

技術報文

ジオセルを壁面工としたジオグリッド補強土壁の開発

岡三リビング(株) 技術部 林 豪 人 小浪 岳治
東京インキ(株) 生産技術部 原田 道幸 雨宮 盛児

1. はじめに

ジオテキスタイル補強土壁に用いられる壁面工は、巻込み形式や鋼製枠形式等の「柔な壁面工」や、コンクリートパネル形式やコンクリートブロック形式の「剛な壁面工」に分類される¹⁾。これらのうち写真-1に示す鋼製枠形式の壁面工は比較的安価で、軽量のため人力のみで組立てが可能であり、さらに植生シートを併用することによって緑化が可能なことから、近年我が国でよく用いられている。一方で適用される地域によっては、鋼製枠形式の壁面工が有する2つの課題が顕在化してきた。1つ目の課題は、寒冷地での凍上による変形の蓄積である。これは凍上性が高い盛土材料を使用しかつ排水工が十分でない場合、冬期に壁面近傍の盛土材料が凍結し、壁面工に過大な力が作用することによって壁面工が変形し²⁾、この過程が毎年繰り返されることによって、変形が徐々に蓄積され、その結果、天端の沈下や盛土材料の流出の原因となる(図-1)。もう1つの課題は、海岸地域等での塩害による劣化である。塩分等を要因とした腐食によって鋼製枠が劣化し、盛土材料の流出の原因となる。

そこで筆者らは、上記の2つの課題の解決を図ることを目的とし、主に切土のり面の保護工として用いられる樹脂製のジオセルをジオテキスタイル補強土壁の壁面工として適用した補強土壁(以下、「ジオセル補強土壁」という)を開発した。開発は主に、①十分な引張強度を有するジオセルとジオグリッドとの連結部の構造を考案すること、②施工の際にジオセル内の盛土材料が十分

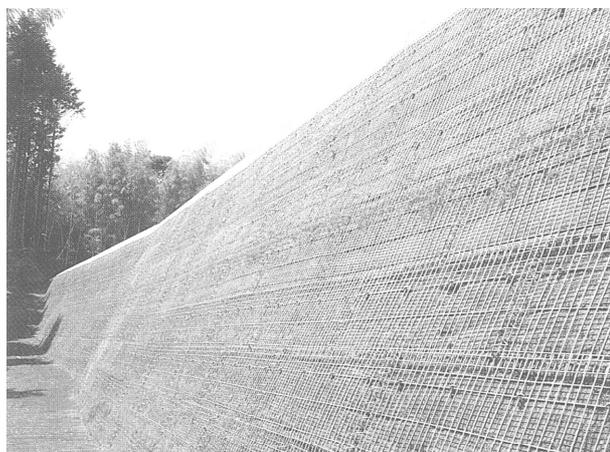


写真-1 鋼製枠形式の壁面工の例

に締固めされることの2点を目指して進められた。さらに③北海道北見市内において実物大の補強土壁を施工し、冬期においてその変形挙動の計測を実施した。②及び③に関する報告は別に譲り、ここではジオセル補強土壁の概要と①に関して報告する。

