

海面埋立地における集水管の合理的設計に関する設計

九州大学工学部 学生会員 ○松尾 亮佑
 中央開発(株) 正会員 東原 純
 九州大学大学院工学研究院 フェロー会員 島岡 隆行

1. はじめに

海面最終処分場における埋立廃棄物の早期安定化の一手法として、水平方向集水暗渠を用いた保有水集排水管理が挙げられる。しかし、多様な廃棄物地盤の特性に対応した合理的な設計方法を確立するための十分な知見が得られているとは言い難いのが現状である。埋立廃棄物の早期安定化実証実験において、集水暗渠の適切な構造、設計手法等に関する研究が進められている。その一環として、本研究は、廃棄物地盤の再現した大型二次元土槽を用い、廃棄物層内の保有水が集水暗渠により集水される状況を確認するとともに、保有水の集水量及び水質変化を解析することにより、集排水量の合理的な算定方法を検討し、合理的な集水暗渠断面の設計手法を確立することを目的としている。また、大型二次元土槽を用いる暗渠排水試験に先立ち、現場透水試験装置を用い海中に投入された廃棄物の地盤工学的特性を確認した。さらに、含水率、飽和透水係数等を確認した。

2. 現場透水試験

2-1 概要

現場透水試験では、福岡市中田埋立場にて、西部工場から搬出されてきた直後の焼却灰を試料として用いた。実験には 20mm 篩下の焼却灰を用い、3 回行った。図-1 にドラム缶を利用した現場透水試験装置を示す。中央に設置して排水パイプの開孔率 5% で、20 メッシュのフィルターが巻きつけられている。排水パイプの末端部にはバルブが設置されており現場透水試験装置内の海水を排水できるようになっている。

2-2 試験方法

水深 77cm の海水（博多湾のろ過海水）に試料を落下投入させ、飽和埋立地盤を作成した。作成後、装置中央のパイプ中の海水を排水し、パイプの中を空にした後の水位が回復する速度より飽和透水係数を算出した。計算式は次の通りである¹⁾。

$$K = (2.3 \times d)^2 \times \log(2L/D) \times m/8L$$

ここに、K：透水係数 (cm/sec)、m：水位低下速度（水位経時変化図の初期直線の勾配）(1/sec)、d：測定パイプの内径 (cm)、D：試験（透水）区間の直径 (cm)、L：試験（透水）区間の長さ (cm)

2-3 現場透水試験の結果

装置内焼却灰の飽和充填密度は、1 回目 1.63t/m³、2 回目 1.59t/m³、3 回目 1.54t/m³ となった。飽和透水係数は、1 回目 2.2×10^{-3} cm/sec、2 回目 1.4×10^{-3} cm/sec、3 回目 5.7×10^{-3} cm/sec、となった。

2-4 考察

実験で得られた飽和透水係数には、ばらつきが生じていた。充填密度が大きくなると、焼却灰が密に締めついているため、飽和透水係数が小さくなると考えられる。30mm の篩いを通過した焼却灰の飽和透水係数は $1.0 \times 10^{-3} \sim 10^{-2}$ cm/sec、100mm の篩いを通過した焼却灰の飽和透水係数は 1.0×10^{-1} cm/sec と報告されている²⁾。本実験で用いた粒径 20mm 以下の試料の飽和透水係数は 1.0×10^{-3} cm/sec オーダを示し、30mm 以下の粒径の文献値の飽和透水係数とほぼ同じ値が得られた。

3. 大型二次元土槽実験

3-1 概要

本実験では、集水暗渠の集水状況の確認を二次元土槽を用いて行った。充填試料は、現場透水試験の試料と同じ、清掃工場からの焼却灰

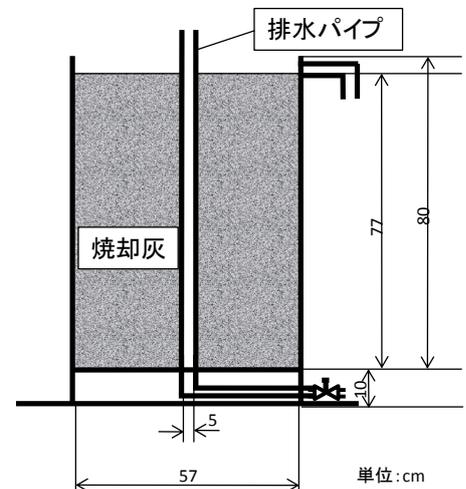


図-1 現場透水試験装置



図-2 海面埋立地を再現した二次元土槽

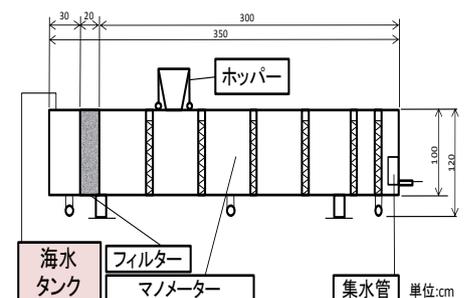


図-3 大型二次元土槽概要図

を用いた。図-2 に示す大型二次元土槽において、左端部から海水を連続的に、一定流量で供給し、実験を行った。また、大型二次元土槽の右側に集水暗渠を再現した排水部 (図-2 参照) を設けており、集排水量を測定し、同時に採水した浸出水の水質を分析した。測定項目は、EC、pH、ORP である。図-3 に、海水タンク、フィルター、マンメーター、集水管、浸出水採取口と各々の長さなどを示す。

