寒冷気候と大型土のうを利用した 高含水比土の改良技術

佐藤厚子¹・中村大²・鈴木輝之³・山梨高裕⁴・川口貴之²

北海道のような寒冷地では、冬期に地盤の凍上現象が発生し、土中にアイスレンズと呼ばれる氷の塊が生成されることが良く知られている。アイスレンズが生成される際には、未凍土側から水分が地表面へ向かって移動していくため、凍土の含水比は高くなり、未凍土の含水比は低下することとなる。本研究では、この寒冷地特有の凍上現象と、ジオテキスタイルの一種である大型土のうを利用して、より安価に、より効率的に高含水比土を改良する技術を開発することに取り組んだ。実施した実験は大型土のうに高含水比の浚渫土砂を投入して放置するという簡便なもので、投入した浚渫土砂の含水比の計測を定期的に行った。その結果、初期含水比420%の浚渫土砂を1年間で含水比140%程度まで改良することに成功した。

キーワード：凍結による脱水効果、凍上、高含水比土、改良、大型土のう

1. はじめに

近年、循環型社会構築への社会的な関心の高まりや、廃棄処分可能な場所が限られつつあることを背景として、建設工事で発生した土砂を強度に応じて土木工事に利用しようという動きが活発である¹⁾。また、資源の有効利用の観点から、含水比が高く軟弱で運搬が不可能な土砂であっても、改良を施し、土木材料として活用することが推奨されている。改良の方法としては、含水比低下、粒度調整、機能付加・補強、安定処理など²⁾があるが、河川や湖沼の浚渫土砂といった細粒土で極めて含水比の高い材料では、これらの方法による改良は高コストとなってしまうため、実際に改良が行われる事例は少ない。

このような背景から、北海道開発局網走開発建設部では、網走湖より浚渫した土砂を排泥池で沈殿保管し、含水比を低下させて改良する取り組みを長期的に実施している。改良された土砂は網走川流域の農地において、客土材として活用されている。図-1に網走郡女満別町の排泥池の様子とその模式図を示す。沈殿保管された浚渫土砂の含水比は、排泥池上面からの蒸発と、底部に設置された有孔管からの排水による脱水で、低減される。このような改良方法を積雪寒冷地である北海道で用いた場合、夏期には気温の上昇や日射の影響を受けて改良が進むことが期待できるが、冬期には低温や積雪等の影響を受けて改良が進まないことが懸念される。冬期においても効率的に改良を行うことができれば、コスト削減の一助となることが期待できる。

(a) 排泥池の様子

(b) 模式図

図-1 網走郡女満別町の排泥池の様子とその模式図

このようなことから、筆者らは北海道特有の寒冷な気候を逆手に取って利用し、冬期にも浚渫土砂を効率的に改良できる方法を開発しようという着想に至った。着目したのは寒冷地において一般に良く知られている地盤の凍上現象であり、これによって発生する水分移動と土の脱水現象を利用する。図-2は寒冷地の冬期における地盤の様子を模式的に表したものである。冬期、気温が低下して地盤が凍結すると、凍上現象が発生し、土中に

¹土木研究所 寒地土木研究所 寒地地盤チーム、主任研究員（〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34）

²北見工業大学 社会環境工学科、准教授（〒090-8507 北見市公園町165番地）

³北見工業大学 社会環境工学科、名誉教授（〒090-8507 北見市公園町165番地）

⁴土木研究所 寒地土木研究所 寒地地盤チーム、上席研究員（〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34）

図-2 寒冷地の冬期における地盤の様子

写真-1 屋外土槽の様子

はアイスレンズと呼ばれる氷の塊が生成される³⁾。土が単純に凍る場合、間隙中の水分が氷へと相変化するだけで、水分移動は発生しない。一方、凍上現象が発生する場合には、未凍土側から地表面に向かって、水分移動が発生することが良く知られている。このため、凍土の含水比は高くなり、その直下の未凍土の含水比は低下することとなる。また、地下からの水分供給が困難な場合には、未凍土は移動した水分量だけ脱水されることとなる。加えて、上述した凍土中に形成されたアイスレンズは春期に融解し、その一部は気温の上昇とともに蒸発して消失することとなる。このような凍上現象が駆動力となって発生する水分移動と脱水効果を利用することで、従来の方法に比べて、より安価に、より簡便に浚渫土砂を改良できることが期待される。

