

半動的締固め力オリソの不規則な曲線

日本大学工学部正 杉内祥泰

日本大学工学部正 石井和樹

1. まえがき

衝撃的に炭固めた土の締固め曲線は、締固め条件によって不規則な曲線形態を生じる場合がある。この現象について *Peter Y Lee* 等の報告を含めて前報で述べたので、本報では特に報告例の少ない半動的締固め試験から同様の不規則な締固め曲線が得られるかどうかに着目して調べた。乾燥密度は試料の取扱いによってバラツキを生じ易いため非繰返し試験を採用した。その結果、衝撃的な締固め曲線よりもバラツキは少なく、圧縮応力変化に伴って、比較的良好な密度曲線群が得られた。さらに種々の曲線群からダブルピークを示す限界範囲の傾向が得られたので、その結果を報告する。

2. 試料および試験方法

使用した土質材料は、市販の福島産力オリソを用いた。その物性は、比重値 2.69、液性限界 52%、塑性限界 27%、標準繰返し法の最適含水比約 30%、最大乾燥密度 1.44 g/cm³、および粒度分析からの最大粒径は 0.075 mm で、97% 以上が粘土成分で構成されている。締固め前処理として 15~40% の含水比に調整し、さらに水分なじみを考慮して密封ポリ容器に約 24 時間放置する。半動的締固め試験は図-1 に示す装置で行った。手動方式での載荷荷重は、10~70 kgf/cm² の範囲から 104 個のデータを得た。手動載荷装置で圧縮応力の前述の範囲まで求めるためにモールドの直径は 6 cm、高さ 2 cm の円筒型とした。

半動的締固めの曲線と衝撃的締固めの曲線の比較のため図-3 の様に締固め条件が異なった場合について示した。これらの曲線は、*JGS A 1210* に準じて行った結果である。

3. 試験結果および考察

従来の衝撃式締固め曲線の代表的なものとしては、図-2 に示す形態が多く認められている。特に力オリソでは、B, C, D 曲線が得られ易いけれども、E 曲線の様に須間側から逐次乾燥して、その後加水すれば密度が増加する報告例がある。そこで図-3 の自然乾燥と強制乾燥が火山灰土のように加水後、密度が増加するかを調べた結果、全く逆の密度の低下現象が認められた。密度に関する評価では、自然乾燥土は強制乾燥土より以上に高い乾圧効果が期待できることが判明した。

衝撃式締固め曲線は、打撃の速度、打撃の位置、層数および層厚など多くの複雑な要因に関連して密度のバラツキを誘発している。それに対し半動的締固め試験は、圧縮速度の制御が一定であれば比較的個人誤差は少なく、図-3 に示すような載荷荷重の変化に対応し明瞭な曲線形態を得ることができた。衝撃式では試験操作上、乾燥側と飽和側においてオーバーコンパクションによる無意味なデータの取扱いとなる場合がある。しかし半動的締固め試験では乾燥側および飽和側の両者共整然とした締固め曲線変化を示す。図-3 に示す様に、含水比 18% から 20% の範囲では密度の増加は微少で自由水の移動が無いことに起因している。含

