

I. 概要：粒径分布の異なるガラス球に水を加之、全体の含水比は一定であるが、含水比分布を図-1のよう3種（I：均等分布型、II：中心分布型、III：縁端分布型）に変えた粒状体の試料について次の実験を行なった。先づ含水比自動測定装置によって、乾燥過程における含水比の時間的变化を求め、次に一軸圧縮試験機によって、一定の油圧の下における試料の荷重と変位の時間的变化を記録した。現在までに、乾燥過程における含水比の時間的变化はIIIの中心分布型が最も早く、Iの均等分布型が最も遅いことおよび含水比分布型が異なれば、その力学性にかたりの差が出ることなどが認められている。

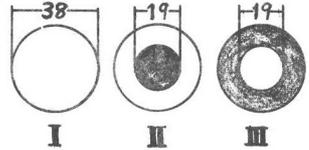


図-1.3種の含水比分布型

II. 目的：諸種の土についての含水比自動測定装置による乾燥試験並びに一軸圧縮試験機による力学試験において、数回の試験結果には必ずバラツキが認められる。その原因にはいろいろとあるであろうが、試料の含水比分布の異なることも一つの大きな要因であると考えられる。実際の土について、そのことを確かめるのは非常に難しいので、厳密な品質管理の下で製作され、粒径分布のはっきりした完全な球状体であるガラス球を用いて、その含水比分布の差が乾燥性並びに力学性にどのような影響するかを確かめることを主要な目的とした。

III. 実験：<sup>1)</sup> a) 乾燥試験 a) 装置：昨年報告した含水比自動測定装置の自動秤のバネをとりかえることにより40~60gの試料の実験ができるものを使用した。 b) 試料：東芝のガラス球の中で表-1のようなものを選び、注射針によって水を加之上記のような3種の分布型をつくった。その場合、含水比は各試料とも15%にできるだけ近くなるようにし、また各種のガラス球群を内径38mm、高さ17mmのテフロンリング内にかなり密につめて、それぞれの種類のガラス球群では重量が一定になるようにした。試料の乾燥をする時は、写真-1のように口紙を敷いて極板中に挿入した。ほぼ図-2にはGB701Kの粒径分布曲線、表-2にはガラスの主な物理的性質を示している。

種類	粒径(μ)
GB701K	105以下
GB705K	149~250
GB706K	210~350

表-2 ガラスの主な物理的性質

熱膨脹係数 ( $10^{-7} \text{cm/cm}^{\circ}\text{C}$ )	103
比重(20°C)	2.52
見掛比重( $\text{g/cm}^3$ )	約1.60
軟化温度(°C)	690
強度( $\text{Kg/mm}^2$ )	200以上
耐水性 ( $\text{Na}_2\text{O mm}^2\text{g}$ )	10以下
屈折率( $n_D$ )	1.52

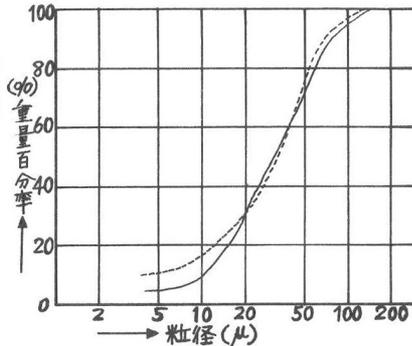


図-2 GB701Kの粒径分布曲線

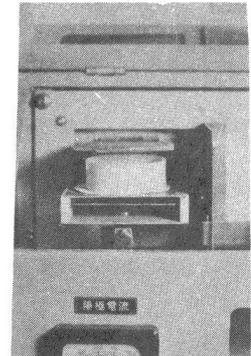


写真-1 試料と極板

c) 結果：前記3種の粒状体の各分布型について、それぞれ3回づつの実験を行なった。その場合、10秒ごと含水比指示計の読みを記録し、下記の(5)および(6)式によって乾燥過程における乾燥度・含水比の時間的変化を求めたのが図-3～5である。なお陽極電流は170 mAとした。

