり込み深さの関係



写真-3 粒径  $3.0<d<5.0$ 、層厚  $3\text{cm}$  のタイヤチップの着底状況

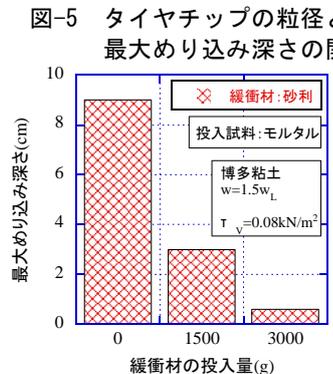


図-6 砂利の投入量と最大めり込み深さの関係



写真-4 粒径  $1.0<d<3.0$ 、層厚  $5\text{cm}$  のタイヤチップの着底状況



写真-5 粒径  $d<32$ 、層厚  $5\text{cm}$  のタイヤチップの着底状況

写真-5 に示すように緩衝層表面は、着底時の衝撃による空隙率の低下でタイヤチップに多少の沈み込みがあるものの、緩衝層底部では空隙率の変化が小さく、底部粘土層への影響がほとんどなかったと考えられる。投入後のタイヤチップ緩衝層表面状況に着目すると、粒径が小さい場合、写真-4 のように緩衝層表面に凹凸が顕著に表れている。これは廃棄物衝突によるタイヤチップの巻き上げが原因である。実際の埋立現場を想定すると、室内実験とは異なり、処分場内の水位を一定に保つために排水が行われている<sup>9)</sup>。この排水によって処分場内には水の流れが発生することが予測される。したがって、粒径の小さいタイヤチップでは更なる巻き上げが考えられる。そのため、実際の現場では粒径が大きく、粒子重量の大きいタイヤチップを用いて、一定の層厚を確保して敷設することが必要であると言える。図-6 に緩衝材として砂利を用いた場合の投入量と最大めり込み深さの関係を示す。結果より、砂利の投入量を増加し、敷設層厚を厚くすることにより、モルタル片のめり込みは軽減されていることが分かる。また、タイヤチップと砂利のめり込み量を比較すると、底部粘土層のせん断強さに違いはあるものの、タイヤチップの粒径  $d<32(\text{mm})$ 、層厚  $h=5\text{cm}$  の条件は、砂利の投入量  $3000\text{g}$  の条件よりめり込みを軽減していることが分かる。この結果からも底部粘土層上部への粒径の大きなタイヤチップの敷設は、高い緩衝効果を得られると考えられる。

4. まとめ 1)タイヤチップを用いた緩衝材によって底部粘土層への損傷が軽減されることが確認でき、その中でも層厚及び粒径の大きい条件の場合、緩衝効果が高い。2)粒径の大きなタイヤチップを緩衝材として用いることは、緩衝効果、層厚の確保及び、費用面から優れているため、実際の埋立現場での敷設が期待できる。

【参考文献】1)環境省：一般廃棄物の排出及び処理状況等(平成26年度)について, pp14-15, 2016. 2)環境省：一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令, 2016. 3)鍋島ら：海面埋立を想定したモデル廃棄物の粒子径状の違いが沈降・堆積特性と底部粘土層に及ぼす影響, 第45回地盤工学会論文集, pp1893-1894, 2010. 4)御手洗ら：古タイヤゴムチップを固化処理土に混合した新しい地盤材料の開発と力学特性, 土木学会論文集C, vol.63, No.3, pp881-900, 2007. 5)(公)地盤工学会基準部：地盤工学会基準案(JGS1411)原位置ベンセン断試験方法, 土と基礎, pp110-112, 2002. 6)遠藤ら：海面処分場の現状と将来性,地盤工学会誌 Vol.61, No.9, pp49-56, 2013.