

廃棄物地盤上での超高盛土 ($H=50m$) に関する検討事例—解析および安定対策工法—

廃棄物 斜面安定 盛土

札幌市環境局緑化推進部 片山 修 橋 則行

同 上 武市 毅

株式会社クレアテック ○鄭 光司 渡辺 高之

1. はじめに

近年、全国各地で廃棄物処分場跡地における有効利用の促進に関する検討が行なわれているが、地盤材料としての廃棄物層の工学的な評価や設計手法に関しては、ほとんど明確ではないのが現状である。¹⁾ 本文では、札幌市において廃棄物最終処分場埋立て跡地上に有効利用されている「モエレ沼公園」²⁾ 内で建設中であるモエレ山造成工事に伴って実施した検討内容について大まかに報告する。モエレ山は鉛直高さが $H=50m$ であり、人工盛土としては他に類をほとんどみない半円錐状の超高盛土であり、かつ支持地盤および盛土本体が廃棄物および発生土により構成されていることから、設計・施工においては慎重かつ合理的な検討が要求されている。とくに、廃棄物層や発生土の長期的な安定性を経済的かつ合理的に確保することは重要である。図-1 にモエレ山の概要および地盤状況を示す。

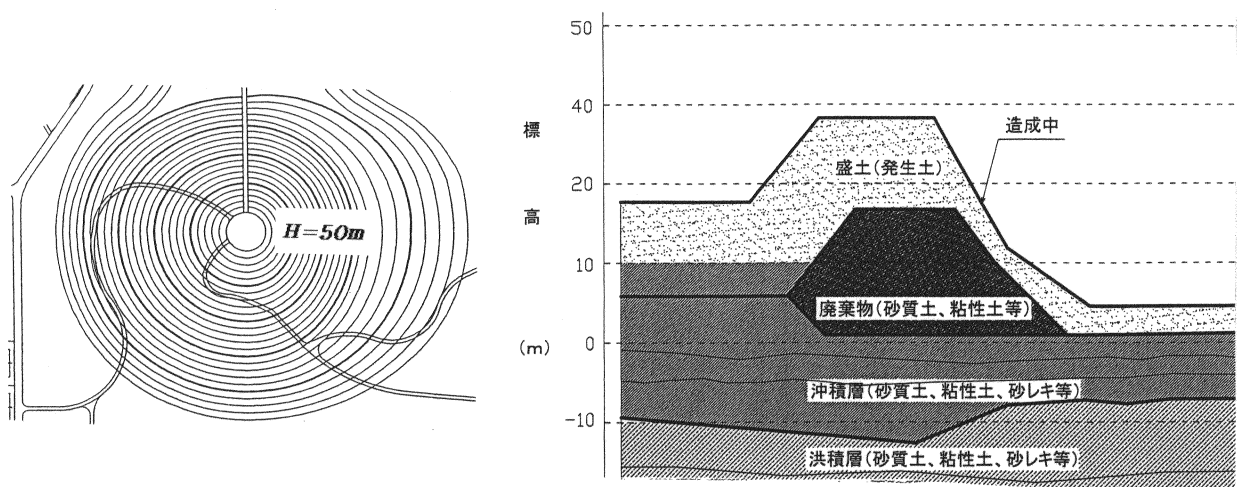


図-1 モエレ山建設工事の概要および地盤状況

2. モエレ山の地盤概要

モエレ山付近の地層は、札幌北部低地と呼ばれる沖積低地に位置しており、豊平川や旧伏古川によって形成された後背湿地や自然堤防などの氾濫原地形が発達している。図-1 に示すように、大まかに4つの土層(上部より盛土層、廃棄物層、沖積層および洪積層)により区分され、このうち廃棄物層(建設廃材や粗大ごみなど)および盛土層(発生土等)は、基礎地盤の上層部およびモエレ山の本体部を構成している。沖積層は砂質土、粘性土の互層であり、現在まで造成されているモエレ山のサーチャージ荷重により、モエレ山直下の部分では若干の強度増加が認められている。最下位に位置する洪積層は、砂質土、粘性土および砂礫層の互層であり、沖積層よりもせん断強度が若干大きい程度である。本公園周辺は周囲を沼状の河川に囲まれていることから、地下水位は高い位置にあるとともに、基礎地盤中の粘性土は部分的に被圧されていると判断される。