試料内のガラス粒子の重量を  $W_g$  (g)、含有水量を  $W_w$  (g) およびある時間後の蒸発水量を  $X$  (g) とすれば定義から含水比 ( $W$ %) および乾燥度 ( $D$ %) は

$$W = \frac{W_w}{W_g} \times 100 \text{ (％)} \quad \text{----- (1)}$$

$$D = \frac{X}{W_w} \times 100 \text{ (％)} \quad \text{----- (2)}$$

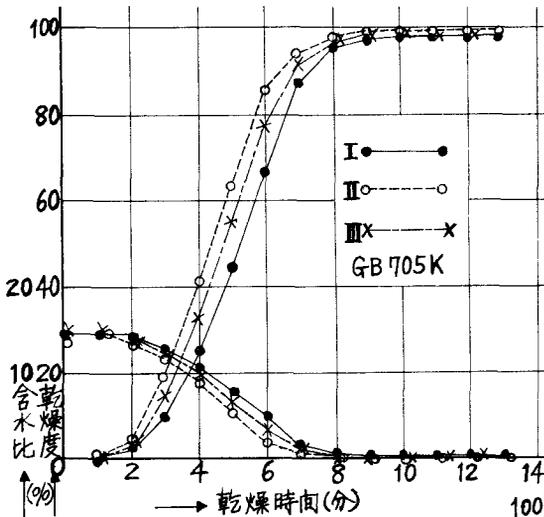


図-4 GB705Kの乾燥度・含水比一時間曲線

$$D = \frac{(W+100) \cdot 100X}{W} \quad \text{----- (5)}$$

$$W_x = \frac{100(W-X)}{100+X} \quad \text{----- (6)}$$

以上のように入  $D$  および  $W_x$  の時間的変化を求めたのであるが、かなりバラツクものもあったのでそれを除いて、結局2～3個の資料をとりそれぞれ平均値を1分ごとに求めて図示したのが図-3～5である。

d) 考察：(1) II の中心分布型が最も早く乾燥し I の均等分布型が最も遅いことはハブルの場合

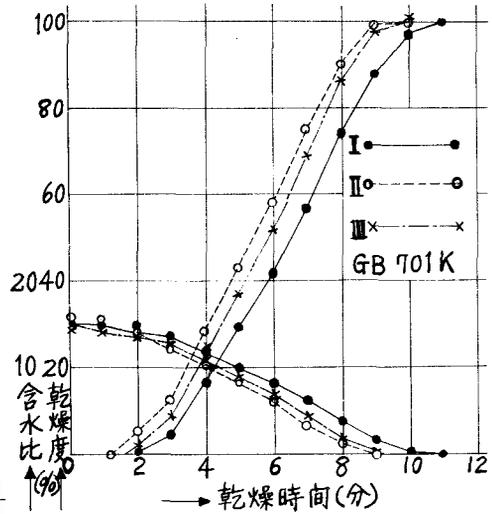


図-3 GB701Kの乾燥度・含水比一時間曲線

含水比指示計の読み  $X$  (％) は次式 (3) のように入目盛りされている。

$$X = \frac{X}{W-X} \times 100 \text{ (％)} \quad \text{----- (3)}$$

ただし  $W$  は試量重量 ( $W_g + W_w$ ) である。乾燥過程中で  $X$  (g) の蒸発があった時の試料の含水比 ( $W_x$ %) は

