

中央大学理工学部 正員 久野 悟 郎
木更津高専 正員 飯竹 重夫

1. まえがき

高含水比の粘性土の多くは初期含水比によって締固め曲線にズレを生じるが、筆者の一人によって、締固め過程における土中の水分を拘束水と自由水とに分けて考察すると、このズレをかなり小さくできることが確かめられている⁽¹⁾。また筆者らは、粘性土、砂質土と含む数種の土についても、遠心脱水によって両水分を分離して考えると同一の図上で締固め曲線をかなり集約できることを報告した⁽²⁾⁽³⁾。

ここで両水分を分離する場合、遠心脱水程度をどの程度とするかが非常に重要なことになってくる。別報⁽⁴⁾では数種の土について1律の遠心力(13,000g)で脱水分離したが、土質によって、また同一の土質であっても初期含水比の程度によって脱水力と変えることが妥当と考えられる。

当報告では、遠心脱水によって脱水曲線と揃って各土にそれぞれ折れ点が生じるが、この点が拘束水と自由水を分り得るものではないかと推測されるので、これを締固め曲線との関係より確かめようとした。同時に締固め過程における両水分の動きについても考察した。

2. 試料と実験方法

表-1 試料の土性

実験に使用した試料の土性は表-1に示すようなものである。このうち関東ローム、粘土は今回新たに用意したものであるが他の各種は別報⁽⁴⁾⁽⁵⁾中で使用したものを密封保存して再使用したものである。粘土は神奈川県中井地区で採取されたもので凡じした軽石を多量に含んだ土、関東ロームは町田市近辺で採取されたほとんど乱されていなき土である。粘土は突固めによる服砕の影響を少なくするために2mmふるいを通過した試料を使用した。

試料の名称	相模川	箱崎砂	灰土	柳瀬	粘土	関東ローム
土粒子比重	2.77	2.67	2.77	2.71	2.76	2.78
自然含水比(%)	0.5	33.4	49.3	1.0	58.5	113.8
液性限界(%)		37.7	57.2	49.0		118.2
塑性限界(%)	NP	23.0	37.0	29.5	NP	20.2
塑性指数		14.7	19.5	19.5		43.8
Nazdovli通過(%)	3.5	45.0	68.0	100	82.0	87.0
No.40ふるい(%)	51.0	98.0	87.8	100	93.0	98.0
砂分(%)	96.5	55.0	32.0	0	18.0	13.0
シルト分(%)	3.5	19.0	38.0	28.0	35.0	43.0
粘土分(%)	0	26.0	38.0	76.0	47.0	48.0
有効径(mm)	0.160	0.001	0.007	—	—	—
均等係数	2.4	1.35	5.3	—	—	—
三軸圧縮分類	砂	砂質土	粘土	粘土	粘土	粘土
AASHO分類	A-3	A-4(3)	A-2(2)	A-7.5(4)	A-7.4(4)	A-7.6(4)
統一分類	SP	SC	MH	CL	MH	MH

脱水試験では初期含水比によって脱水特性も異なると考えられ、試料の調製は関東ロームが炉乾燥、11%、28%、49%、115%(自然含水比)の5種類、箱崎砂、灰土、粘土が炉乾燥と自然含水比の2種類とした。これ等の試料と脱水前に飽和するまで加水し、約18時間放置して十分吸水された後に試験に供した。脱水曲線は遠心力と脱水後の含水比(W_e)との関係より求めたが、遠心力の程度の表現として遠心効果と表わす重力の倍数(g)を用いてみた。脱水量は当然脱水時間によって変わるが、当報告でも別報の通り1時間脱水とした。また遠心機のローター部は高速回転のため温度が上昇し、これによって生じた熱による試料の乾燥が懸念されるので、ローター回転量内の温度を-13℃~20℃の間に変え、この時の脱水量を比較してみたが、温度による差異はほとんど見られなかった。締固め試験は上記の初期含水比と数種に変えた試料とJIS A1210に従って行なうと同時に、含水比測定試料と13,000gで脱水したが、これ等は別報⁽⁴⁾⁽⁵⁾と全く同様な方法で行なった。

