セメントを混合した連続繊維補強土の生育基盤としての適用性

堀江直樹¹⁾・石垣幸整¹⁾・福永健司²⁾

1) 日特建設株式会社 naoki.horie@nittoc.co.jp

2) 東京農業大学地域環境科学部

摘要: 連続繊維補強土は、砂質土とポリエステル製の連続した繊維との混合土で、セメントを混合せずに強いせん断抵抗を有し、法面保護用補強土材として用いられる。連続繊維補強土を水辺などに適用する場合、水理作用に対し植生が定着するまでの保護対策として、ネットで表面を保護したり少量のセメントを添加することがある。セメントの混合は、アルカリ害や土壌硬度が高くなり、植物の生育に影響を及ぼすことが考えられた。そこで、生育基盤としての適正を把握するため、セメントの混合量を変化させた材料の pH 値と土壌硬度、植物の生育性に関する実験を行い、その結果、砂にセメントを混合した材料は、強アルカリで土壌硬度が高くなり、植物の生育を抑制することが確認されたので報告する。

キーワード: 連続繊維補強土、法面緑化、樹林化、セメント

1. はじめに

連続繊維補強土は、砂質土とポリエステル製の連続した繊維との混合土で、砂粒子と連続繊維との摩擦やこれらが互いに拘束し合い擬似的な粘着力が付与された材料である。標準的にセメントなどの固結材を混合せずに、強いせん断抵抗を有するため、法面保護用補強土材料として用いられる。セメントで固結していないため、“強い土構造物”のような性状である。そのため、連続繊維補強土上に生育させた植物の根系が内部に伸長定着することもできる。また、地山の変形に対しても追従しやすい特性から、寒冷地では凍結凍上害を受け難く、さらには、地震に対してもクラックや剥離が発生しない特性を有している。

これら連続繊維補強土を主材料とした法面の保護工法にジオファイバー工法がある。ジオファイバー工法は、地山に打設する鉄筋と連続繊維補強土、さらに連続繊維補強土表面に施す植生工とを組み合わせた法面保護工である(図-1)。経年的には、草木で覆われた法面が完成されるため、景観の創造保全、樹林化、CO₂の吸収固定、昆虫や鳥類、小動物の生息などさまざまな環境保全効果をもたらす(写真-1~2)。

連続繊維補強土を水辺などに適用する場合、植生が定着するまでの保護対策として、表面をネットで覆ったり、砂粒子の移動を抑える目的で、少量のセメントを添加することがある。本報では、連続繊維補強土の砂にセメントを混合した場合、強アルカリ性となることや土壌硬度が高くなり、植物の生育基盤としての適正範囲を外れてしまうことが考えられた。

そのため、砂にセメントを混合した材料の pH 値と土壌硬度、植物の生育性に関する実験を行ったので報告する。

2. 工法概要

ジオファイバー工法は、図-1 に示すように、従来の小断面の法枠工やコンクリート吹付工、また積みブロック工などの保護目的を果たし、さらに植生環境を創り上げる工法である。連続繊維補強土層の表面には緑化目標に応じた植生工を施すこれらの表勾配は、植物が健全に生育できるように 5 分(1:0.5)より緩くすることを基本としている。

図-1 従来工法とジオファイバー工法

写真-1 補強土層の築造

写真-2 経年後の植生

図-2 連続繊維補強土の築造

図-3 法面保護タイプの標準断面

連続繊維補強土の築造は、法尻から法肩に向かって積層する。砂質土と連続繊維の混合は、4本のノズルから繊維が噴射され、同時に28度自動反復揺動するエジェクタを使用し、一定幅に繊維を規則的かつ均質に混入する（図-2～3）。

3. 連続繊維補強土の砂にセメントを混合した場合の植生基盤としての適応性に関する実験

3.1 目的

連続繊維補強土の砂にセメントを混合した場合、セメント由来のアルカリ（pH 12.5～13.0）が植物の生育に影響を及ぼしたり、セメントが固結して根系の伸長が妨げられるような高い土壌硬度となることが考えられる。そのため、砂にセメントを混合した材料のpH値と土壌硬度が生育基盤として適正であるのか、植物の生育試験によって確認することを目的とした。