$$W_x = \frac{W_w - X}{W_g} \times 100 \text{ (％)} \quad \text{----- (4)}$$

従って (1)～(4) 式から次式が求められる。

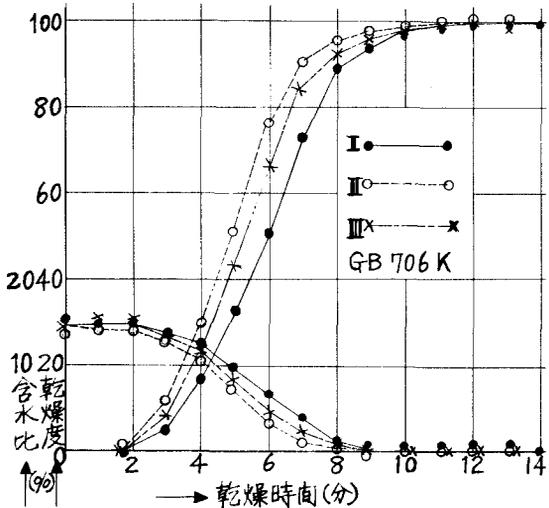


図-5 GB706Kの乾燥度・含水比一時間曲線

にも認められる。このことは次の二つの観点から説明される。先づ図-1の各含水比分布型にも示しているように一定量の水がそれぞれの分布型に加えられる時に、水に加えられた部分の含水比はIIの分布型が最も大きく、Iが最も小さい。従って高周波の加熱原理から、含水比のより高いもの（誘電率のより高いもの）に電力が集中するから、IIが最も乾燥が早く、Iが最も遅くなる。次に誘電加熱理論から誘導される中骨作用の結果、円板状誘電体に高周波電界を加えて内部加熱をする場合、誘電体の中心部へ行くほど電界が大きくなるからIIの分布型の乾燥条件が最もよくなる。これら二つの理由から図-3~5に見られるようなことになると考えられる。(四) 図-3~5には示していないが、乾燥の終期近くになると含水比指示計の読みがある時崗とまり、また動いてとまると言う具合に段階のあるジグザク曲線になる。このことが起こるのは、乾燥終期においてなかなかとまり去ることができない水あるいは水蒸気があることを意味すると思われる。まだ温度変化の測定を十分に行なっていないのはっきりしたことは言えないが、このような現象を利用して、自由水と非自由水（または吸着水）の定量的な研究をすすめる可能性があると考えている。ii) 力学試験 a) 装置：図-6、写真-2に示すような一軸圧縮試験機であり、加圧方法は油圧式、コンプレッサーは1/4 HP モーターで駆動される。最大圧縮荷重は50 Kg、千代田製作所製のものである。b) 試料：前記乾燥試験と同じ東芝のガラス球を鋼板容器（内径：60, 70, 80 mm, 厚さ：10, 20 mm の6種あるが、今回の報告では内径：60 mm, 厚さ：10 mm のもののみ）にかなり強くつめ、それぞれの粒径のガラス球で一定重量となるようにした。その粒状体に注射針で水を加之、15%の含水比にできるだけ近づけるようにした。その試料を加圧中のものが写真-3である。c) 結果：乾燥試験と同じく、各分布型についてそれぞれ3回の実験を行なったが、ここではその中のGB701K, GB705Kの結果のみを記す。この場合、負荷調整弁により一定の油圧がかかるようにして、10秒ごとに力計および歪計の読みを記録し、力計の読みは軟正曲線によって試料にかかる荷重に換算した。このようにして求めた荷重-変形曲線を図-7, 8に示す。ほぼGB701Kのみは含水比12%のものも実験した。この実験の3個のパラツキは乾燥試験のものよりかなり大きかったので、3個の中割合に近似している2個を選びその平均値を求めて図-7, 8に示した。d) 考察：(1) 乾燥試験に比べて、データのバラツキの大きい主な理由に次の二つが考えられる。第1は試料の表面の凹凸の問題である。ガラス球をつめた場合の表面は平滑であるが、注射針で水を加之るとかなり凹凸ができる。第2は装置の向

