

少量の試料に対する小型モールドを用いた締固め試験方法の提案

宮崎大学 正会員 ○神山 惇
山口大学大学院 正会員 鈴木素之

1. はじめに 近年、我が国では経年劣化によるため池堤体の老朽化が問題視されており、現在までに全国各地で既設ため池の安全性評価および改修が実施されてきた。ため池堤体の品質を管理する上で、その締固め度を把握することは重要であり、サンプリングにより採取された堤体土を用いて突固めによる締固め試験が実施されるケースがある。しかし、過去に嵩上げされた堤体の下層部や、堤体内部の遮水ゾーンに使用されている堤体材などについては、試験に必要な土試料の量を必ずしも十分に確保できず、場合によっては、サンプリング数を増やすことが懸念される。そこで本研究では、少量の試料に対して小型のモールドを用いて締固め試験を行い、従来の方法による締固め特性と同様の結果を得ることができれば、サンプリングの省略や時間・労力の削減に繋がると考えた。本論文では、まさ土と豊浦砂、そして堤体土を想定した混合土に対して、内径 10cm および 5cm モールドを用いてそれぞれ締固め試験を行い、小型モールドの適用性について検討した結果について報告する。

2. 試験方法 本研究ではまず、まさ土と豊浦砂に対して、地盤工学会が定める A-b 法¹⁾に基づいて締固め試験を行った。次に、内径 5cm、高さ 10cm を有する 2 つ割の小型モールドを用いて試験を実施した。また、この小型モールドに使用するランマーを検討するために、2 種類の異なるランマーを用意し、それぞれの締固め試験結果を比較した。1 つは、安定処理土の供試体作製に使用されている 1.5kg ランマーであり、他の 1 つは重さ 1.0kg の自作ランマーである。表-1 に各種モールドとランマーの組合せを示す。同表には、ランマーの直径 D_{RAM} とモールドの内径 D_M との比 D_{RAM}/D_M を示している。5cm モールドに対して 1.0kg ランマーを使用する場合は、A 法と同様にランマーをモールドの縁に沿わせて突固める。他方、1.5kg ランマーの場合は、ランマーとモールドの直径がほぼ等しいためランマーの位置を固定して突固める。写真-1 に小型モールドに使用した 2 種類のランマーを示す。いずれのランマーも締固めエネルギー $E_c \approx 550 \text{ kJ/m}^3$ になるよう調整している。1.5kg ランマーを用いる場合は、試料を 3 層に分けて 1 層あたり 12 回突き固めた。1.0kg ランマーの場合は、1 層あたり 37 回突き固めた。また、内径 10cm のモールドにおいては、試料の許容最大粒径は 19mm である。一方、内径 5cm のモールドでは、許容最大粒径は 9.5mm 程度と考えられる。本研究では、砕石・珪砂・豊浦砂・カオリンを乾燥質量比でそれぞれ 10:35:25:30 の割合で混合して人工の混合土を調整した。この混合土と粒径 9.5mm 以上 19mm 以下の砕石を所定の乾燥質量比で混合し、試料の許容最大粒径の含有率が試験

表-1 各種モールドとランマーの組合せ

モールド直径 (cm)	モールド容積 (cm ³)	ランマー質量 (kg)	ランマー落下高 (cm)	各層の突固め回数	D_{RAM}/D_M
10	1000	2.5	30	25	0.5
5	196	1.5	20	12	0.9
5	196	1.0	10	37	0.4

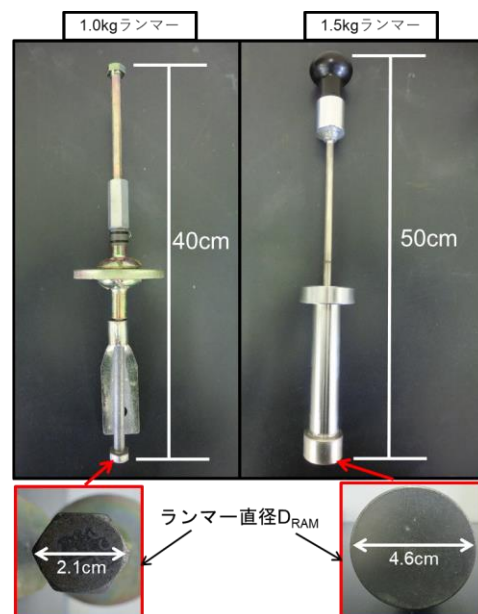


写真-1 本研究で用いた小型ランマー

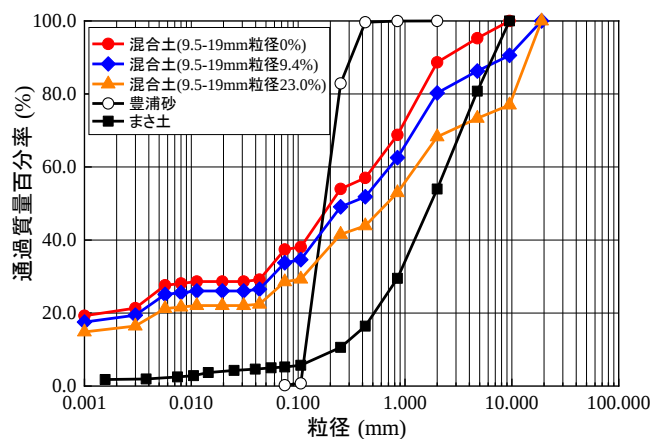


図-1 土試料の粒径加積曲線

結果に及ぼす影響も検討した。図-1に本研究で用いた土試料の粒径加積曲線を示す。

3. 試験結果と考察 図-2にまさ土の各種締固め曲線を示す。同図より5cmモールドの締固め曲線2本は10cmモールドのそれとは完全に一致はせず、やや湿潤側に位置している。ここで、10cmモールドから得た最大乾燥密度 ρ_{dmax10} と5cmモールドから得た最大乾燥密度 ρ_{dmax5} との相違率を式(1)から算出する。

$$\frac{|\rho_{dmax10} - \rho_{dmax5}|}{\rho_{dmax10}} \times 100 (\%) \dots \dots \dots (1)$$