筆者らは、これまでに高含水比の浚渫土砂を屋外土槽に投入して放置し、寒冷気候を利用して改良する実験を行った⁴⁾。この実験では浚渫土砂に対して継続的に寒気を接触させるため、土槽上面の除雪を降雪毎に実施した。この実験の結果、凍上による脱水効果で高含水比の浚渫土砂を改良することが可能であることが確認できた。しかしながら、この方法を実際に適用する場合、屋外土槽を施工しなければならず、このための費用は非常に大きい。そこで、本研究では寒冷気候を利用した脱水方法の実用化を目指して、屋外土槽の代わりに、ジオテキスタイルの一種である大型土のうを用いて浚渫土砂を改良することに取り組んだ。大型土のうを用いた場合、施工時のコストを大幅に縮減することができ、さらに改良後

図-3 屋外土槽の概要図

の運搬も容易になると考えられる。

実施した実験は大型土のうに高含水比の浚渫土砂を投入して1年間放置するという簡便なものである。本研究では土のうに屋根を設置したケースと設置しないケースの2ケースの実験を行い、降雨や融雪水などといった土のう外部からの水分の浸透が、土砂の含水比の低減に、どの程度影響を与えるのか明らかにすることにも取り組んだ。実験に用いた土砂は網走湖から浚渫された後、女満別町の排泥池へ運ばれ一定期間放置されていたもので、初期含水比は420%であった。この浚渫土砂の含水比や、土のう内部の凍結深さの計測を定期的の実施した。本文では、この実験の概要や計測方法の詳細を示すとともに、計測結果について報告する。

2. 屋外土槽を用いた浚渫土砂の改良実験

ここでは、筆者らが過去に実施した屋外土槽を用いた浚渫土砂の改良実験結果⁴⁾について簡単に紹介する。行った実験は、深さ1.5mのコンクリート製の屋外土槽2基に、網走湖で浚渫された初期含水比300%の浚渫土砂を深さ1mまで投入し、この土砂の凍結状況と含水比を2年間にわたって定期的に計測するというシンプルなものである。写真-2に実験に使用した屋外土槽の様子を示す。未凍結期の降雨の浸透が浚渫土砂の含水比変化にどの程度影響を与えるのか明らかにする目的で、屋根を設けたA土槽と屋根を設けないB土槽で実験を実施した。また、冬期間は両土槽ともに、寒気の影響を最大限に与えるため、土槽上面の除雪を降雪毎に行った。図-3にこの屋外土槽の概要図を示す。土槽底部には35cmの厚さで直径

図-4 屋外土槽内の浚渫土砂の鉛直方向における含水比分布および凍結線の位置 (佐藤ら⁴⁾からの抜粋)

10～30cm の砂利を敷設した。これは土槽底部から、浚渫土砂へ水分が供給されるのを遮断するためである。設置した計測機器は、土中温度を計測する目的で地表面から10cm 間隔で配置した熱電対と、凍結深さを計測する目的で設置したメチレンブルー凍結深度計である。含水比はボーリングにより採取したコア試料を厚さ5cm で輪切りにして測定した。

実験に用いた浚渫土砂は、網走湖女満別湾より2005年の秋から初冬にかけて浚渫され翌年の6 月まで排泥池で沈澱保管されていた高含水粘性土である。この土砂を2006 年6 月27日に土槽へ投入した。計測機器や計測方法、浚渫土砂の粒度特性等といった各種の物性の詳細に関しては、佐藤ら⁴⁾を参照されたい。

図-4に2006年6月から2008年6月までの2年間実施した屋外土槽における浚渫土砂の含水比分布および凍結線の位置を示す。ここで示す凍結線の位置はメチレンブルー凍

結深度計の測定値である。

まず、実験1年目、2006年6月から2007年5月までの実験結果について説明する。浚渫土砂投入時の2006年6月27日、約300%であった含水比は、8月29日までの2ヶ月で、表面から深さ30cm付近まで顕著に低下している様子が確認できる。これは、気温上昇によって土中の水分が蒸発し、乾燥したためである。深さ50cm以深においても、50%程度の含水比の低下がみられるが、これは浚渫土に含まれていた水分が土槽底部の砂利層へ排水されたためだと考えられる。ただし、上記のような自然乾燥による含水比の低下はその後確認されず、約3ヶ月経過した11月14日の計測でもほとんど変化がみられなかった。このことは、自然乾燥による含水比低下には限界があることを示唆していると考えられる。初冬の12月14日の計測では、土槽上面付近において大幅な含水比の上昇が確認できる。また、厳寒期の2007年2月20日の計測においても凍結面より上部、すなわち凍土部分で含水比が高く、これより深い箇所すなわち未凍結部では含水比は低くなっている。凍結面より深い未凍結土側で含水比が低いのは、凍上により凍結面へ水分移動（上昇）があったためである。春期の5月31日の含水比分布では、冬期に土槽上面付近へと移動していた水分が、消失している様子を確認することができる。これは、春期を迎えて気温が上昇し、土槽上面付近から水分が蒸発し乾燥したためだと考えられる。以上のような含水比分布の変化はA、B両土槽ともに同様の挙動であり、実験1年目においては屋根の有無の影響は比較的小さかった。1年経過後における浚渫土砂の具体的な含水比は、屋根を設置したA土槽で平均162%、屋根を設置しないB土槽で平均185%である。

