

においてきわめて安定性のよいグリース、すなわち攪拌による稠度變化のきわめて少ないグリースを使用する必要があるというのである。その思想は、高速において低稠度になると油膜もろすくなり、一方攪拌による發熱も増大するので、高速においてもなお相當の稠度を保つようなものを用いて軸受まわりに溝(channel)を作らせ、グリースは粒子状態で(けつしてどろどろのものをかきまわすのではなく)軸受面に供給させるというのである。

この考え方はわれわれの實驗結果とよく符合し、硬稠度のグリースほど温度上昇の少なかつたこと、ならびにそれに對するわれわれの解釋とも一致する。ただこのさい依然として注意しなければならないのは、潤滑剤の供給が少ないだけに温度は低いが油膜の破斷する機會はあるいは多いのではないかということ、この點は油量と温度とがそれぞれ油膜の破斷におよぼす綜合効果として兩者を十分にらみあわせた上で判断しないと、輕々しく斷定できないことである。

總 括

軸受のグリース潤滑の機構を明らかにする目的で、はじめにまず性状の明らかな數種のグリースについてくわしい摩擦の實驗を行ない、その摩擦、機械的轉移温度と、グリースの滴下點、稠度、基油、石鹼などとの關連をしらべた。その結果、摩擦や機械的轉移温度は、グリースの滴下點や稠度にはまったく關係なく、

もつばら石鹼成分の性質によつて支配されていることが明らかになつた。このさい、摩擦金屬の組合せの影響はまったく液油を潤滑剤に用いたときとおなじ形であらわれた。

ついでじつさいの玉軸受のグリース潤滑性能と、これらのグリースの諸性状との關連をしらべたが、その温度上昇性能は、グリースの境界摩擦性能や室温稠度とはまったく無關係にあらわれ、軸受の温度上昇はおそらくグリースの攪拌の履歴と温度とによつて決定される運轉時のじつさいの稠度または粘度によつてきまることが推定された。しかも摩擦や機械的轉移温度は軸受の温度上昇を決定こそしないが、やはり局部的儗り摩擦部分の性能を決定する要素として、軸受の燒付きや摩擦に對しては依然としてもつとも決定的な要素であろうことを推定した。

さいごに軸受のグリース潤滑に對するグリースの選擇について一つの基本的な考え方を示した。

なおこの研究には、文部省科學試驗研究費の補助をうけたことを附記する。

文 献

- 1) 曾田範宗、宮川行雄：東大理工研報告，2 (1948)，23。
- 2) 曾田範宗：機械の研究，1 (1949)，227。
- 3) 曾田範宗：同上，2 (1950)，589。
- 4) E.S. Carmichael and R.C. Robinson：Mech. Eng.，72 (1950)，137。

土の突固め試験について (II)

久野 悟郎

On the Compaction Test of Soil, 2nd Report

By Goro Kuno

ABSTRACT : Compaction tests of loamy soil by the dynamical method, the measurements of electric conductivity, unconfined compression tests and the measurements of shrinkage were performed simultaneously.

Though we get the disturbed soil by crushing, we can expect that the essential element of the undisturbed soil which we wish to call as "undisturbed element" may remain in the sample. The amount of the undisturbed element will be lost by drying and it may have influence upon the results of various experiences performed.

When we compact the air-dried soil with definite compactive effort, it is recognized that

the properties of the compacted soil are classified roughly into two parts.

When the soil is dried up than 100% moisture content it behaves as sandy, while the soil of more wet as clayey.

In clayey zone, the measured properties of the compacted soil are considered to be reversible with respect to the wetting and drying, while in sandy zone irreversible.

(1950年10月12日受理)

