

切土法面のジオセルと断熱材を用いた凍上抑制工法の原位置試験

八戸工業大学 正会員 ○橋詰 豊
八戸工業大学 学生会員 小山 直輝
八戸工業大学 正会員 金子 賢治

1. はじめに

北東方に位置する八戸地域は冬期間の気温が低く、降水量も少ない気候である。一方、高館ロームと呼ばれる火山灰質粘性土が広く堆積しており、凍上作用を受けやすい地域特有の土である。切土斜面において積極的な凍上対策工を施されない場合が多いのが現状である、そのため近年、八戸周辺の現地土での凍上の問題が多発し維持管理上の地域的課題となっている。工事施工後、凍上が生じると地盤の体積変化に応じて地盤の密度が低下し、強度劣化が進展する。これにより、斜面表層の力学的安定性は低下し、降雨・地震などにより崩壊する。これらのローム斜面の凍上問題については体系的な知見が多く得られているわけではなく、本研究では原位置での実験施工・計測を通じて、高館ロームの凍上対策工法を開発することを目的とする。

2. 凍上対策工の考え方

地盤の凍上は土質、温度および水分が主要3要素である。切土法面を対象とした場合、土質・水分の要素をコントロールする事は実質的に不可能であるため、地熱の気への熱伝達を遮断することにより地表面付近の土の温度を氷点以上に保ち凍上現象を防ぐ必要がある。従って本研究では地表面に設置するジオセル層に断熱効果を期待し対策工としたケースと、更にその下層に断熱材として発泡スチロール軽量排水材を用いた断熱層を設けたケースについて、層厚・中詰め材の種類を変えたケース実験を行い、その有効性について検討する。

3. 原位置試験の概要

現場の平面図および代表的なケースの断面図を図-1に示す。現場は切土整形されてから30年以上経過した西向きの1:1.5勾配の法面を更に厚さ30cm程度の切土整形を行い、地山を露出させた状態でジオセルを用いた7ケースの対策工を施工した。また、比較のため無対策断面も準備した。試験はジオセルの施工厚さ、断熱材の有無・厚さ、及びジオセル内への中詰め材の種類をパラメータとした。試験施工のケースを表-1に示す。実験の計測項目は各対策工の地

表面の変位（法面方向に7点、各点X（東西方向）、Y（南北方向）、Z（鉛直方向）の3方向変位を測定）と地中温度（面中央位置、対策工仕上がり面からの深さ350mm及び700mm）、対策工の直下（ジオセルと断熱材）の温度、及び近接設置した百葉箱での気温である。無対策断面には中央部にだけでなく法肩部及び法尻部にも温度センサーを設置し、深さ方向についても1050mmに追加した。また、各データのサンプリングはセンサーの時計合わせを行い、プログラムによる30分間隔の計測を行った。地表面変位の計測は、各断面水平方向中央位置に法尻から法肩方向に向かい7点の測量マーカーを設置し、法面近くに埋設した測量杭からトータルステーションを用いて測量し座標を求め、その差分より算出した。地表面変位の観測は2014年12月25日（初期座標）、2015年2月23日（最大凍上量）及び2015年5月18日（凍上融解後）の3回行った。ジオセルの中詰め材に用いた材料は山砂、砕石C-40、及び天然岩石を焼成・発泡製造

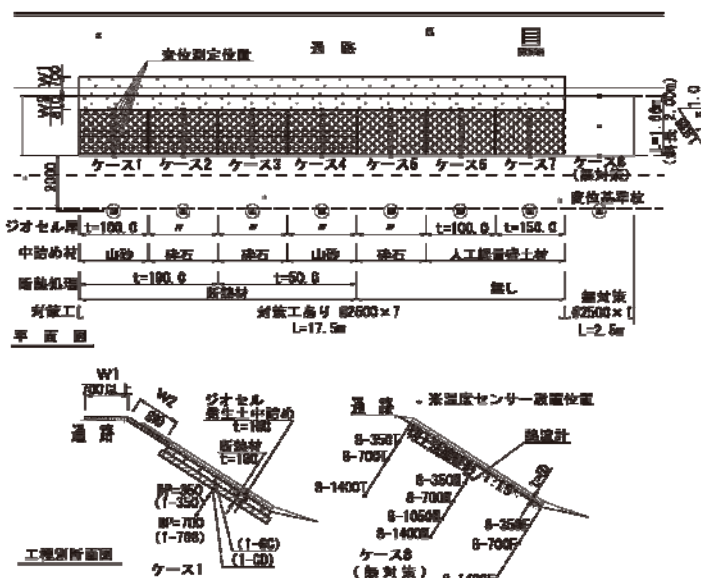


図-1 試験現場平面・断面図

表-1 試験ケース

ケースNo.	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース7	ケース8
ジオセル 施工厚 (mm)	100mm						150mm	無対策
断熱材厚 (mm)	100mm		150mm		無し			
中詰め材	山砂	砕石	砕石	発牛土	山砂	人工軽量盛土材		

キーワード 切土凍上、原位置試験、ジオセル、断熱材

(〒031-8501 八戸市大字妙字大開 88-1) 八戸工業大学工学部地盤工学研究室

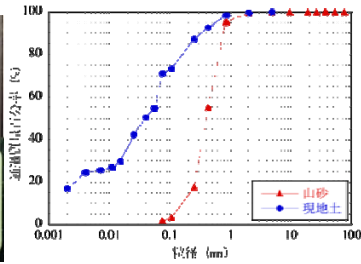
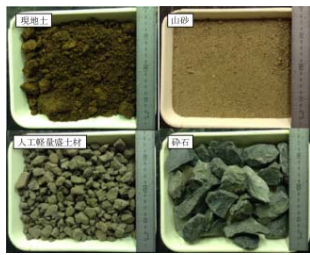


