

# 寒冷地に構築した補強土壁の凍結融解挙動

川口貴之<sup>1</sup>・中村大<sup>2</sup>・川尻峻三<sup>3</sup>・山下聡<sup>4</sup>・小林歩<sup>5</sup>

佐々木貴<sup>5</sup>・林豪人<sup>6</sup>・安達謙二<sup>6</sup>・雨宮盛児<sup>7</sup>・原田道幸<sup>7</sup>

北海道のような寒冷地では、剛な壁面材を用いた補強土壁だけでなく、鋼製枠とジオテキスタイルを用いた補強土壁でも、盛土材の凍上に伴う被害事例が報告されている。そこで、本研究では壁面材としてジオセルを活用し、これとジオグリッドを連結させた新しい補強土壁を試験的に構築し、鋼製枠を用いた補強土壁との比較も行いながら、これまで2シーズンに及ぶ温度・変形等の計測を行っている。また、計測結果を踏まえ、凍結領域内におけるジオグリッドの変形について検証するための室内模型試験も実施した。その結果、計測結果の比較検討から、この補強土壁が鋼製枠に比べて寒冷地に適した点を有することが確認された。また、室内模型試験から、低拘束圧域に敷設されたジオグリッドに関して、周辺土の凍結融解によって変形が部分的に集中して生じる可能性は低いということが分かった。

**キーワード：**凍上、補強土壁、ジオセル、ジオグリッド、ジオテキスタイル

## 1. はじめに

北海道のような寒冷地では、L型コンクリート擁壁、テールアルメヤ多数アンカーといったコンクリート製の壁面材を用いた補強土壁だけでなく、鋼製枠とジオテキスタイルを用いた補強土壁（以下、鋼製枠補強土壁）でも盛土材の凍結に起因して壁面材が損傷することや壁面材と補強材との連結部が破断するといった被害事例が報告されている<sup>1)2)</sup>。これは壁面が積雪しにくい急勾配であることも手伝って壁面側から寒気が入り込み、盛土材が凍上したことで生じた凍上力によるものだと考えられている。

このため、補強土壁背後に砕石等の凍上性が低い地盤材料を用いた凍上抑制層や断熱材を設置することが設計指針や各種マニュアルにも記載されるようになってきたが<sup>3)4)</sup>、例えば鋼製枠補強土壁で凍上対策と緑化を両立させることは難しく、実現するためにはコストが増大するといった問題も存在する。

そこで本研究では、凍上対策と緑化の両立、現地発生土の有効利用、壁面近傍での締固めの容易さや施工性を考慮し、壁面材周辺の土が凍結融解してもそれに追従して変形することが見込まれるジオセルを壁面材として活用し、これとジオグリッドを連結させた新しい補強土壁

（以下、ジオセル補強土壁）を開発した<sup>5)</sup>。そして、比較対象である鋼製枠補強土壁とともに試験施工し、これまで2シーズンにわたって各種補強土壁の凍結融解領域の変化や、それに伴う変形挙動を計測してきた。

さらに、試験施工した補強土壁の凍結融解挙動観察の結果からジオグリッド周辺の土が凍上した際、凍着などの影響でジオグリッドが局所的に変形し、破断に至る可能性について検証する必要があると考え、ひずみゲージを張り付けたジオグリッド試験片を用いた室内試験を実施した。本文では、施工や計測方法の概要と各種計測値の比較・検討結果について示すとともに、室内試験の方法や結果についても詳述する。

## 2. 施工と計測方法の概要

**写真-1**は2012年11月に実施したジオセル補強土壁の施工過程について示したものである。補強土壁は既存の植生された北向き斜面を掘削・後退させた場所に構築した。1段あたりのジオセル高さは30cmであり、1段ごとに補助枠で展開したジオセルを設置し(a, b)、中詰材と盛土材を敷均して転圧した後に補助枠を取り除いた(c)。ジオグリッドは長さ1.5mで2段ごとに敷設し、

