

リグニン混合土の工学的性質に関する研究 Study on engineering properties of lignin mixed soil

○川村智子*, 金山素平**, 深町真嗣***, 弓削こずえ****
Kawamura S.*, Kanayama M.**, Masashi F.***, Yuge K.****

1. はじめに

地盤改良は、古来から植物の繊維を使用した方法が用いられてきた。現代の先進国における地盤改良では、多くがセメント系もしくは石灰系の固化材によって行われている。これらの工法は簡便であるが、改良後の過度な固化、通水性の悪化、表面侵食等をもたらす。これらの理由から、地盤改良技術の新たな代替案として、植物繊維を使用した古来の工法が再び注目されている。そこで本研究では、里山への侵入が深刻化している放置竹林問題を取り上げ、竹廃材を利用した地盤改良効果を実験的に検討した。黒ボク土に竹繊維を混合し、各種試験を行ったところ、試料土の軽量化、強度の増大がみられた。これらの改良効果は、竹繊維構造による物理的效果と竹繊維成分による化学的效果に由来すると考えられる。本研究では、竹の繊維を接合し竹の硬化に寄与するリグニンに着目し、リグニンを混合した土の工学的性質について実験的に検討を行った。

2. 試験方法

本実験では、繊維成分の溶出を目的として蒸留水の質量に対して10%の質量の竹繊維を漬け込んだ竹繊維浸漬水と、市販のリグニンを使用した。竹繊維浸漬水を用いて含水比を調整した混合土と、土質量に対して10%の質量のリグニンを混合したリグニン混合土を用いて試験を行った。竹繊維浸漬水ならびにリグニンの添加による改良効果を検討するため、液性限界・塑性限界試験、突き固めによる締固め試験、一軸圧縮試験を行った。土試料は、岩手大学の下台の圃場から採取した黒ボク土を用いた。土試料の物理試験結果を **Table 1** に示す。

Table1 試験試料の物理試験結果

土粒子の密度 $\rho_s(\text{g}/\text{cm}^3)$	2.727
最大粒径 (mm)	9.5
礫分 (%)	0.2
砂分 (%)	27.3
シルト分 (%)	44
粘土分 (%)	28
細粒分含有率 $F_c(\%)$	72.4

3. 結果と考察

液性限界・塑性限界試験の結果を **Table 2** に示す。竹繊維浸漬水を使用した試料では、蒸留水のみを使用した結果と比較すると液性限界・塑性限界ともにわずかに増加が確認された。このことから、竹繊維から溶出した繊維成分が、コンシステンシー限界の増加に寄与したと考えられる。また、流動指数は8.9であり、蒸留水のみを用いた結果とほぼ同値を示した。一方、リグニン混合土の液性限界・塑性限界は蒸留水のみを用いた結果と比較すると、両者ともに低下がみられた。また、リグニン混合土の流動指数は、蒸留水を用いた結果と比較すると、約4.7と低い値を示した。以上より、リグニンは試料土のコンシステンシー限界を低下させることが分かった。

Table2 液性・塑性試験結果

	液性限界 w_L	塑性限界 w_p	塑性指数 I_p	流動指数 I_f
竹繊維浸漬水	46.8	33.1	13.7	8.885
蒸留水	45.5	32.4	13.1	8.576
リグニン混合	44.5	28.0	16.6	4.727

突き固めによる締固め試験の結果から得られた最大乾燥密度と含水比の関係を **Fig.1** に示す。竹繊維を混合した際の試験結果から得られた最適含水比である $w=30\%$ 、乾燥側の $w=22\%$ 、湿潤側の $w=38\%$ の試料を用意し試験を行った。全ての含水比において、リグニン混合土では乾燥密度の低下が見られた。これはリグニンの密度が黒ボ

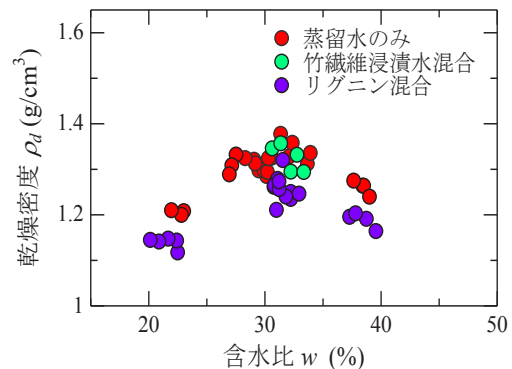


Fig. 1 最大乾燥密度と含水比の関係

*岩手大学大学院総合科学研究科, **岩手大学農学部, ***群馬県庁, ****佐賀大学農学部,
*Graduate School of General Sciences, Iwate University; ** Faculty of agriculture, Iwate University, *** Gunma Prefectural Government,
****Faculty of Agriculture, Saga University;
キーワード：竹繊維, 黒ボク土, リグニン, 工学的性質, 一軸圧縮強度

