

復興資材（分別土 B 種）の有効利用における含水比測定法の検討

福岡大学 学生会員 久次隆二
 福岡大学 正会員 佐藤研一 藤川拓朗 古賀千佳嗣

1. はじめに 東日本大震災に伴い発生した災害廃棄物由来の再生資材は、復興のための資材として被災地で活用する方針^{1),2),3)}が示されている。岩手県では、平成 24 年 6 月 29 日に災害廃棄物から分別された土砂及びコンクリートがらの活用について示した復興資材活用マニュアル⁴⁾が策定され、災害廃棄物を分別・中間処理したものを分別土 A 種～C 種に区分し復興資材と位置付け有効活用が進められている。しかしながら、分別土 B 種（以下、分別土）は、多量の可燃系・不燃系夾雑物を含有しており強熱減量も高く、土質材料として有効に活用していく上では、種々の問題を解決していかなければならない。本研究では、分別土を対象に通常の土質試験法を適用する上での問題点を挙げ、その解決策を明らかにすることを目的としている。今回の報告では、分別土の含水比を測定するための方法について検討した結果について報告する。

2. 分別土に適用上の注意点 図-1 は著者らが、ある分別土を用いて行った締固め試験結果(A-a 法)である。通常、含水比調整にはメスシリンダー等を用いて加水・混合を行うが、分別土のように木片を多く含む試料は木片が水を吸収し不均質になるため、霧吹きを用いて加水するなどのテクニックが必要である。またその時の含水比測定においても、木片混入の有無や混入割合の影響を受け測定値が大幅にばらつくため、最大乾燥密度 ρ_{dmax} を求めることを困難にさせることもある。よって本報告では、木片等の可燃系夾雑物を含む材料の含水比測定方法に着目し、効果的な測定方法について検討を行った。さらに今回、現場において簡易かつ精度よく含水比を求めるための手法として電子レンジ法に着目し、分別土に適用する場合についての検討を行った。

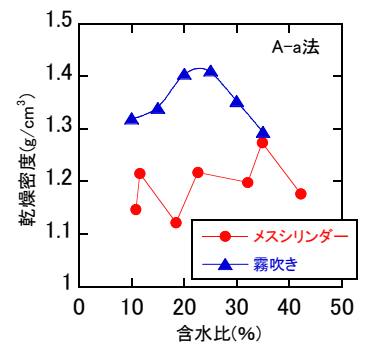


図-1 分別土 B 種の締固め曲線

表-1 実験に用いた分別土 B 種

サンプリング場所	A地区	B地区	C地区	D地区
試料				
試料 (2mm 残留) 乾燥状態				
夾雑物混入率 (湿潤)	67.55%	63.57%	62.30%	57.73%
特徴	・ガラス及び大きな木片が混入	・ガラス及び釘が混入	・発砲スチロールが混入 ・稾分の混入が多い。	・4試料のうち一番木片が混入
電気伝導度 (EC(mS/m))	263	220	217	207

3. 実験概要

3-1 実験に用いた試料 実験には、表-1 に示す岩手県内の 4 地区の中間処理施設から採取した分別土 B 種を用いた。いずれも可燃系混合物中の 20mm ふるい通過試料であり、森田ら⁵⁾が考案する組成分析手法を用いて分別土中の夾雑物含有率を表-2 のように求めた。いずれも木片をはじめとした可燃系の夾雑物や不燃系の夾雑物が多く混入している様子が伺える。

3-2 恒温乾燥炉を用いた分別土の含水比測定方法 土の含水比試験方法 (JIS A 1203: 2009)⁵⁾によれば、炉乾燥温度を $110 \pm 5^\circ\text{C}$ に保持し一定質量になるまで 18~24 時間程度乾燥させることが示されている。しかしながら、分別土 B 種のような木片を多く含む有機分の高い試料は、乾燥中に焦げや燃焼が生じ炉乾燥後の乾燥質量が低下し含水比を過大評価してしまう可能性が考えられる。そのため農学の分野においては、植物の水分を求めるために、 $70^\circ\text{C} \cdot 48$ 時間で求める方法などが採用されている。また、JIS 法では一回の含水比測定に必要な試料の最小質量が試料の粒径に応じた目安⁶⁾が定められており、分別土 B 種は 20mm 篩通過試料であることを考慮すると、少なくとも 150g~300g 程度採取して含水比を測定する必要がある。以上の事項を鑑み、乾燥炉を用いた含水比測定では、表-3 に示すように炉乾燥温度の影響とサンプリング量が含水比測定に与える影響について検討を行った。