<sup>1</sup>IGS個人会員、北見工業大学工学部 社会環境工学科、准教授（〒090-0857 北見市公園町165）

<sup>2</sup>地盤工学会員、北見工業大学工学部 社会環境工学科、准教授（〒090-0857 北見市公園町165）

<sup>3</sup>地盤工学会員、北見工業大学工学部 社会環境工学科、助教（〒090-0857 北見市公園町165）

<sup>4</sup>地盤工学会員、北見工業大学工学部 社会環境工学科、教授（〒090-0857 北見市公園町165）

<sup>5</sup>地盤工学会員、北見工業大学大学院 社会環境工学専攻、大学院生（〒090-0857 北見市公園町165）

<sup>6</sup>地盤工学会員、岡三リビング株式会社（〒108-0075 東京都港区港南1丁目8番27号日新ビル）

<sup>7</sup>IGS個人会員、東京インキ株式会社（〒114-0002 東京都北区王子1-12-4 TIC王子ビル）

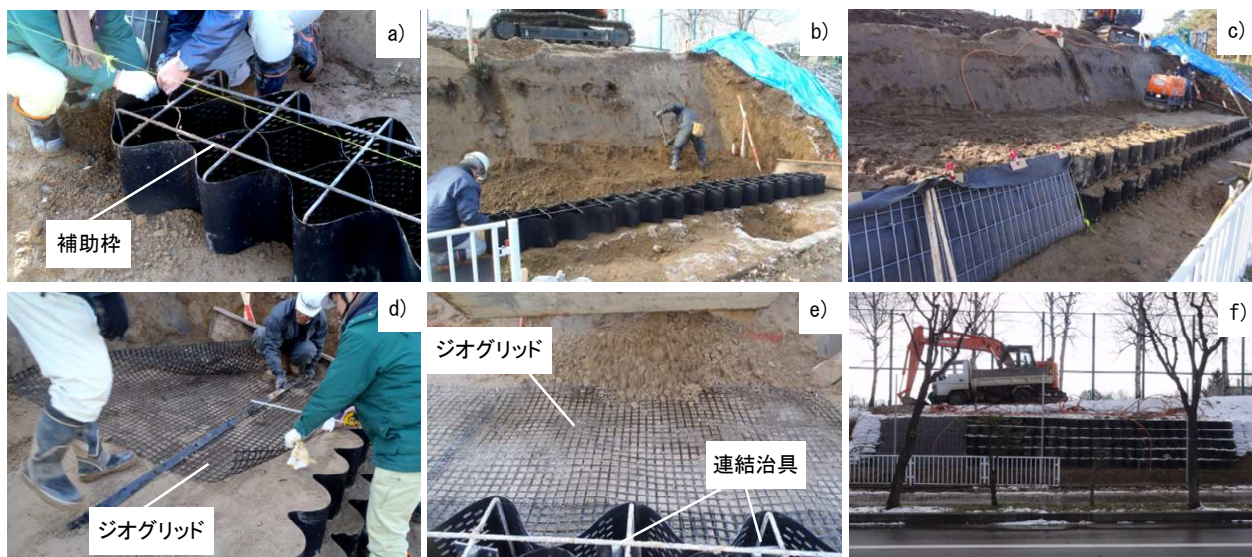


写真-1 補強土壁の施工過程

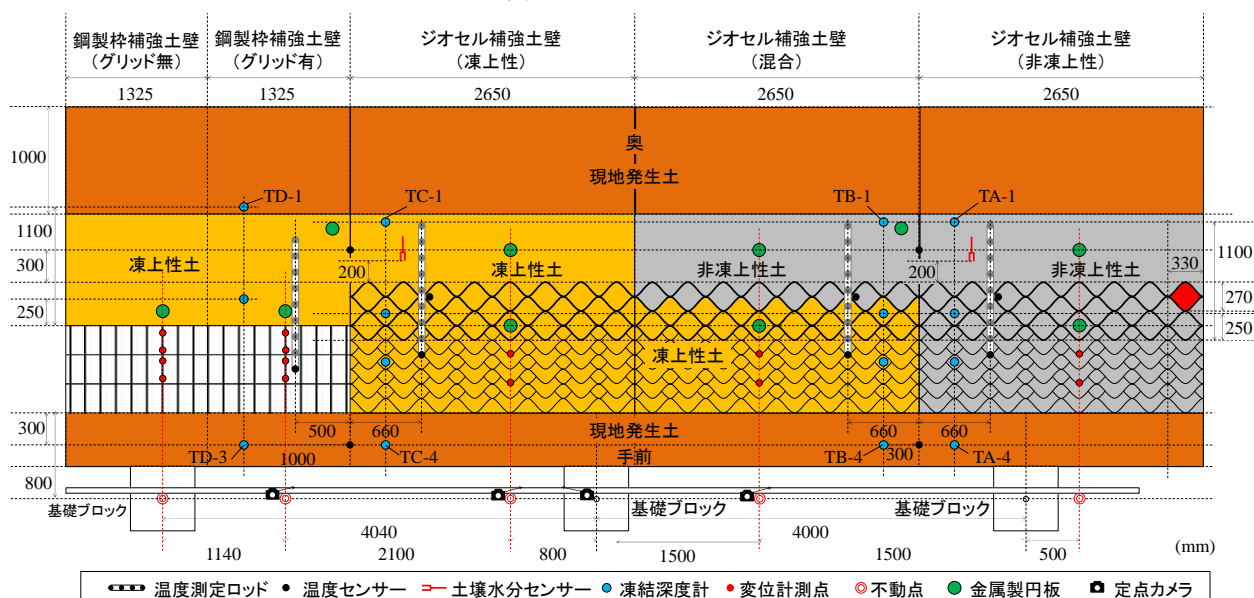


図-1 補強土壁の詳細 (文献5)に加筆・修正

新たに開発した治具を用いてジオセルと連結した (d, e) <sup>9)</sup>。また、比較対象として高さ 60cm の鋼製棒とジオグリッドを用いた補強土壁 (以下、鋼製棒補強土壁) も併設した (c, f)。

最終的な補強土壁の高さはいずれも 1.8m (ジオセル 6 段、鋼製棒 3 段) としたが、計測時の足場確保や安全性を考慮して最下層前方にジオセル 1 段分である高さ 30cm、幅 50cm 程度の押え盛土 (埋戻し) を行ったため、見かけ上は 1.5m の高さとなっている (f)。

図-1 はジオセル補強土壁と鋼製棒補強土壁の寸法や設置した計測機器、条件を変化させた各ケースの詳細を表したものである <sup>9)</sup>。壁面から 1m の範囲内における中詰材と盛土材には凍上性が大きく異なる 2 種類の土 (以下、凍上性土と非凍上性土) を使用し、それ以外には既存斜面の掘削で生じた現地発生土を用いている。なお、各々の土質については、文献 5) を参照されたい。

また、ジオセル補強土壁は凍上性土と非凍上性土を用

いたものに加え、緑化することを想定し、表層のセル内のみを凍上性土とした計 3 ケース (以下、ジオセル補強土壁 (凍上性、混合、非凍上性))、鋼製棒補強土壁についてはジオグリッドの有無による計 2 ケース (以下、鋼製棒補強土壁 (有、無)) を構築した。

図-1 中に示すように、補強土壁内には等間隔に T 型熱電対が設置された温度測定ロッド、メチレンブルー凍結深度計、土壌水分センサーを複数設置しており、土壁内温度や凍結融解深度等の変化を計測している。また、2012～2013 年の計測結果を踏まえ、メチレンブルー凍結深度計を増やし、補強土壁全体の変形挙動観察のためのカメラ位置を変更 (正面→斜め) した。

写真-2 は補強土壁の変形挙動を計測する方法について示したものである。ジオセルや鋼製棒の表面に設けた測点と、補強土壁前方に設けた不動点を利用した水平線上の 2 点を結んでできる三角形の辺長をコンベックスで計測し、デジタル角度計 (傾斜計) で計測した仰俯角を

