

③-5 降雨の影響を考慮した道路土工構造物の耐震設計・耐震補強技術に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：地質・地盤研究グループ

（土質・振動）

研究担当者：佐々木哲也、加藤俊二

【要旨】

本研究は、事前降雨等の影響が耐震性に大きく影響すると考えられる道路盛土等の道路土工構造物を対象として、地震時挙動・耐震性に及ぼす事前降雨等の影響の定量的な評価、耐震性照査手法の検討、および合理的で経済的な耐震補強法を検討・提案することを目的として実施するものである。平成 24 年度は、降雨等による盛土内の水位変化を把握することを目的に、東北地方太平洋沖地震において被災した谷埋め道路盛土の復旧箇所において盛土内水位観測システムを設置し、降雨等による盛土内の水位変動について調査を行った。

キーワード：道路盛土、水位変動、現地観測、排水効果

1. はじめに

近年の地震等において、事前降雨が影響したと考えられる道路盛土等の道路土工構造物の被害により、長期間にわたり道路全体の交通機能を大幅に低下させ、社会問題を引き起こした。このため、道路土工構造物においても耐震性の向上が急務となっている。一方で公共事業費の縮減が求められており、事前降雨等の影響を考慮し適切かつ合理的に道路土工構造物の耐震性を向上させることが求められている。本研究は、事前降雨等の影響が耐震性に大きく影響すると考えられる道路盛土等の道路土工構造物を対象として、変状・被災事例の収集・分析、現地計測、模型実験等を通じて、①道路土工構造物の地震時挙動、耐震性に及ぼす事前降雨等の影響の定量的な評価、②事前降雨等の影響を加味した定量的な耐震性照査手法の提案、③既往の経験・実績に基づく仕様規定（標準のり面勾配、排水工等）が有する性能の明確化、④事前降雨等の影響を加味した合理的で経済的な耐震補強法の提案を目的に実施するものである。

平成 24 年度は、仙台河川国道事務所に協力いただき、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震（以下、東日本震災という）において被災した谷埋め道路盛土の復旧箇所において、観測システムを設置して盛土内水位の長期観測を行い、道路盛土の降雨等による水位変動と対策の影響について検討を行うこととした。

2. 盛土内水位の現地観測

2-1 観測箇所の概要

当該箇所は、宮城県亘理郡山元町に位置する丘陵部の谷間に構築された国道 6 号線の谷埋め盛土区間で、大小 2 つの谷埋め盛土からなる。この箇所における近傍震度は 6 強（山元町浅生原）であった。谷埋め盛土全体にわたって路面の沈下、クラック等の変状が確認され、大きな谷埋め部の切盛り境付近から約 50m 区間で盛土崩壊が発生した（写真 1）。



写真 1 崩壊状況

道路構築前の航空写真（写真 2）を確認すると、当該箇所は谷部全体を埋めた道路であり、盛土部背後の丘陵地に農業用水用のため池が見られる。また崩壊部に向かって沢筋が走っており、水の供給元になっている可能性が高い。道路とため池との間の道路用地外部分は、民間開発により埋め立てられており（写真 3）、集水井および

排水碎石ドレーンが複数設置されており、施工当時から地山より大量の水が供給されていた可能性が推定される。写真4は、復旧作業中の崩壊箇所ののり尻部の状況であるが、高い位置から湧水が確認され、湧水の影響から復旧作業中も小規模の崩壊が見られ、盛土内水位が高かったことが推定される。

一方、未崩壊箇所（写真3の下部）では前述のように1車線分が最大で1m程度の沈下による段差は発生したが、崩壊に至っていない。この部分は、写真3からもわかるように遊水池を形成するために両盛土の形状となっており背後地と連続しておらず、崩壊後の現地調査においてのり面からの湧水は見られなかったことから、背後地からの水の供給は少なく、盛土内の水位が低かったことが推定される。