表-2 材料物性値

材料名	現地土	山砂	砕石	人工軽量盛土材	断熱材
最大粒径 (mm)	4.75	4.75	75	19	—
透水係数 (cm/sec)	—	9.19×10^{-3}	6.17×10^{-3}	4.10×10^{-1}	2.0×10^{-1}
単位体積重量 (tf/m ³)	1.223	1.513	1.6	1.1	—

写真-1 用いた地盤材料

図-2 土の粒径加積曲線

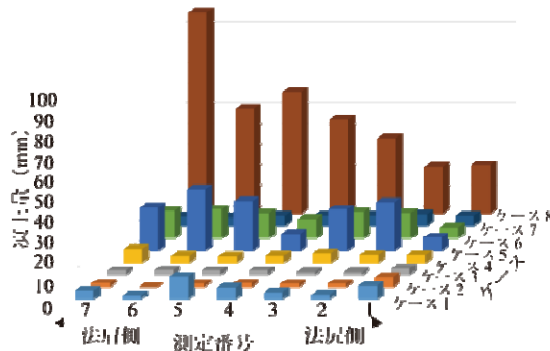


図-3 各ケースの地表面変位

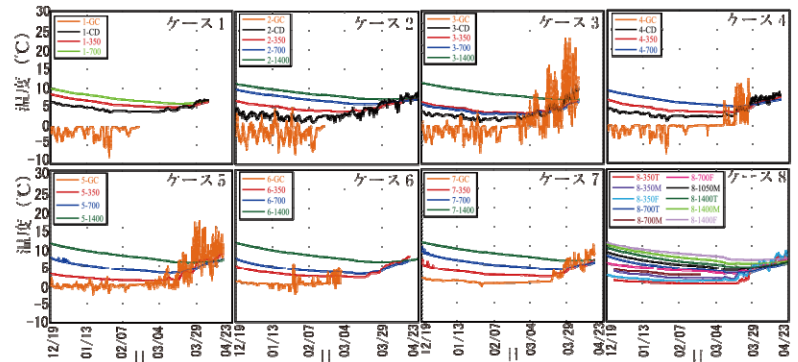


図-4 各ケースの地中温度

した人工軽量盛土材の3種類を用いた。現地土と使用した中詰め材を写真-1に示す。また、断熱材として発泡スチロール軽量排水材を用いた。使用した材料の物性値を表-2に、現地土と山砂の粒径加積曲線を図-2に示す。

4. 実験結果

2014年12月25日（初期状態）から2015年2月23日（最大凍上量）にかけての各対策工の地表面変位を図-3に示す。図は対策工毎に各測量点変位量を示しており法尻から法肩に向かい順に番号を付している。実験ケース1～4はジオセルの下に断熱材を敷設したケースであり、断熱材を敷設していないものと比べ明らかに変位が小さく、断熱材が有効に作用していると言える。断熱材の厚さによる凍上量の差は見られない。施工した断熱材の厚さは50mmと100mmで、結果より本試験条件の様なところであれば50mmもあれば十分に凍上を防止できる。一方、中詰め材種による違いは若干見られる程度である。断熱材がない実験ケース5～8の中では、ケース7の厚さ150mm軽量盛土材を用いた場合で明らかに凍上量が少ない。厚さのみが異なるケース6と比べてもその差は明らかで、多孔質材である軽量盛土材層が断熱層として有効であると言える。

図-4に埋設センサーにより計測した各点の地中温度の結果を対策ケース毎に示す。図中凡例で○-GCはジオセル層直下を、○-CDは断熱層直下を示す。断熱層を敷設した1～4ケースでは断熱層下の地中温度が氷点下になるところは見られず、一番低い温度でも2℃程度である。従ってこれらの

地盤において凍上は生じないと言える。ただし断熱層の厚さの違いを比較すると50mmの方が100mmに比べ2～3℃程度低い値になっている。また、これより薄い厚さが凍上現象の閾値となってくることもわかる。ジオセル直下の違いを比較すると砕石を用いたケース2,3の方が山砂を用いたケース1,4に比べ温度の上下変化が急で大きい。粒子間隙が大きく連続的であるため、外気温を追従しやすいものと考えられる。これに対し、山砂の場合は温度変化がなめらかで振幅も少なく、氷点を上回ることもない。

5. おわりに

原位置試験より断熱材を用いなくてもジオセル厚と用いる中詰め材によっては凍上を防止または抑制できることもわかった。今冬も同じ位置にてパラメータを代えた6ケースの原位置試験を実施している、それらの結果を基に今後は、ジオセルに詰める中詰め材の種類とそれらの熱伝導率を室内実験にて詳細に調べ、断熱材を施工しない場合の凍上作用への影響と断熱材を必要としない対策工法の検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) 黒田修一：第3章 凍上に関する調査方法、凍上対策に関する講習会テキスト、日本雪工学会凍上防災委員会、pp23～40、2006。
- 2) 中山顕、桑原不二朗、許国良：熱流体力学--基礎から数値シミュレーションまで--、共立出版、2002。
- 3) 川村洋、土方邦夫：熱と流れのシミュレーション、丸善出版、1995。