

繊維系ジオグリッドの変形強度特性の経年変化

防衛大学校	正会員	○平川	大貴
複合技術研究所	正会員	田村	幸彦
東京大学	正会員	内村	太郎
株式会社クラレ	正会員	小川	敦久
太陽工業株式会社	正会員	梶尾	孝之
東京大学生産技術研究所	正会員	古関	潤一
東京理科大学	正会員	龍岡	文夫

1. はじめに：ジオテキスタイル(GTX)による補強効果を向上させるためには、良質な盛土材を用いて十分な締固めを行うことが必要不可欠である。しかし、十分な締固めを行うと土中に敷設した GTX も少なからず損傷し、さらにこの様な損傷が元となって長期供用中に補強材の劣化を誘発する可能性がある。設計の高度化に向けては、施工・供用時において補強材に作用する種々の要因を予め考慮しておくことが重要である。本研究では構築後約 12 年経過した試験盛土から採取した繊維系ジオグリッド(GGR)の引張り試験を実施し、変形強度特性の経年変化を調べた。

2. 試験盛土・引張り試験の概要：試験盛土は、剛壁面工補強土工法(RRR 工法)と同様な施工手順により構築されたプレロード・プレストレスト補強盛土¹⁾である(図-1)。試験盛土は 4 断面に分かれ、それぞれの断面で使用された盛土材・GGR は異なる。本研究で検討した断面 3A および 3B では、盛土材には砂岩碎石($D_{\max}=30$, $D_{50}=5.0$ mm, $U_c=17.5$, $F_c=2.0\%$), GGR はラッセル編みされたビニロン(PVA)繊維を塩ビ樹脂で被覆したジオグリッド(縦横目合い: 20 mm)が用いられている。施工は撒き出し層厚 15 cm とし、小型の振動ローラーを用いて $\rho_d=2.05$ g/cm³となるまで入念に締固められた。施工後に盛土上下に配置した反力板(載荷板)によりプレロードを加えている。プレロードの最大値は盛土 3A では 2,340 kN(断面あたり 214.5 kPa), 盛土 3B では 1,200 kN(110 kPa)である¹⁾。3A・3B 盛土は 1997 年秋に構築され、2009 年秋に解体された。本研究では盛土 3A・3B の上から 1 層目および 2 層目の補強材層に対して、a)土嚢部, b)載荷板直下に区別し、計 8 箇所の位置に対して気中での引張り試験を行った(図-1)。

引張り試験にはキャプスタン型のローラークランプを用いた。載荷軸とクランプの間に設置したロードセルで張力を計測し、補強材ひずみは CCD カメラを用いた画像解析により算出した²⁾。ひずみ速度は約 0.8 %/min とした。採取された試験体の状態、および製造後室内にて保管されていた同種の GGR の表面状態を図-2 に示す。採取された試料は局所的に被覆が無くなってビニロン繊維の露出が見られる(図-2)。このように施工～供用を経た繊維系補強材の被覆が局所的に喪失は、本試験盛土に限らず確認されている³⁾。なお、

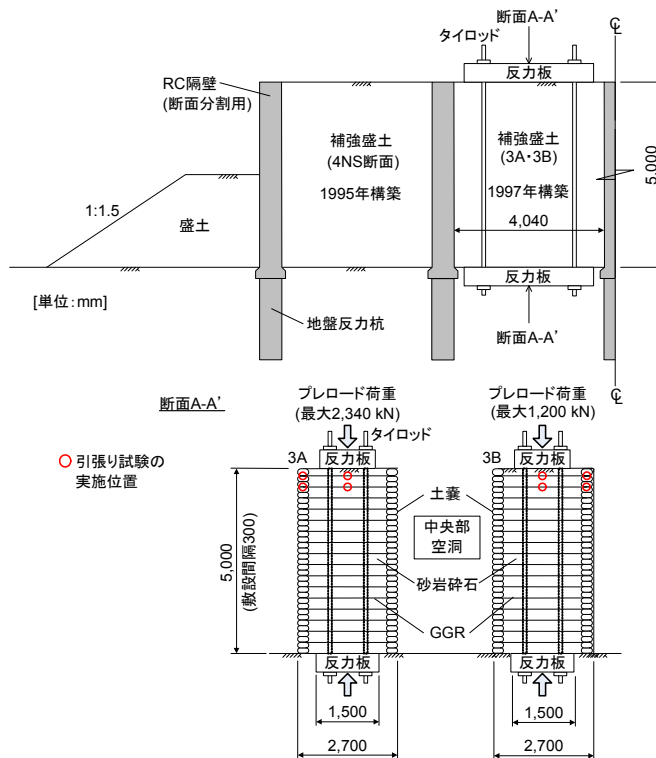


図-1 試験盛土の概要¹⁾

キーワード 高分子補強材, 強度変形特性, 損傷, 劣化

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

本研究での引張り試験では、ビニロン繊維が明確に露出して繊維のほつれが見られる箇所は用いていない。また、採取された試験体量は多くないため、本研究ではストランド1本での引張り試験を採用した。損傷の評価は、同条件での No damage 試料の結果と比較することにより行う。