表-2 各試料の夾雑物含有率

試料	夾雑物含有量(試料全体を100%とする)			
	夾雑物(%)		2mm 残留土砂(%)	2mm 通過試料(%)
	可燃物	不燃物		
A	9.8	2.7	21.1	66.4
B	13.2	23.1	2.2	61.5
C	6.2	1.3	15.9	76.6
D	20.7	0.8	16.2	62.3

表-3 恒温乾燥炉を用いた実験条件

検討項目	設定温度 (°C)	乾燥時間 (h)	サンプリング質量 (g)
炉乾燥温度の影響	70	48	50
	110	24	100 300

表-4 電子レンジを用いた実験条件

検討項目	サンプリング質量 (g)	電力 (W)	加熱時間 (m)
電子レンジ法の適用	50	600	15~20
	150		

3-3 電子レンジを用いた分別土の含水比試験方法 電子レンジ法（地盤工学会基準：JGS0122-2009）は、炉乾燥方法に比べ短時間で含水比を測定することが可能なため、現場で迅速かつ簡便に測定出来る利点がある。しかしながら、適用する試料粒径は 10mm 以下と規定されており、燃焼が懸念される有機質土や金属鉱物が析出している土は対象外とされている。分別土には、金属やガラス等の不燃系夾雑物が含まれているため、電子レンジ法を採用する場合は、これらを取り除く処理等が必要である。今回は、表-4 に示すように 1 回のサンプリング質量に着目し電子レンジ法を用いた含水比の測定を行った。

4. 実験結果及び考察

4-1 炉乾燥温度とサンプリング量による影響 図-2 に炉乾燥温度と含水比の関係を示す。グラフは含水比の最大値と最小値を示しており、プロットは 5 つの含水比の平均値を表している。どの条件においても乾燥に伴う木片の燃焼は生じなかったが、同一条件における含水比測定結果に差があることが分かる。特に、A 地区は可燃物系の夾雑物含有量こそ低いものの、表-1 に示すように全体的に径の大きな木片が混入したため、110℃に比べ、70℃では測定含水比を低く示す傾向にあり、木片中に含まれる水分が完全に蒸発できず、差を生じさせたものと考えられる。図-3 に乾燥温度 110℃におけるサンプリング量と含水比の関係を示す。全体的に 1 回のサンプリング量が多くなるほど含水比の差が小さくなることが伺える。いずれの条件においてもサンプリング量 50g においては、可燃系・不燃系の夾雑物含有量に関係なく測定誤差が全体的に大きく、最大で 11.4%の差が見られた。サンプル量の大小は測定誤差を生じる重要な因子であり、分別土のように大きな木片を含む材料は特に影響を受けやすいと考えられる。

4-2 電子レンジを用いた含水比測定試験 図-4 に電子レンジを用いて測定したサンプリング量 50g 及び 150g における含水比の測定結果を示す。図中の点線は設定含水比を示している。いずれの条件においても電子レンジを用いた場合は、恒温乾燥炉を用いた場合よりも含水比の測定誤差が小さくなる傾向を示した。サンプリング量に着目すると、50g の含水比は差が 1%前後と精度よく求めることができたものの、150g の含水比は最大で差が 7.1%となった。サンプリング量が増えると大きい夾雑物の混入も多くなるため、電子レンジの加熱時間が長くなり、加熱温度が制御できなくなる等の問題も生じる可能性もあるため、適切なサンプリング量については今後、更なる検討が必要である。