3. 実験結果と考察

脱水過程の水分について これは
 どは土質、初期含水比によらず1律
 の遠心力で土中の水分を脱水し、土
 粒子への付着程度の違いによってこ
 の水分に分離して考察してきたが
 、土粒子の性質、粒径によって付着
 する水分の状態は異なるはずであり
 、両水分の境界もそれぞれ違ってい
 ると考えられる。この境界点を知ら
 ために数種の土について図-1に示
 すような脱水曲線を作成してみた。
 これより細粒土ほど曲線の全域にわ
 たって W_c は大きく、特に関東ロ
 ムではその量が大きく微粒子が多量に
 存在することが推測されるが、これ
 は別報⁽³⁾の“土粒子の表面積とそれ
 の含有する拘束水量との間には高い
 相関性がある”ことを裏付けている。
 各土の脱水曲線には遠心力の高い
 側と低い側に折れ点が生じるが、こ
 れは土によって1の折だけのもの
 や不明瞭なものもあり、砂質土ほど
 初期含水比の低いほど明瞭となっ
 ていようである。(当報告ではこのこ
 の折の折れ点のうち遠心力の高い側
 におけるものについて考察を進め
 る)また細粒土ほどその点に相当する含
 水比(W_{cr})は高く遠心力(G_{cr})は大
 きくなる傾向にある。この各土の折
 れ点の前後の水分は土粒子への付着
 程度が異なるものであり、これが両
 水分の境界に相当するのではない
 と考えられる。このことは後述する
 掃固め過程における水分の動きとの
 関連からも裏付けることができる。

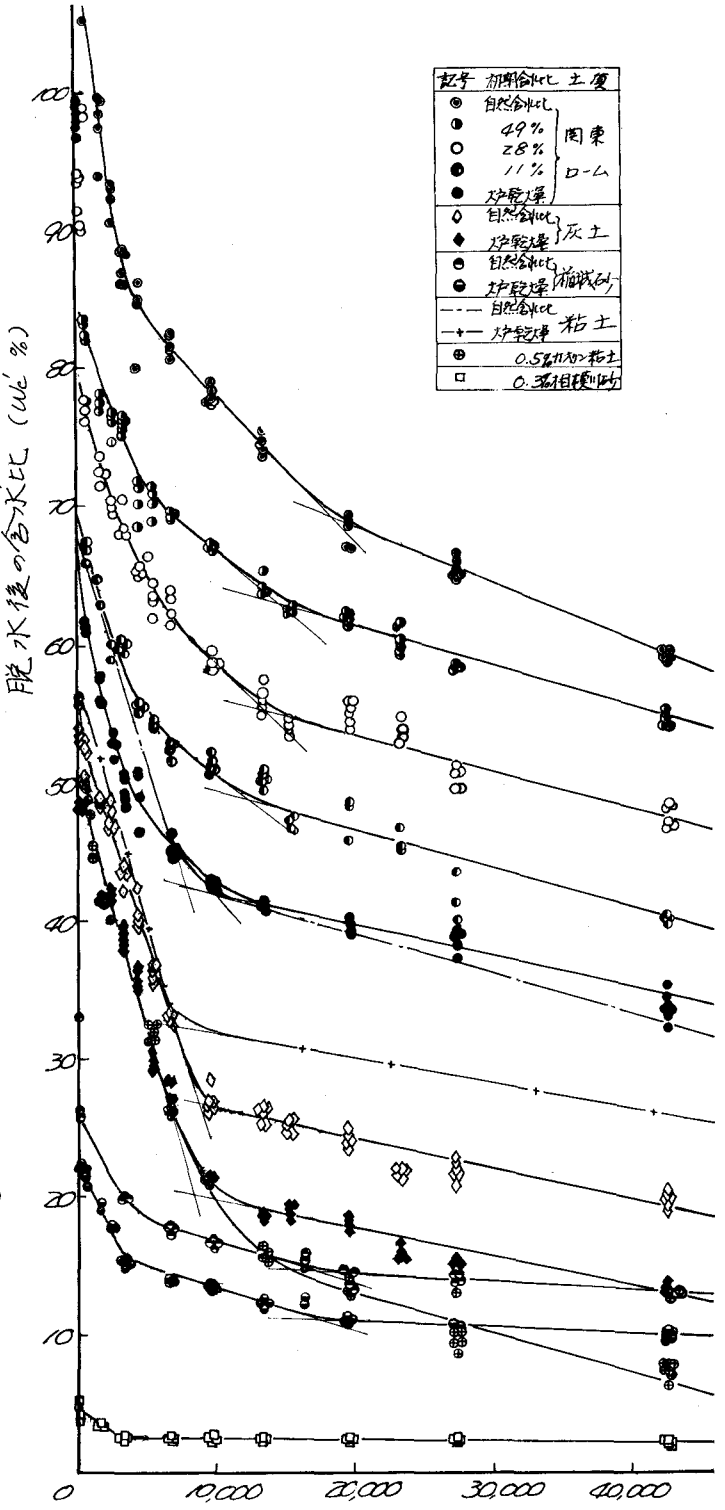


図-1 遠心効果と脱水後の含水比の関係
 遠心効果(重加倍数: g)

カオリン粘土、相模川砂以外は初期含水比によって脱水曲線にズレを生じているが、この W_i の差はこれまで言われている非可逆的水分で、この量が多ければ締固め曲線のズレが大きいことは文献⁽³⁾⁽⁴⁾と考へ合わせると容易に推察することが出来る。

