

## 遮水層併用型の吸着層工法の開発 —数値解析に基づく盛土内の移流分散予測その3—

(株)大林組                      正会員    ○鈴木和明                      フェロー    西田憲司  
産業技術総合研究所    正会員    保高徹生  
(株)大林組                      正会員    三浦俊彦                      正会員    森下智貴  
(株)大林組                      正会員    日笠山徹巳

### 1. はじめに

自然由来の重金属を含む土壌、岩石に対する一汚染拡散防止技術として、吸着層工法が挙げられる<sup>1)</sup>。筆者らは同工法において、図-1に示すとおり汚染土壌・岩石直下に層厚30cmの透水性の大きい材料を使用した排水層、その下位に土質遮水層を設け、法尻部に吸着材を多く配合した吸着層を配置する構造を提案した。本構造では、汚染浸出水が直接地山に浸透することを回避できる。よって、吸着層の能力が低下した場合などでも、汚染拡散の防止効果が期待できる点でリスク低減に繋がる。浄化された浸出水は法尻部に集水されるため、法尻部で採水して重金属濃度をモニタリングすることにより、吸着層の状態を監視できる。そのため、万が一吸着層が破過した場合でも、吸着層のみを交換することが可能であり、破過時の対策費用が抑えられると期待できる。これまでに現場実証試験を通して、適用性は十分可能との判断が得られている<sup>2)</sup>。今後の実用化にあたっては、現場条件に沿った設計が必要であり、数値解析によるモデル検討が有効と考える。ここでは、現場実証試験を対象に解析モデルの作成を試みた。そして盛土に与えた降雨による汚染土壌からの浸出水が、盛土内をどのように浸透するか、また各種入力パラメータが解にどう影響を与えたかの検討結果について報告する。

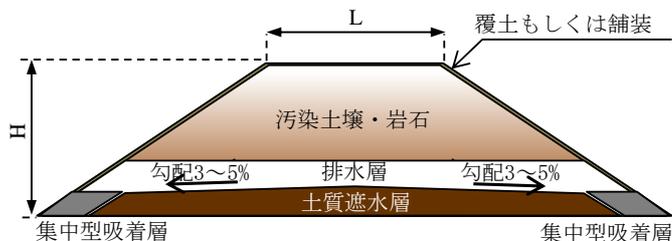


図-1 遮水層併用型吸着層盛土 (吸着層集中型)

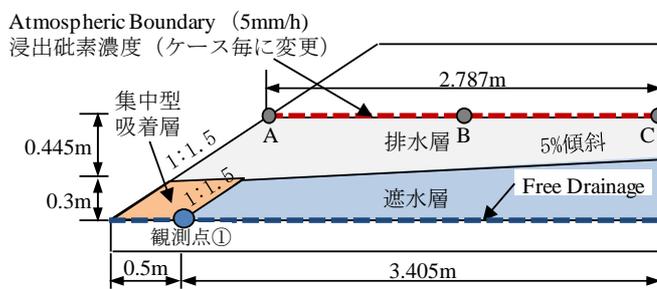


図-2 解析モデル

表-1 材料定数表

土壌	透水係数 (m/s)	吸着パラメータ	
		kd (cm <sup>3</sup> /mg)	β
集中型吸着層 Sand	6.71E-03	0.0230	1.00
排水層 Sand	1.21E+00	0.0050	1.00
遮水層 Clay	1.41E-06	0.0700	1.00

分散長		A	B	C
縦分散長 (cm)	Disp. L.	12.08	24.73	37.99
横分散長 (cm)	Disp. T.	2.42	4.95	7.60

表-2 解析ケース

解析ケース	分散長	浸出水中の砒素濃度 (mg/L)
1	A	0.100
2	B	0.100
3	C	0.100
4	A	0.030
5	B	0.030
6	C	0.030
7	A	0.015
8	B	0.015
9	C	0.015

### 2. 解析条件

モデル化にあたっては、水分・熱・溶質移動解析ソフト HYDRUS 2D<sup>3)</sup>を用いた。解析条件を図-2、表-1、2に示す。解析範囲は盛土断面の対称性を利用し、図-1の半分とし、排水層、吸着層、遮水層のみとした。各層の物性のうち、透水係数と吸着パラメータは、別途実施の室内試験に基づき得られた値である<sup>2)</sup>。分散長は各層共通とし、モデル上端点A~Cから観測点①までの距離の1/10を想定し3通り設けた。

境界条件は、汚染土壌からの浸出水を降雨量相当 5 mm/h と与えた。汚染土壌からの浸出水は砒素濃度を 0.015~0.1 mg/L の3通り設定した。盛土下面は自由排水面、斜面部、対称軸の右端は不透水境界である。

キーワード 吸着層、遮水層、盛土、重金属、数値解析、浸透

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所 TEL 042-495-1111

### 3. 解析結果

#### 3.1 浸出水の流れ

砒素濃度変化を除く盛土内の浸出水の浸透状況は、各ケースで同じものとなる。図-3～5に浸出水を与えてから60日後の圧力水頭、含水量、流速ベクトルをそれぞれ示す。これらによれば遮水層の水分量が多く、排水層や吸着層は逆に水分量が少ない。ただし、排水層下部は浸透水の流れみちとなり水分量が多い結果になっている。こうした現象は、遮水層上面、特に法尻に近いほど流速が大きくなることから理解される。以上の結果より、盛土上端から吸着層内へ浸透した水は、鉛直下方へゆっくり流れ、排水層の下部・遮水層上端で堰き止められる。その後、遮水層上端面の5%勾配によってモデル左側へ流れ、法尻部付近の吸着層への排出されるものと推察される。時間変化は図示していないが、排水層、遮水層の水分量は終始大きな変化がなく、遮水層下端面からの排水もなかったことから、盛土内浸透水を遮水層で制御できている様子がシミュレートできている。

