

岩盤斜面の掘削に伴う変位挙動観測例

水資源開発公団 正会員 青木美樹
同 上 江口貴弘

はじめに

中古成層・四万十帯基盤に建設中の多目的ダムにおいて、ダムサイト掘削時に法面の変位挙動が発生した。岩盤斜面の掘削に伴う応力解放が誘引となり、変位の進行は最終的に初生地すべりの形態を示すものとなった。本論文では、掘削初期からの変位挙動観測結果に現れた挙動の経過と変位形態について示すとともに、2次元個別要素法による解析結果に基づき推定された挙動の発生機構について述べる。

1. 挙動の経過と変位形態

当該斜面は、ダム堤体基礎掘削に先立ち掘削が行われた堤頂上部法面部であり、安定上大きな問題のない岩盤斜面であったことから安定対策や特別な監視態勢を置かず掘削が開始された。掘削が堤頂標高付近に達したとき、光波による変位観測値に異常が現れたことから、伸縮計・岩盤変位計・孔内傾斜計等による観測を開始した。掘削の経過および光波観測値に現れた変位量の推移を図 - 1 に示す。光波観測の変位量は、掘削が堤頂部標高（EL.568m）に至る直前に大きな増加が現れ、これより下部の掘削時には次第に収束に向かう傾向が見られる。

主断面における孔内傾斜計の変位分布を図 - 2 に示す。上位の孔内傾斜計（BTL-1,BTL-4）では深部の1点を中心にこれより浅い部分が一樣に倒れこむ変位形態を示すが、下位の孔内傾斜計（BTL-2,BTL-5）にはせん断変位が現れている。変位領域は図 - 3 に示す岩盤変位計の観測値とも一致しており、ほぼ図 - 2 に示したすべり面が形成される初期の段階にあったものと考えられる。

斜面は、粘板岩・輝緑凝灰岩・石灰岩・砂岩よりなる差し目構造の層状岩盤であり、崖錐堆積物や風化は薄く地すべりの履歴も認められなかった。ただし、堤頂標高よりやや下部に低角度断層（FL-0）が分布し、上下部の岩盤性状を大きく分けるものと考えられた。

変位挙動の状況は、掘削に伴う応力解放と岩盤の緩みが誘引となり、差し目岩盤の倒れこみが進行した後、FL-0断層および低角度のきれつや節理等に規制されたせん断

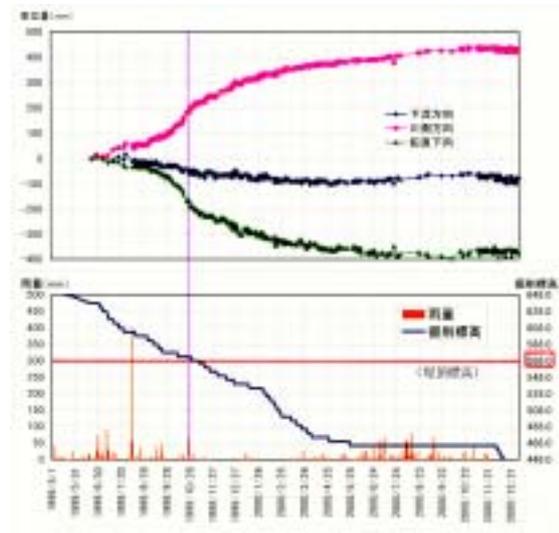


図 - 1 掘削経過と光波測量変位値

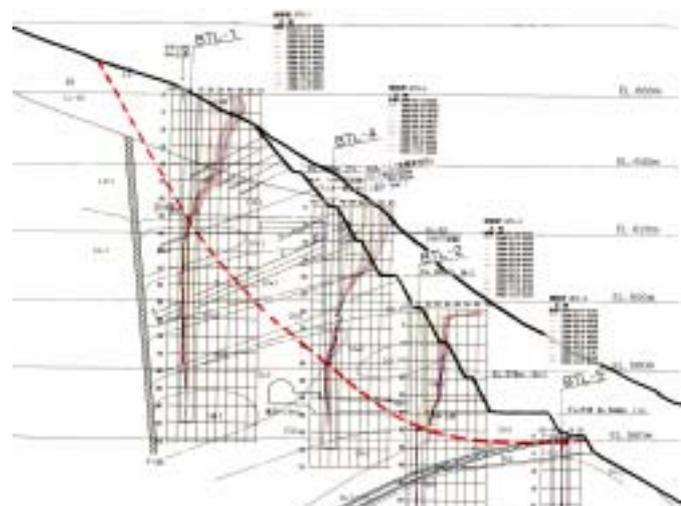


図 - 2 孔内傾斜計変位量図

キーワード：ダム，斜面安定，切土法面，変形解析，個別要素法

連絡先：埼玉県さいたま市神田 9 3 6 (Tel 048-853-1785 Fax 048-855-8099)