3. 検討概要および解析結果

モエレ山は造成規模が非常に大きいことから、本体や周辺土構造物に与える応力・ひずみ変動が著しいとともに、施工中や長期(降雨や地震時)において何らかの変状や崩壊が発生した場合、その災害規模や復旧作業の観点から重大な影響を与えることが予想される。このため、モエレ山の安定性や力学的な挙動を総合的かつ詳細に把握するため、いくつかの解析・検討を実施した。以下に主な解析内容、およびそれに基づき設定した主な対策工法(図-2)について示す。

①安定解析

モエレ山および基礎/周辺地盤を対象とした斜面安定解析を常時および地震時($k_h=0.085$)について実施した。盛土層(発生土等)の強度定数は、土質構成のばらつきを考慮して、造成中の現状斜面の安全率を $F_s=1.00$ と仮定して逆解析により $\phi=29^\circ$ 、 $c=0$ と設定した。廃棄物層を含むその他の地層については、現在までに造成されているモエレ山のサ

Design and analysis of extremely large embankment constructed on waste depositories. : Osamu katayama, Noriyuki Tachibana,

Tsuyosi Takeichi (Sapporo City), Kouji Tei, Takayuki Watanabe (Createch Co.,Ltd.)

一チャージ荷重を考慮して、有効土被り圧に応じて数分割した強度定数を設定した。最終完成形状に対して実施した安定解析の結果、一部の断面において深さ数メートル程度の表層すべり、および地震時に深い底部すべりが発生する可能性が高いことが判明した。このため、表層でのすべりに対してはジオテキスタイル（盛土部）および大径棒状補強材（掘削部）を用いた補強土工法を、底部すべりに対しては深層混合処理工法を適用することにより、計画安全率を確保した。

②変形解析

モエレ山全体および周辺部における今後の応力や変形について把握するため、2次元FEM弾性解析を実施した。解析の結果、モエレ山のり尻位置で最大 $\delta = 35\text{mm}$ 程度の変位増分が生じる可能性があるが、十分に許容値以内であることが確認された。また、のり尻付近で地表面深度18m程度に設置してある既存埋設管の鉛直変位は $\delta_v = 36\text{mm}$ 程度であることから、造成に伴う変状や破損に対する問題は無いものと判断され、盛土造成工事を続行している。

③浸透流解析

モエレ山や周辺部における降雨や地下水流動について把握し、かつ設計・施工に反映させるため、2次元FEM非定常浸透流解析を実施した。本現場サイトにおいては地盤中に各種の廃棄物や発生土などの不均一材料が介在しているため、局所的な水圧増加エリアや地下水流速の急激な変化が発生する可能性がある。解析においては、降雨浸透率を0.3~0.4と仮定し、降雨強度IはTalbot Typeを参考にして標準降雨時および集中豪雨時の2タイプについて設定した。解析の結果、のり尻付近には負の間隙水圧（サクション）が発生する傾向があると同時に、モエレ山の盛土直下に位置している廃棄物層には浸透水はほとんど達しておらず、大部分の降雨はのり面表層付近を集中的に流下していく（ $Q = 10\text{m}^3/\text{day}$ ）ことが確認された。したがって、豪雨時にのり面表層から数m付近の深さで著しいせん断強度の低下や、浸食による進行性のすべり破壊が生じる恐れがあるため、土中水平排水工や縦排水工を一定間隔で設置することにより表面水を速やかに処理するものとした。ただし、全水頭コンター結果図から判断すると、モエレ山内部での間隙水圧増分はかなり小さく、モエレ山自体の大規模な崩壊は降雨そのものが直接的な要因にはならないものと判断される。