ク土の土粒子密度と比較して小さいためである。一方、竹繊維浸漬水混合土の試験結果では黒ボク土とほぼ同じ乾燥密度を示し、繊維成分による効果は確認されなかった。

一軸圧縮試験において、Fig.2 に含水比 30%付近における応力-ひずみ曲線を示している。竹繊維浸漬水およびリグニンの混合土の圧縮応力に着目すると、最大値はどの試料においても約 80~90kN/m² の値を示し、蒸留水の場合とほぼ同値であった。また、応力-ひずみ曲線の形状に着目すると、蒸留水の結果と比べてリグニン混合土、竹繊維浸漬水の順に勾配が緩やかになっていることがわかる。ただし蒸留水の場合の試験結果において曲線の勾配に大きくばらつきがみられたため、今後も試験を行い、精度を高める必要がある。Fig.3 に一軸圧縮強さと含水比の関係を示す。竹繊維浸漬水およびリグニン混合土の結果を比較すると、黒ボク土の強度に影響を与えないことがわかった。また、含水比 w=22%, 30%, 38%のリグニン混合土においても強度に違いがみられなかったことから、先行研究でみられた竹繊維の混合による強度増大は繊維成分によるものではなく、繊維の構造由来の物理的効果が原因だと考えられる。

Fig.4 に各試料の含水比 30%時の供試体における変形係数を、Table 3 に含水比 30%の各種試料による実験時の変形係数の平均値と標準偏差を示す。竹繊維浸漬水混合土およびリグニン混合土の変形係数は蒸留水の場合の値を下回る傾向がみられた。また、蒸留水の場合の結果と比較すると、リグニン混合土、竹繊維浸漬水混合土ではともに変形係数が低下する傾向がみられた。特に後者においては約 1.5 もの低下が確認されたことから、蒸留水の場合の供試体と比較して剛性が低下したといえる。竹繊維そのものを混合した場合にも同様の傾向がみられたことから、竹繊維およびリグニンの混合は試料土の剛性を低下させることが分かった。以上の結果から、黒ボク土の変形係数は若干の変動を示したが、竹繊維成分は試料土の剛性を低下させ、その繊維成分はリグニンである可能性があるといえる。

4. まとめ

本研究の試験結果から、リグニンは試料土のコンシステンシー限界を低下させ、竹繊維浸漬液では試料土のコンシステンシー限界の増大が確認された。竹繊維浸漬水は軽量化に寄与しなかったが、リグニンは混合時に軽量化が確認された。また、繊維成分及びリグニンによる試料土の剛性の変化が確認された。竹繊維浸漬水及びリグニンによる顕著な強度増加がみられなかったことから、繊維成分の強度への影響は確認できなかった。今後は、強度増ならびに柔軟性の向上の化学的要因を明らかにするため、竹繊維浸漬水の成分分析、またリグニンの混合割合を変えての各試験を行う必要があると考える。

参考文献 Hejazi, Sayyed Mahdi, Mohammad Sheikhzadeh, Sayyed Mahdi Abtahi, and Ali Zadhoush. "A simple review of soil reinforcement by using natural and synthetic fibers." Construction and Building Materials 30 (2012): p 100-116

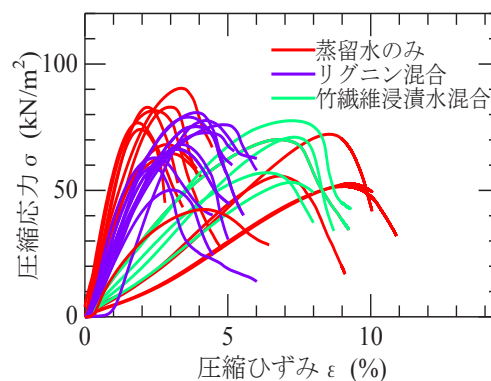


Fig.2 30%含水比における応力-ひずみ曲線

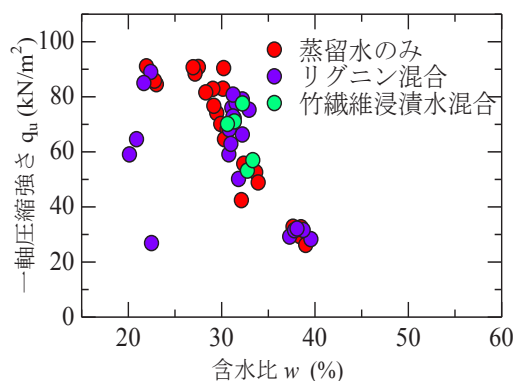


Fig.3 一軸圧縮強さと含水比の関係

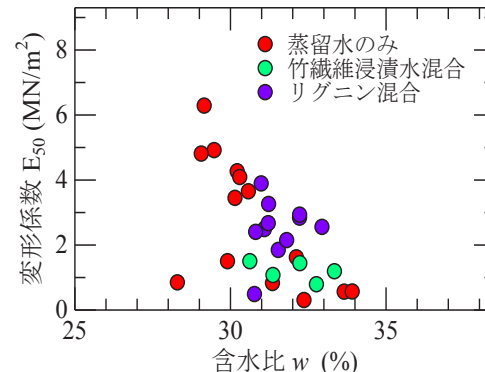


Fig.4 30%含水比における変形係数

Table 3 含水比 30%での変形係数の平均と標準偏差

	リグニン混合土	竹繊維浸漬水混合土	黒ボク土
変形係数	2.49	1.20	2.72
標準偏差	0.86	0.19	1.99