4-3 恒温乾燥炉と電子レンジを用いた結果の比較 図-5 に恒温乾燥炉(300g)及び電子レンジ(50g)を用いて測定した含水比結果を示す。電子レンジにおいては金属物等の不燃系夾雑物を磁選により取り除いて含水比を測定したが、恒温乾燥炉の試験結果と含水比及び CV に差はほとんど見られず、いずれの条件においても含水比を精度よく求めることが出来ており、電子レンジの有効性が示されたものと考えられる。また、夾雑物含有率が高い B, D 地区において恒温乾燥炉を用いた場合、CV が高くなる傾向にあることから、夾雑物含有率は CV に影響を及ぼすと考えられる。

5. まとめ 1) サンプリング量の大小は含水比の測定誤差を生じさせる重要な因子であり、分別土のように大きな木片を含む材料は特に影響を受けやすい 2) 電子レンジ法は、サンプリング量が少ない方が精度よく含水比を測定でき、恒温乾燥炉を用いた場合よりも含水比の測定誤差は小さくなる。3) 電子レンジ法は恒温乾燥炉と同様に精度よく含水比を測定することが可能であり、現場で迅速かつ簡便に含水比を測定できると考えられる。

【参考文献】1) 東日本大震災に係る災害廃棄物の処理指針(マスタープラン)(平成 23 年 5 月 16 日 環境省), 2) 東日本大震災津波堆積物処理指針(平成 23 年 7 月 13 日 環境省), 3) 東日本大震災からの復興復興のための公共工事における災害廃棄物由来の再生材の活用について(通知)(平成 24 年 5 月 25 日 環境省), 4) 岩手県 復興資材活用マニュアル, iwate-fukkou-sizai-manual.pdf 5) 森田康平・勝見 武・高井敦史・乾 徹: 地震・津波に伴い発生した廃棄物混じり土砂の締固め特性, 第 47 回地盤工学研究発表会発表講演集, pp.1953-1954, 2012. 6) 社団法人地盤工学会 土質試験の方法と解説-第 1 回改定版-, pp.61-68 2000.

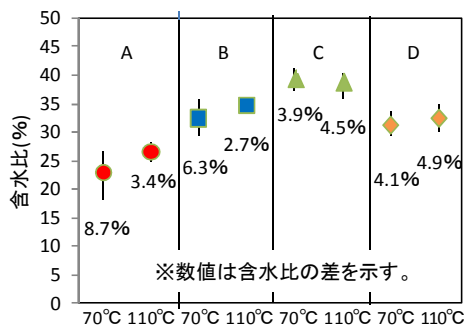


図-2 炉乾燥温度の比較

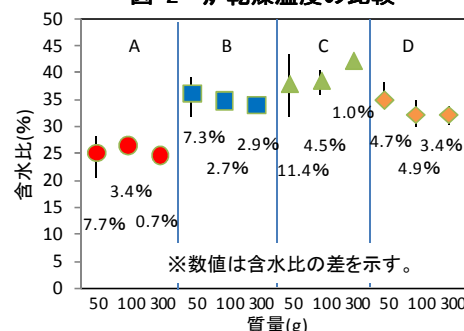


図-3 サンプリング量の比較

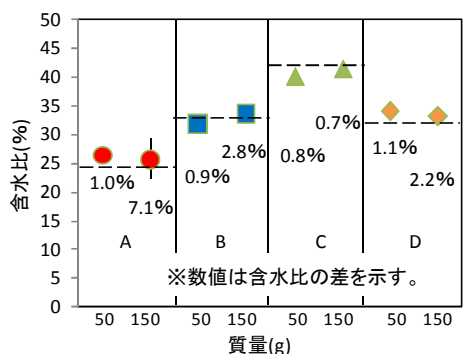


図-4 電子レンジを用いた含水比試験結果

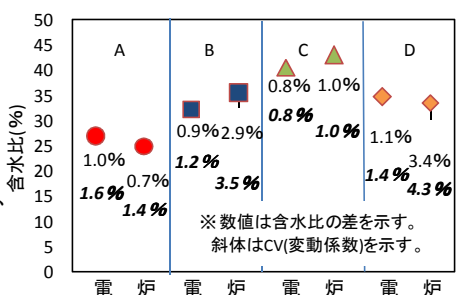


図-5 炉乾燥と電子レンジとの比較