当該箇所は、前述のように水が集まりやすい条件でかつ盛土内の水位が高かったことが要因で地震動により崩壊したものと考えられることから、復旧は排水対策を考慮したものとなっている。図1は復旧断面の概要を示したもので、ハッチ部分が復旧範囲である。また、下段の中央部については現地発生土を現場内で再利用するために、上段ののり面については復旧直後に発生したのり面崩壊（平成24年3月上旬）に対処するために、当初設計では想定していない改良土が使われている。のり面勾配は、のり尻から小段までが1:1.8、小段から路肩までが1:1.5となっており、全面に種子散布工が行われている。いる。背面から浸入してくる地下水に対しては、盛土内の排水を行うため「道路土工-盛土工指針」にあるように、基盤部には基盤排水層礫材を全面に敷設するとともに暗渠管を10mピッチで設置している。また、のり尻部の補強としてふとんかごが設置されている。さらに、小段部および上部のり面中央には幅30cm奥行き2.5mの排水マットが2mピッチで千鳥状に配置されている。

2-2 水位観測システムの設置概要

図2に観測システムの配置図を示す。道路建設前の地形状況および崩壊位置の状況を踏まえ、ため池側の道路脇に1箇所（B-1）および崩壊面内に4箇所（B-2～B-5）計5箇所の自動計測の地下水位計と雨量計1基を設置し、10分間隔で計測を行いWEB上で計測結果を確認できるようにしている。また、現地で設置作業を行っていた時期に小段部のり尻全域から湧水が確認されており、3月ののり面崩壊の発生や基盤排水層上部に改良土が用いられており、盛土上段の水位も常時高いことが想定されることから、月1回の手ばかりによる補助観測を行うため、小段位置に3箇所および盛土両サイドの切盛り境界部に



写真2 道路建設前の航空写真 (1952年米軍撮影)



写真3 崩壊後の航空写真
(2011年4月 Google Earth)



写真4 復旧作業中ののり尻部の小崩壊

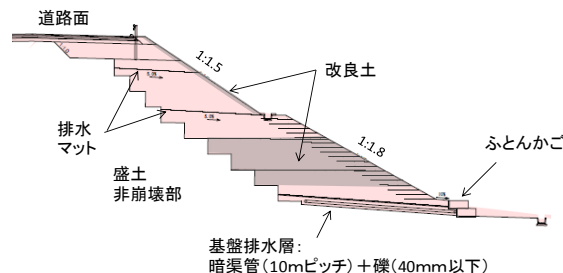
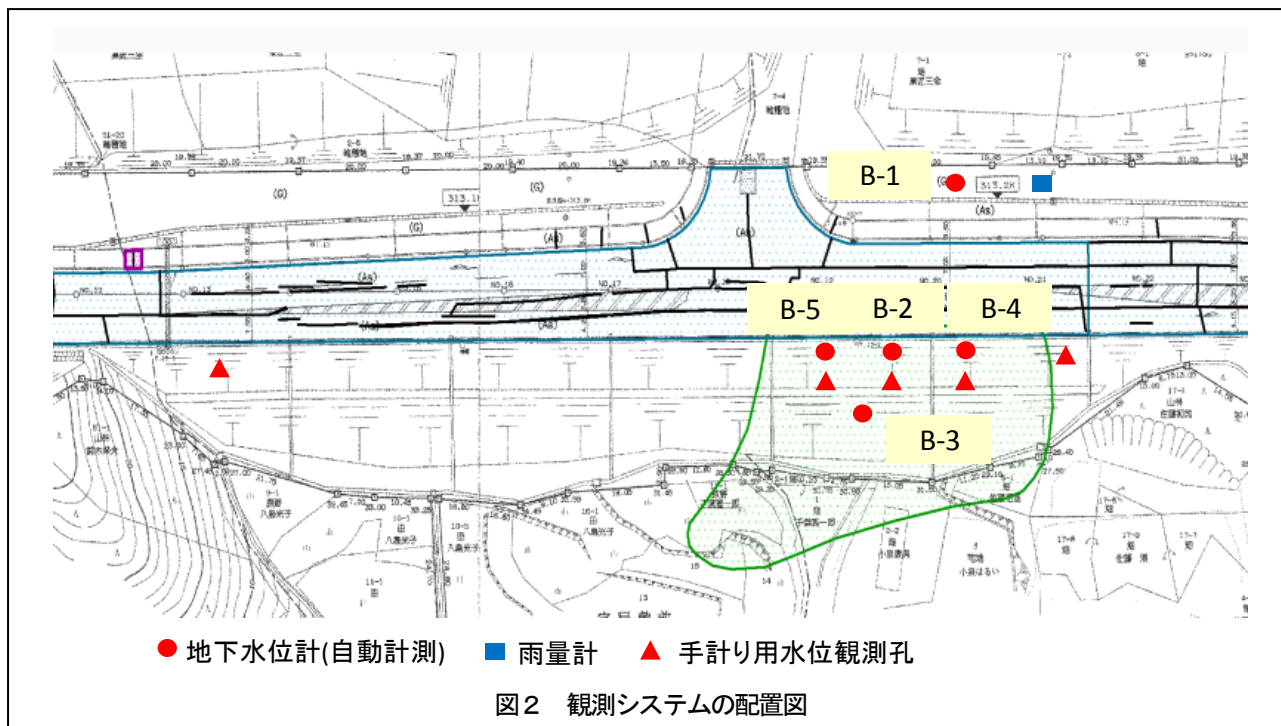