まさ土の場合は、両モールド間における ρ_{dmax} の相違率は1%以内に収まっている。また、5cmモールドについては、ランマーの違いによらず、ほぼ同様の締固め曲線を得た。図-3に、豊浦砂の各種締固め曲線それぞれを示す。5cmモールドから得た締固め曲線は、どちらも10cmモールドの締固め曲線の下方に位置している。まさ土とは異なり、両モールド間における ρ_{dmax} の相違率は3%程度生じた。

豊浦砂はまさ土に比べて締固めにくい砂であり、1.0kgランマーの場合はその直径が2.1cmと小さく、先端が試料表面に貫入することで、周囲の砂粒子が移動し各層の突終わり面が乱れたことが原因として考えられる。また、1.5kgランマーでは、突固め終了後にランマーの先端とモールドの隙間に砂粒子が入り込んでいたのを確認した。そのため、砂粒子の移動によって十分密にならなかったと考えられる。図-4には3種類の混合土における粒径9.5mm以上19mm以下の碎石の混入率と最大乾燥密度の相違率を示している。上述のように、まさ土と豊浦砂の両試料とも小型ランマーの違いによる締固め特性に大きな変化はなかった。そのため、混合土については5cmモールドに対しては1.5kgランマーのみを使用した。また、試験は乾燥繰返し法(a法)により行った。なお、締固め試験前後に粒度試験を行い、粒子破碎による粒度曲線の変化は無かったことを確認している。同図より、碎石の混入率の増加に伴い ρ_{dmax} の相違率も増加する傾向にあることがわかる。 ρ_{dmax} の相違率が締固め度の相違率に直接反映されるため、今後は相違率の許容範囲や礫補正²⁾による乾燥密度の補正を検討する必要がある。

4. まとめ 本研究から得られた知見を以下に示す。

- 1) 内径5cmの小型モールドにおいて、2種類のランマーの形状および突固め方法の違いが締固め特性に及ぼす影響はなかった。
- 2) 混合土においては、粒径9.5mm以上19mm以下の碎石の含有率の増加に伴い、内径5cmと10cmの両モールド間における最大乾燥密度の相違率が増加した。今後は、相違率の許容範囲を検討する必要がある。

参考文献 1) 社団法人地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説-二分冊の2-, pp.373-383, 2009. 2) 森満雄, 阿部道雄, 森麟：礫まじり土の締固め密度の推定に関する研究, 土木学会論文集, No.541, pp.159-171, 1996.

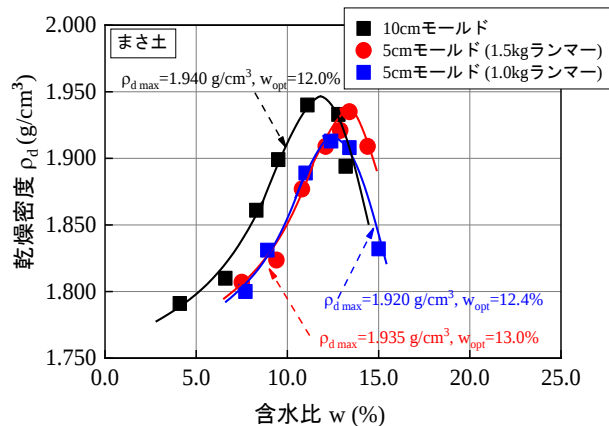


図-2 まさ土の各種締固め曲線

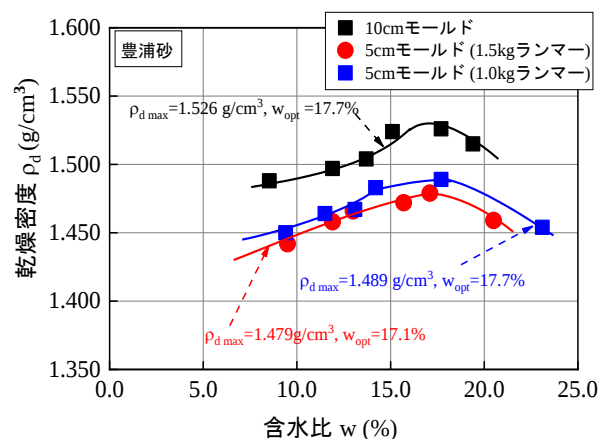


図-3 豊浦砂の各種締固め曲線

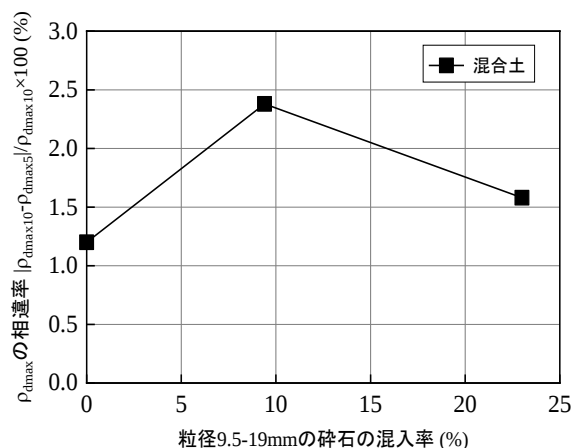


図-4 碎石の混入率と ρ_{dmax} の相違率の関係(混合土)