

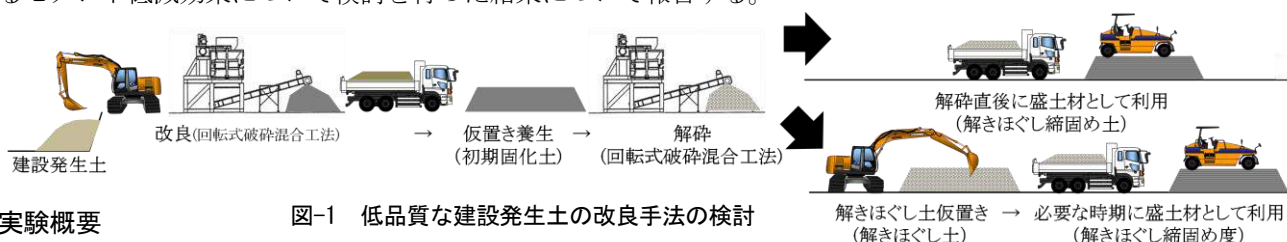
助材の利用に着目した解きほぐし締固め土の力学特性

福岡大学大学院 学生会員 近松 周平

日本国土開発株式会社 正会員 中島 典昭

福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 藤川 拓朗 古賀 千佳嗣

1.はじめに 著者らは、従来、改良が困難な低品質建設発生土の処理も可能とし、破碎と混合を同時に行えることを特徴とする回転式破碎混合工法¹⁾に着目し、**図-1**に示す改良手法を施工に適用した場合を想定して、室内で基礎的な検討を行っている²⁾。これまでの検討結果から、有効利用が困難な泥土を対象に、泥土を模擬した材料を固化・解碎して盛土材料に適用する場合、初期固化土の強度や解きほぐし土の粒径によって解きほぐし締固め土の強度が異なり、改良品質に及ぼす強度特性を明らかにしている²⁾。一方、本改良手法は、セメント改良による環境負荷や材料コストなどの課題も存在する。そこで、本報告では第2種程度の建設発生土を助材として併用した際の改良効果を確認し、助材混合によるセメント低減効果について検討を行った結果について報告する。



2. 実験概要

図-1 低品質な建設発生土の改良手法の検討

2-1 実験試料 本研究では、低品質な建設発生土を模擬するために木節粘土を使用した。木節粘土は、カオリン鉱物を主成分とした有機物を含み、現場の発生土の性状に近いと考え選定した。木節粘土の物理特性を表-1に示す。固化材は、高炉セメントB種を使用した。助材は、実験結果のばらつきを減らすことや再現性を高めることを考慮して、本検討では品質の安定した珪砂7号を第2種発生土の代替材として使用した。

表-1 木節粘土の物理特性

試料	木節粘土
土粒子密度 $\rho_s(\text{g}/\text{cm}^3)$	2.690
自然含水比 $w_n(\%)$	3.90
最適含水比 $w_{opt}(\%)$	21.9
液性限界 $w_L(\%)$	44.0
塑性限界 $w_P(\%)$	16.1
細粒含有率 $F_c(\%)$	96.4
強熱減量 $lg-loss(\%)$	8.50

2-2 実験方法 表-2に実験条件、**図-2**に本実験の実験手順を示す。初期固化土は高炉セメントB種を固化材として模擬低品質発生土の乾燥土砂重量に

対して20、30%添加した後、ホバートミキサーで3分間攪拌混合して作製した。その後、 $\phi 100\text{mm} \times H200\text{mm}$ のモールドに各層25回を5層に分けてタッピング法で充填し、 20°C の恒温室にて7日間の初期養生を行った。初期養生終了後、一軸圧縮強さを測定した後に回転式破碎混合機で解碎及び助材の混合を行った。助材は、初期固化土に対しての湿潤重量比で添加している。なお、回転式破碎混合機で解碎する際、投入する供試体寸法は $\phi 100\text{mm} \times H100\text{mm}$ の円柱形とした。この理由としては、投入する試料の寸法の違いにより、解碎後の粒度が変動する可能性があるため寸法を統一した。また、解碎する際のチェーン本数は12本(4本 $\times$ 3段)に固定している。解碎後、解きほぐし土をランマー(質量1.5kg、落下高さ $h=20\text{cm}$)で、各層12回を3層に分けモールド($\phi 50\text{mm} \times H100\text{mm}$)に突固めた後、上面を整形し、脱型ラップで密閉して供試体を作製した。解きほぐし締固め土の強度特性は締固め後0、7、14、28日後にJIS A 1216土の一軸圧縮試験に準拠し一軸圧縮強さを確認した。

