東海道線沿線における地すべり対策工の実施と効果の検証

東海旅客鉄道株式会社　正　○加藤　千博　　山田　英機
同　　森　　正博　　石川　真己

１．はじめに

地すべりが発生し鉄道線路にも影響を及ぼした。本稿では、地すべり発生直後からの計測監視と地すべり機構の解明および対策工を施工するとともに、その後の計測監視により追加対策工を施工し地すべり挙動を収束させたので、その内容と結果を報告する。

２．地すべり概要

本現場は，東海道線沿線の左側斜面である。最初に軌道検測車により20mm の通り狂いが確認された。また線路近傍の排水こう斜面側土留壁(練石積)の破損が確認された。更に斜面内部を調査したところ、既設の組立て式及びコルゲート式表面排水こうの殆どが破損し、斜面表面では「ひび割れ・土塊の隆起」並びに倒木等の変状が確認された。直ちに監視・観測体制(表 1・図 1)をとったが変状が増加傾向であったため、運転保安を鑑み列車徐行、降雨・地震時の警備体制を敷いた。観測データより線路近傍では地すべりの影響を受けているものの線路近傍と斜面上部の土塊の移動速度が異なっており､地すべり土塊全体が同時に動いていないことが判明した。すなわち線路近傍より斜面上部の移動速度が速く、当該部位を移動土塊とすると線路部の盛土自体が影響を受けているものの比較的安定体とした抵抗体と考えられた｡地下水位は線路より上部で GL-0.7～2.5m であるのに対し、線路盛土部付近では GL-6.3～8.1m であった。また地すべりブロックは地すべり幅に対する斜面長が７倍あり一般的に言われる３倍を超えた国内で例を見ない形態であると考えられた。その後の詳細な地表踏査における土塊の隆起、クラック形態より３組の圧縮・引張領域が確認され各々を地すべりブロックとすると一般的な形態であることが判明した(図 2)。

表１　観測項目

項　目	収集データ	箇　所
地すべり計 S	表 層 土 の 変 位	６ 箇 所
孔内傾斜計 K	すべり面の変位	９ 箇 所
水 位 計 W	地下水位の変位量	７ 箇 所
地 表 踏 査	立 木 等 の 変 状	全　　体
軌 道 検 測	静 的 ・動 的 狂 い	１４５m
構造物変状	石 積 ・土 留 変 状	各1箇所

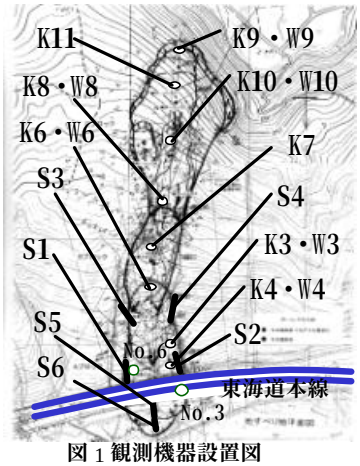

図 1 観測機器設置図

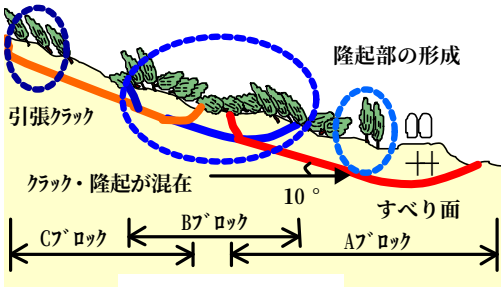

図 2 地すべり形態

３．地すべり機構の解明

(1)基盤地質

本斜面の基盤を成す地質は新生代古第三紀瀬戸川層群の泥岩であり、これを高標高部で第四紀更新世の牧の原礫層(標高 160～180m に分布)が覆う。この泥岩は応力開放されると粉状になる軟質なものであり、さらに構造運動の影響を受け割れ目が発達するため非常に脆弱な性状である。基盤地質に加え、流れ盤構造及び集水地形という素因に降雨を誘因として間隙水圧の上昇を招いたと考えれる。

(2)すべり面深度の特定

斜面内で 9 箇所のコア観察および孔内傾斜計のデータを分析したところ、すべり面の形状は全体的に浅く(5～9m)、直線的で長い(350m)形態であり、約 10 ° の傾斜角を成していることが判明した。

(3)活動のメカニズム

観測データ、地表踏査結果より以下のとおり地すべり機構を解明した(図 3)。すなわち①斜面頭部の引張領域における土塊の移動によりクラックが生じ浸透しやすくなる。②土塊の移動によりすべり面の土がせん断

キーワード：地すべり，斜面崩壊，間隙水圧低下工法
連　絡　先：〒420-0851　静岡県静岡市黒金町 64　・電話/FAX　054-284-2234

され強度が低下する。③すべり面では土粒子が飽和状態であり土圧による間隙水圧が高い状態となる。④降雨によるクラックからの浸透水によりその水頭に相当する水圧が地すべり土塊に作用する。⑤飽和状態のすべり面全体に水圧として伝播され地すべり土塊が活動し易い状態となる。