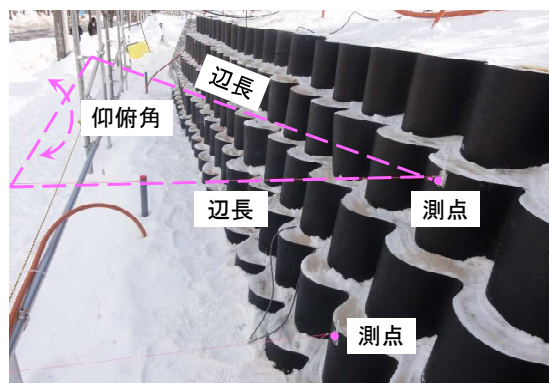


写真-2 補強土壁の変位計測方法

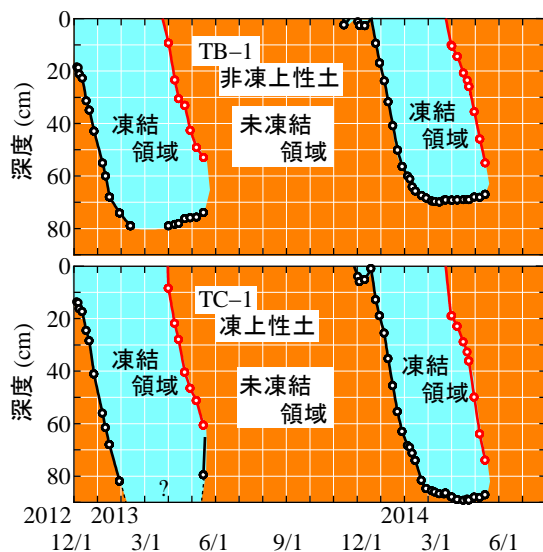


図-2 メチレンブルー凍結深度計の計測結果

用いることで計測点の3次元的な変位を定期的に求めた。さらに、これらの計測結果を補完する目的で先述の定点カメラによる撮影と天端に設置した金属板の水準測量を定期的に行った。なお、2012～2013年の計測結果を踏まえ、鋼製枠補強土壁の計測点についてもそれぞれの鋼製枠の挙動を正確に把握できるように上段と中段にそれぞれ1か所ずつから2か所ずつに増やした。

d

### 3. 各補強土壁の凍結融解挙動

#### (1) 補強土壁内の温度

図-2は2012年12月～2014年7月までの期間において、天端に設置したメチレンブルー凍結深度計(図-1中のTB-1、TC-1)の計測結果を比較したものである。2013～2014年の凍結指数(610℃day)は2012～2013年(777℃day)の8割程度であったため、それに伴って凍結期間および最大凍結深が小さくなっていることがわかる。また、最大凍結深はいずれの期間も凍上性土側の方が大きいことが確認できる。

図-3は図-2に示したような凍結深度計の測定値と、T型熱電対を利用した温度測定ロッドから算出した0℃線的位置から求めた、ジオセル補強土壁(凍上性)内の概

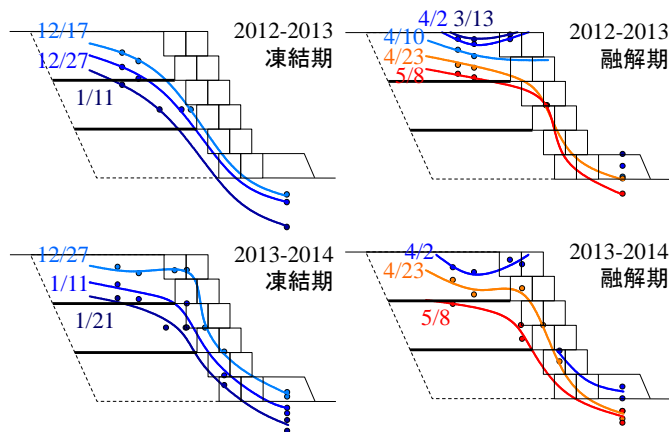


図-3 ジオセル補強土壁(凍上性)における凍結・融解面の推移

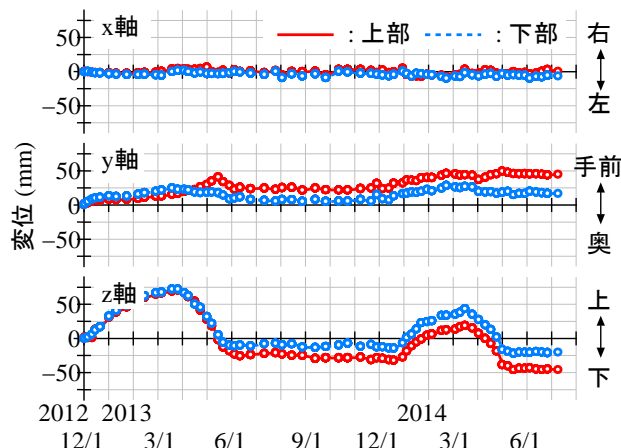


図-4 ジオセル補強土壁(凍上性)の変位計測結果

略的な凍結融解面の推移を示したものである。最大凍結深は各測定機器の測定範囲を超えたため、最大凍結面に至る前までの凍結面の推移のみを示しているが、多数アンカー式補強土壁<sup>7)</sup>や植生斜面<sup>8)</sup>でも観測されているように、凍結期は天端と壁面側の両方から寒気が入るために凍結線は壁面と平行にはならず、のり肩部分の凍結深が比較的大きいことが分かる。また、この図からも2012～2013年の方が凍結面の進行が早いことが確認できる。一方、融解期には深部に凍結領域を残したまま、天端やのり面から融解していく様子が確認できる。

#### (2) 補強土壁の変形挙動

図-4は例として凍上性土のみを用いたジオセル補強土壁(凍上性)における2012年12月～2014年7月までの変位計測結果を示したものである。補強土壁表面には上下2箇所に測点を設けており、補強土壁を正面から見て上・下、左・右、手前・奥方向への挙動を示している。いずれの年も3月中に最大凍上量に達し、4月から6月にかけて融解沈下していることが分かる。また、いずれのケースにおいても図-4に示すように左・右方向への変位はほとんど生じていなかった。