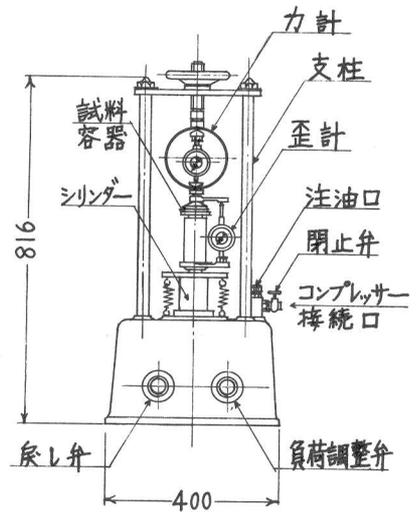


図-6 一軸圧縮試験機正面図

きも認められる。このことは次の二つの観点から説明される。先づ図-1の各含水比分布型にも示しているように一定量の水がそれぞれの分布型に加えられる時に、水に加えられた部分の含水比はIIの分布型が最も大きく、Iが最も小さい。従って高周波の加熱原理から、含水比のより高いもの（誘電率のより高いもの）に電力が集中するから、IIが最も乾燥が早く、Iが最も遅くなる。次に誘電加熱理論から誘導される中骨作用の結果、円板状誘電体に高周波電界を加えて内部加熱をする場合、誘電体の中心部へ行くほど電界が大きくなるからIIの分布型の乾燥条件が最もよくなる。これら二つの理由から図-3~5に見られるようなことになると考えられる。(四) 図-3~5には示していないが、乾燥の終期近くになると含水比指示計の読みがある時崗とまり、また動いてとまると言う具合に段階のあるジグザク曲線になる。このことが起こるのは、乾燥終期においてなかなかとまり去ることができない水あるいは水蒸気があることを意味すると思われる。まだ温度変化の測定を十分に行なっていないのはっきりしたことは言えないが、このような現象を利用して、自由水と非自由水（または吸着水）の定量的な研究をすすめる可能性があると考えている。ii) 力学試験 a) 装置：図-6、写真-2に示すような一軸圧縮試験機であり、加圧方法は油圧式、コンプレッサーは1/4 HP モーターで駆動される。最大圧縮荷重は50 Kg、千代田製作所製のものである。b) 試料：前記乾燥試験と同じ東芝のガラス球を鋼板容器（内径：60, 70, 80 mm, 厚さ：10, 20 mm の6種あるが、今回の報告では内径：60 mm, 厚さ：10 mm のもののみ）にかなり強くつめ、それぞれの粒径のガラス球で一定重量となるようにした。その粒状体に注射針で水を加之、15%の含水比にできるだけ近づけるようにした。その試料を加圧中のものが写真-3である。c) 結果：乾燥試験と同じく、各分布型についてそれぞれ3回の実験を行なったが、ここではその中のGB701K, GB705Kの結果のみを記す。この場合、負荷調整弁により一定の油圧がかかるようにして、10秒ごとに力計および歪計の読みを記録し、力計の読みは軟正曲線によって試料にかかる荷重に換算した。このようにして求めた荷重-変形曲線を図-7, 8に示す。ほぼGB701Kのみは含水比12%のものも実験した。この実験の3個のパラツキは乾燥試験のものよりかなり大きかったので、3個の中割合に近似している2個を選びその平均値を求めて図-7, 8に示した。d) 考察：(1) 乾燥試験に比べて、データのバラツキの大きい主な理由に次の二つが考えられる。第1は試料の表面の凹凸の問題である。ガラス球をつめた場合の表面は平滑であるが、注射針で水を加之るとかなり凹凸ができる。第2は装置の向