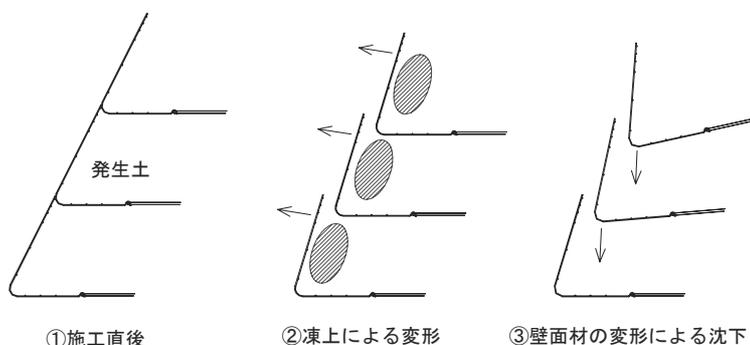


図-1 凍上による鋼製枠の変形

2. ジオセル補強土壁の概要

ジオセル補強土壁の概要を図-2に示す。ジオセル補強土壁は、ジオセル、ジオグリッド、連結部材、安定補助材、水平排水材、ジオセル接合杭等から構成される。

ジオセルを用いた切土のり面補強の例を写真-2に、ジオセルとジオテキスタイルを写真-3に示す。ジオセルは高密度ポリエチレン製の帯状シート材料を千鳥配置に熱溶着し、蜂の巣状に複数のセルを有するハニカム立体構造を有したものをを用いる。ジオテキスタイルは高強度ポリエステル繊維を芯材とし、ポリプロピレン樹脂を被覆材として複合させ、格子構造に構成した規格を用いる。ジオセルとジオテキスタイルの連結を写真4に示す。ジオテキスタイルで巻き込んだ樹脂製の平板の盛土側に接するように剛性の高い棒材を設置する。棒材の上端には樹脂製のキャップを設置する。これによって、ジオテキスタイルに作用する引張力が平板を介して棒材に伝達され、さらに棒材の下端と上部のキャップがジオセルの内側に接することによって、地盤が引張力に抵抗する構造となっている。安定補助材や水平排水材として、所定の引張強度を発揮する不織布を使用する。ジオセル3段につき3本の棒状のジオセル接合杭をジオセル内に縦方向に設置し、上下のジオセルの一体化を図っている。

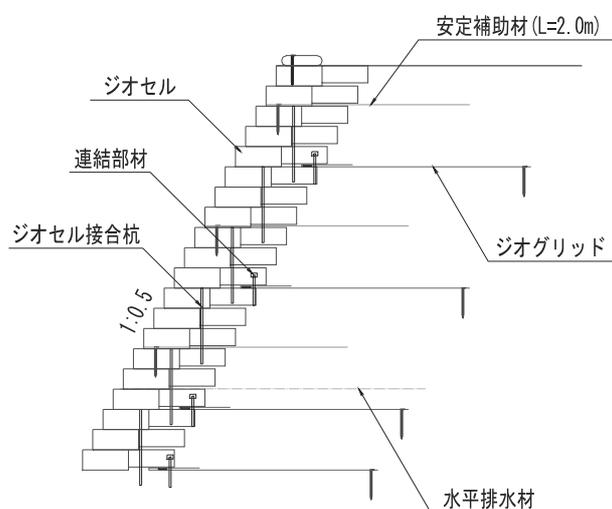


図-2 ジオセル補強土壁の断面図



写真-2 テラセル擁壁 (切土のり面補強)

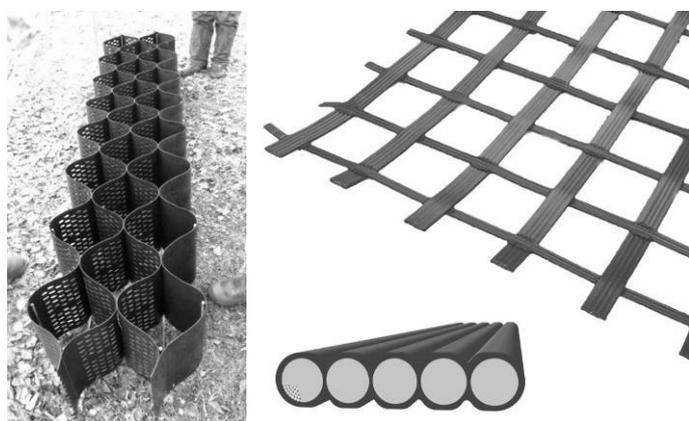


写真-3 ジオセル (左) とジオグリッド (右)



写真-4 壁面工と補強材との連結部

3. ジオセルとジオグリッドの連結部強度の確認試験

壁面工とジオグリッド補強材との連結部の引張強度は、ジオテキスタイル補強土壁の力学的性能の照査項目の一つであるが、ジオセル補強土壁の連結部の強度に関して十分に検討された事例はない。そのため筆者らは、土槽内にジオセル壁面工とジオグリッド補強材との連結部を構築し補強材に引張り力を作用させることにより、連結部の引張り試験を実施し³⁾、その結果をもとにジオセル補強土壁の連結部の仕様を決定した。

試験は図-3に示す通り、内寸1518×300×702mmの鋼製の土槽内に、ジオセルの一部、ジオグリッド、連結部材及び盛土材料から構成される試験体を作製し、試験体に一定の上載荷重を作用させた状態を保持しジオグリッドに引張力を作用させた。

