

簡易締固め試験

日本大学 正会員 杉内祥泰
日本大学 正会員 ○石井和樹
日本大学 学生員 羽場茂雄

1. まえがき

現行の締固めの試験は、多量の試料を準備する必要がある。などなら、土粒子破砕を生じ易い材料、たとえばマサ土などの場合に非繰返し法を採用すると、試料調整のみで大変な労力を必要とする。そこでモールドを小型化し簡易に、また迅速に有効的な値を実験で得られるか検討した。なお従来の1層締固め試験の概念を変えて1層締固め試験を試みた。1層締固めの試験の利点として締固め層厚を一定に保つことかでき、個人精度の向上が望める。したがって各人の締固めの操作に関係なく、一様な堅度を得ることが出来る。なお、小型モールドの場合は衝撃式突固め試験よりもむしろ間接的締固め試験がより有効と考えられる。

2. 締固め試験に用いた試料

福島県三春に産する風化進行過程のマサ土を用いた。粒度組成は、 $4.76\text{mm} \sim 0.075\text{mm}$ の粒径範囲で94%の含有率を呈し、その均等係数は、1.1であった。粒径の寸法効果を考慮して最大粒径 2mm として締固め試験を行った。

3. 簡易締固めの試験方法

簡易締固め試験は、モールド直径 6cm 、高さ 2cm で、締固め方式は、円型鋼板をモールドに充填した試料の上端部に固定して 2kg のランマーを 18cm の高さから衝撃を加える。その時の締固め回数は、7, 10, 13, 16, 19, 22, 回の5段階であった。試料の前処理の方法によって締固め曲線の形態が変動することは一般的に認められているので試験開始時の初期含水比を11%に調整した。その状態から2%以内の加水量で非繰返し試験を行った。以上の間接的締固め試験と従来の突固め試験を比較するため、後者の場合はJIS A 1210の規格に準じた。なお突固め増加にともなうマサ土の細粒化現象を調べるため、均一粒径が堅度に与える影響、締固め回数の増加にともなう曲率係数変化と堅度の相関性について標準突固め試験から求めた。

4. マサ土の均一粒径と最大乾燥堅度の関係

均一なマサ土を繰返し法で突固めた結果を面対数グラフ上に各々の値をプロットすれば図-1のような直線関係が得られる。横軸の粒径は、人工的に均一試料を作製した時の粒径範囲の中央値とする。また繰返し回数と粒子破砕における粒度分布の不均衡をさけるために、繰返し回数5回目を基準ピーク値に求めた結果である。その最適含水比は14%~19%の範囲であった。

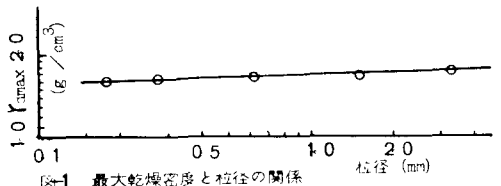


図-1 最大乾燥密度と粒径の関係

5. 繰返し突固め試験後の最大乾燥密度と曲率係数の関係

突固め後におけるマサ土の粒子破砕の性状を調べた結果が図-2に示される。横軸は曲率係数を $\log \log$ スケールで表わし、縦軸は個々の最大乾燥堅度である。

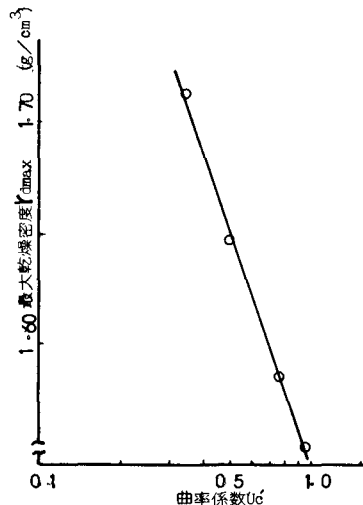


図-2 最大乾燥密度と曲率係数の関係

同図から判断すると、粒度分布は堅度の増加、減少に対し重要な要因となっている。なお粒子破砕について触れてみると、1%程度の自然乾燥状態の試料で突固め回数25回と100回の場合について比較した所、均等係数

