

# 建設発生土の有効活用 -土質改良土の利用拡大-

静岡理科大学 理工学部 中澤研究室

指導教員：教授 中澤 博志

参加学生：熊切康介、長澤宙

梶山萌美、堤田拓海

## 1 要約

静岡県内では、建設発生土のリサイクルの取り組みを推進する一方、有効活用できない場合には、残土処分場で処分し、そのうち現況3割弱が処分されているのが現状である。また、災害が激甚化する中、国土強靱化事業により、土砂発生量が増加の一途を辿っている。しかし、熱海土石流に端を発した盛土規制強化より、残土処理施設の管理水準の高度化が求められていることに加え、県内の残土処分場が減少傾向となっている。そこで、建設発生土を処分するのではなく、改良土として再生させ利活用することで、少しでも処分場不足の現状の負荷を軽減させる仕組みを目指した検討を行った。本研究では、地元現場における建設発生土の特徴を把握し、建設材料としてそのままでは利用できない不良土と他の材料との組み合わせ改良の効果確認のため、屋外ヤードにおいて、実際の建設発生土と熔融スラグを混ぜた再生改良土による試験盛土を対象に暴露試験を行い、雨量と土壌水分のモニタリングを行いながら、軽量簡易動的コーン貫入試験によって盛土のせん断強度の把握を行い、現場レベルでの再生改良土の強度の把握、品質確保の評価手法確立と課題を整理することができた。

## 2 研究の目的

本研究の目的は、静岡県が推進する建設発生土のリサイクルの取り組みに資するため、実際の建設発生土を利用し、一般廃棄物を焼却処分する際に算出される熔融スラグを混合させることにより改良混同土の管理手法と品質評価のための基礎データを得ることを目的とした。

## 3 研究の内容

地元現場における建設発生土の特徴を把握し、建設材料としてそのままでは利用できない不良土と他の材料との組み合わせ改良の効果確認を行い、再生改良土の品質評価手法の構築を現場レベルで試みた。

## 4 研究の成果

当初計画と実際の研究内容、研究の成果、課題および改善点に関し以下に示す。

### (1) 当初の計画

当初計画は、現場レベルでの物理・力学特性の把握手法の整理を行い、再生改良土とした場合の利用基準策定に向けた整理などを行うことを計画した。屋外ヤードにおいて、実際の建設発生土と熔融スラグを混ぜた再生改良土による試験盛土を対象に、コーン貫入試験によってせん断強度の把握、化学成分分析による環境負荷についてのモニタリングを行い、再生改良土の品質評価手法の構築を現場レベルで試みることであった。

### (2) 実際の内容

本研究は、静岡県内の建設発生土に関する資料調査、建設発生土の収集と物理的性質の評価、現場における暴露試験材料の選定、再生改良土による試験施工、モニタリング結果の分析と評価の順に行われた。

当初計画に対し、概ね実施できたと考えるが、化学成分分析による環境負荷モニタリ

ングに関しては、収集・選定した材料に環境負荷をかける要因が無く、本研究の主目的に大きな影響は与えないと判断し、現場レベルのモニタリングは実施しなかった。

### (3) 実績・成果と課題

#### ①建設発生土に関する資料調査

令和3年7月の熱海の土石流に端を発し、不適切盛土の問題が全国的に顕在化し、建設発生土の処理・処分を含め取りざたされている。不適切盛土に関しては、静岡県内では、令和6年5月時点で、**図-1**に示す様に、西部、中部、東部、伊豆の4地域宅地造成等規制法、都市計画法、砂防3法、採石法・砂利採取法、農地法・農振法、森林法、市町土砂条例、土採取条例などの法令に反する盛土が100を優に超え、頭を悩ませているのが現状である。また、県内の工事等による発生土（**写真-1**、**2**）のうち、約3割が有効活用できずに最終処分場で処分されている。このような中、静岡県は建設発生土のリサイクル・リユース、リデュースの取り組みを行い、ストックヤードの活用を推進しているが、ストック中の発生土の品質管理等については不明である。

#### ②建設発生土の収集と物理的性質の評価

西部地域を中心に建設発生土を収集し、基本的性質を把握するため、物理試験（粒度試験と締固め試験）を実施した。8か所の現場からの発生土（No.1～8）に加え、改質材として「熔融スラグ」を室内で分析した。

建設発生土には、第1種から第4種までの建設発生土があり、第1種が最も使い勝手が良く埋戻し材や裏込材として、また、道路盛土、宅地造成、構造物の裏込材や河川築堤材料などに利用される。勿論、現場が違えば土質も異なり試験結果に幅が認められるが、今回はいずれも第2種にあたる土であった。一方、排ガスの放出や最終処分場への持ち込む量の低減化、ごみの再資源化に資することを念頭に、廃棄物や下水汚泥の焼却灰等を高温で熔融し冷却・固化させた熔融スラグについては、発生土に比べ単粒であり、締固め特性も最大乾燥密度、最適含水比ともに低くなっていることがわかる。