が発生し、せん断面が連続してすべり面を形成する過程にあった すなわち、初生地すべりの発生段階にあったものと推定された。

2. 変形解析による挙動発生機構の推定

変位挙動の発生機構を力学的に推定することを目的として、2次元個別要素法による変形解析を行った。解析モデルは図-4に示すとおり比較的広範囲の領域を採り、境界条件の影響を避けるものとした。また、岩盤物性の区分は調査結果を忠実に反映させ、断層以外の領域区分線は設定していない。

解析結果のうち、堤頂標高まで段階的に掘削を行った時点の変位ベクトル分布およびせん断が発生したジョイントの分布をそれぞれ図-5および図-6に示す。斜面下部方向への変位が現れた領域および連続したせん断が生じている領域は、いずれも孔内傾斜計に見られた変位発生領域にほぼ一致している。

解析は小段ごとの掘削を再現するようステップを追った除荷を行っており、この過程で徐々に変位領域が深部に拡大していくが、堤頂標高直前から堤頂に至る除荷ステップにおいて変位量の増加および変位領域の拡大が著しい。この部分の掘削が斜面の安定性に大きく影響したことが推定され、観測結果にも一致している。

解析結果より、変位挙動の発生機構として、掘削に伴う岩盤の緩みと応力分布の変化により岩盤内に分布するきれつにせん断破壊が生じ、これが累積または連続して斜面全体の変形が進行したこと、およびFL-0断層周辺でせん断は地質走向に沿って地表方向に向かいすべり面の形成に至ったことが推定される。

おわりに

岩盤斜面の掘削に伴い初生地すべりの形態を有する変位挙動が発生したことから、観測結果の整理と変形解析によりその発生機構を推定した。挙動発生後、現地においては応急対策としての押え盛土とその後の恒久対策としてのPCアンカー工が実施され、安定が回復し挙動は収束した。今回の観測例や他の事例を基に、岩盤内の潜在的な不連続面を素因とし掘削に伴う緩みや応力変化を誘引とする変位挙動について、その発生の有無や変位形態を解析により予測する系統的な手法をさらに検討していきたい。

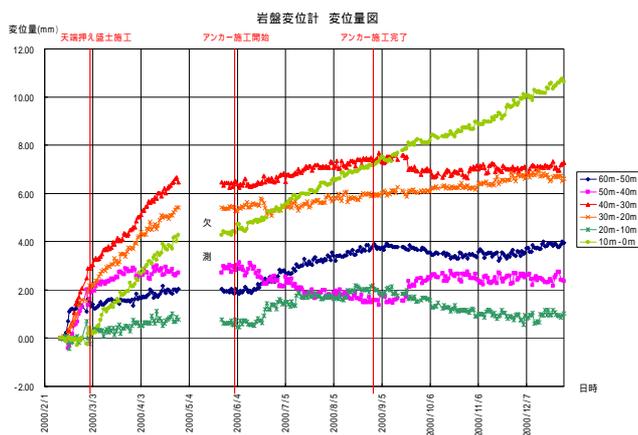


図-3 岩盤変位計変位量図

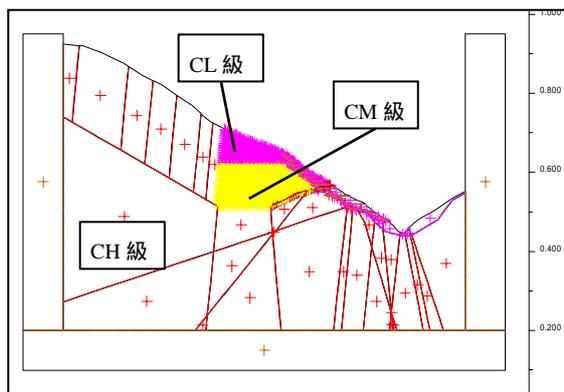


図-4 解析モデル

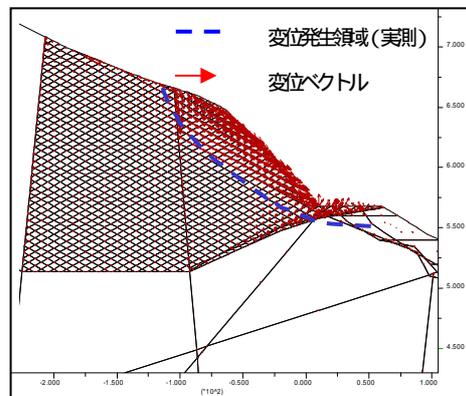


図-5 解析結果 - 変位ベクトル図

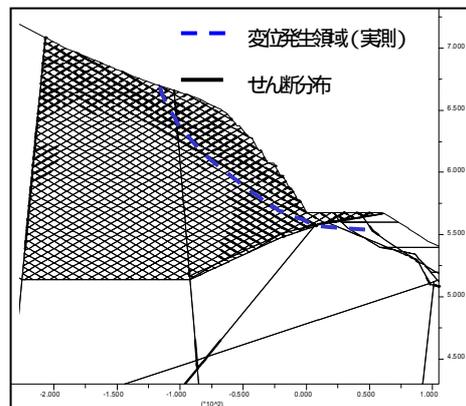


図-6 解析結果 - せん断変形分布図