図-5は先述の計測結果を踏まえ、上・下と手前・奥方向に関する二次元的な挙動を全ケースについて比較し



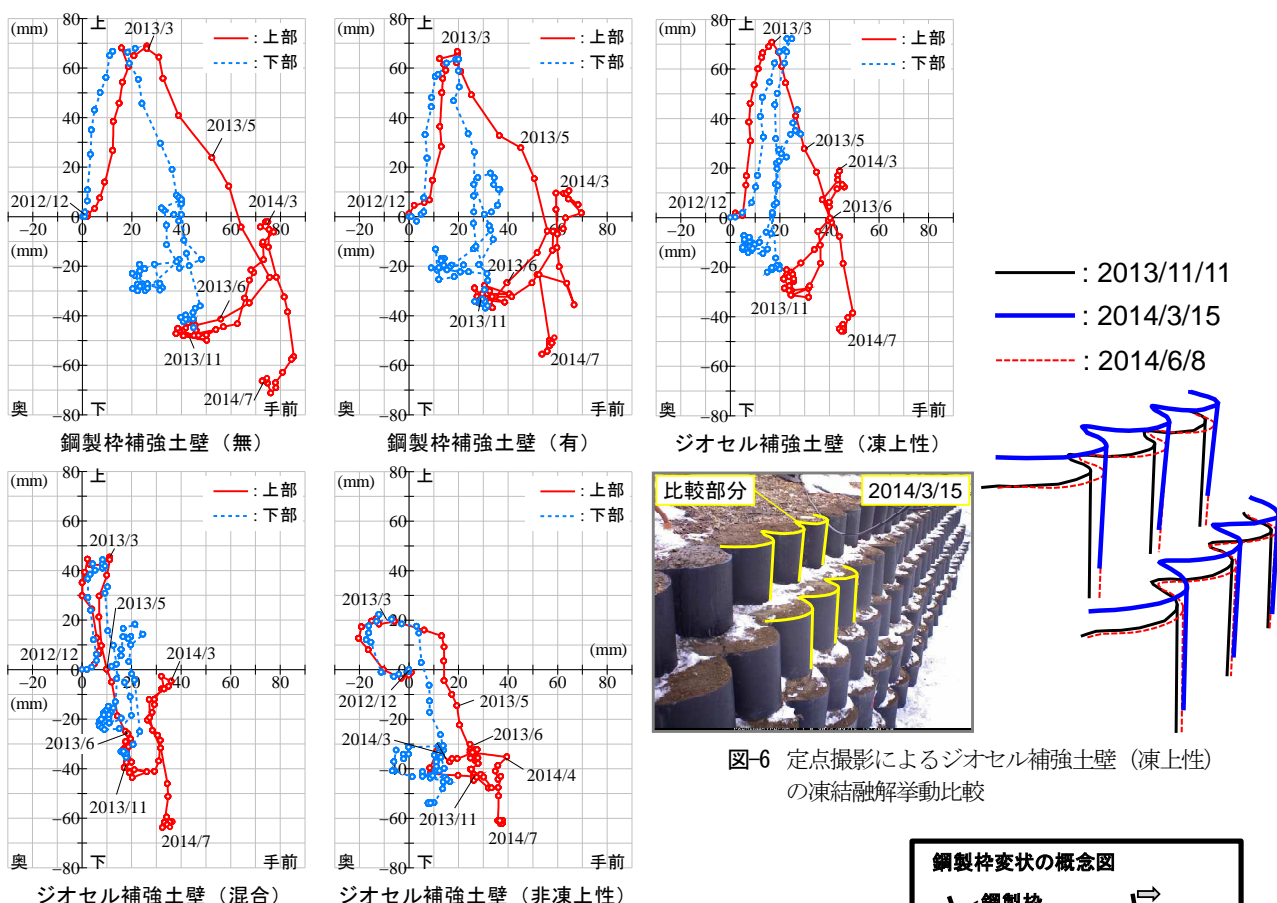


図-5 各種補強土壁の二次元変形挙動

たものである。なお、補強土壁上部にある測点については概略的な計測時期も示している。凍上性土のみを用いた鋼製柵とジオセルを用いた3ケースでは凍上によっていずれも最大70mm程度の上方向変位が生じており、ジオセル補強土壁（非凍上性）はその1/3以下、ジオセル補強土壁（混合）についてはそれらの中間的な変位量となっている。また、両図から上・下方向の動きについては使用した土材料の含水比が高く、密度も低いことから凍結融解履歴によって水分移動（脱水圧縮）が生じるなどの理由で融解期に沈下が進んでいる。次に、手前・奥方向については、主に凍上性土や現地発生土の凍上現象によって凍結期に生じた手前方向への変位が融解期に残留し、累積していることが伺える。一方、凍結期にジオセル補強土壁（非凍上性）が奥方向への変位していることについては凍結面への水分移動に伴う（未凍結部分の）脱水圧縮や、ジオグリッドに手前方向への変位が拘束された状態（後述参照）で基盤部や背面の土（現地発生土）が凍上したことによると思われるが、今後詳細に検討する必要があると考えている。

また、手前への変位と沈下量については凍上性土のみを用いた3ケース間でも違いが見られ、鋼製柵補強土壁（無）の変位が最も大きく、ジオセル補強土壁（凍上性）が最も小さいことが分かる。この内、手前への変位が2種類の鋼製柵補強土壁で異なることについては明らかにジオグリッドの有無によるものと考えられ、ジオグ