④地震時変位解析

地震時における斜面の変位量を定性的に推定するため、補強後の底部すべりを対象としてNewmark法³⁾による解析を行なった。入力地震波（レベルII）としてJMA神戸波形（最大加速度 $\alpha_{\text{max}} \approx 800\text{gal}$ ）を暫定的に用い、 $F_s = 1.00$ に相当する限界降伏震度は $k_{hc} = 0.27$ となった。解析の結果、斜面の剛体的な滑動変位量として $\delta = 3.9\text{m}$ 程度が生じる可能性があることが確認された。モエレ山の造成規模と比較すると、それほど大きな変位量ではないと思われるが、今後、土構造物のタイプや重要度に応じた許容変位量の設定に対する検討が必要と思われる。

⑤その他

その他として、モエレ山造成に伴う基礎地盤での圧密沈下量および液状化の可能性について検討を行なった。解析の結果、今後の造成工事に伴う圧密沈下の大部分は第1粘性土（Ac1）層において生じており、全沈下量は $S = 19\text{cm}$ 程度と小さく長期的な沈下も無視できると判断された。沖積砂質土（As1）層の液状化抵抗率は最小値で $F_L = 1.90$ が得られており、砂質地盤での液状化ならびに水際線（周辺河川）付近での流動化はおおむね生じないことが確認された。

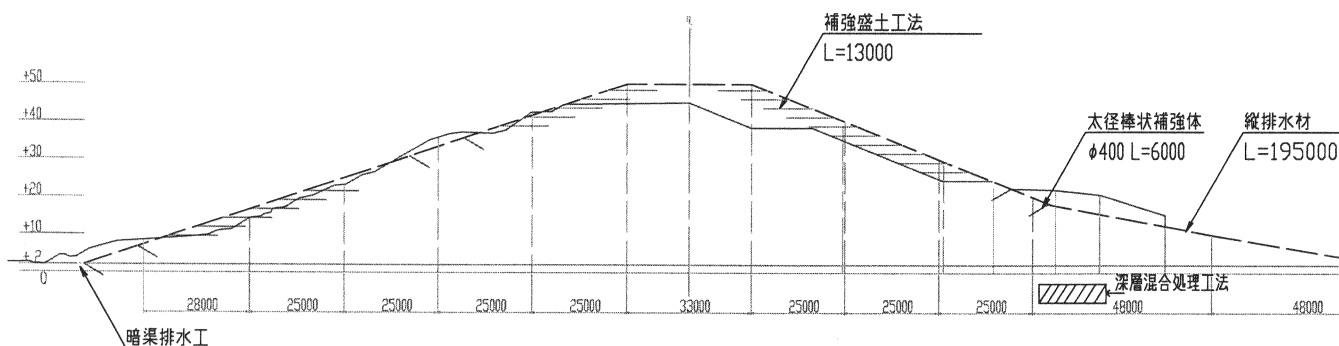


図-2 主な対策工法の概要図

4. まとめ

地盤材料としての産業廃棄物や各種発生土は、性状や分布が極めて不均一であることから、その評価や設計・解析への導入においては不明確な点が多く残されているのが現状である。モエレ山の造成工事に伴い観測される地盤の挙動を、今回実施したいくつかの解析結果にフィードバックすることにより合理的な情報化施工を行なうとともに、廃棄物層の工学的な特性についてのデータを今後も蓄積していくことが重要であると思われる。

- 参考文献 1)講座「発生土および廃棄物の地盤工学的処理と有効利用」、土と基礎、1996年10月~1997年11月
 2)講座「土構造物の景観設計（処分場跡地の景観—モエレ沼公園）」、土と基礎、2002年4月（掲載予定）
 3)Newmark N.M.: Effects of Earthquakes on Dams and Embankment, Geotechnique., No.2.