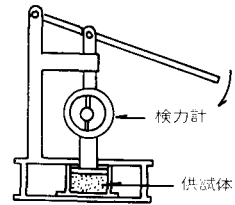


図-1 半動的締固め試験装置

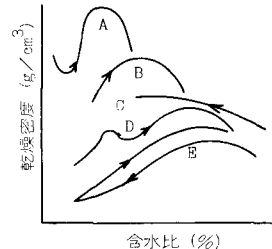


図-2 衝撃式締固め曲線形態

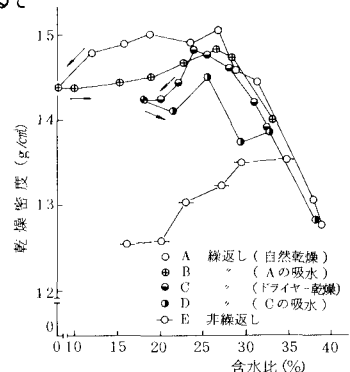


図-3 カオリソの衝撃式締固め曲線

水比20%~25%の位置では急な増加傾向を示し自由水の移動作用が働いていると考えられる。含水比25%を境界として不規則な締固め曲線を至する。含水比が25%以上となると載荷荷重10 kgf/cm² ~ 30 kgf/cm²の範囲で密度の低下を示し、いわゆるダブルピークを生じる。35 kgf/cm² ~ 50 kgf/cm²で密度の変化が一定となり5.5 kgf/cm²以上の段階では密度の増加傾向を示す。特に標準締固めの最適含水比約30%近傍に至る位置で卓越した密度増加が確認できる。また含水比34%の近くでは40 kgf/cm²の締固めエネルギー変化に対し密度の増加および減少の2領域に区分できる。これらの結果から標準締固め曲線は、締固め仕事量の関係から単一のピークを示し易いことが判る。締固めエネルギー効果が小さく顕著なピークが得られない載荷荷重1 kgf/cm²を除いたすべての曲線群は含水比40%強の近傍で密度が収斂する傾向にある。この位置は、土粒子個々の移動が容易になされる水分状態で過剰な自由水が存在するものと解釈できる。

半動的締固め曲線と衝撃式締固め曲線の最適含水比および乾燥密度の比較では、前者の6 kgf/cm² ~ 7 kgf/cm²載荷荷重と後者の非繰返し法とはほぼ類似した結果として得られた。したがって半動的締固めの試験に用いたモールドは小型化を計ったため、ボーリングサンプルのような少量しか採取できない材料の土質調査に対しても応用が可能と思われる。

半動的締固めの試験から得た結果から密度と載荷荷重との関係と含水比別にプロットすれば図-3のようになる。半動的載荷荷重の場合は標準の締固めの機構と異なっており、上端部が拘束された状態であるため土粒子間の空気追い出し効果が弱く最適含水比は衝撃式より2%程度高く現われる。含水比32%の供試体はその傾向を明瞭に示している。含水比40%では、載荷荷重3.5 kgf/cm²までの荷重増加に伴って密度は増加するが、その荷重以上に対しては、むしろ密度が減少を示す。この時の飽和度は96%に達しこの値が半動的締固めの試験のオーバーコンパクションの生じる限界範囲と思われる。

4. おわりに

半動的締固めの試験の結果から次のような結論を得た。

- 1) 非繰返し法を採用した際の半動的締固めの試験では、不規則なダブルピークを示す位置は、25%近傍に生じ、その時の載荷荷重は3 kgf/cm²以下で顕著に認められる。
- 2) 載荷荷重4.0 kgf/cm²以下の締固めエネルギーでは、25%と34%近傍の2個所で締固め変曲点が存在する。
- 3) 衝撃式仕事量が増大した場合は、最適含水比が左方向に移動すると認められているが半動的締固めの試験から得られる最適含水比は、締固めエネルギーの増大にもかかわらず左上方への移動は顕著でない。
- 4) 小型モールド使用による締固めの試験の省力化対策に活用できようである。

5. 参考文献

1. 杉内, 石井 「最適含水比近傍の不規則な締固め曲線について」 56年3月 東北支部技術研究発表会
2. 河上, 柳澤 「土の締固め」 昭和50年 鹿島出版会

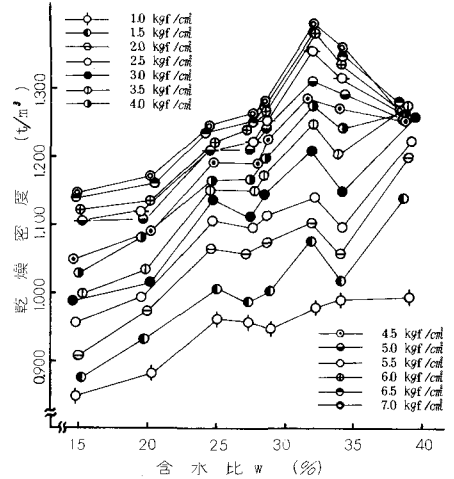


図-4 半動的締固め曲線

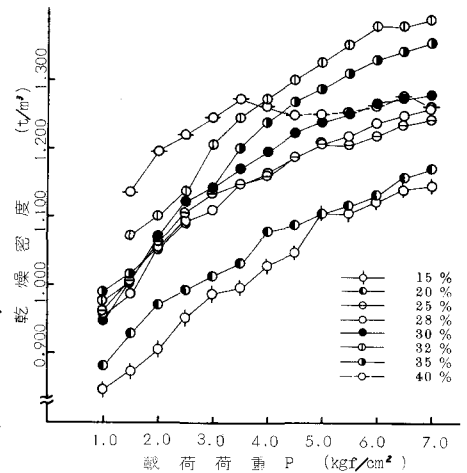


図-5 半動的締固めの γ_d -P 曲線変化