図1 復旧断面図



2箇所観測孔を設けている。

自動計測を行う観測孔の深さは、元地形、旧盛土および復旧後の盛土を踏まえて設定する必要がある、山側(B-1) およびのり肩部(B-2、B-4、B-5)についてはボーリングコアから旧沢部を埋めたサンドマット層が確認できたことからその上面、B-3について基盤排水層の上面から約10cm以上の余裕があるように設定した。

図3に観測孔とサンドマット層との位置関係を示す。山側の観測孔(B-1) とのり肩部の観測孔(B-2、B-4、B-5)のサンドマット層上面を結んだ線(赤線)の勾配の状況からも、沢筋がB-1からB-2の方向に向かって走っているのが確認できる。また、図4にのり肩部のボーリングコアから推定したサンドマット層の形状(旧沢地形)を示しているが、この断面からもB-1~B-2 ~B-3のラインが沢筋に当たることが確認できる。なお、B-2についてはほぼ段切り位置にあたり旧盛土位置にある可能性もあったことから、図面の段切り位置を考慮して復旧後の盛土位置となるように孔底位置を引き上げることとし、観測孔B-5の孔底位置に合わせることにした。

2-3 水位観測結果および考察

図5に自動計測システムでの地下水位および降雨量の平成24年度の計測結果を示す。計測期間は平成24年6月1日~平成25年3月31日で、R-1 およびB-1~B-5は、図1で示した箇所の雨量計および地下水位計である。

