

バイオマス由来の高分子材料の混合が地盤材料の変形・強度特性に及ぼす影響

名古屋大学 正会員○酒井 崇之

フェロー会員 中野 正樹

非会員 ジンチェンニコ アナトーリ

1. 研究の背景・目的

これまで、高分子材料は様々な放射能汚染された地盤や重金属汚染された土壌などの環境問題の解決のため幅広く用いられている¹⁾。しかし高分子材料と混合された土壌の力学特性については、研究がなされていない。高分子材料と土壌の混合比や、土の乾燥密度が力学特性へ及ぼす影響などについても未解明である。そこで、本研究では、自然由来の高分子材料を添加した土に対し、土の乾燥密度や、高分子溶液の濃度などを変えた供試体を作製し、一軸圧縮試験により変形・強度特性を把握するとともに、これらの影響を調べた。

2. 実験に用いる試料の概要

図-1は使用した試料の粒径加積曲線を示す。均等係数 U_c は 39.3、曲率係数 $U_{c'}$ は 3.75 であった。なお、土粒子密度 ρ_s は 2.716g/cm^3 であった。図-2は締固め曲線を示す。締固め試験は A-b 法で実施した。最大乾燥密度 $\rho_{d\max}$ は、 1.864g/cm^3 で、最適含水比 w_{opt} は 13.5% であった。

3. バイオマス由来の高分子材料による改良機構

正電荷をもつ高分子であるポリカチオンと負電荷をもつ高分子であるポリアニオンを混合すると、両者の間に強い静電的な相互作用が働き、ポリイオンコンプレックス（以下 PIC）が形成する（図-3 上）。土壌内では、PIC の高分子はさらに土粒子と結合して、土壌を固定する（図-3 下）。この際に、ポリアニオンやポリカチオンは、重金属イオンなどと安定な錯体を形成するために、処理土は、重金属処理に用いられてきた。なお、本研究では、ポリアニオンとして、カルボキシルメチルセルローズ²⁾（以下 CMC）、ポリカチオンとして、キトサン³⁾を用いた。これらの高分子材料は自然由来のものであり、環境に優しいものである。

4. 試験ケースと供試体作製方法

表-1に試験ケースを示す。ケース 1～5 は乾燥した土 300g に対し、キトサンと CMC を攪拌機で十分に混合した高分子溶液約 100g を混合して作製した試料を高さ 10cm、内径 5cm のモールドに手で詰めて作製した。ケース 1～5 では、それぞれキトサンの濃度と CMC の濃度を変化させて比較を行う。なお、ケース 0 のように通常の蒸留水で供試体の作製を試みたが、蒸留水で作製した供試体は自立することができなかった。ケース 6～10 は、高分子溶液を土に混合し、含水比を調整した試料を高さ 10cm、内径 5cm のモールドにランマーで 3 層に分けて突き固めて作製した。ケース 6, 8, 10 は含水比を 20% にして、供試体を作製し、ケース 7, 9 は、含水比を最適含水比付近に調整し、供試体を作製した。なお、ケース 6, 7 は高分子水溶液ではなく、蒸留水を用いた。なお、高分子材料を混合した供試体については、2 日間、モールド内で養生を行い、試験直前にモールドを解体した。

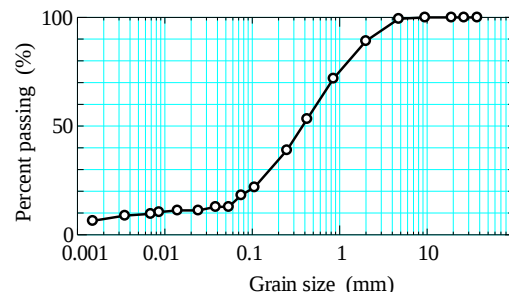


図-1 粒径加積曲線

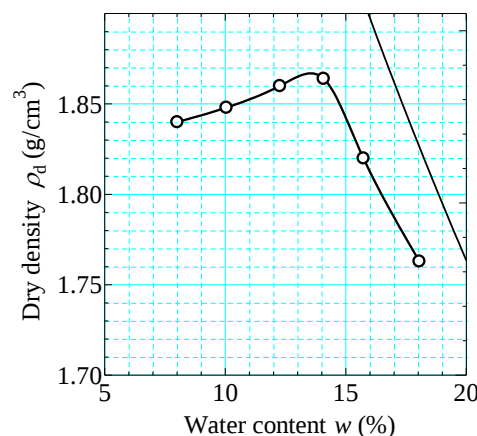


図-2 締固め曲線

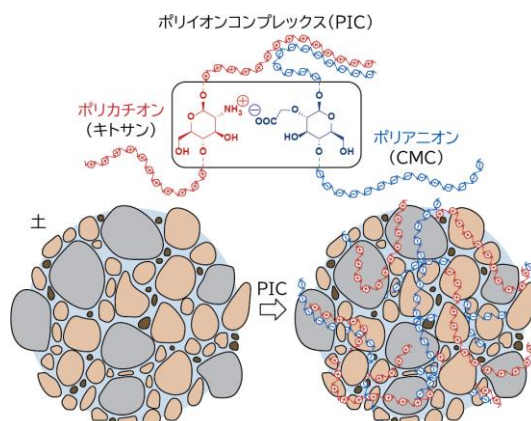


図-3 ポリイオンコンプレックス形成の概要図

表-1 試験ケース

ケース	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
乾燥密度(g/cm ³)	1.41	1.42	1.42	1.41	1.36	1.38	1.73	1.68	1.66	1.68	1.65
含水比(%)	33.0	33.0	31.9	32.6	38.2	34.1	18.2	11.8	20.4	12.9	19.4
締固め度(%)	75.8	76.0	76.0	75.8	73.1	73.9	92.5	90.0	89.2	90.2	88.6
キトサン(%)	0.0	1.0	1.5	2.0	2.0	3.0	0.0	0.0	2.0	2.0	2.0
CMC (%)	0.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0