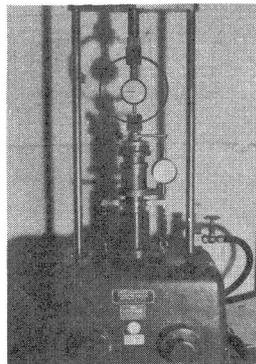


写真-2 装置外観

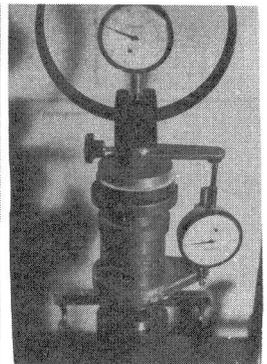


写真-3 試料加圧中

題である。図-6 または写真-2に見られるように歪む箇所しか計らなため歪計上端の受け棒にかかる力によって荷重板が僅かに右上りになる。このような変形の小さい実験では、荷重板の僅かな傾きが大きい影響を持つと考えられる。この二つの問題は、試料調整法と土質計測法の大問題とも関連のあるものであり、現在の実験を続ける一方、それらの改良も考えるべきであろう。(四) 図-7, 8に共通することはGB701Kの12%含水比のものとGB705Kの15%含水比のものとでは、Iの分布型のものがIIIに比べて弱いと言うことである。しかしGB701Kの15%含水比のものではこの関係が逆となっている。この問題は試料にかかる荷重分布、試料の間隙比など計測や計算すべき問題が多く残っているので、現在においては早急な結論は出せない。(五) 現在までの力学試験において、言えることは含水比分布型がその力学性にかかり影響がありそうである位が最も妥当であるかも知れない。当初、粒状体の乾燥性と力学性の関連を研究しようと考えたのであるがその目的は現在までには果してはいない。

IV おすが：以上で本報告を終るが、この研究を通じて御指導・御鞭撻を頂いた東京大学の最上武雄博士、東京工大の山口相樹博士および伊沢計介博士に謹んで御禮を申し上げます。また本実験に協力を頂いた本学の高本秀幸助手に感謝する。

## V 参考文献

- i) 最上武雄・川崎浩司：土の含水比自動測定装置の改良，土木学会第21回年次学術講演会集 Vol.3 1966.5.,
- ii) 川崎浩司・高本秀幸：含水比自動測定装置による粒状体の乾燥，日本建築学会論文報告集・号外 1966.10.,
- iii) 熊谷三郎・藤本三治：高周波加熱装置，日刊工業新聞社，1966.6.

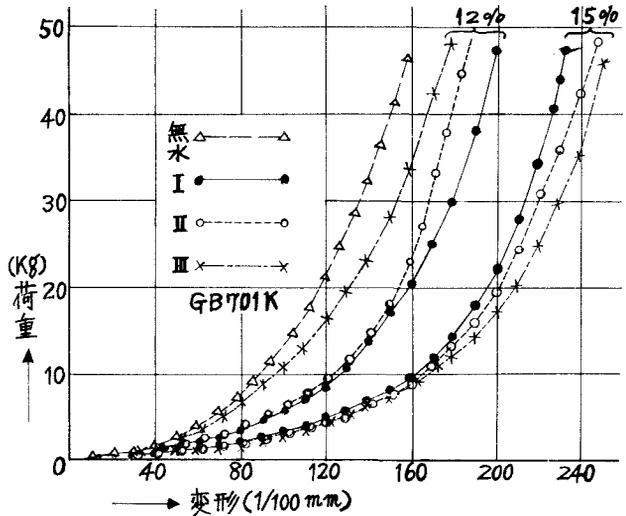


図-7 GB701Kの荷重・変形曲線

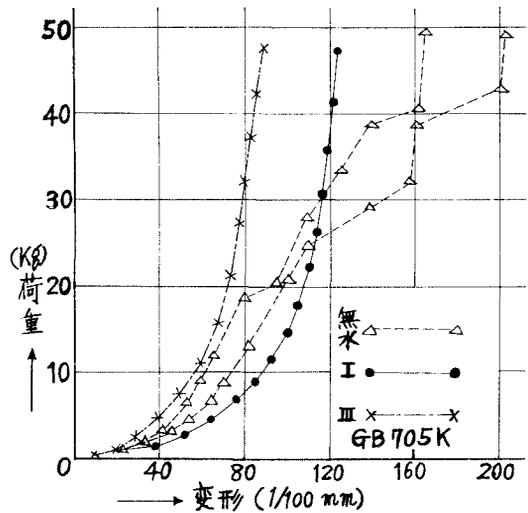


図-8 GB705Kの荷重・変形曲線