3. 実験結果および考察：図-3 に約 12 年土中に敷設されていた GGR の引張り試験結果を示す。図-3 ではプレロード荷重を直接受けた載荷板直下(図-3a)と、これら荷重履歴を直接的に受けていない土嚢部(図-3b)に分け、比較のために No damage 試料の結果をあわせて示した。図-3 より採取試料は No damage 試料よりも破断強度と破断時ひずみレベルが低下していること、その低下率は土嚢部よりも載荷板直下の方が顕著であることが分かる。破断強度が土嚢部よりも載荷板直下の方が低いことは、プレロード荷重によって GGR が盛土材粒子から受ける損傷の度合いが増加した事によるものと考えられる。一方、このような損傷の程度に依らず高分子補強材の張力 T ~ ひずみ ε 関係は No damage 試料と比べて大幅に変化しない。この様な力学的特性は本報で検討した繊維系補強材に限らず、種々の樹脂系補強材でも確認されている²⁾。すなわち、高分子補強材は基本的に損傷に対して工学的性質を損ないにくい良い材料であると言える。

GTX 補強土工法の現行設計法では、設計補強材張力の算出には施工中の損傷や耐候性、耐薬品性、クリープ現象に対して材料安全率を見積もる。これら材料安全率は個々に算出され、幾つかの要因が複合的に作用する効果は考慮されていない。また、現状では施工中の損傷に関する材料安全率等では 1.0 が採用される場合が多く、本研究で確認された損傷要因の影響は「クリープに関する材料安全率」と「低めの製品基準強度を採用する事に伴う見えない安全率」で補完していることになる。さらに、繊維系補強材において被覆の喪失あるいは機能低下が生じると、雨水の吸着・消散に伴う高分子繊維の微小な膨張・収縮による疲労現象⁴⁾等の副次的な材料劣化現象の誘発や、強度を担う繊維が直接盛土材と接することによって物理的損傷の度合いの増加、耐薬品性の機能の低下の可能性もある。したがって、供用時での高分子補強材の作用条件を把握して各種要因に対して適切な材料安全率を設定すること、さらには複合的な作用による効果を考慮することは設計の合理化・高度化に向けて重要であると考えられる。

4. まとめ：約 12 年土中に敷設されていた高分子補強材を採取し、変形強度特性の経年変化について検討した。この結果、高分子補強材は長期的に安定性を保持し得るが、敷設時や供用時での作用力によって少なからず力学的損傷を受ける場合があることを確認した。

参考文献：1)内村太郎：プレロード・プレストレスト補強土工法の原理と応用，東京大学博士論文，2003. 2)松野剛ら：施工時の損傷レベルが HDPE ジオグリッドの引張強度特性に及ぼす影響，ジオシンセティックス論文集，Vol.25, pp.47-52, 2010. 3)石田正利ら：補強土工法に用いたジオテキスタイルの長期耐久性調査，繊維学会年次大会予稿集 2002, pp.215, 2002. 4)例えば，成沢郁夫著：高分子材料強度学，オーム社，1982.

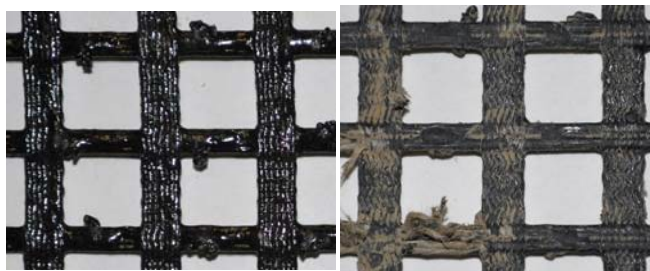


図-2 No damage 試料および採取試料の状態

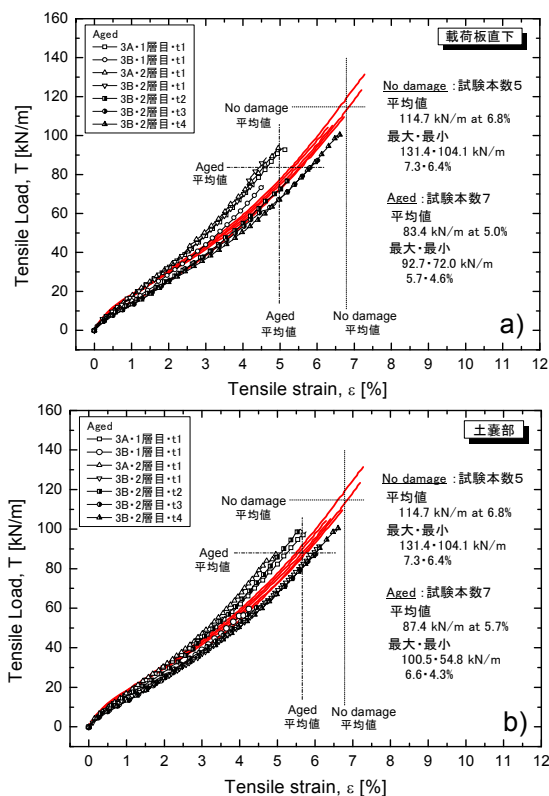


図-3 引張り試験結果：a)載荷板直下，
b)土嚢部