ジオセルは樹脂製の帯状シートを千鳥配置に溶着し複数の空間（以下、「セル」と呼ぶ）を有するハニカム状の構造である。ジオセル本体を展開しセル内に盛土材料を充填して締固めることにより、セル内の盛土材料を拘束することが可能である。試験で用いたジオセルの寸法は幅2560mm×奥行き576mm×高さ300mmであり、セル数は2行×8列（前後の列の間は7列）である。これを図-4に示す通りに切断して使用した。ジオグリッドの寸法は幅300mm×長さ3400mmであり、製品基準強度は95kN/mである。連結部材は横方向の部材（以下、「横材」と呼ぶ）と縦方向の部材（以下、「縦材」と呼ぶ）から構成され、ジオグリッドを巻き込み上下のジオセル間に設置した横材のジオグリッドの引張方向への変位を、セル内にて鉛直方向に設置した縦材によって拘束することにより、ジオセルとジオグリッドの連結強度を発揮する。盛土材料は透水性能の高い川砂を用いた。

試験体は次の手順に従い作製した。まず高さを50mmに切断したジオセルの一部を土槽の底面の所定の位置に設置した後、盛土材料を撒き出して50mmの層厚となるように人力で締め固めた。その上の壁面勾配が1:0.5となる位置にジオセルの一部を設置し、1層の層厚が150mmとなるよう盛土材料を2層締め固めた。その上にジオグリッドを敷設して横材を巻き込み、ジオグリッドの両端を引き抜き装置に接続した後、所定の位置に縦材を設置した。さらに壁面勾配が1:0.5となる位置にジオセルの一部を設置し、上記と同じ要領で盛土材料を締め固めた。最後

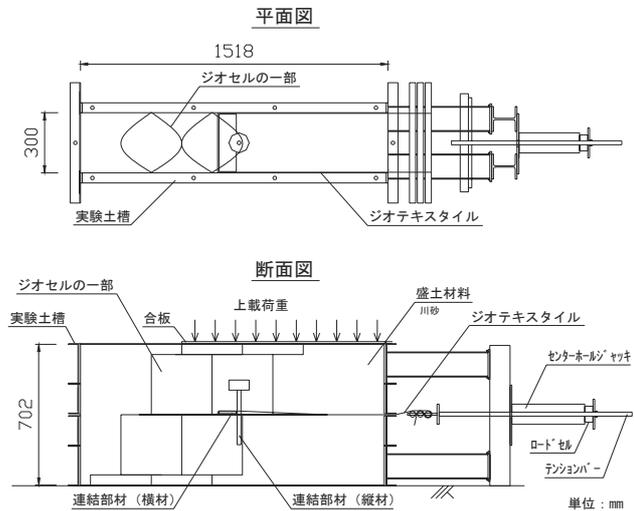


図-3 引張試験の概要図

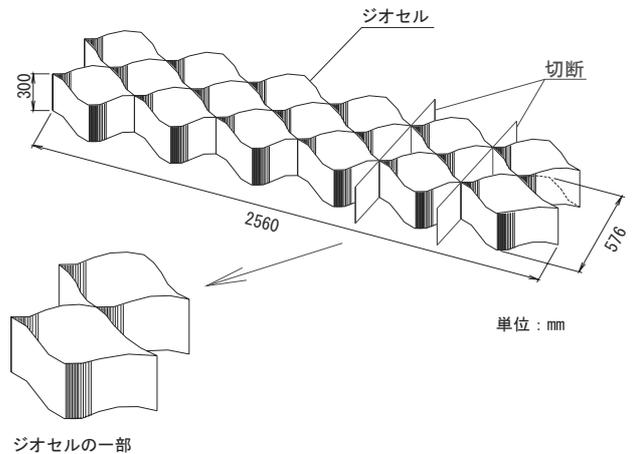


図-4 ジオセルとその一部

に高さを 50mm に切断したジオセルの一部を設置し、層厚が 50mm となるように盛土材料を締め固めた。

上載荷重の大きさは 12kN/m^2 とし、土槽上に 3.5kN の荷重を載荷した。これは盛土材料の単位体積重量が 18kN/m^3 かつ壁面勾配が 1:0.5 の場合における壁面から 1m の範囲内のジオグリッドに作用する鉛直荷重の値である。

ジオグリッドの引張試験は、引張荷重と引張装置の変位量の計測及び記録し、引張荷重の上昇が認められなくなるか変位量が 180mm となるまで引張荷重を 2kN 上昇させ 1 分間保持することを繰り返した。