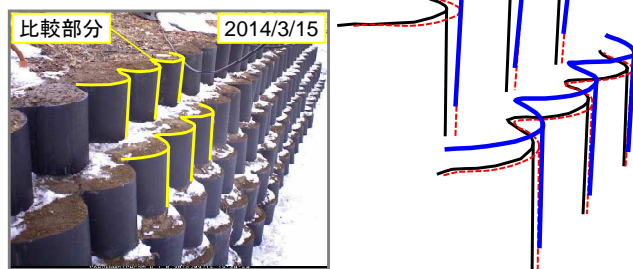


図-6 定点撮影によるジオセル補強土壁（凍上性）の凍結融解挙動比較

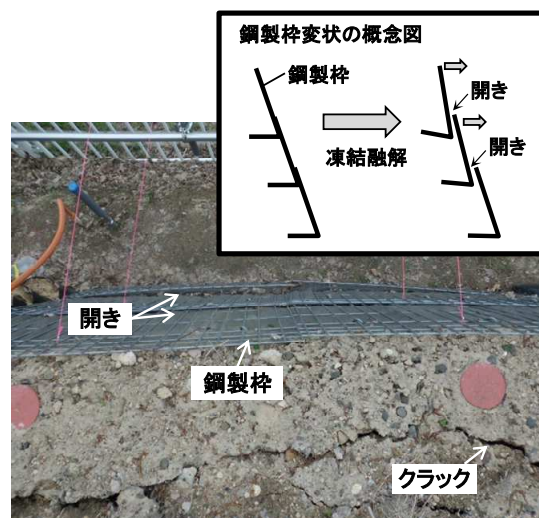


写真-3 鋼製柵補強土壁の様子（2013年5月下旬）

リッドが凍結融解による変位抑制に有効であることが確認できる。さらに、非凍上性土を用いた他のジオセル補強土壁（混合、非凍上性）についても前方への移動が大きく抑制されていることから、ジオグリッドとジオセルの連結<sup>9</sup>は適切に行われており、凍結融解に対して効果的に抵抗していると解釈できる。

図-6は2013年10月から定点撮影を開始したジオセル補強土壁（凍上性）の画像例とこれらを重ねて比較することで凍結融解に伴う変形挙動を表したものであるが、上記の計測結果を裏付けていることが確認できる。

### (3) 鋼製柵補強土壁との比較

写真-3は構築した補強土壁が初めて凍結融解履歴を

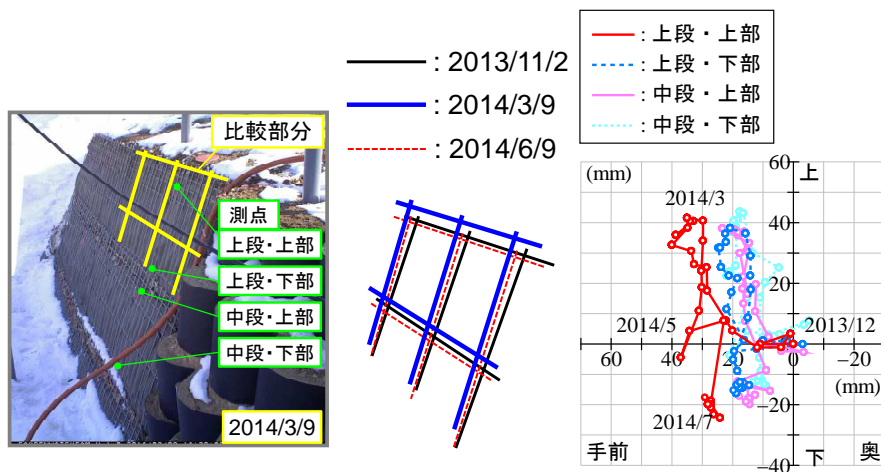


図-7 鋼製枠補強土壁の凍結融解挙動比較

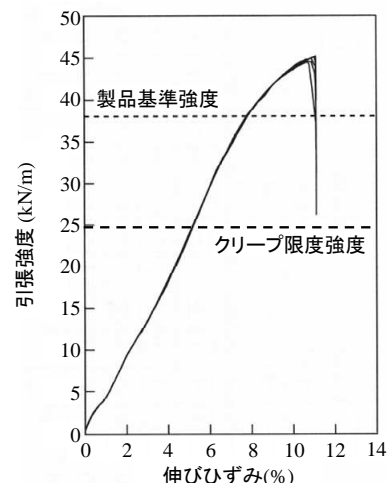


図-8 ジオグリッドの引張試験結果  
(文献 10)に加筆

受けた後の 2013 年 5 月下旬に天端から撮影された鋼製枠補強土壁の様子である。佐藤らの研究<sup>9)</sup>でも示されているように下部に比べて上部の方が前方に大きく変位し、挿絵に示すような挙動で壁面勾配が大きくなり、壁面材間に開きが生じていることが分かる。また、これに起因したと思われるクラックが天端に生じていた。

そこで、先述のように 2013 年 11 月からは上段と中段の鋼製枠に測点の一つずつ増やし、各段上下 2 か所ずつでの変位を計測した。図-7 は先述した定点カメラからの撮影画像とこれも基づいた変形挙動、鋼製枠補強土壁（有）に設けた各測点における 2014 年 7 月までの計測結果を比較したものである。図中には、図-5 と同様に上段の上部に設けた測点の概略的な計測時期も示しているが、この測点のみがとりわけ前方に移動しており、融解しても元に戻らないという、上記の観察結果を裏付けている。

一方、ジオセル補強土壁は先述のように同じ凍上性土を用いても手前への変位や沈下量が小さいだけでなく、図-6 に示すように前方への変位が多少累積しても各段が独立していることもあって、直ちに不安定化につながるような変状とはなっていない。また、ジオセル補強土壁は鋼製枠補強土壁と違って構造的にのり肩付近のジオセル間にジオグリッドを敷設することも可能であり、これによって変位抑制を図ることもできる。よって、以上のことから凍上性を有する盛土材を使用した場合には、ジオセル補強土壁は鋼製枠補強土壁に比べて寒冷地に適した点を有していると判断した。

