

微生物機能を用いた土の強度増加に関する基礎的検討 (その2 一軸圧縮試験について)

長野工業高等専門学校 非 会 員 土屋 慧
同 学生会員 細尾 誠
同 正 会 員 畠 俊郎

1. はじめに

現在、海外で地盤強度の増加を目的として、土粒子間への炭酸カルシウム（以下 CaCO_3 ）析出の要因となる土壌微生物のウレアーゼ活性の工学的利用法に関する検討が進められている。本研究では、この尿素（以下 urea）を利用した結晶化技術の日本国内土壌への適用性について検討している。

本文では、各種土壌を用いた予備試験によりウレアーゼ活性が認められた土壌を対象とし、一軸圧縮試験を行い urea の利用による結晶化が地盤強度に及ぼす影響について検討した結果を報告する。

2. 試験の概要

室内培養試験より、一般土壌微生物による土の強度増加について基本的有効性が示唆されている。本研究では、一般環境下の土壌において、微生物機能により析出するカルシウム系鉱物が土の強度に与える影響を検証するため、一軸圧縮試験を行うこととした。

土試料には、培養試験時においてウレアーゼ活性が認められた本校グラウンドの土を用いた。対象土は 2mm 径ふるいを通過させ、自然含水比の土試料に、表-1 に示す組成のグラウト溶液を加え最大硬度を発揮する含水率 $w=15\%$ 前後になるように水分調節を行った。一軸圧縮試験用の供試体は、土試料と溶液をハンドミキシングにて十分攪拌混合し、直ちに一軸圧縮試験モールド（直径 50mm, 高さ 100mm）を用い、試料の乾燥密度 $\rho_d=1.594$ を目標とし、タンパーにより 1 層 25 回、3 層突固めで作成した。比較試験用として、同一試料の含水比を精製水のみで調整した対象区も同時に作成した。本試験で用いた土の物理的性質を表-2 に示す。

一軸圧縮試験は、0 日、3 日、7 日、14 日養生後に行った。強度増加の確認された urea を添加した試料についてのみ詳細な分析を行なうこととした。表-3 に試験および分析の目的と方法を示す。なお、土壌のアンモニア性窒素濃度の測定は以下に示す方法で行なった。1) 土と 10% 濃度 KCL を 1:10 で混合する。2) 30 分間振とうした後、静置する。3) No.5B のろ紙でろ過を行なう。4) 抽出された液体を検液として上水試験方法の 1-ナフトールによる分光光度法でアンモニア性窒素を測定する。また、一般細菌の計数に用いた土壌の希釈は、土壌微生物実験法に準拠して行なった。

表-1 水分調整溶液組成

試薬	Case1	Case2
尿素	0.17 mol/L	-
Yeast Extract	20 g/L	-
塩化カルシウム	0.1 mol/L	-
精製水	500 ml	500 ml

表-2 試料の物理的性質

粒土子の密度 ρ_s	g/cm^3	2.256
液性限界 W_L	%	36.7
塑性限界 W_P	%	24.2
塑性指数 I_P		12.5
礫 分(2~75mm)	%	7.4
砂 分(0.075~2mm)	%	59.6
細 粒 分(0.075mm 未満)	%	33.0
シルト分(0.005~0.075mm)	%	18.0
粘 土 分(0.005mm 未満)	%	15.0
最大粒径	mm	9.5
均等係数 U_C		175
試料の分類名		礫まじり 細粒分質砂
分類記号		SF-G

表-3 試験および分析項目一覧

項目	目的	方法
一軸圧縮試験	土の強度増加の評価	JGS
アンモニア性窒素	尿素分解度 評価	上水試験 方法
一般細菌	微生物活性 評価	下水試験 方法

3. 分析および考察

一軸圧縮試験の結果を図-1に示す。Case1が3日目にかけて、著しい増加傾向を示すのに対し、Case2はわずかな増加傾向を示すに留まっている。その後は両ケースとも際立った増加傾向はなく、一軸圧縮強度は同程度の推移を見せている。室内培養試験では、ureaの加水分解が活発な状態にあるのは3日目までと推察されているが、本試験においても同様の傾向を示すことが確認された。

一般細菌数の推移を図-2に示す。試験開始から試験終了まで一定のオーダーで推移し、目立った増減は確認されない。このことから、一軸圧縮強度の増進に関与した微生物は、標準寒天培地を用いた一般細菌として検出することは困難であることが推察される。今後はより選択性の高い培地を用いる等して強度増加に関与する微生物を明らかにしていきたい。