次に、実験2年目、2007年5月から2008年6月までの実験結果について説明する。未凍結期、2007年5月31日から約5ヶ月後の10月22日における浚渫土砂の含水比は、屋根を設置したA土槽で平均118%、屋根を設置しないB土槽で平均160%であった。この時点においては屋根の有無の影響が含水比に顕著に表れており、屋根が降雨を妨げ、含水比の低下に寄与していることが確認できた。冬期の2008年2月26日の含水比分布に着目すると、A、B両土槽ともに若干ではあるが、土槽上方において含水比の上昇がみられる。しかしながら、2年目における凍上現象による水分移動は少なく、脱水効果は小さいようである。最終的に2年経過後の2008年6月10日における浚渫土砂の含水比は、A土槽で平均114%、B土槽で平均150%であった。

以上のように、筆者が過去に実施した屋外土槽を用いた浚渫土砂の改良実験では、主に土槽の上部において顕著な水分の移動、含水比の低下が確認できた。これは、屋外土槽の上面が外気と接触していたためである。この実験のように屋外土槽を用いた場合には、外気が接触する面は土槽上面一面のみとなってしまうが、大型土のうを用いた場合には、外気を土のうの底面を除いた全ての面と接触させることができる。これにより、改良をより効率的に行えることが期待できる。

表-1 浚渫土砂の物理的性質

物性値		
土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)		2.285
初期含水比 w_n (%)		420.4
粒度特性	2mm 以上 (%)	0.0
	75 μ m ~ 2mm (%)	12.3
	75 μ m 以下 (%)	87.7
コンシステンシー	液性限界 w_l (%)	229.0
	塑性限界 w_p (%)	126.8
地盤材料の分類記号		(MH)
最大乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)		0.646
最適含水比 w_{opt} (%)		68.8
コーン指数 q_c (kN/m ²)		測定不能

図-5 浚渫土砂の締固め試験結果とコーン指数

3. 実験概要

実施した実験は大型土のうに高含水比の浚渫土砂を投入して1年間放置するという簡便なものである。主な計測項目は、浚渫土砂の含水比と土のう内部の凍結深さであり、これらの変化を定期的に計測した。本研究では特に、大型土のうを用いた場合に、冬期の凍上現象によって、土のう内部の浚渫土砂でどのように水分が移動し、どのように含水比が低下するのかという点に主眼を置いて、実験を実施している。このため、浚渫土砂の投入時期は、冬直前の11月とした。ここでは、本実験の概要について説明する。

実験に用いた大型土のうはポリプロピレン製で、紫外線劣化に対する耐久性に優れ、長時間設置後でも移動・転用が可能な強度を有している。容量は体積1m³で、直径は概ね110cmである。また、生地の透水係数は1.04×10⁻⁴m/s以上である。

改良を試みた土砂は網走湖の浚渫土砂である。網走湖から浚渫された後、女満別町の排泥池へ運ばれ放置されていたものである。ただし、本研究では比較的浚渫後間もない表層付近のものをバックホウで排泥池から採取し、攪拌して均等に馴染ませたものを実験に用いた。筆者が過去に実施した屋外土槽を用いた浚渫土砂の改良実

