

草木選別のために無機質中性改質材を添加した 除去土壌の盛土材料としての性能評価

鹿島建設(株) 正会員 ○小澤 一喜、田中 真弓、豊田 毅、大橋 麻衣子、関 弘
 鹿島建設(株) 正会員 杉浦 栄亮、吉川 修、小笠原 桂、井関 泰文
 鹿島建設(株) フェロー会員 川端 淳一

1. 背景

中間貯蔵施設では、除染により発生した除去土壌を埋立てて貯蔵するが、土壌の減容化のために、また、埋立て後の土壌の沈下を防止するために、貯蔵前に除去土壌から草木類を選別除去することが求められる。粘性の低い砂質土については、機械選別を行うことにより草木類の選別除去が容易であるが、含水比が高い粘性土については機械選別のみでは草木類の除去が困難である。そこで、粘性土についても機械選別による草木類の選別除去を可能にするため、選別補助材の検討を行ってきた。その結果、選別補助材を使用することにより含水比が高い粘性土についても草木類の選別除去が可能となることを確認しているが^{1)、2)}、選別後の土壌は、改質による物性の変化が予想され、埋立て時の盛土構築や転圧に影響を及ぼすことが懸念される。

中間貯蔵施設において、除去土壌は撒き出された後、転圧されて、埋立てられることから、貯蔵される除去土壌についても通常の盛土と同様な施工性や安定性が求められる。そのため、草木類の選別除去のために改質された改質土の物性把握が重要となる。

2. 目的

本検討の目的は、選別補助材により改質された土壌の物性、特に、盛土としての施工性や安定性を評価することである。そこで、改質土を材料とした試験盛土を実施し、構築した盛土の状況観察や強度評価から盛土材料としての物性把握を試みた。本報はこれらの結果について報告するものである。

3. 試験概要

(1)農地土の改質

①試験に用いた土壌(畑土)

実際の事業では、図-1 に示すようなフローで改質、選別が行われ、図中の土砂(ふるい下)が中間貯蔵の貯蔵対象となる。

本検討では、試験場周辺で入手可能な農地土(畑土)を試験土として使用した。試験土は、事前に草刈を行った後、バックホウで表土を地表から約 10cm までの深さに限定して採取したものである。農地土の物性を表-1 に示す。

②改質材の添加量

農地土を改質し、草木類を選別するために、「生石灰」と新規に開発した「泥 DRY:でいどらい」(図-2、以下、「新規改質材」という)を選別補助材として使用した。「生石灰」は、水和反応や反応熱により含水比を低下させることで農地土の低粘性化・細粒化を図るものである。改質土の固化による強度発現も期待できる一方で、改質土の pH が 11 程度となり環境負荷が大きく、改質後、機械選別を行うまでに 24 時間程度の養生が必要となることが難点である。そこで、pH 中性付近での改質を目的として新規開発したものが「新規改質材」

キーワード 改質土 締固め 盛土

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 岩盤・地下水グループ TEL 042-485-1111