試験は十分な引張力を発揮する連結部材の構造を明らかにするため、異なる連結部材の形状や材質の組み合わせで実施した。連結部材の形状及び材質を図-5 及び図-6 に、試験ケースを表-1 にそれぞれ示す。

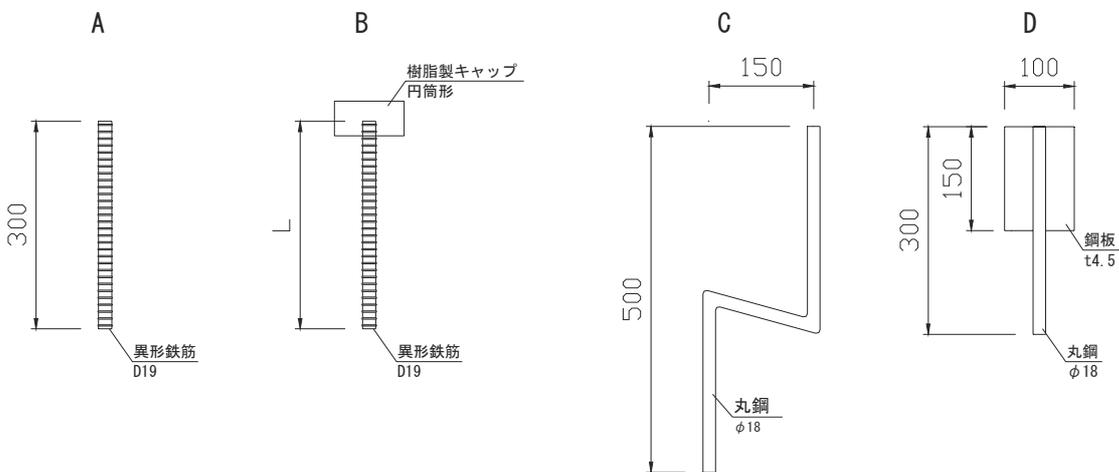


図-5 連結部材の形状と寸法（縦材）

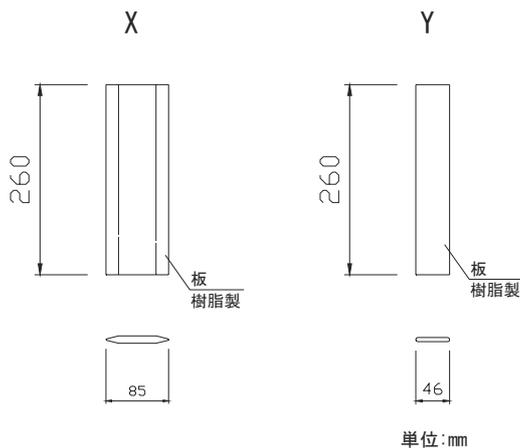


図-6 連結部材の形状と寸法（横材）

表-1 試験ケース

ケース	連結部材	
	縦材	横材
1	なし	鋼板（厚さ6mm）
2	A	X
3	B（L=300mm）	X
4	B（L=600mm）	X
5	B（L=300mm）	Y
6	C	X
7	D	X

試験で得られた全ケースの荷重と変位量の関係を図-7 に示す。いずれのケースにおいても、変位量が 30mm 程度まではほぼ同様の挙動を示す。一方で変位量が大きい場合、縦材を設置していないケース 1 では他のケースと比較して荷重の上昇が緩やかになる。このことから、縦材の存在は連結強度に寄与していると言える。さらにケース 1 で計測された荷重は、ジオセルと

ジオグリッド補強材との連結によるものではなく、ジオグリッドと盛土材料との摩擦力による影響と考えられ、縦材が設置されたケース2～7にも同様の力が作用しているものと考えられる。

ケース2からケース7における荷重の最大値（以下、「ピーク荷重」という）およびピーク荷重時の変位量におけるケース1との荷重の差を図-8に示す。ここでケース1との荷重の差は、前述した通りジオグリッドと盛土材料との摩擦力による影響を除いた各ケースにおける連結部の強度に相当する値であると考えられる。ジオテキスタイル補強土壁工法の設計における壁面工の安定性の検討の際、一般的には柔な壁面工の場合に連結部に生じる引張力としてジオテキスタイルに発生する最大引張力の0.4倍を想定している¹⁾。ここで検討しているジオセル壁面工の連結部もこれに倣い、かつ安全率として2を見込み、ジオテキスタイルの製品基準強度が95kN/m、設計引張強さ62kN/m、土槽の幅が0.3mの場合に連結部の強度が14.8kNを超過することを確認することで、一般的な設計法の必要条件を満たしているか否かを確認することとする。図-8によると、