現場における暴露試験に関しては、材料に幅があることから、**写真-3**に示す様に、実際の運用を想定し現場でプラントを用い、ランダム材（プラントに持ち込まれた材料を均一に混ぜた材料）として材料準備を行った。**写真-4**に用いた材料を示すが、今

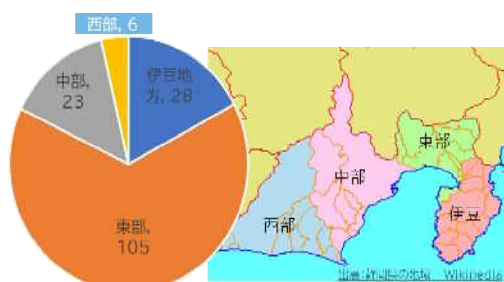


図-1 不適切盛土の数



写真-1 河道の浚渫から出た発生土



写真-2 盛土視察状況



写真-3 自走式プラント



写真-4 材料（左：建設発生土，右：熔融スラグ）

表-1 転圧回数の子備検討結果

| 観点              | 工法          | 製剤名    | 含水比 (%) | 乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> ) | 最大転圧回数 | 締固め度 (%) | 規格値           | 合否 |
|-----------------|-------------|--------|---------|---------------------------|--------|----------|---------------|----|
| 現場内試験(第一号) 4回転圧 | 品質管理 (試験施工) | 原土     | 11.1    | 1.838                     | 2,350  | 92.3     | 算出数値管理の 95%以上 | ○  |
| 現場内試験(第二号) 4回転圧 | 品質管理 (試験施工) | 30%スラグ | 10.8    | 1.867                     | 2,350  | 96.7     | 算出数値管理の 95%以上 | ○  |
| 現場内試験(第三号) 4回転圧 | 品質管理 (試験施工) | 30%スラグ | 11.2    | 2.003                     | 2,350  | 97.7     | 算出数値管理の 95%以上 | ○  |
| 現場内試験(第四号) 4回転圧 | 品質管理 (試験施工) | 30%スラグ | 11.0    | 1.976                     | 2,350  | 96.3     | 算出数値管理の 95%以上 | ○  |



写真-5 盛土施工とセンサ設置

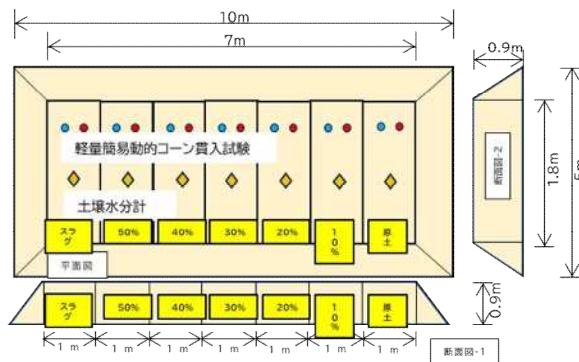


図-2 試験盛土概要

回使用した材料では、溶融スラグを10%以上混同することで第2種から第1種に判定が改善される。

③再生改良土による試験施工

試験施工にあたり、現場での締固め方法について検討した。通常の盛土の施工では、30cm巻出し転圧し締固め度 $D_c=95%$ に締固めて施工することが求められるが、今回、ランマーとプレートを用い、これらの転圧回数による管理を試みた。

表-1に転圧回数と盛土の密度の結果を示すが、同図より、1層30cm巻出し厚に対し4回の転圧回数で、 $D_c=95%$ の条件を満たすため、試験施工では転圧回数を4回と設定した。

施工状況と土壤水分計の設置状況を写真-5に示す。試験施工、暴露試験に関し、図-2の通り試験盛土を7つのエリアに分け、原土、溶融スラグ10%、20%、30%、40%、50%、溶融スラグのみで盛土を行い、それぞれに土壤水分計のセンサを設置した。

④モニタリング結果の分析と評価

図-3に雨量と体積含水率 $\theta$ の時系列データの例をそれぞれ示す。室内試験によって、溶融スラグ混入率を増加させるほど、せん断強度が増加し建設材料としての価値が高まることがわかっている。モニタリングデータの降雨時に着目すると、表層からGL-15cm、GL-45cmへと順次 $\theta$ が増加している様子が見られる。また、原土では表層のみ含水量が増加しているが、溶融スラグが混合される程、降雨浸透がしやすい状況を示している。このように、現場における土壤水分のモニタリングと観察結果からは、溶融スラグ混入率を増加させることで、雨量が浸透しやすくなる傾向と浸食しやすくなる兆候が認められた。