写真-2 浚渫土砂の大型土のうへの投入の様子

写真-3 実験フィールドに設置した大型土のうの様子

験の土砂とは浚渫時期が異なり、物性値も異なる。

表-1に浚渫土砂の物理的性質について示す。初期含水比は約420%であり、液性限界の約2倍と非常に高く、粒径75 μ m以下がほとんどを占める細粒土である。そのままの状態では締固めが不可能で、コーン指数の測定ができないほど柔らかく、運搬不可能な材料であった。図-5に浚渫土砂の締固め試験結果と締固め試験時の各供試体のコーン指数を示す。図から、一般的な土砂と比較して最適含水比が高く、最大乾燥密度が低い試料であることがわかる。道路土工要綱⁹⁾に示されている超湿地ブルドーザが走行可能なコーン指数は200kN/m²であり、実験に用いた土砂でこの強度を確保するためには、含水比を160%程度まで低減させる必要がある。また、北海道開発局における建設副産物適正処理の手引き⁹⁾に従うと、この程度まで含水比を低減させることができれば、運搬可能な材料と判断することができる。そこで、本研究では含水比160%を改良の目標値とした。

本研究では大型土のうへ浚渫土砂を投入するために、写真-2に示すような、市販品の鉄製の枠を用意した。土砂の投入は、この枠に土のうを設置し、バックホウのバケットで流し込むようにして行った。浚渫土砂の土のうへの投入は、2010年11月11日に実施した。

写真-3に排泥池から運搬後、女満別の実験フィールドに設置した大型土のうの様子を示す。実験フィールドに

図-6 凍結深度計の設置位置および含水比の測定位置

は高さ50cmで礫材による盛土を行っており、大型土のうはこの盛土の上に配置している。礫材は地面から土のう底面への水分供給を妨げるためのものであり、その透水性の高さで降雨や融雪水などを排水する役割も果たしている。また、土のうの設置は、写真に示すように、枠で支持するか、足場に渡した単管に吊り下げて行った。これは、先に述べたように浚渫土砂は高含水比で、土のうのみでは自立できなかったためである。残念ながら施工性は悪く、この点については今後改良を行う必要がある。

本研究では、降雨や融雪水といった土のう外部からの水分の浸透が、土砂の含水比の低減にどの程度影響を与えるのか明かにする目的で、土のうに屋根を設置したケースと設置しないケースの2ケースの実験に取り組んだ。土のうは合計20個作製し、このうちの10個に、鉄板を用いて、写真-3(a)に示すような屋根を設置した。なお、この実験においても浚渫土砂に対して継続的に寒気を接触させるため、屋外土槽で行った実験同様、定期的に除雪を実施している。

図-6(a)にメチレンブルー凍結深度計の設置位置を示す。メチレンブルー凍結深度計は各ケース1個の土のうに、水平方向と鉛直方向の合計2本を設置した。具体的な設置位置は、水平方向が土のう底面から高さ35cmの位置、鉛直方向が側面から55cmの位置であり、それぞれ土のうの中心を通るように調整されている。また、水平方向の凍結深度計については、南北方向を向くように設置している。この凍結深度計を用いることで、凍結期には凍結線（水と氷の境界）が土のう表面から内部へと進行していく様子を、融解期には融解線（同様に水と氷の境界）が土のう表面から内部へと進行していく様子を、目視で確認することができる。ただし、融解時は感度が悪く、誤差が生じやすい。

図-6(b)に含水比の測定位置を示す。ここでは、含水比の測定方法について説明する。まず、土のうを削岩機やスコップを用いて2分割する。この時、切断面は南北方向と平行となるようにした。次に、縦10cm、横10cmの範囲で、可能な限りブロック状にサンプリングを行い、

図-7 女満別町の気象データ

採取した土砂を密封バッグに保存する。サンプリングは1個の土のうに対して、水平方向、鉛直方向の2方向で実施した。その後、採取した土砂を実験室に持ち帰り、乾燥炉で強制的に乾燥させて、含水比を求めた。このような含水比の測定を、定期的に行い、土のうをその都度1つずつ解体していった。このように、本研究では毎回異なる土のうを解体して含水比を求めるという手法を用いているため、個体差による誤差が生じていると考えられる。なお、測定は、2010年は12月2日、12月13日、2011年は1月13日、2月22日、3月16日、4月14日、5月19日、8月23日、11月22日の合計9回実施した。

4. 実験結果および考察

図-7に本研究を実施した女満別町の2010年11月から2011年11月にかけての気象データを示す。ここで用いたデータは気象庁ホームページで公開されているアメダス観測値である。日平均気温は2010年12月中旬頃から0℃を下回り始めていることがわかる。また、日平均気温の低下は2011年2月初旬頃にピークを迎え、4月上旬には日平均気温が0℃を下回ることはなくなっている。

