

公園造成に伴う斜面防災事例（気象・水文・地質条件を配慮）

奥野日出 技術士（建設部門）

1. はじめに

堺市「緑のミュ - ジアム（ハ - ベストの丘）」完成の記憶は未だ新しい。この開園の頃、筆者は引き続き兵庫県M町の農業公園建設の防災担当を携わった。両公園事業は農業振興と併用できる緑地公園広場の整備を目的とし、地域体験学習・レクリエーション・アメニティなどの観点からは同等であり、またプランナ - 及び施工業者も同じであった。

両事業で大きく異なったのは、数十 ha の丘陵地を開発する地形・地質条件（大阪層群の粘土・砂・礫の互層 vs 和泉層群の砂岩・泥岩の互層）であり、切盛り造成計画や防災対策工の実施等は特にこの条件を配慮する必要があった。

ここでは、両公園事業地での地質条件を中心に、斜面防災手法について記述し、工事中の事故発生防止や完成後の斜面安定の検討結果も加えて報告する。

2. 地山条件の比較と問題点

両公園計画地の地山条件と開発中、完成後における斜面災害に関する問題点等を表 - 1 にまとめた。

表 - 1 . 公園造成に関する諸要因対比表

事業名称	緑のミュ - ジアム (ハ - ベストの丘)	Fパ - ク (Eの丘)
事業場所	大阪府堺市	兵庫県M町
地質構成	大阪層群(粘土・砂・礫)	和泉層群(砂岩・泥岩)
地質の特徴 (丘陵地)	硬い粘土・締まった砂・礫 地層の傾斜は水平ないし緩 傾斜。	硬い塊状砂岩・脆い層状泥岩 地層の傾斜10 ~ 20°南
地形・構造	痩せ尾根浸食地形 斜面・開析谷の方向ランダム 起伏量小(比高20m以下) 明確な断層無	凸型分離小丘・構造谷地形 南向き斜面で流れ盤 起伏量小~中(比高40m) 明確な断層無
災害履歴	特になし	昭和63年の豪雨で地すべり
造成前の斜面	小規模浸食崩壊・根曲がり 等	隣地の大規模岩盤すべり(対 策済み)・砂岩落石崩壊・浮 き石型崩壊
造成上の 問題点	谷部の軟弱地盤が厚い。 切土斜面の差別浸食。 切り盛り造成による地下水 流動の異変。	大規模切土工事中の斜面崩壊 (泥岩層すべり)と造成後の 安定勾配 流域の水収支予測

同表より、両地区では地山条件や斜面災害に関わる因子など殆ど共通するところがないことが分かる。

防災地質的観点では、緑のミュ - ジアムの方が斜面災害素因が少なく、また予測される災害発生の規模も小さい。すなわち、大阪層群の地山は固結度が高く、層理面が不連続面となって地すべりを起こすことが殆どなく、また盛土施工においても良好な締固め特性が得られた。一方、和泉層群では、層状泥岩が層理面で剥離性が顕著で風化により脆弱化していたため、容易にすべり面となり、切土中に層すべり起こす可能性が高かった。また塊状砂岩には雨水浸透が容易な節理が発達し、径 50cm 前後の転倒崩壊が随所に見られた。

3 . 斜面防災の検討

3-1.大阪層群の切り盛り斜面（緑のミュ - ジアム）

当地では切土工事中で見出された地下水脈以外は、特別な地下水対策は必要なかった。ただし、流出解析により調整池、盛土斜面下の排水対策工は完備された。

切土斜面（1:1.5）では当初より、粘土・砂互層での差別浸食が予想されていたため、種子吹き付けによる法面保護工がなされた。最も懸念されたエリアは高盛土部と接する痩せ尾根自然斜面の浸食崩壊であり、高盛土による地下水上昇が自然斜面へ流出することを防止するため、盛土谷部へ流下する暗渠排水工を十分設けた。

