

海面処分場に用いる 高耐久遮水シートの開発 —保護マット付き遮水シートの 非線形構造解析—

研究・開発機関 : 東洋紡株式会社、京都大学、東洋建設株式会社、
太陽工業株式会社、大阪産業技術研究所
利用施設 : 自社設備(東洋紡: HP DL360 Gen9 クロック3.2GHz)、FOCUSスパコン
計算規模 : 自社設備 16 ノード利用時の計算時間 数時間~十数時間
利用ソフトウェア : 汎用構造解析ソフトウェア Abaqus

Before

- 不燃ごみなどを埋め立てる海面処分場に敷設される遮水シートには、埋立による上載荷重が作用します。そのため損傷防止には保護マットとして長繊維不織布が用いられています。
- シートに接する石材の貫入に伴う荷重作用時の厚み変化などの不織布の変形状態やシート・マット間の応力伝達を定量的に評価することは重要ですが、実験的に把握することは困難でした。

After

- 有限要素法(FEM)を用いた非線形構造解析により、荷重作用時の遮水シートと保護マットの変形を高精度かつ視覚的に予測することが可能となりました。
- 荷重作用時の遮水シートの厚みを解析評価することにより、損傷しない基準に適合した高耐久遮水シートの開発に貢献できました。

背景と目的

私達の家庭から出たごみ「一般廃棄物」や事業活動によって発生したごみ「産業廃棄物」はリサイクルならびに焼却されます。しかし、焼却できない不燃ごみや焼却残さは最終処分場で埋立処分されます。この最終処分場は埋立場所によって大きく2つに分類されます。1つ目は山間部などに数多く造成されている陸上処分場です。2つ目は港湾部に遮水護岸を構築して埋立する海上処分場です。

海上処分場は海面処分場とも呼ばれます。日本は国土が狭いため、海面処分場が活用されています。図1に示すように海面処分場は廃棄物や場内水が海に流出することを防ぐために、外周部を護岸で囲います。さらに護岸の底面や斜面には遮水層が設けられます。この遮水層として取り扱いが容易な遮水シートが利用されますが、遮水シートは基礎石上に敷設するため、石材の突起部で損傷する可能性があります。

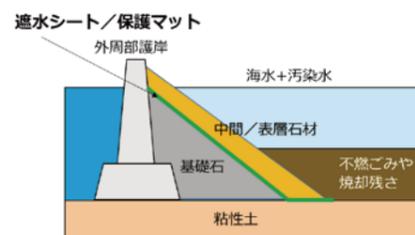


図1 海面処分場の護岸概略図

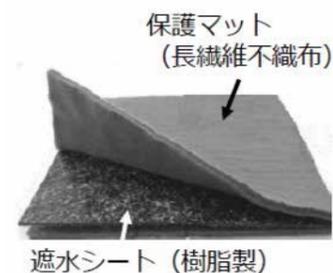


図2 遮水シートと保護マット

そこで、遮水シートの損傷を防止し遮水性能を確保するために、著者らのグループは図2に示すように保護マットを積層することを検討してきました^[1]。遮水シートは太陽工業製であり、保護マットには東洋紡製の長繊維不織布を用いています。保護マットの有効性を確認するためには、石材貫入時における遮水シートの変形状態を把握する必要があります。しかしながら、護岸に敷設した際の遮水シートの変形状態を直接計測することは困難です。そこで、有限要素法(FEM)によって石材貫入時における遮水シートの変形状態の予測を検討しました。この非線形構造解析によって遮水シートと保護マットがどのように変形するか事前に検証できれば、保護マット付き遮水シート(高耐久遮水シート)の積層構成の設計や保護マットの単位面積質量の最適化が可能となります。

利用成果

○保護マットのモデル化

保護マットは長繊維不織布からなるため、圧縮によって繊維同士が接触し、大変形時には非線形かつ急激な荷重増加を示します。図3に単位面積質量の異なる3種類の保護マットに対するASTM D4833で規格される貫入実験の結果と解析結果を示します^[2]。押し込み量15 mm以上の非線形挙動を表現するために、汎用構造解析ソフトウェアAbaqusにて発泡超弾性構成則を持つソリッド要素でモデル化しました。

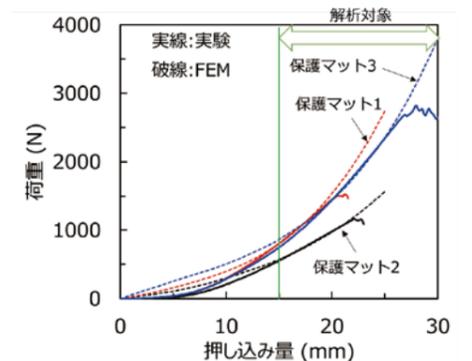


図3 保護マットの貫入特性

○非線形構造解析による遮水シートの性能予測

護岸形成に用いる石材の中でも最も鋭利と想定される模擬石材角による貫入を対象として、非線形構造解析により保護マットと遮水シートの変形状態を予測しました。図4(上)に示すように単位質量面積の異なる3層の保護マットと2層の遮水シートに対して解析を行いました。図4(下)から模擬石材の突起部に応力が集中しており、保護マットと遮水シートが局所的に変形し厚みが小さくなっていることがわかります。しかし、遮水シートの厚みは貫入前が3 mmであったのに対して、貫入後も1.5 mm以上であり、遮水性能を保持することが予測されます。模擬石材を用いた貫入実験においても遮水シートに貫入孔は確認できませんでした^[2]。そのため、解析は実験を再現していることが確認できました。

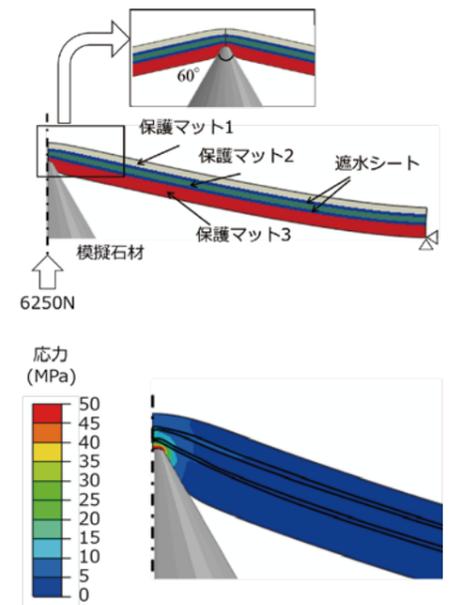


図4 (上) 模擬石材の貫入解析
(下) 模擬石材の突起近傍の応力分布

○まとめ

非線形構造解析により石材貫入時の変形状態を予測し、長繊維不織布からなる保護マットと遮水シートで構成された高耐久遮水シートの開発に貢献することができました。

文責 東洋紡株式会社 住山 琢哉

出典: [1] 磯貝悠美子ら, 繊維機械学会誌, Vol.66, No.6, p.377-384, 2013.
[2] 橋本功ら, ジオシンセティックス論文集, Vol.35, p.46-52, 2020.