

安全で合理的な最終処分場の設計手法を目指して

Toward the Establishment of Design Method for Safe and Rational Landfill

今 泉 繁 良 (いまいずみ しげよし)

宇都宮大学教授 工学研究科

1. はじめに

人の日常生活や経済活動から必然的に発生する各種の廃棄物に関して、近年の3R活動の推進の結果として、最終処分場に投棄される量は確実に減少しつつあるが、最終処分場は必要な施設である。この最終処分場を、周辺住民が納得できる安全な形で設計・施工できる手法を提案していくことは地盤工学者の使命であると考える。

最終処分場の遮水工は、廃棄物中の汚染物質が溶け込んだ浸出液が最終処分場外に漏れるのを防ぐことを保証する重要なものである。我が国では、遮水工として、遮水シート、アスファルトコンクリート、粘性土を二重以上の構造として用いているが、最終処分場が運用された後に生じるかもしれない遮水工の破損に対する住民の懸念は依然として大きい。

筆者らは、この問題に関して、材料の特性を活かし・互いに補い合う構造物体としての設計・施工法、経験と理論との融合による簡略な設計計算法の確立を目指して、幾つかの模型実験を進めてきた。ここでは、遮水工の基盤が不同沈下・局所沈下をしたとき、遮水シートやベントナイト混合土からなる遮水工がどのような挙動をするのかを実験的に検討した例を報告する。

2. 不同沈下に伴う遮水シートの伸び特性評価¹⁾

近年、大都市地域を中心として、海面埋立処分場の建設が進められているが、護岸部およびその近辺に敷設された遮水シートに関しては、埋立地底部地盤の圧縮・圧密によって護岸部と埋立部との境界で不同沈下を生じる可能性が高い。そこで、図-1に示すように、沈下部幅500 cm、奥行き100 cm、深さ100 cm、傾度1:1.5で長さ200 cmの法面を持つ、壁厚20 cmのRCコンクリート土槽の底部に、軟弱地盤と見立てた厚さ1.5 mmの基布入りPVCシート製の水バグを設置し、この水バグの排水によって軟弱地盤の圧密現象を模擬する実験を行った。

水バグ上に、下部鉄板・土嚢袋を敷いた後砂で整正し、「長繊維不織布+遮水シート+長繊維不織布」で構成するシート遮水工を設置した。その上に土嚢袋・上部鉄板を敷いた後、上載荷重として鋼矢板を設置した。なお、遮水シートの表裏には5~50 cm間隔で大変形用ひずみゲージ(YFLA-5)を貼り、不同沈下に伴う遮水シ

トの伸び挙動を計測した。また、遮水シートと上部長繊維不織布の斜面端に荷重計を設置して、固定端張力を計測した。

図-2は、遮水工の沈下に伴う軸ひずみ分布の変化を、LLDPE(直鎖型低密度ポリエチレン)遮水シートとPVC(ポリ塩化ビニル)遮水シートを比較する形で示したものである。図では、沈下量が50~120 mmのほぼ全域で、PVCシートの軸ひずみの方がLLDPEシートより大きい。また、軸ひずみが発生する平坦部方向への範囲は、LLDPEの方が広い範囲で伸びが生じている。これらの結果は、LLDPE遮水シートはPVC遮水シートに比べて、弾性係数が大きく、不織布とシートとの摩擦係数が小さいことと関係していると考えられる。なお、同一沈下量に対する固定端張力は、弾性係数の大きいLLDPEシートの方がPVCシートより大きな固定端張力が発生していた。

不同沈下量が D であるときに発生している最大軸ひずみ $\varepsilon_{\max}$ の簡易評価は、不同沈下部に仮想張力を想定して、摩擦拘束力を受ける遮水シートの伸びを評価する弾性法²⁾に基づき誘導した式(1)を解き、この T_0 を式(2)に代入することで計算できる。

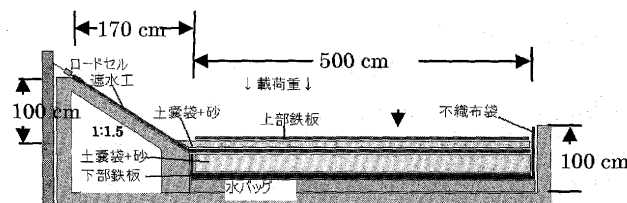


図-1 海面埋立処分場遮水工の不同沈下模型実験装置

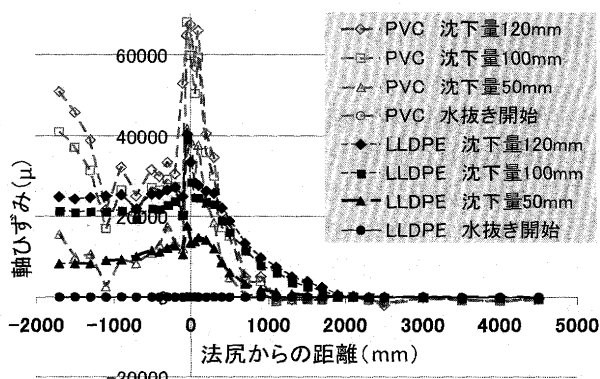


図-2 基盤の不同沈下に伴い遮水シートに生じる軸ひずみ分布の変化

$$D = \frac{1}{E \cdot t} = \left\{ \frac{T_0^2}{2\sigma_{nR}(\mu_u + \mu_l)} + (L_{RL1} + L_{RL2}) T_0 - \sigma_{nL}(\mu_u + \mu_l) \left(\frac{L_{RL1}^2}{2} + L_{RL1} L_{RL2} \right) \right\} \quad (1)$$

$$\varepsilon_{\max} = \frac{T_0}{E \cdot t} \quad (2)$$

ここに、 L_{RL2} と L_{RL1} は斜面部シートの上載荷重の無い区間長と有る区間長、 σ_{nL} と σ_{nR} は斜面部と平坦部のシートに作用する上載直圧力、 μ_u と μ_l は遮水シートと上・下部保護マットとの摩擦係数、 E と t は遮水シートの弾性係数と厚さである。