この一年間の降雨状況としては、6月~7月の梅雨時期に48時間累積雨量で80mm程度の雨を2回、9月中旬

に累積

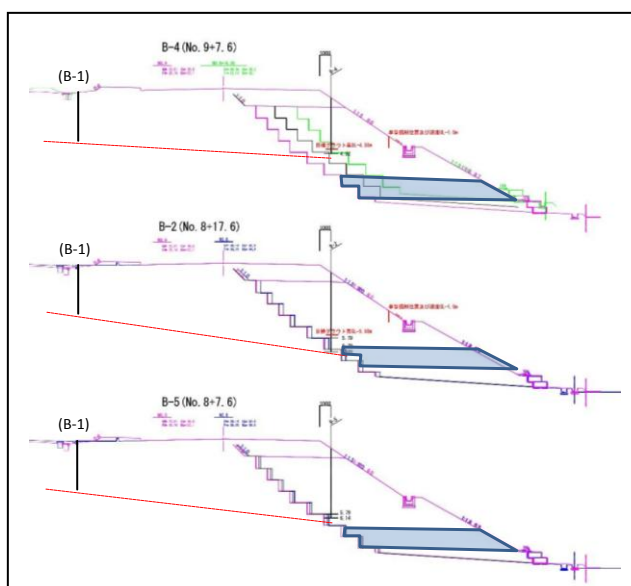


図3 観測孔位置とサンドマット層の関係