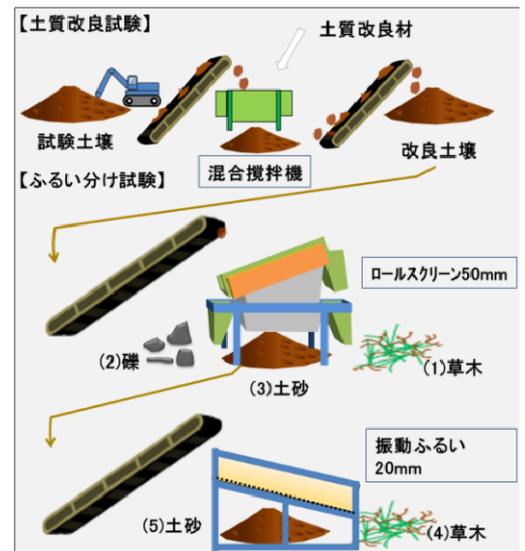


図-1 現地試験のフロー



図-2 新規改質材

である。本材料は、吸水材による土中水の保水と凝集沈殿材の凝集効果により粘性土の改質を図るものである。改質土の pH 変化が小さく、改質後、数分程度で機械選別が可能となることが特徴である。これらを用いた事前の配合試験と篩い分け試験の結果、草木選別のための最適添加量(24 時間の養生時間を設けず選別可能な添加量)は、新規改質材については 20kg/m³、生石灰については 120kg/m³ であり、最適添加量の改質材を混合することにより泥濘状の農地土を即時に、低粘性化、細粒化させて、草木選別が可能となることが分かった。

表-1 農地土の物性

| | 細粒分含有率(%) | 自然含水比(%) | 液性限界(%) | 塑性限界(%) |
|-----|-----------|----------------|---------|---------|
| 農地土 | 74 | 37(加水調整後:51%)※ | 68.5 | 48.1 |

※ 試験のために採取した農地土が乾燥していたため、加水により改質や草木類の分離が難しい泥濘状態を再現した。

(2)盛土試験

(1)の結果から泥濘状の農地土を生石灰や新規改質材により改質することで、混入している草木の選別が可能となることが分かった。そこで、実機で改質した土壌について、試験盛土を行い、盛土としての施工性や安定性について検討した。図-3 に試験盛土の形状を示す。試験盛土は 2 層で構築し、各層 4t 級のコンバインドローラーで 4 往復(8 回)走行することにより転圧を行った(図-4)。



図-3 試験盛土の形状



図-4 試験盛土の転圧状況

4. 試験結果

(1)転圧面の状況

図-5~7 に未改質土および改質土の転圧面を示す。未改質土については、転圧後も全体的に不陸が見られ、表面も平滑とは言い難い。一方、改質土については、コンバインドローラーのタイヤが通過した部分に轍が見られ、多少の不陸が発生しているものの、クラックや極端な凹凸はなく、概ね良好な転圧状況であると判断できる。また、生石灰による改質土の転圧面(図-7)では、未改質や新規改質材の転圧面と比較して、平滑であるが、水和反応によって水分が消費されたためか、乾燥によるものとみられるクラックが発生している。



図-5 転圧面状況(未改質)



図-6 転圧面状況(新規改質材)



図-7 転圧面状況(生石灰)

(2)車両走行性の確認

改質による車両走行性の変化を確認するため、試験盛土上を 2t ダンプで走行し、表面の状況を確認した。試験盛土の施工時は好天であったため、時間経過と共に盛土表面が乾燥した。そのため、車両走行前に、盛土上に散水を行い(図-8)、盛土構築直後の含水状態を再現した後、車両走行を実施した(図-9)。

図-10 に未改質土の盛土表面、図-11 に新規改質材の盛土表面をそれぞれ示す。未改質(図-10)では、30~40mm 程度の轍が発生し、部分的にはさらに深い箇所も見られる。一方、新規改質材(図-11)では、轍は最大で 10mm 程度であり、全体としての不陸も小さい。このことから、新規改質材は、固化作用を持つ成分を含んでいないが、改質により転圧性が大きく向上し、固化させることなく、転圧のみで十分な車両走行性が得られたと考えられる。なお、生石灰による改質では、強固に固化しており車両走行による盛土表面の変化はほとんど見られなかった。



図-8 試験盛土への散水



図-9 車両走行性の確認



図-10 車両走行による轍(未改質)



図-11 車両走行による轍(新規改質材)

(3)転圧状況(締固め度)

試験盛土の構築後にコア採取により現場密度を測定し(図-12)、締固め試験の結果との比較を行った(表-2)。締固め度は、生石灰、新規改質材共に 90%以上となっており、よく締固まっていることが分かる。事前の締固め試験の結果から最適含水比は農地土:43%、生石灰+農地土:43.6%、新規改質材+農地土:49.2%であり、試験時の含水比は農地土:37%、生石灰+農地土:38.5%、新規改質材+農地土:56.3%であった。この結果、農地土と生石灰+農地土については最適含水比の乾燥側であったことからより締め固まり易い条件であったと考えられる。一方、新規改質材は、最適含水よりも湿潤側でありながら、高い締固め度が確保されていた。