5. 試験結果と考察

図-4 にケース 1～5、図-5 にケース 6～10 の試験結果を示す。ケース 1～5 の中では、キトサンの濃度が 2.0%(ケース 3)のときに、最も一軸圧縮強度が大きく、130kPa 程度であった。しかし、キトサンの濃度を高くする(ケース 5)と、逆に一軸圧縮強度が小さくなった。また、CMC の濃度を高くする(ケース 4)と、非常に一軸圧縮強度が小さくなった。いずれのケースも、圧縮ひずみが 10%よりも大きいときにピークが出ており、靱性の高い材料である。ケース 3 とケース 8,9 やケース 4 とケース 10 の比較から密度を大きくすることにより、一軸圧縮強度が大きくなることがわかった。高分子材料を混合する(ケース 8～10)と、混ぜていない土(ケース 6,7)より約 10 倍程度大きい強度が得られ、高分子材料の改良効果は明確であった。ケース 8 とケース 9 では、含水比の高いケース 8 の方が、強度が大きくなっている。これは、溶液の濃度が同じなので、含水比が高い方が、より多くの高分子材料を添加していることになるため、このような現象が見られた。また、ケース 4 では CMC の濃度を大きくすると逆に強度が低下したが、ケース 10 では、CMC の濃度を大きくすることで、強度が高くなった。以上の結果から、密度に応じて最適な配合があることが示唆された。

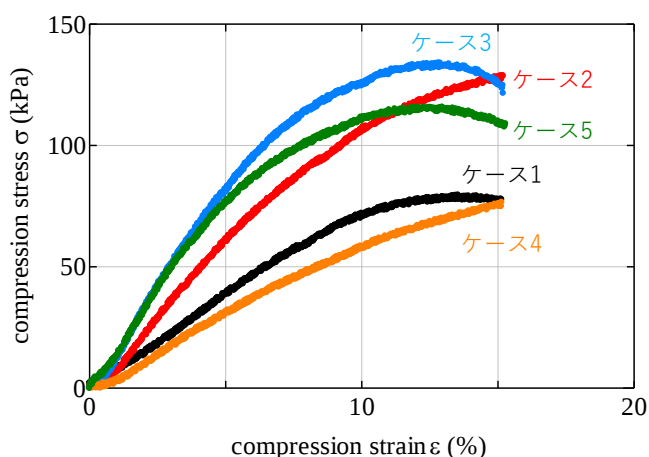


図-4 ケース 1～5 の一軸圧縮試験結果(締固め度 75%)

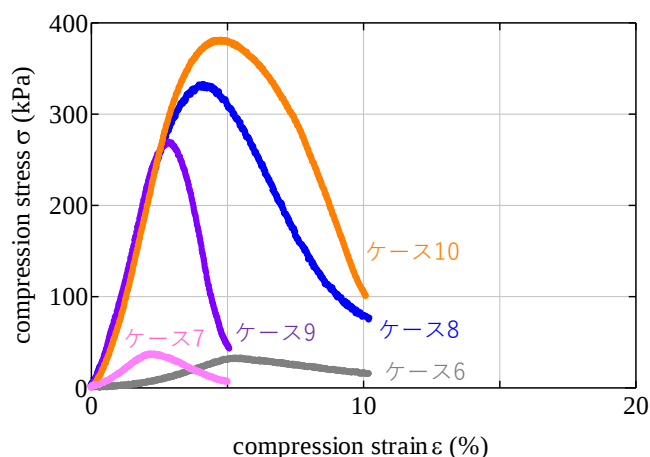


図-5 ケース 6～7 の一軸圧縮試験結果(締固め度 90%)

6. 結論

本研究では、バイオマス高分子材料を添加した土を締固めて作製した供試体に対して一軸圧縮試験を実施し、高分子溶液の濃度や、量、土の乾燥密度や含水比が強度特性へ及ぼす影響を調べた。高分子材料を添加することにより、一軸圧縮強度が 10 倍程度大きくなった。締固め度 75%の方は、軸ひずみが 10%よりも大きいところで強度がピークになっており、靱性の高い材料である。また、キトサンの濃度、CMC の濃度、添加量などは、土の量によって最適な量があることが示唆された。今後は最適な配合設計の方法を検討しつつ、重金属イオンの吸着性能も確認し、実構造物への適用を目指す。

参考文献

- 1) 長縄ら (2011) : ポリイオンコンプレックスを固定化剤として用いる土壌表層の放射性セシウムの除去, 福島県飯舘村における除染試験の速報, 日本原子力学会和文論文誌, Vol.10, No.4, pp.227-234.
- 2) 千田壽一 (1985) : カルボキシシルメチルセルロース, 有機合成化学協会誌, Vol.43, pp.382-383.
- 3) 相羽誠一 (2007) : キチン, キトサン由来高分子材料, 材料, Vol.56, No.11, pp.1087-1092.