#### 3.2 砒素濃度の変化

図-6にケース4における60日後の浸出水砒素濃度分布を示す。砒素濃度は排水層上部から上昇し、法尻方向に向けて広がっていくのがわかる。遮水層内の砒素濃度が上昇していないのは、遮水効果によって汚染水が法尻方向へ流れの制御を受けたことを示唆していると考えられる。こうした点は各ケースとも同じ傾向であった。そして、汚染物質を含む浸透水は吸着層に流れ込むが、そこで濃度低下され排出される。

図-7には、法尻部付近、すなわち図-2における観測点①の砒素濃度時間変化を示した。分散長が大きいほど濃度上昇が早く表れるが、その後はゆっくり上昇する傾向である。また、汚染土壌からの浸出水濃度が高いほど、砒素濃度の上昇速度は大きいことも理解される。そして、濃度は最終的に汚染土壌からの浸出濃度に漸近していくと推察される。こうした傾向を利用することで、吸着層設計に反映可能と考える。

#### 4. おわりに

ここでは、法尻部に吸着層を設けた遮水層併用型吸着層盛土について、盛土内の汚染水浸透状況、汚染物質

の移動状況を数値解析でシミュレートした。別途提案の遮水層併用型吸着層工法<sup>4)</sup>に比べ、本盛土は吸着層が法尻部に集中しており、吸着材の配合は重要と考えられ、本解析技術の適用を追求したい。

#### 参考文献

- 1) 北海道環境保全技術協会：吸着層工法設計マニュアル，2012。
- 2) 森下智貴，他：大林組技術研究所報，No.81，2017。
- 3) J. Simunek, M. Th. van Genuchten and M. Sejna：HYDRUS Technical Manual, ver.2，2011。
- 4) 西田憲司，他：土木学会第74回年次学術講演会，2019。（投稿中）

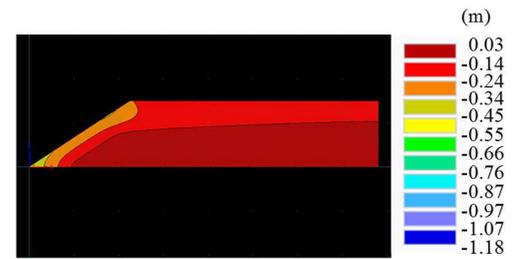


図-3 60日後の圧力水頭分布図

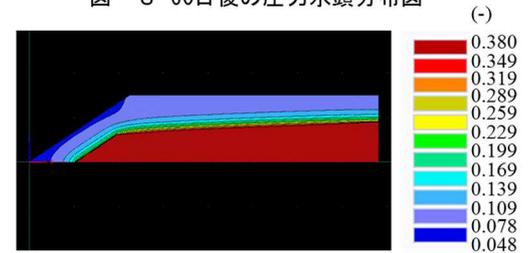


図-4 60日後の含水量分布図

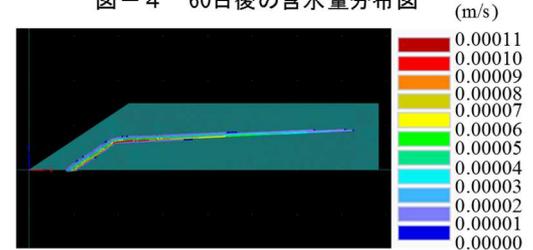


図-5 60日後の流速ベクトル

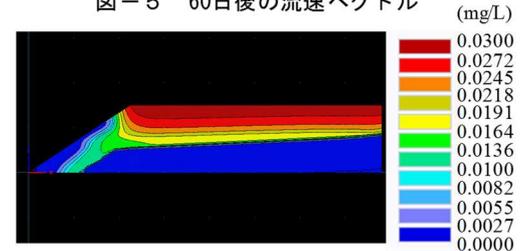


図-6 60日後の浸出水砒素濃度分布図

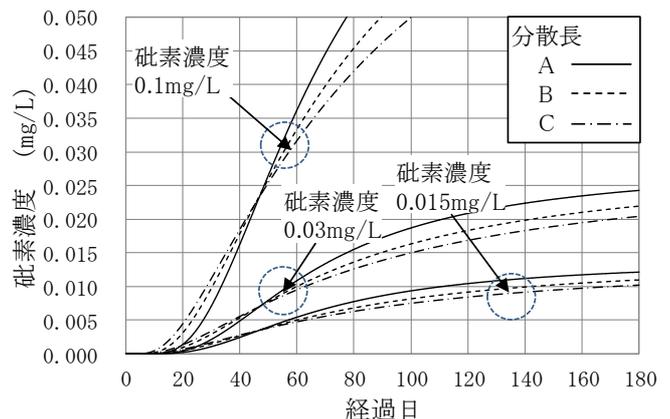


図-7 各解析ケースの観測点①浸出水砒素濃度分布