初期含水比(W_i)によって W_{cr} 、 G_{cr} は変化しているが、この関係を図-2、3に示す。関東ロームにフツて見ると、 W_i が60~70%以下では W_{cr} は W_i に比例的に変化しており、この部分における試料は乾燥によって土性が変化しているものと考えられる。また自然含水比からこの含水比までは土性はフラットで、この区間は乾燥によって土性が変化しないようである。 G_{cr} も W_{cr} と同じように W_i によって変化しており、土質、初期含水比によって、それぞれ図-3の曲線上の遠心力で両水分を分離して考察することが妥当と思われる。特に関東ロームでは $W_i=0\%$ で G_{cr} が急に減少していることから、乾燥試料は地より低い遠心力で分離した方がよいようである。また関東ロームの自然含水比の試料では図-3より $G_{cr}=17.300g$ であるが、これは従来のPF値の計算方法で行なうと $PF=4.2$ となり、これまで言われていた値と一致している。

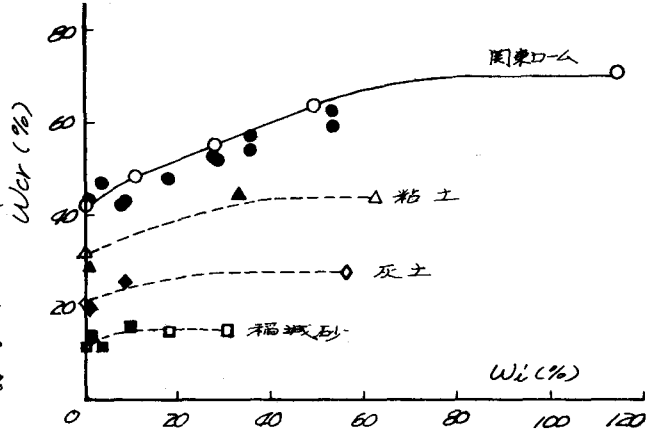


図-2 脱水曲線の折れ点の含水比と初期含水比の関係

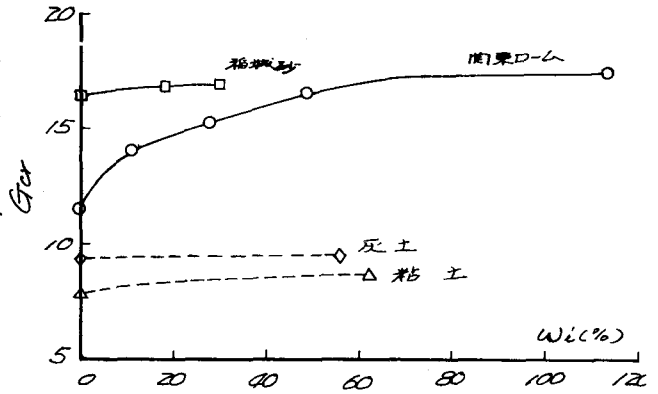


図-3 脱水曲線の折れ点の遠心力と初期含水比の関係

締固めの過程の水分について、別報⁽²⁾では締固めの過程における土粒子、拘束水、自由水の動きと体積率を表現し考察したが、今回は図-4に示すように乾燥密度(γ_d)、拘束水含水比(W_b)、自由水含水比(W_f)一記号の意味の詳細については別報⁽²⁾参照一についてプロットし、両水分の締固め曲線にどのような影響しているかを理解すると共に、脱水曲線の折れ点との関連を見つけた。たゞしここで論じる W_b 、 W_f はこれまで通り13,000gで遠心脱水して得た値である。図-4の両図とも W_i によって締固め曲線のズレも試料で、 γ_d 、 W_b 、 W_f は同じような動きを示している。 W_i のある程度低い試料に着目すると、含水比の低い状態では γ_d 曲線はほぼフラットで(図中●印は γ_d の急増し始める点)、 W_b は急激に増加しており、 W_f はほとんど急増状態である。すなわち、この区間は γ_d が増加しないのは、加えた水分は全て土粒子に吸着され、土粒子の充填を促進させる自由水が存在しないからであろう。このため W_b の多い関東ロームではこの現象が顕著に現われている。従って締固め曲線で γ_d の急増し始めるまでの水分は拘束水が卓越していると言える。 γ_d の急増し始める点の含水比を図-2にプロットすると(図中●印で示す) $W_{cr} \sim W_i$ 曲線の近辺にケラバリ、両者はかなりよく相関性を示している。こ