3.2 実験方法

(1) 場所

東京農業大学敷地内

(2) 実験期間

2007年10月22日～12月28日

(3) 実験項目

①砂にセメントを混合した材料のpH（H₂O）値

②砂にセメントを混合した材料の土壌硬度

③播種植物の生育性

(4) 実験内容

使用した砂の粒径過積曲線を図-4に示す。

pH値および土壌硬度用の実験には、砂に普通ポルトランドセメントを1m³あたり0, 15, 20, 30, 40, 50kgの割合で混合した材料を用いた。また、比較対象用は関東ロームとした。これらを1/5000aワグネルポットに充填したものを2試験体作成し、屋外で降雨が当たる状態で並べた。土壌pHの測定は、ガラス電極式pHメーター（横河電気（株）製PH82）を用い、試験体作成直後および21, 28, 56日後に表面から採取した資料を室内に持ち帰りpH（H₂O）を測定した。また、土壌硬度の測定には、山中式土壌硬度計を用い、各ポット3箇所の表面土壌硬度を測定し、最大値および平均値を求めた。播種植物の生育性試験には、pH値および土壌硬度用の試験体と同じ配合の試験体を3個作成し、この表面に有機質植生基材を3cm厚さに造成して、コマツナの種子を10粒/ポット播種した。また、化成肥料（N:P:K=14:14:14）を0.5g/ポット施用し、100cc/日の散水を行い、播種後14日目に3本/ポットに間引いた。測定項目は、播種後14日目の発芽率、56日目（8週経過後）の掘り取り実験における根系伸長深、葉幅と葉長、地上部と地下部の湿潤重量、深さ10cmの資料におけるpH、目視観察とした。

3.3 実験結果および考察

(1) 砂にセメントを混合した材料のpH値

pHの測定結果を表-2に示す。一般にセメントのpHは、12.5～13.0で強アルカリ性である。土壌のpH値は土壌の最も重要な性質の一つで、植物が健全に生育するためには弱酸性～中性が望ましく、酸性やアルカリ性に片寄っている土壌では植物の生育に影響を及ぼす。そのため、緑化対象地となる土壌pHはおおむねpH 4.0～9.0の範囲とされ、これ以外の強酸、強アルカリ土壌では対策が必要となる¹⁾。

実験結果から関東ロームではpH 6.84～7.08、砂ではpH 6.73～7.23とほぼ中性であった。一方、砂にセメントを混合した材料のpH値は、15kg/m³の混合量でpH 10.72、20kg/m³以上ではpH 11を超え、混合量が増えるとともにその値は上昇した。砂にセメントを混合した材料では、緑化対象地となる土壌pH値の範囲を大きく超え、強アルカリ性となることが確認された。セメントの混合量が少量であることから、時間の経過とともに中性化することも考えられたため、21, 28, 56日目のpHを測定した。その結果、21日目にはpH 9前後の値まで下がることが確認された。しかし、56日目に掘り取りを行った際に10cm深さの資料におけるpHを測定した結果、表面部は時間の経過とともに中性化してきているのに対し、深部では強アルカリであり、この傾向は、セメント混合量が多くなればなるほど強アルカリ状態を保って

いた。

砂にセメントを混合した材料では、約2ヶ月経過した状態でも、深部が強アルカリであり、植物の生育基盤としては適さない値である。

作物の生育に適する土壌 pH の上限値は、pH 8 程度である。この値からも、砂にセメントを混合した生育基盤は植物の生育に適さないことが解かる。砂にセメントを混合した材料では、強アルカリとなり法面緑化工の対象地盤としての土壌 pH の適正範囲を超えてしまうため混合しないことが望ましい。一時的な目的で使用する際には、植物の生育を考慮して用いることが望ましい。

(2) 砂にセメントを混合した材料の土壌硬度

試験体作成後7日目の土壌硬度の測定結果を図-5に示す。

砂にセメントを混合した場合、セメント混合量の増加とともに土壌硬度が高くなる傾向を示した。また、セメント混合量が1 m³あたり15~50 kgと少量であるため、セメントの混合量が少ない試験体になるほど、土壌硬度の値はばらつきが大きい。これは、セメントの混合量が少ないため、砂とセメントとが、均質に攪拌されにくいものと考えられる。