図-12 コアカッターによる試料採取

表-2 各試験盛土の密度と締め固め度

| | 農地土(非改質) | 生石灰 | 新規改質材 |
|---|----------|------|-------|
| 最大乾燥密度(Mg/m ³) (室内締固め試験) | 1.15 | 1.16 | 1.04 |
| 現場乾燥密度(Mg/m ³) | 1.08 | 1.11 | 0.96 |
| 締固め度(%) | 93.9 | 95.7 | 92.3 |
| 最適含水比(%) (室内締固め試験) | 43 | 43.6 | 49.2 |
| 試験時含水比(%) | 37 | 38.5 | 56.3 |

(4)コーン指数

盛土の強度推定や車両走行性を定量的に評価するため、試験盛土上でポータブルコーン貫入試験を実施した(図-13)。表-3 に試験結果を示す。生石灰、新規改質材ともにコーン指数は 1000kPa 以上となっており、ブルドーザー(21t 級程度)の走行にも問題が無いレベルの車両走行性³⁾を確保していることが分かる。なお、生石灰改質のコーン指数が「以上」と表記されているのは、コーンの貫入量が 5cm までであったため(それ以上の貫入は困難)である。



図-13 ポータブルコーン貫入試験

(5)試験結果の考察

生石灰については、水和反応により固化する作用があるため、改質土のコーン指数が非改質土と比較して大きくなることは妥当である。一方で、新規改質材については、吸水材を含む無機系の材料であり、元々土粒子に保持されていなかった水分を保持することによって改質を行うものであり、改質材自体は固化作用を有していない。しかしながら、非改質の農地土と比較すると新規改質材のコーン指数は大きく向上している。このことから、新規改質材による改質では、固化させることなく、本来の目的である泥濘状の土を低粘性化・細粒化させるという作用に加え、改質材が土中の水分を保持することで、土の含水比を変えることなく、盛土材料としての安定性向上が図れたと考えられる。

表-3 各試験盛土のコーン指数

| | 農地土(非改質) | 生石灰 | 新規改質材 |
|------------|----------|---------|-------|
| コーン指数(kPa) | 157 | 2000 以上 | 1046 |

5. まとめ

中間貯蔵施設に貯蔵される除去土壌については、貯蔵する土壌の減容化、また、埋立て後のガス発生防止や沈下防止等の安定性確保のために、含まれる草木類を可能な限り除去する必要がある。しかし、水田や畑から除去された土壌は、細粒分含有率が高く、保管状況によっては泥濘化しているため、篩い等による草木類の機械選別のためには、土壌を改質して、低粘性化や細粒化を図ることが必須である。そこで、本検討では、改質後に除去土壌が埋立てられた状況を想定して、改質土の盛土材料としての物性評価を行った。その結果、生石灰、新規改質材のいずれの材料を使用した場合も改質土は十分な安定性や車両走行性を有しており、セメント固化等の特殊な処理を行わなくても、転圧・締固めにより盛土としての管理が可能であるという知見を得た。

今後は、改質土の長期安定性や環境影響等の評価を行うとともに、新規改質材の配合検討を行い、自然由来重金属類の溶出を低減するための中性固化を可能とすること等、より広範な施工条件に対応できるように準備を進める予定である。

参考文献

- 1)大橋ほか:草木類選別補助材の適用性検討-細粒分含有率と含水率が選別能力に与える影響-,第 22 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会(投稿中),2016.
- 2)田中ほか:無機系改質材を用いて改質した高含水・高粘性の除去土壌の改質効果,第 51 回地盤工学研究発表会(投稿中),2016.
- 3)道路土工要綱:日本道路協会,平成 21 年版,丸善,p.287,2013.