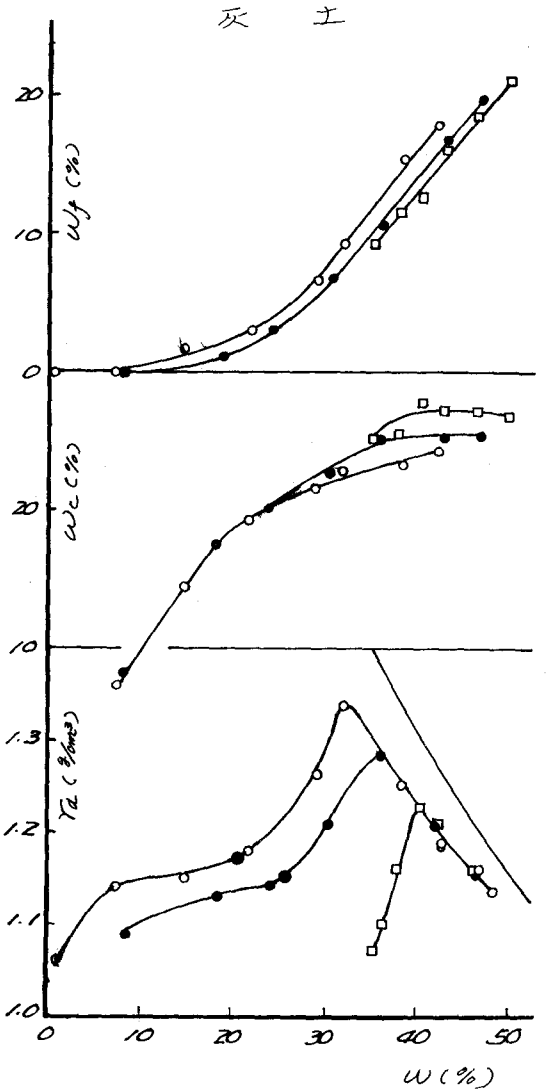
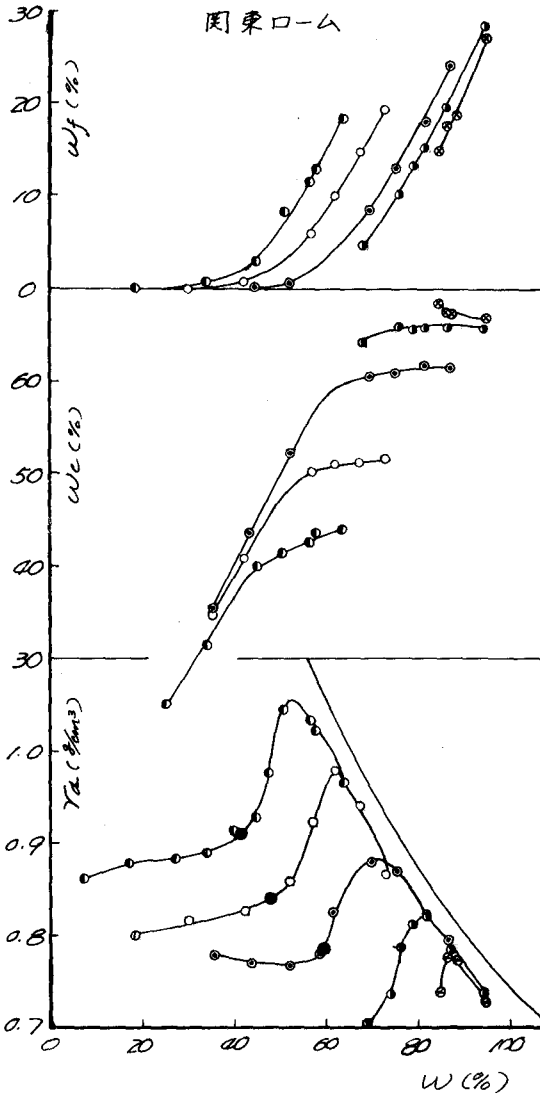


図-1 初期含水比の異なる試料の締固め過程における含水比と乾燥密度、拘束自由水の関係

れより脱水曲線の折れ点は両水分を分離得る点と言ふ。関東ローム以外の土についても、データが少なからず同様な結果となっている。

4. おすひ

脱水曲線の折れ点は締固め曲線との関係より両水分を分離得る点であり、この点の値は土質、初期含水比によって異なることを知った。故にこれほど一律の遠心力で両水分を分離し、締固め曲線を1本に集約してきたが、上述の折れ点に相当する遠心力で分離すればこうにより結果を得らると思はれる。

参考文献

- (1) 久野 「土の締固め」 技報堂全書 1963
- (2) 久野 飯竹 「最適含水比における土の状態にかへ」 Ⅳ-20 地球学会第3回年次学術講演会
- (3) 久野 飯竹 「土の締固め：寄与含水比の性質にかへ」 土質学会第3回土質シンポジウム-土と水-
- (4) 竹中, 田淵, 畑 「関東ロームの自由水分」 農業土木研究 別冊7号 1963