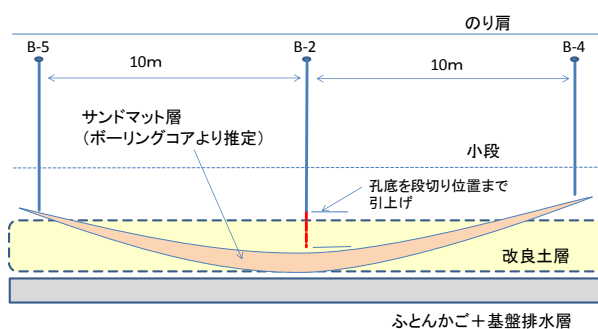
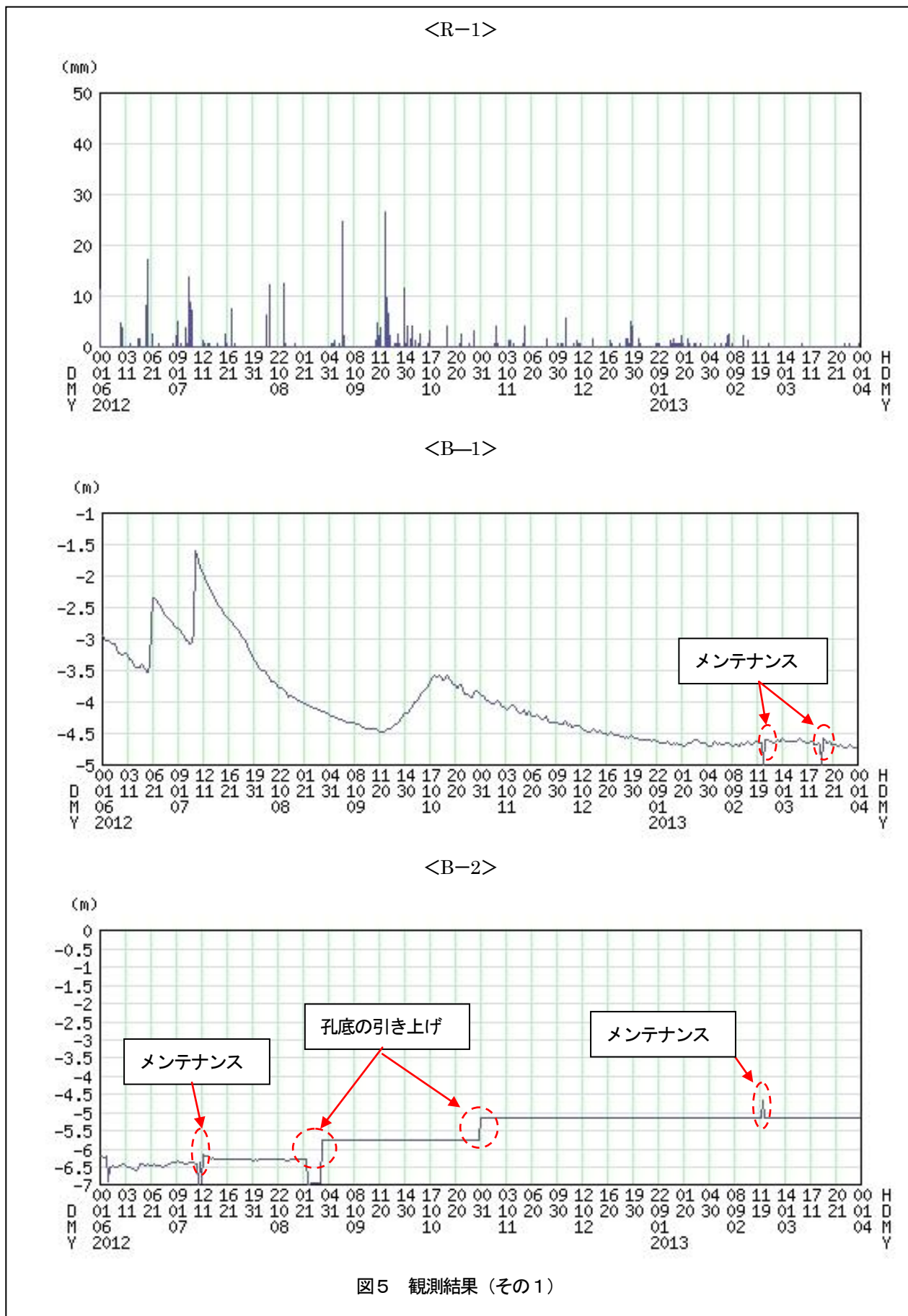
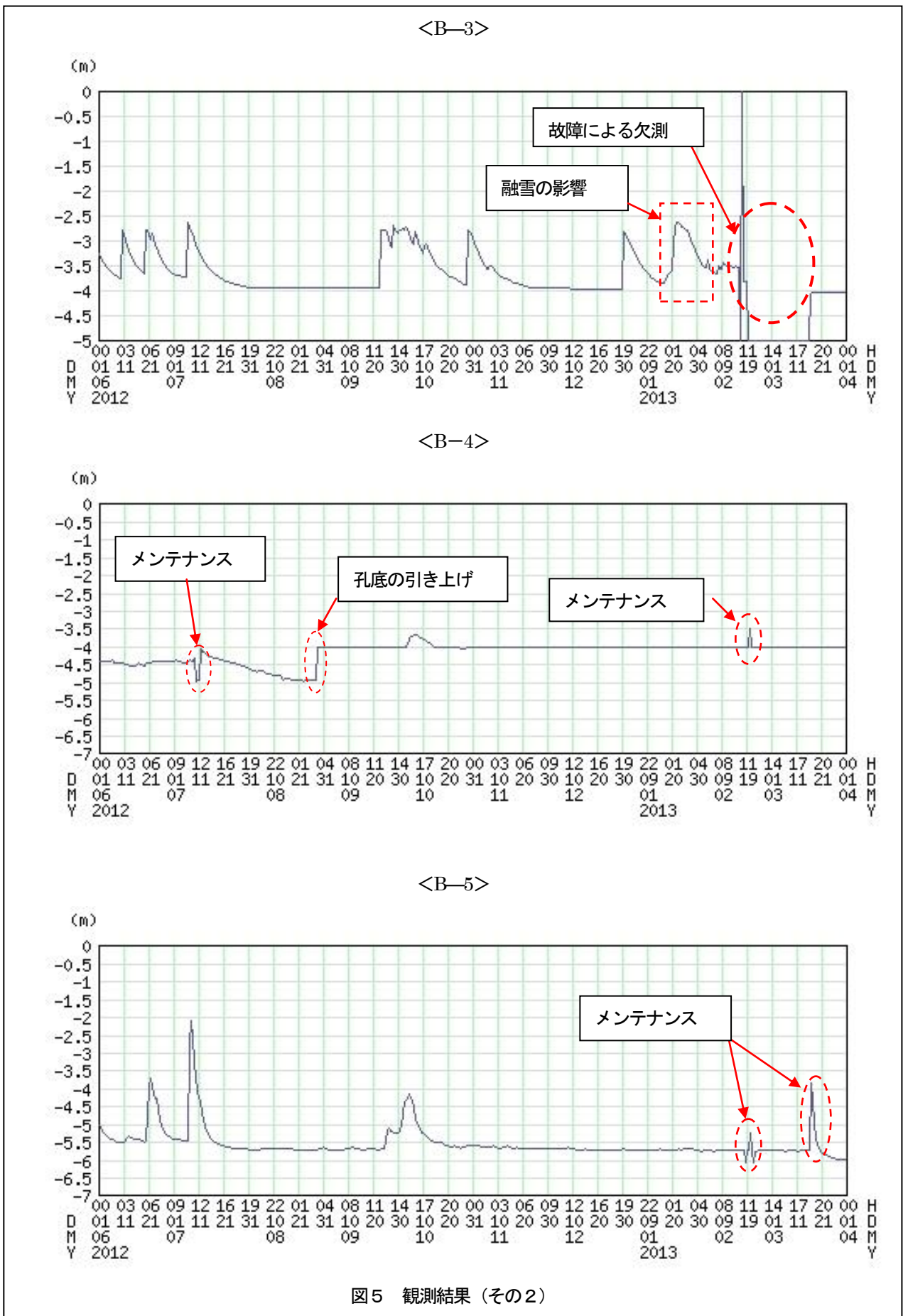