#### 4. 凍土内のジオグリッドの変形に関する検討

先述の計測結果から、ジオセル補強土壁はある程度の凍上性を有する中詰材や盛土材を用いても構造的な安定に支障をきたす可能性は極めて低いと見込まれる。しかしながら、凍結融解に伴ってジオグリッドに作用した引張力やその分布がどの程度であるかについては明らかではない。単純に変位が大きいほどジオグリッドに作用す

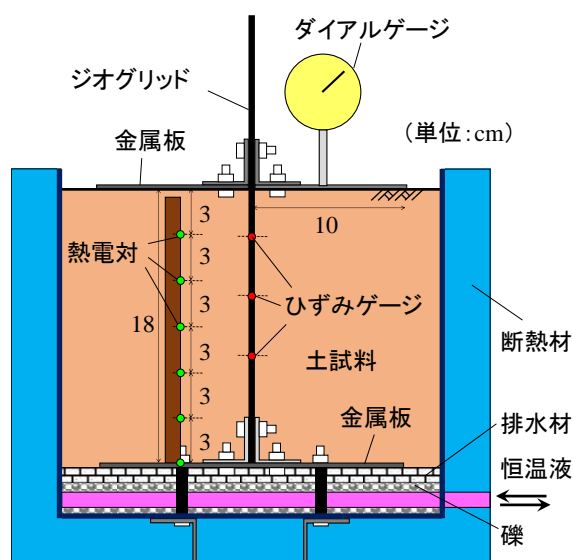


図-9 室内試験装置の概略図

る引張力も大きいと考えれば、他の研究でも同様な結果が示されているように融解期に最も大きいことになる（図-5 参照）<sup>9)</sup>。しかし、ジオグリッドの一部が凍土内にあり、周辺の土が凍上したときに凍着等の影響でジオグリッドが局所的に変形し、破断に至る可能性も考えられる。よって、これに関する検討は寒冷地での適用に当たって不可欠だと判断した。

図-8 は本補強土壁で使用されたものと同じジオグリッドに対して実施された引張試験結果である<sup>10)</sup>。本研究において、ジオセル補強土壁に生じた最大変位は 50mm であり、万が一この全てがジオグリッドの伸びになったとするとジオグリッドには 3% 強のひずみが生じたことになる（図-5 参照）。

しかし、図-8 から分かるようにこのひずみに相当する引張強度は設計に用いられるクリープ限度強度（製品基準強度×クリープ低減係数）の 6 割程度である。加えて、上記の最大変位にはジオセルの変形や連結部のあそび、張力を発揮するまでの敷設時のたわみ分などが含ま



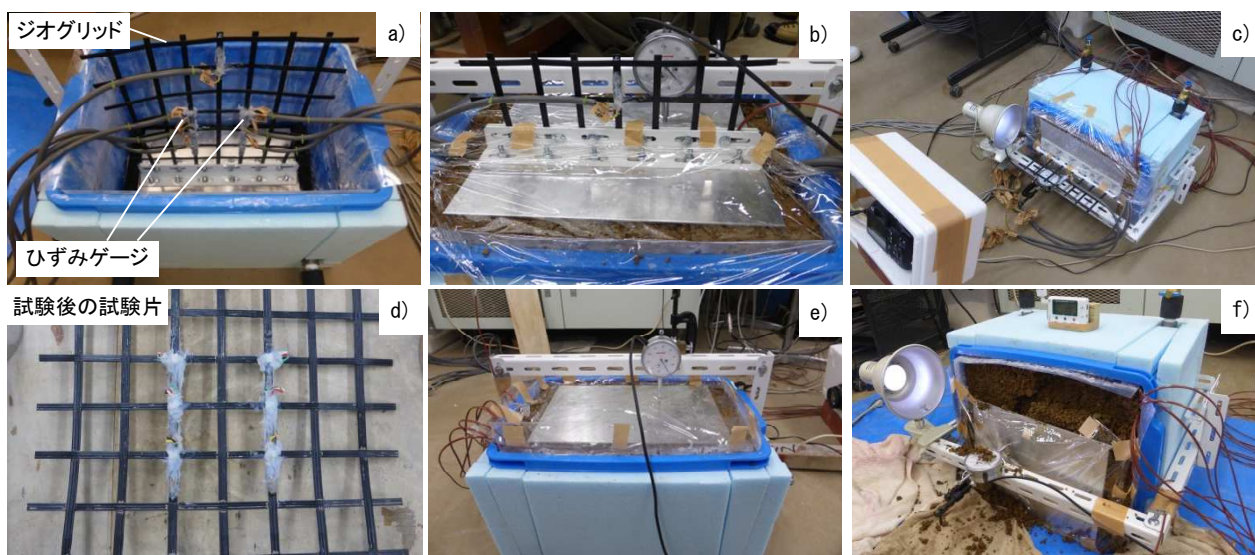


写真-4 室内試験装置の詳細と試験の様子

れており、実際にジオグリッドに生じたひずみは更に小さいものだと考えられる。また、先述のように本研究では意図的に高い凍上性を有する土を高含水比状態で施工したため、過大な変位が局所的に生じていないことさえ確認できれば、将来的には設計の中で凍結融解による変位の考慮も可能になると思われる。

図-9 は凍上力が作用するジオグリッドのひずみ分布を把握するために開発した試験装置の概略図である。試験装置は容器に入れた土の凍上力が表面に設置した金属板を通じてジオグリッド試験片（約 300mm×300mm）に作用する仕組みになっている。試験片は容器底部に設置した金属板と固定することもでき、この金属板は反力を得るために容器外部に設置した L 型アングルと接続されている。また、金属板と試験片との接続にも L 型アングルを使用し、ボルトとナットでしっかりと挟むことで連結・固定が可能である。底部金属板の下は排水材と礫で構成されており、土を入れる前に水で満たしておくことで凍上に必要な水分を確保できる。また、恒温低温室での凍結過程において一次元凍結に近づくよう容器側面は断熱材で覆われており、排水材と礫材部分に設置されたチューブ内に+10℃の液体を循環させている。さらに、これによる凍結面の進行を確認するために所定の間隔で T 型熱電対が固定された棒をジオグリッド近傍に併設できるようになっている。

