

砂れきの最小・最大密度試験方法に関する考察

原子力安全基盤機構

正会員

○大原 英史

原子力安全基盤機構

鶴巻 静雄

原子力安全基盤機構

西 正晃

1. はじめに

最小・最大乾燥密度は地盤の相対密度を算出するために必要な物性値である。一般的に相対密度は異なる種類の砂質土の力学特性を比較，検討する際の有効なパラメータとなり得ると考えられており，室内試験等で得られた物性値の妥当性を評価する際の一つの指標として用いられている。砂れき地盤においてもこのような指標として利用できる可能性が考えられ，相対密度を求めるために必要な最小・最大密度試験の基準化に向けて活動が行われている。本稿では，最小・最大密度試験法の砂れき地盤への適用性を試験により検討した結果を報告する。

2. 検討項目

既往の研究で明確な知見が得られていないと考えられる試験結果への影響要因として，(1)試験回数の影響，(2)モールド径に対する最大粒径の影響，について検討した。

3. 試験方法

最小密度試験及び最大密度試験では，図 1 に示すモールドを用いた。試料は河川堆積の砂れき材料を粒度調整したものを用いた。最小密度試験では，試料投入器具として調理用ボールに柄をつけたものを用いて，試料の落下高さがほぼゼロとなるようにゆっくりとモールド内にその上端面まで満遍なく入れた。最大密度試験では，試料を 5 等分してモールド内に入れ，一層ずつモールドの蓋に搭載されたバイプレータによって 3 分間，686N の加振力にて締め固めた。両試験とも試料表面高さをノギスで測定し，試料の体積を算定した。

4. 試験回数の影響

通常 1 つの試料に対して数回の試験結果から最小，最大密度を求めることの妥当性を確認するものである。本試験は図 2 に示す 2 種類の試料(粒度調整により作成した砂れき試料と粒径 2mm 以上からなるれき試料)を用いて，20 回の最小，最大密度試験を実施した。モールドは内径 300mm の大モールドを用いた。試験結果として，図 3 に試験回数と乾燥密度の関係を，図 4 に試験回数と変動係数の関係を示す。

これによると，1～5 回の範囲では回数ごとの結果の変動が大きい，6～10 回になると変動係数が 0.5% 以内を示し，安定した値を示す。11 回以上では再び変動が大きくなる傾向を示す。この原因としては人為的な影響や締め固めエネルギーの累積による粒子破碎の影響等が考