切土工事中の一部に多量の湧水があった。その近傍には、南北走向の小断層が発見され、小規模な斜面崩壊も見られたが、排水工と抑え盛土などで対策がなされた。

盛土斜面の造成で問題となったのは谷部の軟弱地盤であり、地盤改良ができる深度まで不良土を除去して盛土が造成された。

3-2.和泉層群の切り盛り斜面（Fバ - ク）

切土の大半は、凸型地形の分離小丘より約 20 万 m³ 風化土の搬出が予定された。当地形は、当初背面の地山から離れた深層地すべり（延長約 250m、幅 300m、最大層厚 30 m）が想定されたが、ボーリング調査と物理探査を統合した結果、分離小丘は東西走向の背斜構造であることが判明し、深層地すべりは否定された（図 - 1）。しかし、切土工事（安定勾配 1:5）を行うには、工事中に斜面崩壊を起こさないよう、降雨 - 地下水関係を調べ、また集中豪雨に対する工事中の警報指針を設定する必要がある。

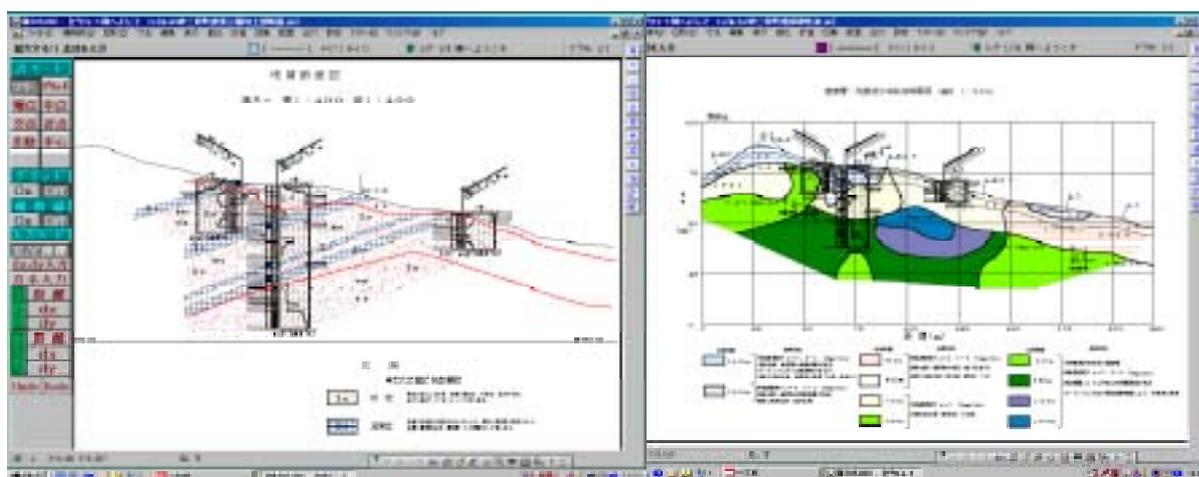


図 - 1 . 和泉層群切土部の地質解析断面図

切土斜面の防災対策指針は以下のとおりである。

切土は短期の所要安全率 ($F_s=1.2$ 以上)を得た上で、頂部側からすべり力を低減させな

が行う。また、その工事は少雨期間で完了させると共に集中豪雨に対する警報・避難基準を設定する。

当地山は、深部の塊状砂岩層に至り背斜構造の応力変形を受けて亀裂度に富み、湧水もみられるため、切土後には排水対策と浸食防止の緑化を行う。

盛土斜面は分離小丘の両縁に 1:1.8 勾配で計画するとともに、流出解析を経て表面排水工と谷底地下排水工（暗渠工）、布団籠工を設けた。

この結果、平成 13 年 4 月 F パ - ク（E の丘）の施工は無事完了し、開園された。

4 . 斜面崩壊予測のための気象・水文情報収集の必要性

F パ - クは昭和 63 年 6 月 2,3 日の集中豪雨（有効累積雨量 255mm、最大時間雨量 20mm）により、切土工事中に幅 150m、長さ 100m、厚さ約 7m 前後の岩盤地すべりが発生し（図 - 2 に当時の降雨強度のスネ - ク曲線を示す）、その対策工事費（抑止杭・アンカ - 工・排水工など）は約 7 億円にも及んだ。

今回はその近隣での工事であり、特に切土工事は先に述べた安全な造成手法と集中豪雨を避けて施工することを念頭においた。筆者は、当地域の気象水文情報（約 20 年間）を収集し、解析を行って以下の結論を得た。