3. 実験結果及び考察 今回、解きほぐし締固め土の検討は、一軸圧縮強さが $452\text{kN}/\text{m}^2$ ($C=20\%$)、 $620\text{kN}/\text{m}^2$ ($C=30\%$)を示す初期固化土を用いている。この初期固化土を回転式破碎混合機で解碎及び助材混合を行った後、締固めを行い強度・変形特性について検討を行った。**図-3**に解碎直後の粒径加積曲線を示す。図中には助材として用いた珪砂7号の粒度も示している。どちらの固化材添加率においても、助材を用いていない条件に比べ、助材を併用した場合の粒度は細粒側に移行している。これは中砂～細砂の助材を添加したことにより細粒側へ移行したと考えられる。また、 $C=30\%$ は

表-2 実験条件

試料	設定含水比 $w(\%)$	固化材添加率 $C(\%)$	初期養生日数(日)	助材添加率 $Ac(\%)$
木節粘土	66($1.5w_L$)	20, 30	7	0 30 50

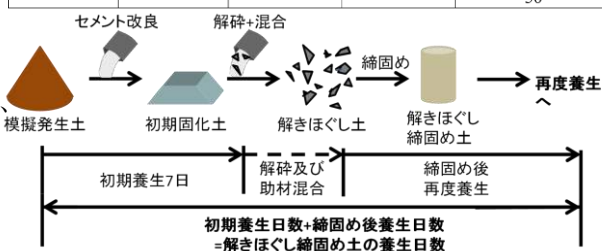


図-2 実験手順の概要図

C=20%と比べて細粒側の粒度を示しており、初期固化土の強度が解砕粒度に影響したと考えられる。図-4(a), (b)に各固化材添加率における養生日数と一軸圧縮強さの関係を示す。初期固化土の一軸圧縮強さを養生7日にプロットし、解きはぐし締固め土の養生7日(初期養生7日+解砕処理後0日養生=7日養生)の初期強度を僅かにずらしプロットしている。図から、すべての条件において初期固化土と解きはぐし締固め土養生7日を比較すると解きはぐし締固め土の強度は著しく低下するが、その後、養生することで強度回復する。この強度変化は既往の研究²⁾と同様の傾向を示す。ここで、助材による効果に着目してみると、助材を併用した解きはぐし締固め土は助材を用いていない解きはぐし締固め土に比べ、強度発現の向上が認められる。また、図-5に示す助材添加率と変形係数の関係から、助材を添加した解きはぐし締固め土の剛性が増加しており、これらの強度増加、剛性の上昇から助材添加による改良効果が認められる。また、助材添加率の違いに着目すると、固化材添加率によらず一軸圧縮強さ、変形係数共に助材添加率Ac=30%をピークに凸となる強度特性を示す。そこで、助材添加率によって大きく性状が変化する含水比に着目した。図-6に養生35日時点の助材添加率Ac(%)と固化材添加率C=30%の一軸圧縮試験後の含水比の関係を示す。図-6から、助材を用いていない供試体の含水比は60%付近を示し、助材を併用した供試体の含水比は助材添加率Ac=30%で40%付近、助材添加率Ac=50%では30%程度まで低下することがわかる。この結果から、助材を添加した解きはぐし締固め土の強度は、含水比40%付近で最大となり、それ以上含水比が低下すると強度低下が生じることが考えられる。この強度低下の要因としては、固化材との水和反応に必要な水分量が不足するためと考えられる。このような結果から、助材添加による改良効果は認められ、強度発現が最も期待できる助材添加率があることが示された。しかし、過度な助材の添加は、強度発現を抑制するため注意が必要である。次いで、固化材添加率に着目した。図-7に固化材添加率と解きはぐし締固め土の一軸圧縮強さを示す。いずれの強度も解砕締固め後28日時点を示している。最も強度発現の大きい助材添加率Ac=30%の時の強度と、助材を併用しない強度を比較すると、固化材添加率20%、30%共に助材を添加すると約1.5倍程度の強度増加が確認できる。以上の結果から、助材添加によりセメント量の低減、また、他の建設発生土の利用による環境を配慮する手法として使用出来ることが明らかとなった。

