

宮城県気仙沼市および岩手県大槌町の復興資材の水分特性曲線の評価

早稲田大学 学生会員 ○神田皓城, 学生会員 那須郁香
正会員 小峯秀雄, フェロー会員 後藤茂

1. はじめに

2011年の福島第一原子力発電所事故により、放射性廃棄物が発生した。現在、表面線量率が1~30 mSv/hのものは、図1に示す覆土式一時保管施設で保管されている。この保管方法では、放射線遮蔽を目的として、遮水シート上部に厚さ1m以上の覆土を行うことを規定している。しかし、覆土は厚さに関して1mという規定のみで、土の種類や密度等は明記されておらず、定量的な評価が必要になると考えられる。一方で、覆土式一時保管施設の建設には大量の土が必要になる。この建設に外部から新たに持ってきた土を大量に使用すると、環境への負荷が大きくなってしまふ。環境への影響を考えると現地発生土の使用が有効である。さらに、現地発生土だけでなく、東日本大震災の災害廃棄物等から生成された復興資材を活用することで、災害廃棄物等の再利用にもつながり、環境への負荷が軽減されると期待される。土質材料の放射線遮蔽性能は、既往の研究²⁾より中性子線の遮蔽は体積含水率に相関があることが示唆されている。つまり、中性子線の遮蔽には水分が有効であることから、著者らは保水性が高い土質材料ほど中性子線の遮蔽に有効である可能性があると考えた。そこで、本研究では、復興資材と比較用の土質材料について保水性試験を行い、各種土質材料の水分特性曲線を比較した。

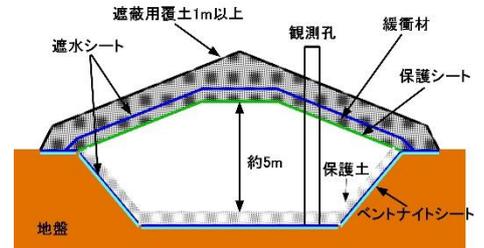


図1 覆土式一時保管施設の概要図¹⁾

2. 使用した土質材料および保水性試験の概要

復興資材には、津波堆積物から生成された分別土A種、災害廃棄物から生成された分別土B種およびコンクリートがらの3種類がある。本研究で使用した復興資材は、宮城県気仙沼市および岩手県大槌町の分別土A種と分別土B種である。また、比較用の土質材料として東北珪砂5号、DLクレイおよびクレイサンドを使用した。使用した土質材料の基本的性質を表1に示す。図2に保水性試験装置の概略図を示す。保水性試験は三軸圧力室を用いた加圧板法により行った。供試体は高さ20mmとなるように供試体リング内で突固めにより作製を行った。また、本研究では排水過程において試験を行った。

表1 使用した土質材料の基本的性質

試料	土粒子の密度 (g/cm ³)	液性限界 (%)	塑性限界 (%)	塑性指数	強熱減量 (%)
気仙沼市分別土A種	2.684	56.2	33.7	22.5	12.9
気仙沼市分別土B種	2.648	56.9	34.5	22.4	12.7
大槌町分別土A種	2.693	38.1	24.6	13.5	5.8
大槌町分別土B種	2.678	42.9	25.0	17.9	7.3
東北珪砂5号	2.647	NP	NP	NP	0.3
DLクレイ	2.646	NP	NP	NP	0.8
クレイサンド	2.596	49.1	25.0	24.1	5.6

3. 各種土質材料の水分特性曲線の比較

各種土質材料の供試体の作製条件を表2に示す。また、図3に含水比とマトリックポテンシャルの関係、図4に体積含水率とマトリックポテンシャルの関係を示す。図3より、含水比で整理した場合の各種土質材料の水分特性曲線を比較すると、今回試験を行った試料の中で東北珪砂5号の保水性が最も低いことが確認された。DLクレイは東北珪砂5号の次に保水性が低いことが確認された。一方、保水性が最も高い試料は、気仙沼市の分別土B種であることが確認された。また、クレイサンドも同等の保水性があることも確認された。復興資材について比較をすると、気仙沼市の復興資材の方が大槌町の復興資材よりも保水性が高い。また、分別土A種と分別土B種で