アンモニア性窒素濃度の推移を図-3に示す。0日目から3日目にかけて急激に上昇し、その後は3日目とおおよそ同じ濃度で推移している。室内試験におけるアンモニア性窒素の増加とほぼ同様の傾向を示すことから、今回の試験でのureaの加水分解が活発な期間は試験開始3日目までと推察される。

一軸圧縮強度とアンモニア性窒素濃度の相関を図-4に示す。一軸圧縮強度とアンモニア性窒素濃度には正の相関が確認できる。また、相関係数に0.9889と高い相関関係が認められることから、尿素の加水分解が土の強度増加に影響したと推察される。本試験では、0日目から3日目に著しい強度増加が見られるため、サンプリング期間を短くするなどして、詳細な検討を行なっていきたい。

4. まとめと今後の課題

ureaに関する詳細な分析より、以下の知見が得られた。

- ureaを添加した供試体において、強度増加が生じることを確認した。
- 標準寒天培地では、ウレアーゼによる加水分解に寄与している微生物の検出は困難である。
- 一軸圧縮強度とアンモニア性窒素濃度には高い相関がある。

試験および分析から、一軸圧縮強度とアンモニア性窒素は高い相関関係にあることが確認され、ウレアーゼが強度増加に関与した可能性が推察される。しかしながら、標準寒天培地によって強度増加に関与した土壤微生物を特定することは困難であるため、今後検討していく必要がある。また、アンモニア性窒素は分解の過程で硝酸性窒素等の形を取り、土壌・地下水汚染を引き起こし人の健康に被害を及ぼす危険性があるため、あわせて今後の課題としたい。

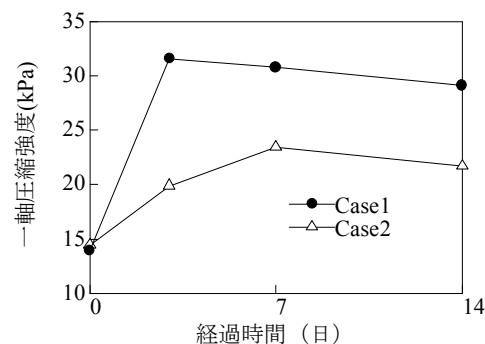


図-1 一軸圧縮強度の推移

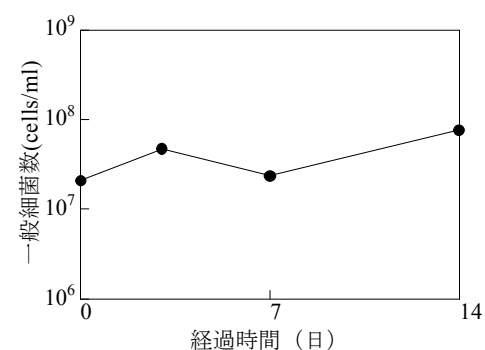


図-2 一般細菌数の推移

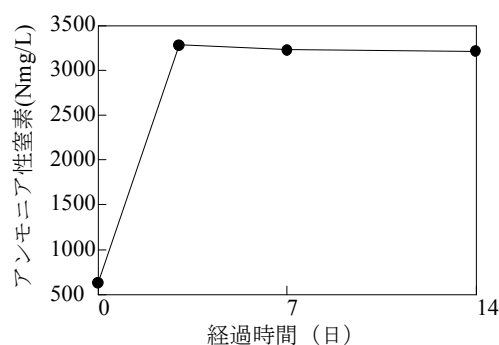


図-3 アンモニア性窒素の推移

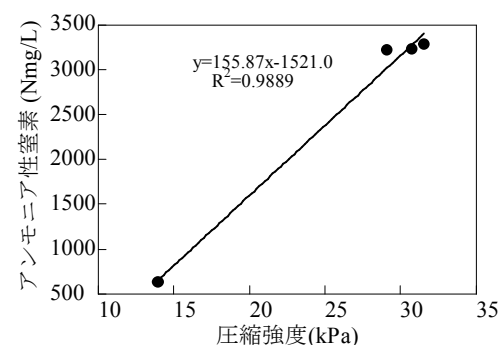


図-4 圧縮強度とアンモニア性窒素濃度の相関