図4 のり肩部のサンドマット層の位置関係





120mm程度の雨を1回経験しているが、それ以外はそれほど大きな降雨は経験していない。過去のアメダスデータを見ると、この地域では48時間累積雨量が200mmを超える雨を年に1回程度経験しており、平成24年度は比較的降雨が少なかった年であった。一方、1月中旬には比較的多量な降雪があり20cmの積雪および融雪が確認されている。

各水位計の観測状況をみると、山側のB-1では前述の比較的大きな降雨で水位上昇が見られたが、もっとも大きな降雨であった9月中旬の降雨では水位の上昇傾向は緩く、元々の地山の水位が低かったことが影響しているようである。水位上昇後の水位低下過程を見ると毎回ほぼ同じような傾向が見られることから、当該地域の水位変動に関して過去の降雨状況から当時の地下水位の状態をある程度推定できるものと考えられる。写真5および写真6に地下水の供給元と考えられる背後にあるため池の水位観測開始前（5月）および秋雨時期後（11月）の状況を示す。観測当初はため池の水位も高かったが、写真6の右下にあるバルブが見える程度まで水位が低下しており、B-1の観測結果でも観測開始時から1m程度の水位低下が起こっていることから、連動しているものと推察される。また、植生境界線が明瞭に見えており、以前は更に高い水位にあったことも推察されることから、大きな降雨後の水位変化にも注目する必要がある。

次に、のり肩部のB-2、B-4、B-5の状況であるが、梅雨時期を見るとB-5で比較的大きな降雨と連動して水位変動がみられたが、B-2、B-4では水位変動は見られなかった。旧盛土部および元の地山を段切りした後新しく盛土を構築していることからその影響も考えられることから、段切り面より上方になるようにB-2、B-4の孔底を引き上げる作業を行った。その結果、9月下旬の降雨でB-4の観測孔でも水位変動が確認されたが、B-2では水位変化は見られなかった。前述の図3、図4で示したように、B-2は沢の中心で厚いサンドマット層がある箇所、B-4は沢の切土側B-5は沢の端部で切土側から見て下流側に位置する。基盤排水層、改良土層、サンドマット層と水位観測孔の位置関係を確認すると、B-2の箇所はサンドマット層がほぼ基盤排水層と連結しており、透水性の高いサンドマット層を通じて地下水が排水されているため、B-4、B-5で反応が見られた降雨でも、水位変動が見られなかったものと考えられる。一方、B-4、B-5の箇所の基盤排水層の位置はもとの地山面より低い位置にあり、特に低い位置にあるB



写真5 5月のため池の状況



写真6 11月のため池の状況

-5の箇所では水位変動が現れやすいものとする。

次に、のり尻部のB-3の状況である。比較的多量な降雨があると水位変動が見られるが、B-3の位置はのり面からの直接の浸透影響を受ける箇所であり、短時間の降雨強度ではなく少降雨でも比較的連続して時間継続のある場合にも反応が見られる。この傾向は特に融雪時にみられ、降雨後の水位減少は下に凸であるが、融雪時の水位減少は上に凸の傾向が見られ、融雪時の盛土内水位への影響が大きいことを確認することができた。

4. まとめ

今年度は、水位観測システムを構築し、盛土内水位の変動観測に着手した。大きな降雨は経験していないが、水位変動の傾向と、融雪の影響についての確認をすることができた。今後は豪雨後の水位変動状況の確認についても期待するところである。また、現地水位観測以外にも排水対策等の効果や、盛土材の含水状態と強度特性の関連についての室内実験等を行い、降雨等の盛土の耐震性への影響や耐震対策に関する検討を行う予定である。

RESEARCH ON THE SEISMIC DESIGNS AND RETROFITS CONSIDERED INFLUENCE OF THE RAINFALL FOR EARTH WORKS

Budgeted : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2011-2015

Research Team : Geology and Geotechnical
Engineering Research Group
(Soil Mechanics and Dynamics)

Author : Tetsuya SASAKI

Shunji KATO

Abstract : This study is carried out for suggesting the quantitative evaluation methods on influence of the prior rain to behavior, quake resistance due to earthquake, and rational and economical seismic strengthening method on road earthwork structures. In 2012FY, it was carried out water level observation in the road embankment that was built on a swamp, and analyzed about relations of the rain and the water level, and the effect of drainage measures..

Key words : seismic designs and retrofits, road earthworks, prior rainfall