・有効累積雨量 100mm が越える月は、6, 7, 8, 9, 10 月に集中し、梅雨期や台風に伴う集中豪雨時には最大 300mm 前後の有効累積雨量がある。

・少雨期を有効累積雨量 100mm 以下で特定すると、12 月, 1, 2 月の 3 カ月間となる。

図 - 2 は、斜面崩壊予測を行うための降雨強度に基づく斜面崩壊領域を示したものである（瀬尾ら 1973）。

青線で区切られた領域は以下のとおりである。

- 領域 : 土砂災害が生じにくい領域
- 領域 : 崖崩れを含む小規模な災害が多い領域
- 領域 : 土石流的な大規模災害が多い領域

しかし、この領域には地表の植生状態や切土行為に対する斜面の不安定性などが考慮されていないので、災害規模に関しては危険側にもなり得る。

図 - 2 に昭和 63 年 6 月に発生した岩盤地すべり時の降雨強度曲線を記入すると、領域に入る。これは小規模崩壊の領域に入ったが、当時植林が伐採され雨水浸透が非常に容易な状態で、しかも切土によるすべり抵抗力が低下していたときに岩盤地すべりが発生したものであり、崩壊規模としては大きいと言える。

従って、領域において工事中の警報基準を設定するため、先に示した少雨期（12 月, 1, 2 月）での過去 20 年間の最大有効時間雨量 r_t と最大有効累積雨量 RE を調べ、スネ - ク曲線を示した。これより、斜面崩壊が生じにくい領域を赤点線で示し、 $r_t=20\text{mm/h}$, $RE=80\text{mm}$ を警報基準値とし、工事中の事故発生防止に努めた。

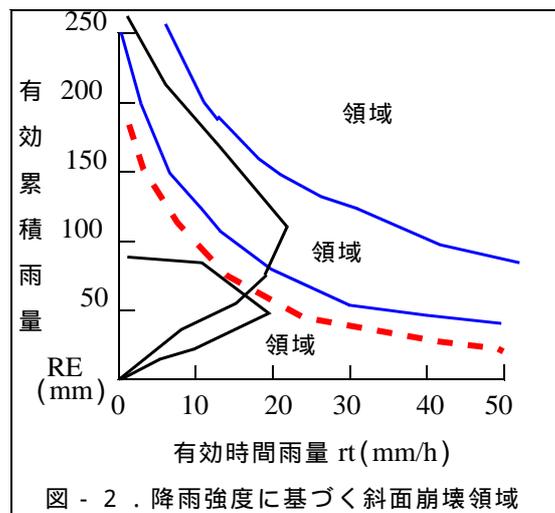


図 - 2 . 降雨強度に基づく斜面崩壊領域

5. おわりに

宅地や公園の開発事業においては、地山条件を明らかにすると共に切土により残る斜面や新しく造られる盛土斜面での安定性評価を十分行う必要がある。切土斜面においては安定勾配はもとより、複数の地層構成のもつ特性（粘土・砂・礫の土質特性、地層の傾き等）やすべり面、節理などの不連続面の有無などを十分把握しておくことが重要である。また盛土斜面では一般に谷部に造成されることから、谷部の軟弱地盤の厚さや土質特性を予め調査し、完成後に有害な沈下や変形を起こさぬよう検討し、流域からの表面排水や地下排水対策なども十分考慮して設計する必要がある。

斜面崩壊には小規模ながらも地山の風化や雨滴浸食による崩壊が長期化するものや集中豪雨による中・大規模崩壊など複数の様式があるが、工事中及び完成後の短長期の安全性を確保するよう必要とされる地質・水文・気象情報を得て解析検討を十分行うことが不可欠である。

（謝 辞）

本報文をまとめるに際し、大阪府立大学大学院環境情報工学研究室、小山修平教授、同志社大学工学部、中川要之助助教授の両先生、堺市開発指導課の皆様にはご指導、ご鞭撻、度重なるご助言を賜りました。また北居設計株式会社の技術部各位には数多くの情報を提供して頂きました。ここに厚く感謝の意を表します。

尚、当委員会の資料が今後の開発事業にお役に立てれば幸いに存じます。

平成13年9月28日