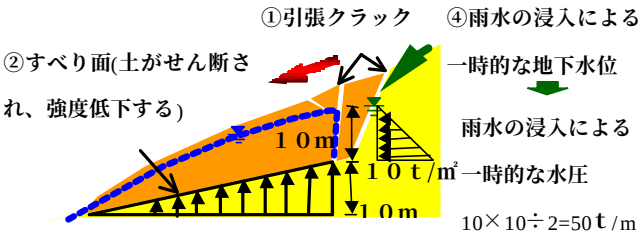

図３　地すべり機構模式図

(4)土の特性

斜面を構成する土について繰り返し一面せん断試験を実施した。その結果､残留強度より土のせん断抵抗角 18 ° がすべり面傾斜角 10 ° を上回ることから、間隙水圧を排除することによりすべり面の残留強度で土塊の移動を抑制できる可能性を確認した。

(5)対策工の検討

地すべり機構の解明と並行して対策工の検討を実施した。①間隙水圧低下工(集水井、横ボーリング工、表面排水工)、②地形変形工(押さ盛土工、頭部排土工)、③抑止工(杭打ち工)の 3 案を検討したが、活動のメカニズム、土の特性試験結果より①間隙水圧低下工法を選択することとした。なお、③抑止工は①を施工後効果が不十分と判断した場合に施工を検討することとし、②はすべり面が浅く直線的であり頭部の部分的な排土では効果が期待できないため採用は見送った。

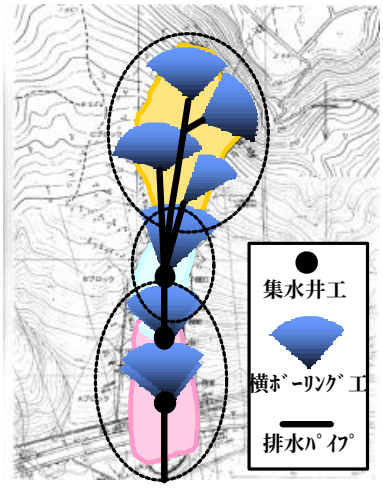

図 4 対策工配置図

４．対策工の施工と効果

集水井と横ボーリング工を組合せた集水井工を 3 箇所と横ボーリング工を４箇所施工した(図 4)。

対策工設置後の降雨と集水量を調査したところ、集水量が雨量と連動しており、土塊に浸入した雨水を速やかに集水していることを確認した(図 5)。また地すべり活動に対する効果を確認したところ、地すべり計、孔内傾斜計のデータより土塊の移動がほぼ収束した。特に最も降雨と連動していた地すべり計は累積移動量 778mm でほぼ収束した。地下水位についても W6 水位計で集水井完成後約 6.0m の水位低下が観測された。斜面の地すべりに対する安全率の変化を検証したところ、対策前の安全率 0.95 に対し対策後は 1.33 となり計画安全率 1.20 を上回った(図 6)。

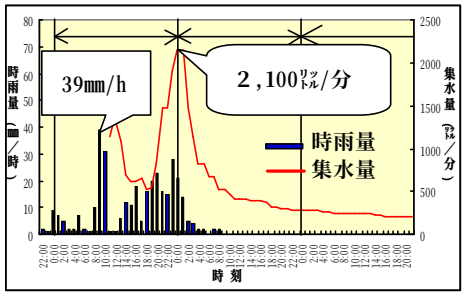

図 5 降雨と集水の相関

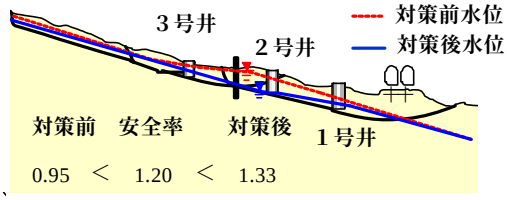

図 6 対策前後の水位と安全率

その後第 2 次対策として表面排水工の整備を行うとともに継続的なデータ観測による地すべり箇所の監視を実施したが、部分的に土塊の移動が増加傾向の箇所が確認できたので、第 3 次対策として横ボーリング工 1 箇所を追加施工した。当該箇所については累積変位量 859mm で収束するとともに、ひずみ速度も 10^{-9} レベル以下の日常的に問題のないレベルの範囲に収まっている。

観測開始から約 2 年で 3,500mm 以上の累積降雨量を経験したが第 1～3 次までの対策工完了後、地すべりによる土塊の移動は収束している。しかしながら今後とも定期的な観測体制を継続していき、災害の未然防止に努めていきたい。末筆にあたり多大なご協力を賜った関係各位に感謝の意を表します。