3-2 埋立廃棄物層の作成

大型二次元土槽内に水位が 90cm となるまで海水を注水した。次に、焼却灰投入用のホッパーを用いて、土槽内に焼却灰を約 150 回に分けて投入し、高さ 90cm の飽和土層を作成した。焼却灰を投入する際に、約 60kg の投入に一度、含水率を測定し、充填した焼却灰の平均含水率を求めた。土槽内の海水の重量、投入した焼却灰の重量、焼却灰を投入したことによりオーバーフローした海水の重量を測定することによって、飽和廃棄物層の充填密度を求めた。その結果、平均含水率 26.0%、飽和充填密度 1.69t/m^3 が得られ、実際の海面埋立廃棄物地盤の密度 $1.24\sim 2.06\text{t/m}^3$ とほぼ同じ値が得られた。

3-3 実験方法

まず、海水タンクから海水を供給し、水位を 80cm に維持させる。集水管のバルブを開き海水を排水させた。所定の時間間隔での、集排水量と水面形状 (流下方向の水位) を測定した。さらに、集排水に伴う可溶性成分の洗い出し効果を確認するため、所定の時間間隔で排水 (浸出水) を採水し、水質測定を行った。

3-4 集排水量算定公式の考察

集排水量の算定式は、次の公式が用いられている³⁾。

$$Q = (\pi \times k \times L \times H_0) / \{2.3 \times \log_{10}(2 \times R / r_0)\}$$

ここに、Q: 単位時間当たりの集水量 (cm^3/s)、k: 廃棄物層の飽和透水係数 (cm/s)、L: 暗渠の単位長さ (=100cm)、 H_0 : 集水暗渠埋設位置付近の保有水位低下量 (cm)、R: 集水暗渠による保有水位低下の影響半径 (cm)、 r_0 : 集水暗渠の半径 (=10cm)、h: 集水暗渠内の水深 (cm)、 π : 円周率

上記の算定式を用いて算出した集排水量は、 $0.91\text{L}/\text{h}$ となった。集排水量の実測値は約 $1.00\text{L}/\text{h}$ となり、既存の算定式による値と 1 割程度の差が生じている。既存の公式は土地盤の算定式であるため、廃棄物地盤の特性を考慮した算定式の開発が必要である。

3-5 pH、EC、ORP の分析結果

図-6、図-7、図-8 に、浸出水の pH、EC、ORP の経時変化を示す。pH は経過時間によらずほぼ一定の数値を示した。12.7~12.8 程度と高い値を示し、高アルカリ性を示した。EC は経時的に徐々に低下する傾向を示した。焼却灰中のアリカリ成分の洗い出しによるものであるが、流量が非常に小さいために EC の変化も小さなものとなっている。ORP については経過時間 99 時間において、大きな変化を示した。気温が約 18°C から約 11°C へと急激に低下したために大きく変化したことが考えられる。

4. まとめ

現場透水試験により、廃棄物海面埋立地盤における密度、飽和透水係数の測定を行った。また、大型二次元土槽を用いて、既存の集水暗渠による集排水量の算定式の海面埋立地盤への適用性について検討した。充填廃棄物試料の密度と排水 (浸出水) の経時的な性状 (EC、pH、ORP) 変化を求めた。

- (1) 得られた飽和透水係数は、報告されている²⁾ 数値の範囲内であった。
- (2) 実測された集水量と既存の集水量の算定式とは 1 割程度の差があり、廃棄物地盤の特性を考慮した算定式の開発が必要である。
- (3) pH には洗い出し効果が確認されないが、EC は洗い出し効果により、わずかながら小さな値となった。ORP は、気温による変化が見られた。

今後とも、大型二次元土槽を用いて水位を変化させるなど、継続的に実験を行うつもりである。

[参考文献] 1) 社団法人地盤工学会: 地盤調査の方法と解説、2004 年、 2) 社団法人土木学会: 環境工学公式・モデル・数値集、2004 年、 3) 社団法人土木学会: 水理公式集、1985 年

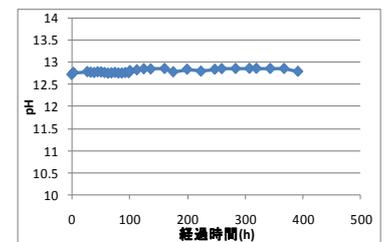


図-4 pH の経時変化

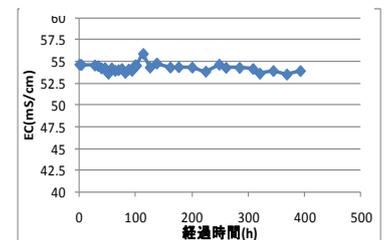


図-5 EC の経時変化

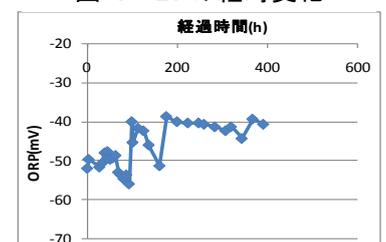


図-6 ORP の経時変化

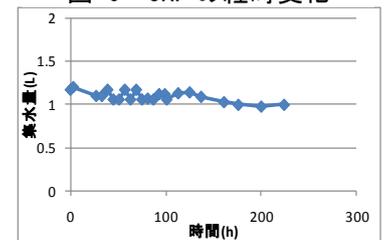


図-7 集水量の経時変化