14.8kNを超える連結強度を発揮したケースはケース3およびケース7である。これらの連結部の特徴として、①横材が曲げ変形に対して十分な強度を有すること、②縦材の長さが300mmであり、大きな曲げモーメントを生じるほど長くないこと、③縦材は下部がジオセルの帯状シートに接し、上部がキャップを介して帯状シートに接するか、もしくはセル内の盛土材料の受動土圧に期待する構造であること、が挙げられる。

この試験結果より、連結部として十分な強度を発揮する縦材B（L=300mm）および横材Xをジオセル補強土壁の連結部材としての標準仕様とした。

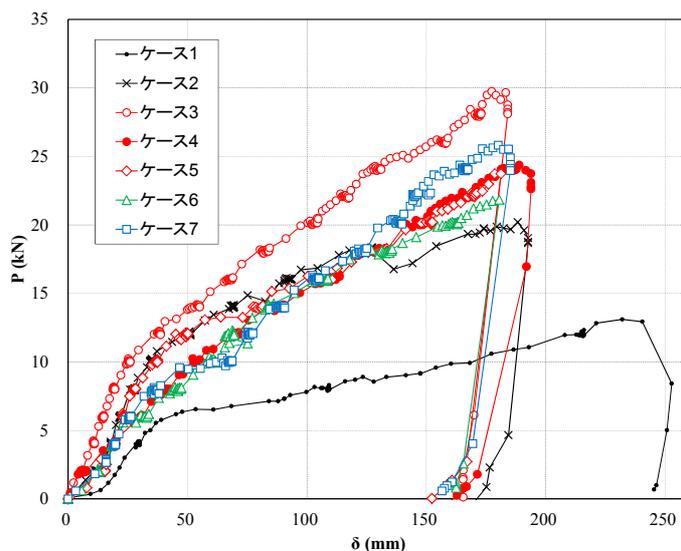


図-7 全ケースの荷重と変位の関係

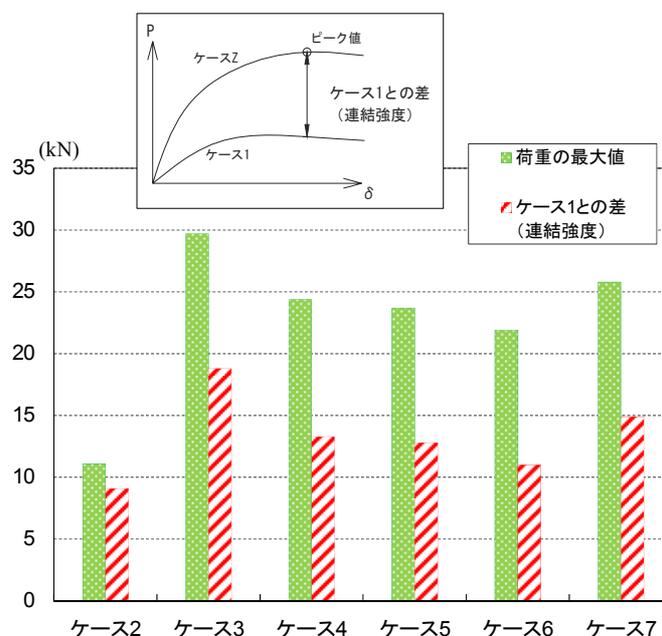


図-8 荷重の最大値とケース1との差

4. おわりに

ジオセル補強土壁の構造を示すとともに、壁面材と補強材の連結部の確認試験の概要を紹介した。連結部の確認試験の他に、ジオセル内の盛土材の締固め試験や耐凍上性確認試験を実施しており、特に耐凍上性に関しては、通常の鋼製枠の壁面工と比較して良好な結果が得られている。今後は適用実績を重ねていき、ジオセル補強土壁のさらなる改良を進めていく予定である。

参考文献

- 1) ジオテキスタイル補強土工法普及委員会，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（改訂版），土木研究センター，2006.
- 2) 吉田，新村，鈴木：寒冷地におけるジオテキスタイルを用いた補強土壁の壁面材変形の報告，第44回地盤工学研究発表会（横浜），2009.
- 3) 林，小浪，原田，雨宮：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（富山），2013.