図-4にコーン指数 $q_d$ の深度分布、写真-6に軽量簡易コーン貫入試験の様子をそれぞれ

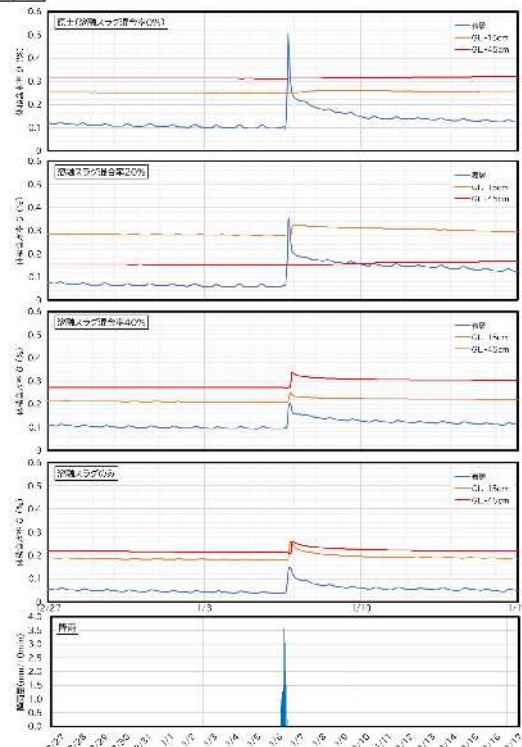


図-3 計測結果



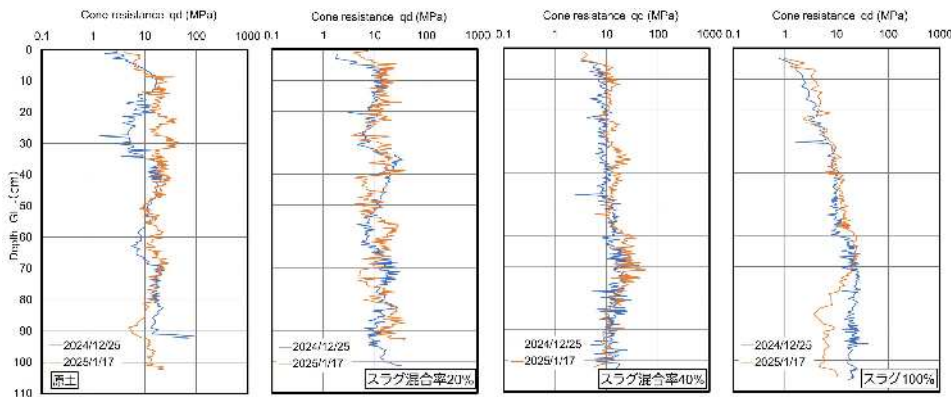


図-4 コーン貫入試験結果

示す。溶融スラグ混合率に拘わらず、施工後には深度方向に30cm毎に $q_d$ が高い転圧面が確認された。また、約3週間後には、混合率が大きいケース（例えば混合率30%超）では $q_d$ の深度分布が増加し盛土の安定化傾向を示した。

(4) 今後の改善点や対策

室内試験では、溶融スラグ混合率を増加させるほど、せん断強度が増加する一方で、試験盛土では、時間を置くことでせん断強度が増加するものの、雨量が浸透しやすくなる傾向を示した。再生改良土としてストックする、あるいは実際の工事に供する場合にも、土中に水分を含ませることは避けた方が良いため、せん断強度と降雨浸透の両者を考慮した合理的な溶融スラグ混合率を検討する必要がある。

また、今回、土地利用と段取りの都合で、夏期に材料の検討に時間を費やしたため、秋季に試験施工の計画、冬季に試験施工とモニタリングを開始した。少量の雨量において、試験盛土への降雨浸透傾向が認められたが、近年の過剰な降雨の影響までは確認できていないため、今後のモニタリング継続が課題と考える。



写真-6 試験の様子

5 課題提出者・地域への提言

再生改良土とした場合の利用基準策定に向けた検討を実施している。通常、室内で建設発生土の評価を行うが、現場レベルで迅速に品質評価や技術的が判断できるようになると、そのリサイクルの取り組みをより一層推進し、少しでも処分場不足の現状の負荷の軽減へ繋がると考える。そのため、今回、軽量簡易動的コーン貫入試験を用いた評価を行ったが、本研究の事例がその一助となり、リサイクル促進と建設発生土を安心して利用できる機運のことに繋がれば幸いである。

6 課題提出者・地域からの評価

熱海の土石流以来、社会的にも「土」の処理は注目されています。特に建設発生土は重要な資源であり、有効利用が求められる一方で、そのままでは用途が限られるために利活用が進みにくく、これらの持続可能な処理に向けた対応は、本県における大きな課題の一つです。残土処理施設が不足する現状の課題解決には、リデュースやリサイクルの推進が不可欠です。加えて、盛土そのものや建設発生土の管理水準の高度化も求められています。この研究は、上述の課題解決の糸口と思いますが、現場で実施した評価結果は、リサイクルの機運をより高めるために、関係各所で大いに参考になり得る点を評価しています。更なる成果を得るため、研究室の学生には、県内の「土」の課題解決に向けより一層、専門性を高めて検討を進めていただきたいと思います。

静岡県交通基盤部建設経済局技術調査課（課長）森西洋之、（主任）木村昌嗣