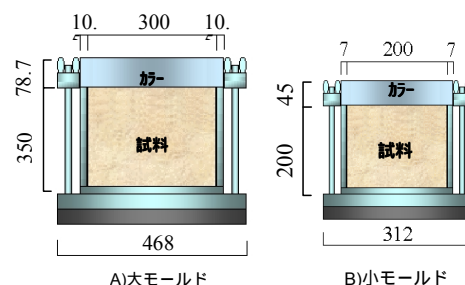


図1 試験に使用したモールド

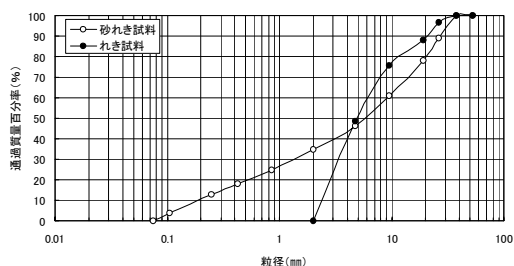


図2 粒径加積曲線

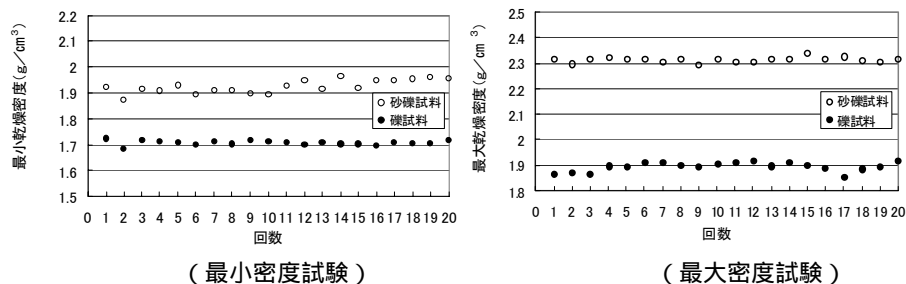


図3 試験回数と乾燥密度の変化

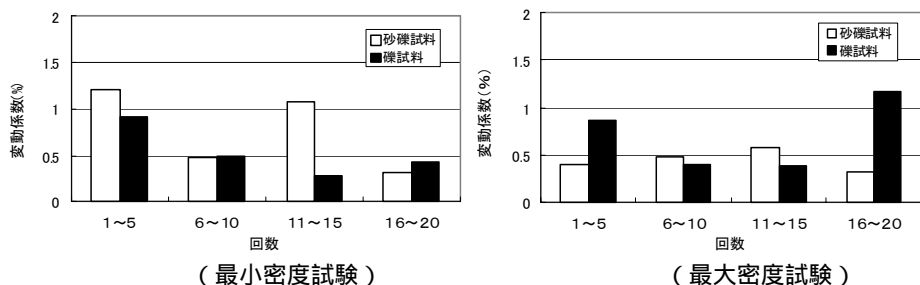


図4 試験回数と変動係数の関係

キーワード 砂れき，最小密度試験，最大密度試験，変動係数，最大粒径，モールド径

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-17-1 独立行政法人 原子力安全基盤機構 TEL03-4511-1815

えられる。以上より、信頼性の高い試験結果を得るには、変動係数に留意して、複数回の試験結果を平均することが望ましいと考える。

5. モールド径に対する最大粒径の影響

従来の試験方法では試料の最大粒径(D_{max})を便宜上モールド径の 3 分の 1 程度以下に制限していることから、その妥当性を検討するものである。

本試験では大モールド(内径 300mm)および小モールド(内径 200mm)を用いて、図 5 に示す粒度分布の 4 つの試料(最大粒径 $D_{max}=150\text{mm}$:大モールド及び小モールド用, $D_{max}=100\text{mm}$:大モールド用, $D_{max}=53\text{mm}$:小モールド用)による最小, 最大密度試験を実施した。ここで D_{max} が 100mm と 53mm の試料は, D_{max} が 150mm の試料の最大粒径を調整したものである。図 6 に最小, 最大密度試験結果を試験回数ごとに示す。図 7 には最小, 最大乾燥密度の変動係数を示す。

$D_{max}=150\text{mm}$ の試料では粒度分布がほぼ同じでもあるに拘わらず、小モールドの最小, 最大乾燥密度は大モールドによるものよりも小さい結果となった。最小乾燥密度では、モールド高さが異なることによる試料の自重の影響が考えられる。最大乾燥密度については、小モールドのようにモールド径に対して D_{max} がかなり大きい場合には礫とモールドとの干渉が締め具合に影響を及ぼすとも考えられる。粒度分布が異なる場合では、粒度調整の度合いが大きい小モールドでは密度が低下し、特に最小乾燥密度はその傾向が著しい。これは粒径の大きい礫、石分の多寡によると考えられる。一方、大モールドでは粒度分布が異なるにも拘わらずほぼ同じ密度であった。

最小乾燥密度の変動係数は、表 1 に示すモールド径に対する D_{max} の比の順に大きく、最小乾燥密度のばらつきの要因としてモールド径と粒径の関係の影響が大きいと考えられる。ばらつきの少ない最小乾燥密度を得るには、 D_{max} をモールド径の 1/3 以下に制限することが考えられる。また、最大乾燥密度では、 $D_{max}=150\text{mm}$ の試料で小モールドを用いた場合には変動係数が大きい、 D_{max} がモールド径の 1/2 以下の場合には、一様にばらつきが小さくなる結果が得られた。