土壌硬度と植物の生育状態では、砂質土において10~27 mmの範囲が植物の生育には適する硬さである。一方、土壌硬度が27 mmを超えると、一部の木本類以外では根系の伸長が妨げられるため、生育基盤としては適さない¹⁾。セメントの混合量が30 kg/m³以上では、根系の伸長を妨げる硬度であり、40 kg/m³以上では根の伸長はほとんど不可能な値となることが解った。

コマツナ播種後56日目の根系伸長状況を写真-4 a~dに示す。破線が根系の伸長範囲である。セメントの混合量が0 kg/m³ではワグネルポットの底まで根が到達していたのに対し、セメント15 kg/m³ではその1/3程度である。また、セメントの混合量が増えると根系伸長深は浅くなり、20 kg/m³以上では伸長せずに横に広がっている状況であった。これらの結果から、砂にセメントを混合した材料では、表面土壌硬度が根系の伸長が可能な値であっても、深部までは根系が伸長できない状態であることが解った。

(3) 播種植物の生育性

播種後14日目の発芽率は、56.6~100%と高く、植物の発芽に関してはセメントの影響は受けていないものと考えられる。56日目(8週経過後)の掘り取り実験前の関東ロームの試験体と各配合の試験体とを並べた状況を写真-4 a~dに示す。セメントを混合した試験体においてはその混合量に係わらず黄色化したものが見られ、さらに葉幅や葉長が小さい。これらは根系がセメント混合土層に到達した際にセメント由来のアルカリの影響や土壌硬度が高いことで根系の伸長が妨げられたことが原因であるものと思われる。目視観察でも、

セメント混合砂では根系が奥深く伸長できず、表面に造成した有機質基盤内にとどまっている状況が確認された。

多重比較によるセメント混合量に対する葉幅と葉長および根系伸長深を図-6~8に示す。セメントを混合していない関東ロームや砂とセメントを混合した試験体とでは、葉幅、葉長、根系伸長深ともに1%有意(Scheffeの多重比較)で差がみられた。特に、根系の伸長深は、セメントの混合量が増えるにしたがい伸長深さが浅くなる。図-9に示す地上と地下部の湿潤重量では、セメントを混合しないものが大きな値を示している。

4. まとめ

連続繊維補強土の砂にセメントを混合した植生基盤としての適応性に関する実験結果をまとめると次のようである。

図-4 供試験砂の粒径加積曲線

表-2 pH (H₂O) 測定結果

	関東ローム	セメント混合量 (kg/m ³)					
		0	15	20	30	40	50
作成直後	—	7.73	10.72	11.14	11.41	11.51	11.62
21日目	7.08	6.79	8.95	9.00	9.20	9.15	9.21
28日目	6.84	6.88	8.90	9.24	9.53	9.24	9.65
56日目	6.86	7.23	8.55	8.86	8.87	9.00	9.30
10cm深さ 56日目	6.86	7.11	10.12	10.33	10.74	11.08	11.12

図-5 セメント混合量と土壌硬度の関係

a セメント 0 kg/m³b セメント 15 kg/m³c セメント 20 kg/m³d セメント 50 kg/m³

写真-4 セメント混合量と根系の伸長深さの状況 (破線が根系伸長深)

a セメント 0 kg/m³とロームb セメント 15 kg/m³とロームc セメント 20 kg/m³とロームd セメント 50 kg/m³とローム

写真-5 セメント混合量の違いによるコマツナ地上部の生育状況 (写真右は比較用のローム)

図-6 セメント混合量と葉幅の関係

図-7 セメント混合量と葉長の関係

図-8 セメント混合量と根系伸長深さの関係

図-9 セメント混合量と地上部・地下部の湿潤重量

①砂にセメントを混合した材料の pH 値は、法面緑化工の対象地盤としての適正範囲を超える強アルカリとなる。

②セメントの混合量を増やすと根系の伸長を妨げる土壌硬度となる。

③セメントの混合は植物の生育を抑制する。

引用文献

- 1) (社) 日本道路協会 (1999) 道路土工 のり面工・斜面安定工 指針, 220-221.

(2008. 7. 26 受理)