が//~13と増加することからも粒子破砕材料の取扱いは細心の注意が必要である。標準実固め試験の粒子破砕量は、粒径範囲 $2\text{mm} \sim 0.075\text{mm}$ において、砂およびシルト分の領域で各々2~3%の破砕が生じるけれども粘土分以下の細粒子については顕著に表われない。実固め回数100回程度になれば、砂分を5%強の影響が生じる。上述の破砕量の測定はすべて下層転圧面下1cm以内の位置から求めた粒度分析の結果である。

6. 簡易締固め試験結果

間接的締固め試験で求めた結果を図-3に示す。締固め回数とその時の最適含水比の関係が①直線で、それに対応する最大乾燥密度の相関性が②直線で表わされる。図中の白丸印は、非繰返し試験で行ったものであるが①②直線の交点の位置は標準実固め試験の非繰返し法の値である。実験式は次のようである。

$$W_{opt} = -8.172 \log N + 26.37$$

$$\rho_{dmax} = 0.2965 \log N + 1.346$$

締固めエネルギー式としてプロクターの公式を適用すれば

$$E = W \cdot H \cdot N_b \cdot N_L / V$$

締固め試験の省力化によって $N_L = 1$ と出来る。間接的締固めにおける損失エネルギーを f とすれば

$$E = f \cdot W \cdot H \cdot N_b / V$$

試験結果より $f = 0.35$ のとき標準実固め試験の W_{opt} , ρ_{dmax} の位置と本実験の値がよく対応する。標準実固め試験の繰返し法で行った実験値が図-3の①②直線上にプロットされる。その時の締固め回数は $N = 44 \sim 66$ に相当するので $E_s = 2.60E$ となり繰返し転圧は、密度に関する限り効果的と言える。マサ土は特殊土として取扱われているため繰返し試料としては用いないのが一般的である。しかし実際問題として、量的、効率的、時間的制約等を考慮すれば、むしろ簡易締固めで概略値を得るのも一方法かと考えられる。

本報の小型モールドを用いて、間接的締固め試験を適用した場合の利点を挙げると、1サンプルのデータ一値を得るには500g程度の少量で短時間に求められると同時に、少量のため水分管理が容易である。過去において小口径のボーリングサンプルでタイ換層の薄い箇所から試料を採取しても締固め性状を解明するには

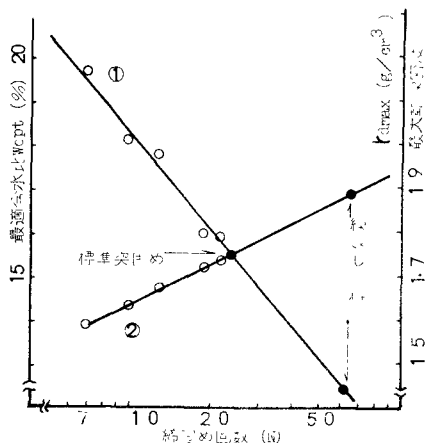


図-3 $W_{opt} - N$ 、 $\rho_{dmax} - N$ の関係

困難であったが、そのような場合にも可能である。品質管理等特に多点の試験調査には有効である。

7. 簡易締固め試験における締固め曲線の傾向

締固め回数70回~220回で締固めた時の各曲線は、含水比11%付近では45度の角度で密度は増加し各曲線とも急激な変換すれば同様の締固め曲線形態を示す。しかし初期含水比が3%程高い状態から加水して締固めた曲線は65度傾斜で急激な密度増加の傾向を示す。

飽和曲線は75%の位置に最大乾燥密度が集合しているけれど締固め回数の増加に従ってわずかに1~2%飽和度が高くなっている。また飽和曲線85~90%で過転圧状態となる。

8. むすび

初期の目的であるモールドの小型化に関しては図-3から可能と考えられる。しかしモールドの寸法効果および材料の寸法効果に対して検討する必要がある。次に3層実固め試験を1層に変える手段は、実際は3層で得られる値より高い密度を求めているが密度管理の観点からすれば、特に問題はないと思われる。小型モールドの場合、直接試料に衝撃を加えると粘性土等ではランマーの底部に試料が付着してむしろ密度リハレーションを生じる。

最後に、 $W_{opt} - \log N$, $\rho_{dmax} - \log N$ が、直線的相関を示し、その直線上に非繰返し法の標準実固めの値と繰返し法の標準実固めの試料も表われる興味ある結果を得た。