写真-4 は本試験装置の詳細や実施した試験の様子を示したものである。本研究ではこの装置を用いて条件の異なる 3 つの試験を実施しており、その内の 2 つはジオグリッド試験片を使用し、ジオグリッド試験片を底部金属板に固定して実施した試験（a～d）とジオグリッド試験片を底部金属板に固定せずに実施した試験を実施した。実際の補強土壁内では、敷設長が大きいためにジオグリッドの境界条件は上記の固定端に近いと推測されるが、厳密な境界条件は不明であるため、ここでは比較のために固定しない条件下でも実施した。また、これらの試験と比較するために、ジオグリッド試験片自体を設置しな

い試験についても実施した（e, f）。

試験装置内に設置した試験片には縦ストランド上（縦・横ストランド交点間のほぼ中央）の 6 カ所に表裏 1 枚ずつ計 12 枚のひずみゲージを張り付け（a）、表裏 2 枚のひずみゲージによる計測値を平均することで、曲げの影響を取り除いた各箇所のひずみを計測した<sup>11)</sup>。なお、今回の試験ではひずみ分布の一様性を確認することが主たる目的であったため、使用したひずみゲージは特に大ひずみや樹脂用に開発されたものではなく、接着剤についても一般的なエポキシ系強力接着剤、防水処理には柔軟なシリコン系シーリング材を用いた（a, d）。

これらの試験に使用した試料はジオセル補強土壁に使用した凍上性土であり、いずれの試験でも装置の大きさを考慮して 19mm ふるいを通させたものを概ね補強土壁構築時の含水比と密度になるように締固めながら容器に入れた。また、乾燥防止のために表面はラップで覆った上で、全体変位を計測するためのダイヤルゲージを設置した（b, e）。両試験ともに、試験装置は-10℃に設定された恒温低温室内に数日間設置した後、温度管理されていない 20～30℃の実験室にて融解させた。融解過程では補強土壁の形状を考慮して土の表面が鉛直になるよう 90 度回転して設置した（c, f）。

図-10 は本試験装置で実施した 3 つの試験結果から得られたダイヤルゲージによる土槽表面の変位と表面から 3cm 間隔で設置された 5 本の熱電対から比例配分で算出した 0℃深、更にはジオグリッド試験片を用いた 2 つの試験から得られたひずみゲージによる計測値を比較したものである。なお、ひずみゲージは土槽表面から約 3, 7, 11cm 深の位置に 2 箇所ずつ計 6 カ所に貼られている（写真-4 a, d）参照）

凍結時において、ジオグリッドを設置した 2 つの試験はしないものに比べて凍上変位が小さく、ジオグリッドによって凍上変位が抑制されていることが分かる。一方、融解時にはジオグリッドを設置していないものは当然崩壊したが、設置したものは鉛直壁を保持していたことも

確認できる。また、凍結に伴って得られた最大変位は7mm弱であり、この大きさは金属板間に設置されたジオグリッド長180mmの4%弱となるため、実際の補強土壁で融解期に確認された最大ひずみよりも大きいことになる。

ひずみゲージの計測結果については温度補正は行わず、先述のように選定したひずみゲージやその貼り付け方の影響もあるためか、ひずみゲージから得られた値は全体変位から計算できるひずみとは一致しておらず、その挙動も部分的には全体変位と一致していない。しかし、ジオグリッド片を底部金属板に固定した試験では、凍結深の位置やその接近・通過によらず6カ所のひずみゲージから得られた計測値や挙動はいずれも同程度であることが分かる。また、固定していない試験でも深い位置にあるひずみゲージの方が時間的に遅れてひずみが生じているものの、ひずみ量は固定した試験に比べて明らかに小さく、各深度におけるひずみの最大値にもそれほど大きな差はない。

本試験装置では構造的にジオグリッド面に作用する鉛直応力はそれほど大きくないため、凍結融解に伴う変形が大きくなるのり肩付近のように、ジオグリッド面に作用する鉛直応力が低い場合であれば、これらの試験結果からジオグリッド周辺の土が凍結融解する過程で部分的に大きな変位が生じている可能性は極めて低いと解釈できる。なお、このことは試験終了後のジオグリッドを詳細に観察し、局所的に伸びて変色した部分がなかったことや、各格子の長さが最大でも0.15mmしか変化していなかったことから確認した（写真-4d 参照）。ただし、変形は小さいかもしれないが、壁面高が大きいのにり肩付近のようにジオグリッド面に作用する鉛直応力が大きい条件下でも凍結融解によるジオグリッドの変形分布が同様であるか否かについては、別途検討しなければならないと考えている。

以上のことから、本研究で対象としたジオセルとジオグリッドを併用した新しい補強土壁は寒冷地に適した補強土壁となりうる能力を十分に備えていると判断しているが、今後凍結融解の繰返しで補強土壁自体の変形やジオグリッドの負荷がどこまで増大するかについては継続的に検証していく必要があると考えている。また、室内模型試験によって先述したジオグリッド面に作用する鉛直応力や凍結速度の影響、ひずみゲージの種類やその設置方法を十分に吟味し、これらの知見を活かして実際の補強土壁内に設置するジオグリッドでも同様な計測を行い、より詳細な検討も重ねたいとも考えている。

## 5. まとめ

- ・ジオセルとジオグリッドを併用した新しい補強土壁と比較のために鋼製枠を用いた補強土壁を試験施工し、各種計測機器や手法によってこれらの補強土壁の凍結融解挙動を計測することに成功した。その結果、