6. 結論

最小最大密度試験の砂れきへの適用性を試験により検討した結果、以下の結論を得た。

- (1) 信頼性の高い試験結果を得るには、変動係数に留意して、複数回の試験結果を平均することが望ましい。
- (2) 最大粒径をモールド径の 1/3 以下に制限すると最小, 最大乾燥密度の変動係数が小さくなる。

謝辞

本研究は、財団法人原子力発電技術機構が経済産業省の委託により実施した「リサイクル燃料資源貯蔵施設安全解析コード改良試験」事業を、独立行政法人原子力安全基盤機構が引継いで国からの交付金により実施した研究の一部である。研究の実施にあたり(財)電力中央研究所地球工学研究所 西好一所長、千葉工業大学 畑中宗憲教授をはじめ関係各位に貴重な助言を頂いた。ここに謝意を表する。

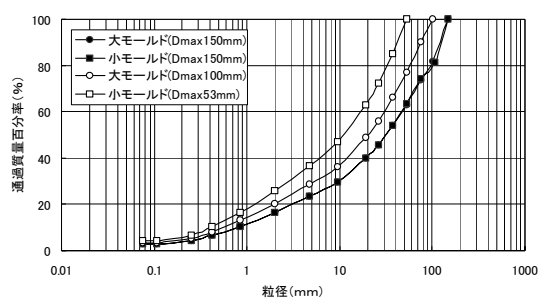


図5 粒径加積曲線

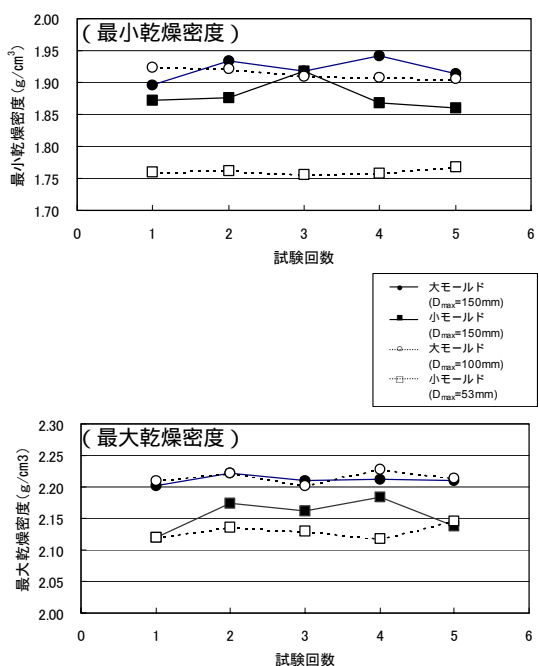


図6 最小, 最大密度試験結果

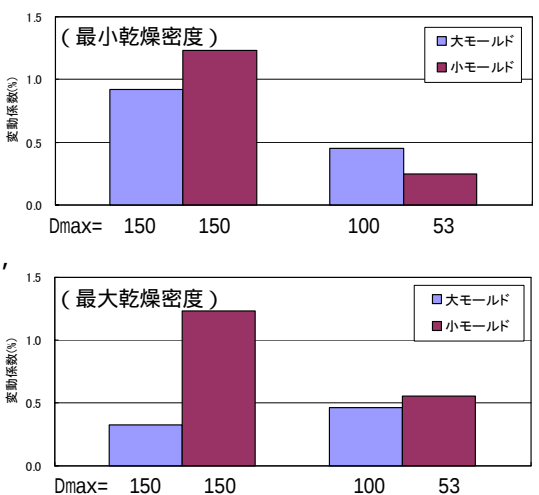


図7 最小, 最大乾燥密度の変動係数

表1 モールド径に対する最大粒径の比

$D_{max}(\text{mm})$	150	150	100	53
モールド径(mm)	300 (大)	200 (小)	300 (大)	200 (小)
$D_{max}/\text{モールド径}$	0.50	0.75	0.33	0.27