防衛大学校	正会員	〇平川	大貴
防衛大学校	正会員	宮田	喜壽

1. **はじめに**:ジオシンセティックス補強土工法に用いられる高分子補強材の設計補強材張力 *T*<sub>A</sub>は,「製品基準強度」を「クリープ挙動」,「耐久性」,「施工中の損傷」に関する各種材料安全率で除して算出される<sup>1)</sup>。 しかしながら,これら材料安全率は個別に算出され,それぞれの安全率の相乗効果は評価されていない。本 研究では「クリープ挙動」と「施工中の損傷」の二つの材料安全率に着目し,損傷度の違いが補強材の張力 ~ひずみ関係とクリープ特性に与える影響を検討した。

2. 実験概要および高分子補強材:高分子補強材の設計補強材張力 T<sub>A</sub>は,次式によって算出されている<sup>1)</sup>。

 $T_{A} = \frac{T_{f}}{F_{cr} \cdot F_{D} \cdot F_{C}}$ ここで、 $T_{f}$ :製品基準強度、 $F_{cr}$ :クリープを考慮した材料安全率、 $F_{D}$ :耐久性 を考慮した材料安全率、 $F_{C}$ :施工中の損傷の影響を考慮した材料安全

我が国では材料安全率はそれぞれ個別に算出され,その相 乗効果は評価されていない。本研究では盛土材(礫材)によ って損傷を受けた高分子補強材を用い,損傷の度合いが高 分子補強材の変形強度特性:a) ひずみ速度1%/minにおけ る張力 T~ひずみ関係*ε*,および b)クリープ変形特性に与え る影響を調べた。

本研究では縦・横目合い 28×40 mm,  $T_{\rm f}$ =10 kN/m のポリ プロピレン (PP) 製補強材を用いた。この補強材を気乾状態 の砂岩砕石層 ( $D_{\rm max}$ =9.5 mm,  $D_{50}$ =4.5 mm) の中に敷設し, 突 固めによる土の締固め試験 (JIS A 1210) の A 法のランマーを

<b>祝-1 損傷レーン</b> と補強的衣面の佩安		
損傷レベル	エネルギー [kJ/m <sup>2</sup> ]	補強材表面の状態
無	0	
Α	22.9	
В	45.7	
С	68.1	
D	90.9	

表-1 損傷レベルと補強材表面の概要

所定の回数落下させて損傷度の異なる4種類の供試体を作成した。本研究でのエネルギーと供試体表面の概要を表-1に示す。締固めエネルギーの増加に応じて補強材表面の粗度も増加する。なお、表-1に示す突固めエネルギーは、JISA1210に準じて断面あたりの締固め仕事量(kJ/m<sup>2</sup>)として算出した。この突固めエネルギーはJISA1210でのエネルギー(kJ/m<sup>3</sup>)と次元が異なるが、損傷レベルBがJISA1210での1Ecに相当する。

引張り試験は単調載荷試験・クリープ試験ともに、ローラークランプを用いた。*T*はクランプと載荷軸の 間に接続されたロードセルで計測した。 $\varepsilon$ は補強材表面に設置した標点の変位を CCD カメラで計測して画像 解析を行うことによって算出した。以降に示す $\varepsilon$ の計測値は損傷領域の平均的な値である。一方、クリープ 挙動は温度-時間換算則<sup>2)</sup>に基づいた促進試験により算出した。促進クリープ試験は恒温室内で行うクリープ 試験であり、高分子材料の分野では短時間の実験結果から長期クリープ変形量を評価する方法として広く用 いられている<sup>2)</sup>。本研究で用いた PP 製補強材に対して、損傷を受けていない補強材に対して促進クリープ試 験は高い適用性があることを確認している<sup>3)</sup>。クリープ張力レベルは 6.3 kN/m( $T_{\rm f}$ の 63%)とし、23℃を基準 温度に1時間毎に 10℃ずつ増加させた。

3. 実験結果および考察:それぞれの損傷レベルの補強材に対して、気中において一定ひずみ速度1%/minでの単調載荷試験結果の例を図-1に示す。図-1より、損傷の度合いが大きくなるほど破断時張力 *T*<sub>rup</sub>とひずみ *ε*<sub>rup</sub>が小さくなることが分かる。各損傷レベルにおいて 5~10本の載荷試験を実施して得られた *T*<sub>rup</sub>, *ε*<sub>rup</sub>を 図-2にまとめる。本研究で用いた PP 製補強材の破断は、損傷のない状態では横リブ中心部で生じる(破断モ ード1と呼ぶ)。しかしながら、損傷度が増加すると破断箇所はモード1と一致しているがその他の横リブで

キーワード 高分子補強材,損傷,強度変形特性,クリープ

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校システム工学群建設環境工学科



おける張力~ひずみ関係

クラックが生じたり (図-2 中でのモード 2), ストラ ンドでの破断 (図-2 中でのモード 3) といった異なる 破壊形態が確認された。また,損傷供試体では  $T_{rup}$ および $\varepsilon_{rup}$ のバラツキも大きくなる (図-2)。これらは, 礫材によって生じる微小なき裂の程度・場所が供試 体毎に異なるためであろう。

図-3に促進クリープ試験により求めた補強材ひず みの時刻歴を示す。図-3から、本研究での PP 製補 強材において 10%程度以下のひずみ領域では補強 材の損傷はクリープ変形特性に大きな影響を与えな い。これは、破断時張力  $T_{rup}$ および破断時ひずみ $\varepsilon_{rup}$ は損傷の度合いに応じて減少するものの  $T \sim \varepsilon$ 曲線 はほぼ一致し、 $\varepsilon < 10\%$ 程度以下のひずみ領域では補 強材の損傷の影響が小さいため(図-1~2)であると 考えられる。

図-1~3 から,施工中に損傷の度合いによって高 分子補強材の変形強度特性は大きく変化する。PP 製 補強材のように強い延性特性を示す補強材では,破 断時の張力レベルよりも特にひずみレベルが著しく 低下する傾向にある。したがって,設計耐用年数に 生じるひずみ量を見積もり,材料安全率に反映させ ることが合理的であると考えられる。



4.まとめ: PP 製補強材を用いて施工中の損傷の程度が補強材の強度変形特性に与える影響を調べた。損傷 レベルに応じて破断時張力・ひずみは減少するが、比較的小さなひずみレベルにおいてはクリープ挙動には 大きな差異は生じない傾向にある。今後は F<sub>D</sub>も考慮し、合理的な材料安全率の算出方法の検討を行いたい。
謝辞:本研究は科学研究補助金(21360229,研究代表者:宮田喜壽)の研究成果である。また、本研究を行う にあたり、三井化学産資株式会社には補強材の提供を受けた。ここに明記し、関係各位に謝意を表す。
参考文献:1)土木研究センター編: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、2007,2)例えば、高分子 学会編、高分子科学の基礎、東京化学同人、1994、3)平川大貴、宮田喜壽:促進クリープ試験によるジオグリッドの長 期クリープ変形量の評価、ジオシンセティックス論文集,Vol.24, pp.83-90, 2009.