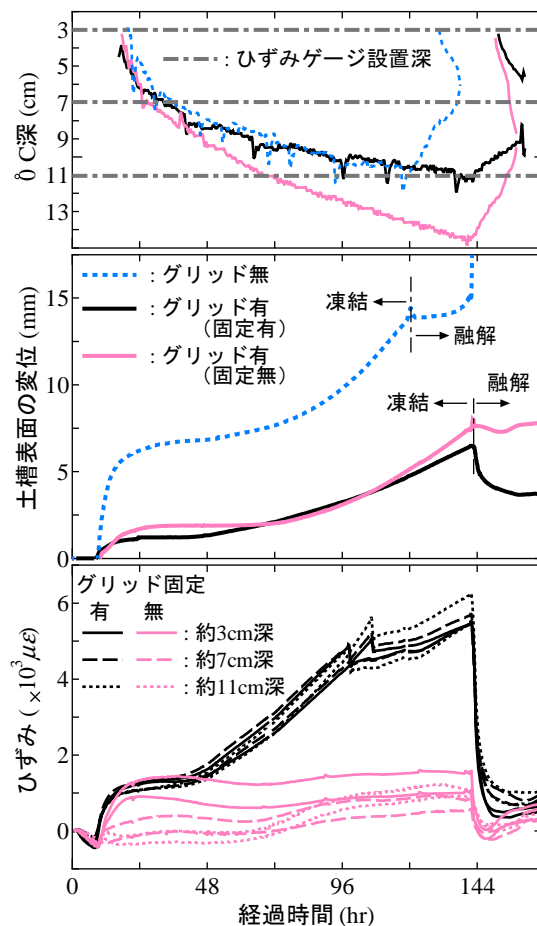


図-10 凍土内のジオグリッドの変形に関する室内試験結果

ジオグリッドが凍結融解による変位抑制に有効であること、ジオグリッドとジオセルの連結が適切に行われており、凍結融解に対して効果的に抵抗していることなどが確認できた。

- ・ジオセル補強土壁はある程度の凍上性を有する中詰材や盛土材を用いても構造的な安定に支障をきたす可能性が低く、鋼製枠補強土壁のように倒壊につながる変状も見られなかった。また、構造的にのり肩付近にジオグリッドを設置するといった工夫も可能であることから、凍上性を有する盛土材を使用した場合にはジオセル補強土壁は鋼製枠補強土壁に比べて寒冷地に適した点を有していると判断した。
- ・ひずみゲージを張り付けたジオグリッド試験片に凍上力を作用させた室内試験により、ジオグリッド面に作用する鉛直応力が低い場合であればジオグリッド周辺の土が凍結融解する過程で部分的に大きな変位が生じる可能性は極めて低いことが分かった。そして、以上のことを踏まえて本研究で対象とした補強土壁は寒冷地に適した補強土壁となりうる能力を十分に備えていると判断した。

謝辞：補強土壁の設計・施工には有限会社シー・エス・プランニングの上野邦行氏、実験機器の設置と各種計測には北見工業大学技術職員の平田広昭氏と北見工業大学

4 年の長尾裕貴氏に多大なるご協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 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: 寒冷地地盤工学一凍上被害とその対策一, 中西出版, 2009.
- 2) 佐藤厚子, 西本聡, 竜田尚希: ジオテキスタイルによる補強土壁の凍上による変形要因の解明と対策, 第55回(平成23年度)北海道開発技術研究発表会, 2012.
- 3) 公益社団法人 日本道路協会: 道路土工要綱(平成21年度版), 2009.
- 4) 一般財団法人 土木研究センター: ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル(第二回改訂版), 2014.
- 5) 川口貴之, 中村大, 山下聡, 林豪人, 安達謙二, 雨宮盛児, 原田道幸, 山崎新太郎, 小林歩, 玉井啓博: ジオセルとジオグリッドを併用した補強土壁の耐凍上性評価, ジオシンセティックス論文集, Vol.28, pp.345-352, 2013.
- 6) 林豪人, 小浪岳治, 原田道幸, 雨宮盛児: 土槽内に設置したジオセル壁面工とジオグリッド補強材との連結部の引張り試験, 第48回地盤工学研究発表会概要集, pp.1415-1416, 2013.
- 7) 鈴木輝之, 澤田正剛, 宇野裕教, 安達謙二: 寒冷地における多数アンカー式補強土壁の背面凍結と凍上土圧, 土木学会論文集, No.645/III-50, pp.281-290, 2000.
- 8) 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.
- 9) 佐藤厚子, 西本聡, 鈴木輝之, 吉田浩一, 竜田尚希: ジオテキスタイルによる補強土壁の凍上対策に関する屋外土槽実験, ジオシンセティックス論文集, Vol.24, pp.251-256, 2009.
- 10) 一般財団法人 土木研究センター: 建設技術審査証明報告書「TRIGRID®EX」建技審証第0808号, 2013.
- 11) 伊藤修二, 澁谷啓, 河恩勁, 藤原照幸: ジオグリッドを用いた表層覆土施工における原位置・室内試験と現場計測結果, ジオシンセティックス論文集, Vol.28, pp.327-332, 2013.

## FREEZING AND THAWING BEHAVIOR OF REINFORCED SOIL WALLS BUILT IN A COLD REGION

Takayuki KAWAGUCHI, Dai NAKAMURA, Shunzo KAWAJIRI,  
Satoshi YAMASHITA, Ayumi KOBAYASHI, Takashi SASAKI  
Taketo HAYASHI, Kenji ADACHI, Seiji AMAMIYA, Michiyuki HARADA,

In a cold region, it is reported that reinforced soil walls covered with concrete facing panels or steel frames can collapse by frost heaving force. In this research, we have observed over two seasons of freezing and thawing behavior of reinforced soil walls built at the site of the Kitami Institute of Technology. The results show that one wall using geocells and geogrids showed no deformation that may lead to destabilization in the future compared with another wall using steel mesh forms and geogrids. In addition we have performed laboratory tests to check the geogrid for deformation caused by the surrounding soil freezing and thawing. The test results suggest that the geogrid has a low possibility of having a partially significant elongation under low confining pressure.

KEYWORDS: Frost heave, Reinforced soil wall, Geocell, Geogrid, Geosynthetics