

タイヤチップパックによる海面埋立処分場の底面粘土層地盤保護効果の実験的検討

福岡大学工学部

学生会員 橋元 美希

古賀 元気

福岡大学工学部

正会員 佐藤 研一

藤川 拓朗 古賀 千佳嗣

(株)IMAGEi Consultant

正会員 磯部 有作

1. はじめに 我が国は、国土が狭小であるため大都市近郊では、処分容量が多く、跡地利用が期待できる海面埋立処分場の建設が進められている。海面処分場では遮水層の規定値¹⁾(層厚 5m 以上、透水係数 10^{-7}m/s 以下)を満たす必要があり、遮水層として原位置の沖積粘土層をそのまま利用する場合が一般的である。処分場内の沖積粘土層においては、この規定遮水層厚を十分に満足するとはいえない場所も存在すると考えられる。そこで、本研究では熱利用の割合が多く地球温暖化が懸念されている廃タイヤを緩衝材として利用する新しい工法を考えた²⁾。本工法は、廃タイヤチップにより沖積粘土層上部を保護し、遮水層の規定値とその機能の低下を防ぐ手法である。本報告では、大型水槽を用いたモデル廃棄物の沈設実験により、タイヤチップをパック状(以下、TCP(タイヤチップパック))にしたものの敷設による粘土層地盤への保護効果の検証を行った。本検討では、2種類の底部形状(水平・傾斜)において、各種モデル沈設物による TCP の保護効果について実験的な検討結果を報告する。

2. 実験概要

2-1 実験装置及び実験試料 本実験では、写真-1に示すアクリル製大型水槽(幅 250cm, 高さ 150cm, 奥行き 30cm)を用い、水槽上部に設置している傾斜型投入装置からモデル廃棄物の投入し、TCP の保護効果の検討を行った³⁾。また、底部粘土層の形状の違いが TCP の緩衝効果に及ぼす影響を把握するため、水槽下部に木枠を設置した。緩衝材である TCP(30×30×30cm)は、チップ長が 25mm 以下のタイヤチップをパックに包み作製した(写真-2)。モデル沈設物は、写真-3に示す砕石 3 種、モルタル片 2 種、ステンレス片 2 種を使用した。

2-2 実験条件 表-1にモデル沈設物の実験条件を示す。投入量は、各モデル沈設物が TCP に及ぼす影響を確認するため各試料において傾斜型投入装置に入る最大容積(30×27×17cm)とした。また、一般に投棄される廃棄物は、質量や形状が異なるため、実際の処分場を模擬し、混合沈設物による検討も実施した。各モデル沈設物の沈降挙動の確認は、投入後の沈降状況をビデオカメラで撮影し、撮影映像の解析から TCP への衝撃エネルギーを求めて検討を行った。ここで、衝撃エネルギーは、沈設物の最下端が各区分(30cm)を沈降するのに要した時間からモデル沈設物の沈降速度 v と、各 TCP に沈設した沈設物の質量 m を計測し、 $E=1/2mv^2$ (m =質量(kg), v =速度(m/s))を算出した。さらに、沈設物による TCP の損傷の度合いを数値化して評価するため、沈設時に撮影した動画から表-2に示す評価基準(TCP の圧縮量 ΔS 、移動量 ΔD 、集中荷重値 L)を設け、沈設物ごとの損傷の度合いを比較・評価した。ここで、集中荷重値 L は、各 TCP に沈設した質量を計測し算出している。本実験は、TCP を敷設した 2 種類の底部形状(水平、傾斜)に対し、全条件において投入装置の滑り距離 30cm、投入角度 30°、水深 120cm の一定条件下で実施した。

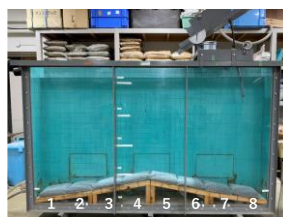


写真-1 傾斜有の水槽

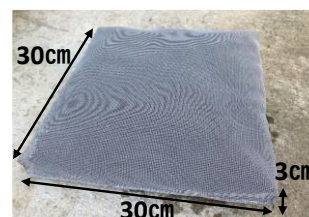


写真-2 TCP の外観



(a) 砕石 (b) モルタル片 (c) ステンレス片
写真-3 沈設物の外観

表-1 実験条件

沈設物	粒径(mm)	投入量比率	投入量(g)	容積(cm ³)
単体	砕石	大	19.0<d<26.5	17500
		中	13.2<d<19.0	17100
		小	9.5<d<13.2	16500
	モルタル片	円錐	d=60	11200
		直方体	4×4×16	14500
	ステンレス片	ワッシャー	5×5×0.6	35200
混合	L=5.5, 3.0		ボルト	35000
	砕石(大)+円錐		2:1	15000
	砕石(大)+直方体		2:1	15000
	砕石(大)+円錐+直方体		1:1:1	15000
	円錐+直方体		1:1	12900
		ワッシャー+ボルト	1:1	30000

表-2 評価基準

損傷度	0	1	2	3	4
圧縮量 ΔS (cm)	$AS=0$	$0<AS\leq 1.0$	$1.0<AS\leq 2.0$	$2.0<AS\leq 3.0$	$AS<3.0$
圧縮量 $AS=AS_1$ (変形前の TCP の厚さ) - AS_2 (変形後の TCP の厚さ)					
移動量 ΔD (cm)	$AD=0$	$0<AD\leq 1.5$	$1.5<AD\leq 3.0$	$3.0<AD\leq 4.5$	$AD<4.5$
移動量 $AD=(AD_1+AD_2)/2$					
集中荷重 L (%)	$L=0$	$0<L\leq 20$	$20<L\leq 30$	$30<L\leq 40$	$L<40$
集中荷重 $L=(\text{沈設量}/\text{全重量})\times 100$					