4. まとめ 1)助材添加によって、助材を用いない解きはぐし締固め土に比べて強度発現の向上が認められる。また、最適な助材添加率があることが明らかになった。2)低品質建設発生土と助材を併用することで、セメント量の低減、環境負荷低減効果があると考えられる。

【参考文献】 1) 中島ら:回転式破碎混合による地下茎混じり粘性土の築堤土への分別改良事例, 第7回地盤改良シンポジウム論文集, pp301-304, 2006. 2) 近松ら:回転式破碎混合工法を用いた低品質な建設発生土の改良効果に関する基礎的研究, 第12回地盤改良シンポジウム, pp413-416, 2016.

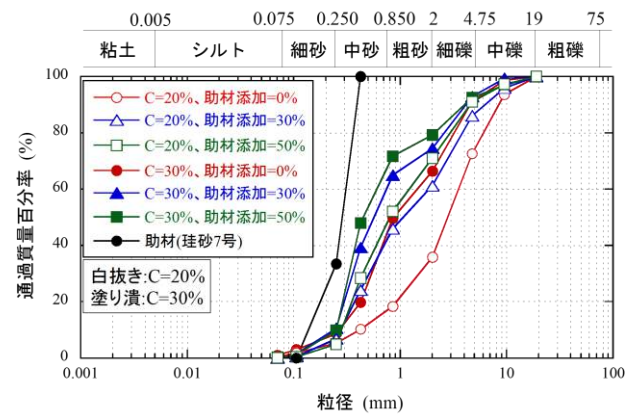


図-3 粒径加積曲線

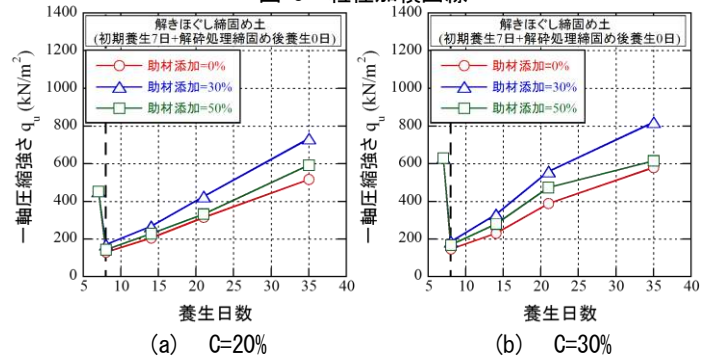


図-4 養生日数と一軸圧縮強さの関係

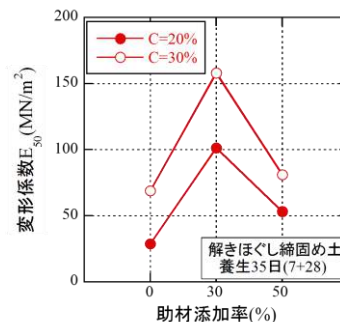


図-5 助材添加率と変形係数の関係

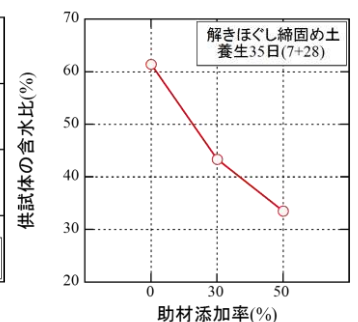


図-6 助材添加率と含水比の関係

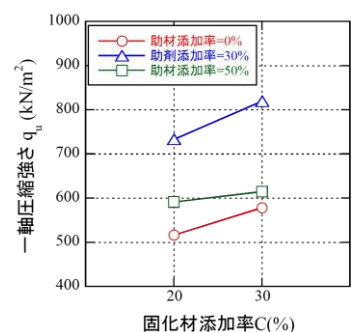


図-7 助材添加によるセメント削減効果