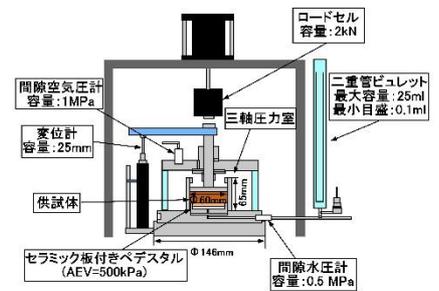


図2 保水性試験装置の概略図

表2 供試体作製条件

試料	湿潤密度 (g/cm ³)	乾燥密度 (g/cm ³)	体積含水率 (%)	含水比 (%)
気仙沼市分別土A種	1.55	1.16	38.5	33.1
気仙沼市分別土B種	1.52	1.11	40.3	36.1
大槌町分別土A種	1.93	1.62	32.1	19.9
大槌町分別土B種	1.89	1.53	36.4	23.8
東北珪砂5号	2.08	1.74	33.9	19.4
DLクレイ	1.80	1.51	29.2	19.3
クレイサンド	1.84	1.40	43.8	31.1

キーワード 復興資材, 覆土, 水分特性曲線, 保水性

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学術院 社会環境工学科 TEL 03-5286-2940

は、気仙沼市と大槌町ともに分別土 B 種の方が保水性が高い。次に、図 4 より、体積含水率で整理した場合の各種土質材料の水分特性曲線を比較する。保水性の低い試料は、東北硅砂 5 号と DL クレーであった。一方、保水性の最も高い試料はクレースンドであった。復興資材について比較すると、気仙沼市の復興資材はクレースンドより保水性が低い、大槌町の復興資材よりも保水性が高い。また、分別土 A 種と分別土 B 種では、気仙沼市と大槌町ともに分別土 B 種の方が保水性が高い。次に、図 3 と図 4 を比較すると、含水比および体積含水率で水分特性曲線を整理した場合に、最も保水性が高い試料に違いが見られた。含水比で整理した場合は気仙沼市の分別土 B 種の保水性が最も高くなり、体積含水率で整理した場合はクレースンドの保水性が最も高くなった。

4. 乾燥密度の違いによる水分特性曲線の違い

上述の第 3 章では、含水比および体積含水率で整理し、各種土質材料の水分特性曲線を比較した。このとき、含水比および体積含水率で整理した場合に最も保水性が高い試料に違いが生じた。この違いが生じた原因について以下に考察する。既往の研究³⁾より水分特性曲線は間隙比に相関があることが分かっており、今回の供試体作時の乾燥密度の違いが水分特性曲線に影響していると考えられる。そこで、気仙沼市の分別土 A 種および分別土 B 種について乾燥密度を大きくした供試体を用いて試験を行った。表 3 に乾燥密度を大きくした供試体の作製条件を示す。

図 5 に含水比とマトリックポテンシャルの関係、図 6 に体積含水率とマトリックポテンシャルの関係をそれぞれ示す。

図 5、図 6 より、気仙沼市の分別土 A 種および分別土 B 種ともに、乾燥密度が大きくなるにつれて水分特性曲線が右方向に移動することが確認された。すなわち、同一マトリックポテンシャルで多くの水分を保持することができるため、保水性が高くなっている。次に、図 5 のように含水比で整理した場合では、いずれの乾燥密度においても分別土 B 種の方が保水性が高くなることを確認された。一方、図 6 のように体積含水率で整理した場合では、含水比で整理した場合と異なり、乾燥密度を大きくした分別土 A 種の保水性が分別土 B 種よりも高くなることを確認された。以上のことから、体積含水率で整理した場合、水分特性曲線は供試体の乾燥密度に依存する割合が含水比で整理した場合よりも大きくなると考えられる。