計算した最大軸ひずみは、LLDPEシートでは実験で得られた測定値にはほぼ対応したが、PVCシートでは過大評価となっており、今後の改良が必要である。

3. 局所沈下に伴うベントナイト混合土層の変形挙動評価³⁾

我が国の粘性土遮水工は、現地発生の砂質土にベントナイトを混合し、厚さ50cm以上に締め固めて使用されることが多い。このベントナイト混合土層の基盤には地下水集排水管が敷設されるが、集排水管周りの土の吸い出し等によって局所沈下が発生すると、ベントナイト混合土層も追従変形を余儀なくされる。このときの挙動を把握するため、図-3に示す幅80cm、奥行き20cm、深さ35cmの鉄製土槽底板の中央50cm部分をジャッキで沈下できるようにした落とし戸装置を用いた実験を行った。

ベントナイト混合土層として、最大粒径9.5mm、細粒分1.3%の碎石砂にNa型ベントナイトを10%添加し、厚さが10cm、締固め度が95%となるように静的に締め固めて作成した。また、ベントナイト混合土層の下面にジオネットを敷設して、ベントナイト混合土層の変形挙動の違いを検討した。実験では、ベントナイト混合土層上に保護砂、エアバッグを設置した後、エアバッグに118kPaの空気圧を送って廃棄物荷重を模擬した。その後、沈下速度が0.5mm/minとなるように手動で落とし戸を沈下させ、落とし戸の沈下量と支持荷重を計測するとともに、亀裂の発生状況をビデオカメラで撮影した。

図-4は、ジオネット無、6.4mmと10mmの格子ジオネットを使用したときの沈下に伴う落とし戸支持荷重、亀裂発生の変化を示したものである。落とし戸の沈下に伴い落とし戸支持荷重が減少する挙動は、沈下開始前は上載荷重全体を落とし戸が支持していたが、沈下とともにベントナイト混合土層内にせん断抵抗力が、またジオネット内に引張り抵抗力が発揮され、上載荷重の一部がこれらの力で負担されることを示している。そして、ジオネット無し(□印)では、沈下量が5mm程度で支持荷重が最小値を示し、しばらくしてベントナイト混合土層下面の落とし戸と固定部との境界付近でせん断亀裂

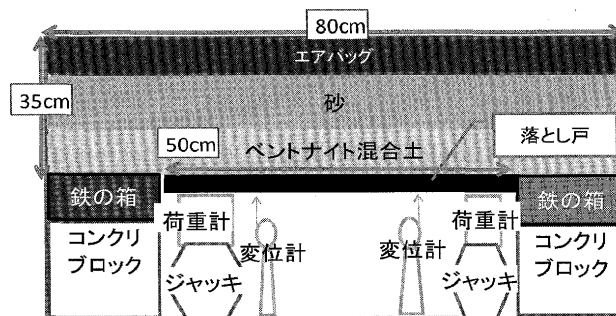


図-3 ベントナイト混合土層の落とし戸実験装置

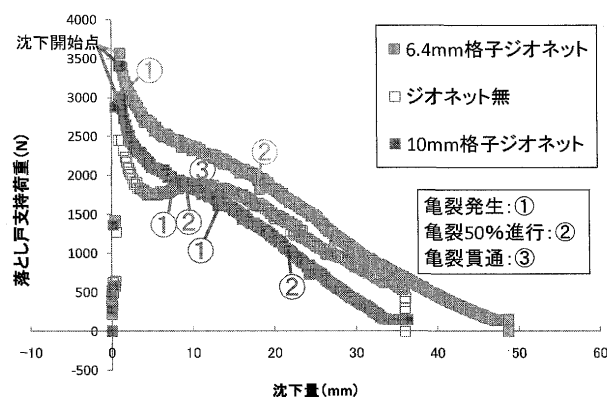


図-4 落とし戸の沈下に伴う落とし戸支持荷重の変化と亀裂の発生・進展状況

が発生した。これは、せん断抵抗力が限界に達したためである。その後、落とし戸支持荷重が増大し、極大となる付近で亀裂がベントナイト混合土層上面まで貫通した。ジオネットを敷設すると、ベントナイト混合土層下面にせん断亀裂が現れたが、ベントナイト混合土層を貫通することはなく、亀裂進展の抑制効果が見られた。

今後、上載荷重、ベントナイト混合土の強度と関係つけた許容局所沈下量評価式を示すことが課題である。

4. ま と め

最終処分場遮水工に不可欠な遮水シートや土質系遮水層の特性を活かした設計・施工法の確立には、実験を行ってその挙動をしっかりと観察・理解し、それを数値モデル化する努力は大切であると考えます。

参 考 文 献

- 1) 今泉繁良・佐塚一仁・工藤賢悟・宇佐見貞彦ほか：不等沈下する基盤上の遮水シートの伸び挙動と固定端張力に関する模型実験，ジオシンセティックス論文集，Vol. 25, pp. 247~254, 2010.
- 2) 今泉繁良・高橋 悟・横山幸満・西形達明：埋め込まれたHDPEジオメンブレンの引抜き抵抗挙動の評価，土木学会論文集，No. 511/Ⅲ-30, pp. 155~162, 1995.
- 3) 今泉繁良・工藤賢悟・金子浩之：局所沈下を受けるベントナイト混合土層の亀裂発生現象とジオネット敷設効果，第21回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集，CD-ROM, D1-7, 2010.

(原稿受理 2011.5.6)