3. 実験結果及び考察

3-1 底部の形状が TCP に与える影響

表-3 に水平底面で実施した沈設実験における損傷度の結果を示す。また、単体沈設で最も大きい損傷度であるボルトと混合沈設で最も小さい損傷度である砕石+直方体における TCP の損傷状況を写真-4 (a), (b) に示す。水平底面の場合、全体的に移動量の損傷度が小さく、圧縮量が大きいことがわかる。また、モデル沈設物を混合で投入するより、単体の方が全体的に大きな損傷を生じている。これは表-1 の実験条件に示すように投入量に関係していると考えられる。また、混合沈設物の投入において損傷度が低減する理由としては、棒形状の直方体や断面積の大きなワッシャーは、沈設時に水の抵抗を受けやすく、沈設物の着底幅が広がるためである。このように、沈設物の形状、種類、投入量、混合状態の違いにより TCP に与える影響が異なることから、処分場においても投入廃棄物の状態を十分に考慮する必要があると言える。

表-4 に傾斜底面で実施した沈設実験における損傷度の結果を示す。また、水平底面と同条件の沈設物における TCP の損傷状況を写真-5 (a), (b) に示す。傾斜底面の場合、水平と比較すると損傷度が大きい値を示している。これは、モデル沈設物の着底時の衝撃と TCP の継ぎ目に沈設物が沈設することで TCP の移動量が大きくなり、損傷度が大きな値を示したことが原因と考えられる。特に、単体密度が大きいステンレス片 (ワッシャー、ボルト) の場合、形状が小さく、他の試料と比較して投入量が多いため、単体・混合ともに損傷度が最大となったと考えられる。

3-2 沈設物の違いが TCP に与える影響 沈設物が TCP に与える影響を物理的に捉えるために、水平底面の TCP に単体 (ボルト) と混合沈設物 (砕石+直方体) における着底時の衝撃エネルギーを比較した結果を図-1 に示す。各 TCP への衝撃エネルギーは、沈設物の違いで大きな差が生じていることが分かる。この衝撃エネルギーの違いは、沈設物の単体密度の違いと投入量の差が結果として現れたと考えられる。また、砕石と直方体を混合した混合沈設物の場合は、沈設時に 2 つのモデルがぶつかり合いかつ分散しながら着底幅を広げたことによるものである。

4. まとめ

- 1) 底面形状の違いにより TCP の損傷度が異なることが明らかになった。
- 2) モデル沈設物による投入実験より、沈設物の沈降挙動は、沈設物の形状、投入方法 (単体・混合) 及び投入量と混合状況に寄与し、TCP への損傷度に大きな影響を与えることが明らかとなった。

【参考文献】 1) 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. 2) 一般社団法人日本自動車タイヤ協会 (JATMA)：廃タイヤのリサイクル状況, 2019. 3) 佐藤ら：海面埋立処分場におけるタイヤチップパットの底部粘土層保護効果の検討, 土木学会西部支部研究発表会, III-054, pp.377-378, 2020.



(a) 単体 (ボルト)

(b) 混合 (砕石+直方体)

写真-4 水平底面における TCP の損傷状況



(a) 単体 (ボルト)

(b) 混合 (砕石+直方体)

写真-5 傾斜底面における TCP の損傷状況

表-3 TCP の損傷結果 (水平)

沈設物		圧縮量	移動量	集中荷重	損傷度
単体	砕石	大	9	4	7
		中	12	4	6
		小	14	6	6
	モルタル片	円錐	7	0	7
		直方体	12	0	8
	鉄片	ワッシャー	13	6	9
混合	鉄片	ボルト	7	18	8
					33
	砕石+円錐		9	0	10
	砕石+直方体		6	0	9
	砕石+円錐+直方体		9	3	9
	円錐+直方体		10	2	7
	ワッシャー+ボルト		15	4	10

表-4 TCP の損傷結果 (傾斜)

沈設物		圧縮量	移動量	集中荷重	損傷度
単体	砕石	大	11	6	8
		中	7	5	8
		小	15	6	8
	モルタル片	円錐	7	0	9
		直方体	8	4	9
	鉄片	ワッシャー	13	18	11
混合	鉄片	ボルト	11	23	10
					44
	砕石+円錐		7	4	10
	砕石+直方体		9	0	9
	砕石+円錐+直方体		9	4	9
	円錐+直方体		8	3	8
	ワッシャー+ボルト		14	13	10

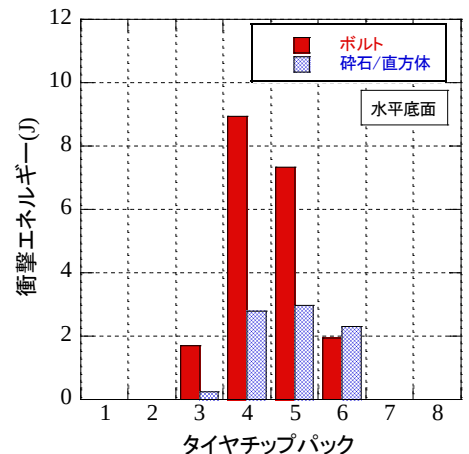


図-1 ボルトの衝撃エネルギー