5. 結論

- (1) 今回試験を行った試料の中で保水性が高いものは、気仙沼市の復興資材とクレースンドであった。
- (2) 気仙沼市と大槌町の復興資材を比較すると、気仙沼市の復興資材の保水性が高いことが確認された。
- (3) 水分特性曲線を体積含水率で整理した場合、含水比で整理した場合よりも乾燥密度による影響が大きくなることを確認された。

謝辞: 本研究の成果の一部は、2017 年度「三菱マテリアル・理工学術院研究助成」の支援により得られたものである。また、本研究で用いた復興資材の入手に関しては、岩手県庁の川島光博様、奥村組の大塚一義様および国立環境研究所の肴倉宏史様のご支援を頂きました。ここに感謝いたします。

参考文献: 1) 東京電力株式会社: 福島第一原子力発電所覆土式一時保管施設の増設について、2013 2) 吉川絵麻, 小峯秀雄, 後藤茂, 吉村貢, 鈴木聡彦, 成島誠一, 新井靖典, 氏家伸介, 佐古田又規, 長江泰史: 土質系材料の放射線遮蔽性能の定量評価, 土木学会論文集 C(地圏工学), vol73, No.4, pp.342-354, 2017 3) 河井克之, 軽部大蔵, 芦田渉, 嘉戸善胤: 間隙比の影響を考慮した水分特性曲線モデル, 土木学会論文集, vol666, No.III-53, pp.291-302, 2000

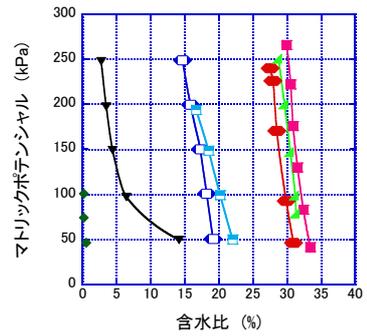


図 3 含水比とマトリックポテンシャルの関係

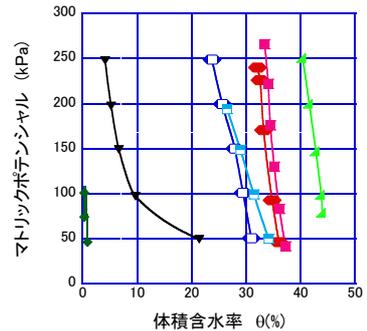


図 4 体積含水率とマトリックポテンシャルの関係

表 3 供試体作製条件

試料	湿潤密度 (g/cm ³)	乾燥密度 (g/cm ³)	体積含水率 (%)	含水比 (%)
気仙沼市分別土 A 種	1.76	1.32	44.2	33.1
気仙沼市分別土 B 種	1.61	1.18	42.1	36.2

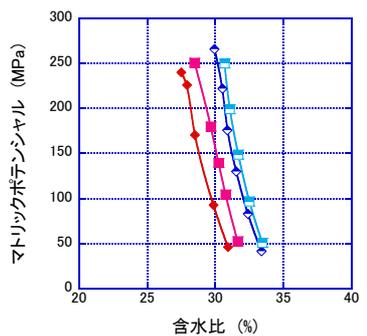
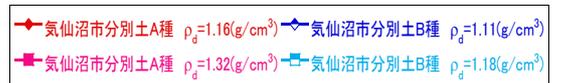


図 5 含水比とマトリックポテンシャルの関係

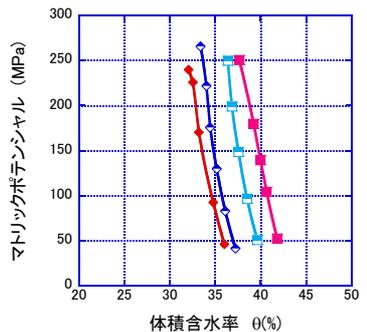


図 6 体積含水率とマトリックポテンシャルの関係