写真-4に含水比測定時における切断面の様子を示す。図中の点線は、凍結領域と未凍結領域、または凍結領域と融解領域の境界を表している。土のうの解体は2010年

写真-4 含水比測定時における切断面の様子

12月2日から開始したが、この時すでに、屋根の有無に関わらず、日当たりの悪い土のう北側の土砂から凍結し始めていることが確認できた。土のうは外気と接触している表面付近から徐々に凍結していき、2011年1月13日には未凍結領域は土のう中心部にしか存在していない。2月22日の解体時には未凍結領域は存在しておらず、土のう全体が凍結していた。3月16日の解体時には土のう南側の土砂が融解し始めていることが確認でき、5月19

写真-5 切断面の拡大写真

日の解体時には土のう全体が融解していた。本研究では黒色の土のうを使用しており、このため、土のう南側は日射の影響を大きく受けたと考えられる。以上のような土のうの凍結・融解挙動は、図-7に示した女満別町の気温変化に概ね従うものである。なお、目視で観察した限りでは、屋根の有無は、土のう内の土砂の凍結・融解には影響を与えないようであった。

写真-5に屋根を設置していない土のうの北側上部の拡大写真を示す。ここでは、土のうの拡大箇所についても図示した。1月13日の写真から、凍上現象によって生じたアイスレンズが確認できる。このアイスレンズは水平な地盤中に生成されるものと異なり、土のうの形状に沿って、角で湾曲するように生成されていた。これは土のうの角が上面と側面から冷却されるためであり、のり面などでみられる、のり肩の凍結深さが深くなる機構⁷⁾と同様である。この写真から、研究当初のねらい通り、寒気を土のうの底面を除く全ての面から与えることに成功していることが確認できた。4月14日の写真からは、融解領域の土砂にアイスレンズによって形成されたクラックを確認することができる。このようなクラックは時間が経過するにつれて閉塞していき、11月22日の解体時には目視観察できなかった。

図-8に土のう内の浚渫土砂の水平方向における含水比分布および凍結線の位置を示す。図-9には鉛直方向における含水比分布および凍結線の位置を示す。図中の実線は含水比を、点線は凍結線を表しているが、解体した土のうと凍結深さを測定した土のうが異なるため、写真-4で示した凍結線の位置とは若干誤差がある。ここでは、含水分布の時間変化について詳述する。

初冬の2010年12月13日の含水比分布から、11月11日の土砂投入時に420%あった含水比は、この時すでに200%程度まで低下していたことが確認できる。本研究ではジオテキスタイルを用いており、この織目がフィルターの役割を果たして土のうから水分のみが排出され、浚渫土砂の自重圧密が促進されたものと考えられる。これを裏付けるように、土砂投入時には土のう表面に水分の染み出しが確認されている。

凍結期の2010年12月13日から2011年3月16日の含水比分布に着目すると、凍結線が進行するにつれて、土のう表面付近における土砂の含水比が高くなっていく様子が確認できる。これは、写真-4に示したように、アイスレンズが生成され、これを含んだ土砂の含水比が高くなった

図-8 土のう内の浚渫土砂の水平方向における含水比分布および凍結線の位置

ためだと考えられる。また、12月13日、1月13日の含水比分布からは、凍結線近傍において含水比が低下している様子も確認でき、これは凍上現象で水分移動が生じ、未凍土が脱水されたことを示す証拠であると考えられる。

融解期の5月19日の含水比分布から、凍結期の水分移動で大きな値を示していた土のう表面付近の含水比が、屋根の有無に関わらず、低下していることが確認できる。これは、表面付近に移動した水分が、融解して蒸発したためだと考えられる。また、写真-5に示したようなアイスレンズによって形成されたクラックは、アイスレンズが融解する際に発生する水分を流す水みちの役割を果たしていると考えられる。これによって排水が促され、含水比は200%を下回る値となっている。この結果は、凍上によるアイスレンズの形成が、春期の気温上昇や日射による土中水分の蒸発を促進していることを示唆していると考えられる。

その後、夏期を経て2011年11月22日に計測された含水比は、屋根を設置した土のうで145%、屋根を設置していない土のうで平均で142%となった。最終的な含水比はほぼ同様の値であり、屋根の影響はみられない。また、最終的な含水比は本研究で目標値として定めた160%を満たす値であり、1年間で超湿地ブルドーザが走行可能な強度であるコーン指数 200kN/m^2 が確保できるまでに、

図-9 土のう内の浚渫土砂の鉛直方向における含水比分布および凍結線の位置

高含水比の浚渫土砂を改良することができた。

加えて、すでに述べたように、屋外土槽を用いて行った実験では、1年経過後で、当初約300%であった浚渫土砂の含水比が、屋根を設置したA土槽で平均162%、屋根を設置しないB土槽で平均185%に改良された。屋外土槽を用いた方法による1年の改良効果を、低下した含水比で表わすと、最大142%である。同様に、本研究で行った大型土のうを用いた方法による1年の改良効果は、最大278%であった。それぞれの実験の開始時期や、実験に用いた浚渫土砂の違いにより、両者を単純に比較することは大変難しいが、大型土のうを用いた改良方法は、非常に効率的であったと推察できる。

最後に、3月16日の鉛直方向における含水比分布に着目すると、屋根を設置していない土のうの最上部における含水比は、屋根を設置した土のうの値に比べて明らかに大きく、初期含水比を超える569%であった。この土のうの解体時には、上部に氷の塊が確認されており、これは土のう上部の積雪が、気温の上昇によって融雪水となり、土のう内部へと浸透して氷結したものと考えられる。このことから、設置した屋根で春期における融雪水の浸透を十分に防ぐことができたといえるが、先述したように、屋根の有無が最終的な含水比に与える影響はほとんどみられなかった。ただし、この実験結果は、本研

究を実施した網走郡女満別町がオホーツク地域に位置し、夏場は低温少雨、冬場は寒冷少雪な気候であることに影響を受けた可能性が極めて高い。降雨量や降雪量が多い他の地域では屋根が有効に働く可能性も十分に考えられることから、今後、この点についてはさらに検討を行っていく必要があると考えられる。

5. まとめ

本研究では、大型土のうと寒冷気候も利用して、高含水比土を改良する技術を開発することに取り組んだ。その結果、浚渫土砂と外気との接触面が増加し、寒冷気候を効率的に利用することが可能となり、初期含水比420%の浚渫土砂を1年間で含水比140%程度まで改良することに成功した。本研究の方法で凍結期以外の効果を定量的に評価することは困難であるが、一見低温や降雪によって含水比低下が見込めない冬期に、凍上現象によって生じる水分移動を利用することで、年間を通じて含水比を低下させることができた。この方法を用いることで、不良土を、安価に、効率的に、さらには簡便に改良することができると考えられる。

また、本研究を実施したオホーツク地域のような少雨、少雪の地域に限っていえば、降雨や降雪の影響は小さく、これらを防ぐための屋根を設置する必要はないことも明らかとなった。

今後は、改良後の浚渫土砂の強度や物性値などについて、追加の調査を行いたいと考えている。

謝辞：本研究を実施するにあたり国土交通省北海道開発局網走開発建設部の関係各位に多大なご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 独立行政法人 土木研究所：建設発生土利用技術マニュアル 第4版, 2013.
- 2) 松尾新一郎：土質安定工法便覧, p217, 1972.
- 3) 例えば, 社団法人 地盤工学会北海道支部 地盤の凍上対策に関する研究委員会：寒冷地地盤工学－凍上被害とその対策－, 中西出版, 2009.
- 4) 佐藤厚子, 中村大, 鈴木輝之, 西本聡：自然冷却下での凍結融解過程における高含水比土の水分挙動, 地盤工学ジャーナル, Vol.4, No.2, 2009.
- 5) 公益社団法人 日本道路協会：道路土工要綱, 2009.
- 6) 国土交通省 北海道開発局事業振興部技術管理課：北海道開発局における建設副産物適正処理の手引き, 2008.
- 7) 上野邦行, 芮大虎, 中村大, 伊藤陽司, 山下聡, 鈴木輝之：植生保護法面の凍結・融解過程における挙動特性, 地盤工学ジャーナル, Vol.5, No.3, pp.413-424, 2010.

METHOD OF IMPROVING SOIL WITH HIGH WATER CONTENT THAT UTILIZED COLD CLIMATE AND LARGE SANDBAGS

Atsuko SATO, Dai Nakamura, Teruyuki SUZUKI, Takahiro YAMANASHI
and Takayuki KAWAGUCHI

In this study, we tried to develop a cost-effective method of improving soil with high water content utilizing cold climate and the large sandbags made of geotextile. We have put the dredged soil with high water content into large sandbags and made various measurements, such as water content and frost depth. From the results, we confirmed that the water content of the dredged soil was reduced from the initial value of 420% to the value of 140% in one year.

KEYWORDS: Freeze-Drying, Frost Heave, High Water Content Soil, Improvement, Large Sandbags