1. 緒言

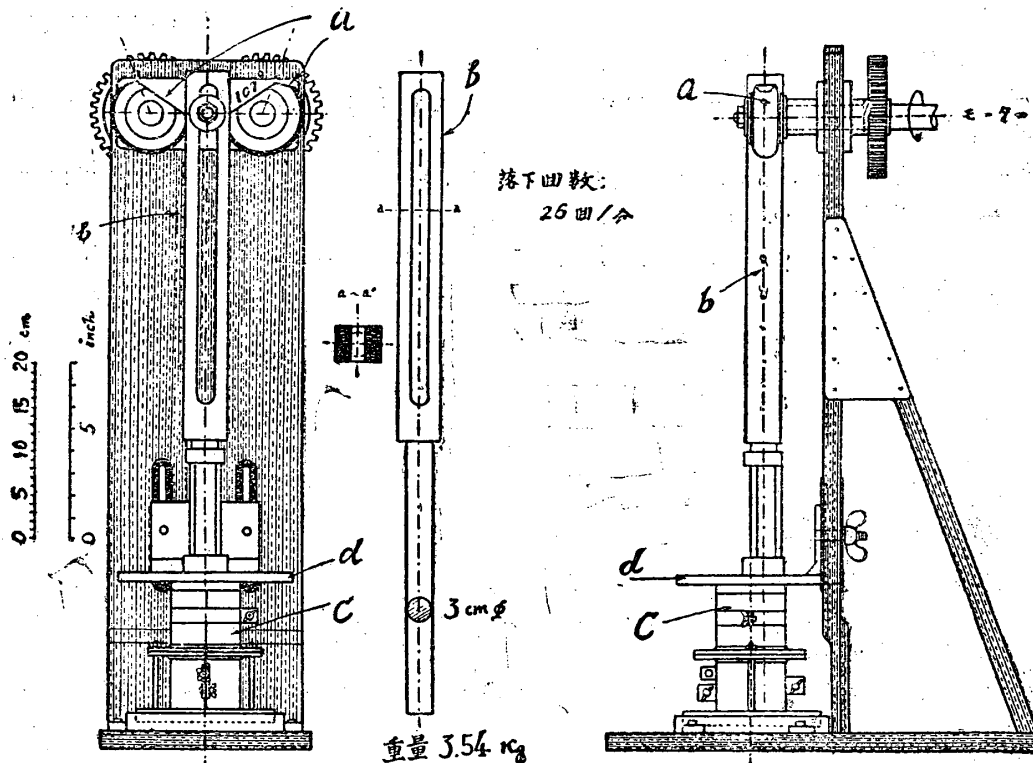
前報に於ては炉乾燥状態の關東ロームに對し、種々の突固め仕事量で突固めた場合の結果を報告した。從來突固め試験では同質の土についてはその含水量と突固め仕事量が定まると、得られる土の状態は一定であると見がちであつたが、關東ロームの如き土では試料の處理状態、即ち實驗開始前に試料を乾燥させるが、その乾燥程度が異ると等含水量、等仕事量によつて突固められた土の性質の間にも大きな相違があり得ることが、今回の實驗により觀察された。

又前報に於ける實驗では Proctor method に準じた装置を使用したが、種々不便な點があるので新しい装置にかえた。その爲今まで測定することが出来なかつた二三の事柄の研究が可能になつた。

尙、この實驗は前報に引續いて最上先生の御指導のもとに行つたものである。

2. 實驗装置

新に使用し始めた装置は第1圖、第2圖に示す如きもので、その特長及び細部については Proctor method の装置との比較により列擧する。



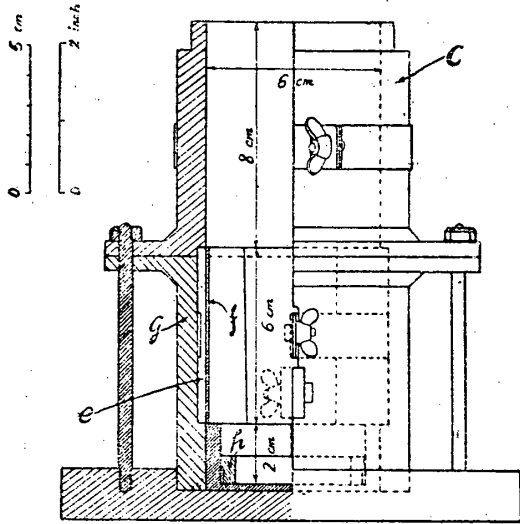
第 1 圖

1) Proctor の装置は人力により土を突固めているが突固め回数を増す場合には非常な努力を必要とし、實驗者の疲勞により突固めが粗雑になる恐れがある

ので新装置では電動機(2 HP 誘導電動機)を使用する機械力突固めにかえた。

2) Proctor の装置は圓嚮容積が大きい(927cc)

それに必要とされる試料は多量(約 2 kg)であつて、均質な試料について数多くの実験を急速に行いたい時など、試料の準備が間に合わぬことが多い。そこで圓壙容積を約 5 分の 1 に縮小し使用する試料も 300gr ~ 400 gr で充分になつた。近來ローラーの重量増加にともない、突固め試験も大型化する傾向があるが、それには合致しないが、今迄の處、縮小したことによる缺點は感ぜられぬ。



第 2 圖

3) 突棒の落下高を一定に保つことは突固の試験では極めて大切なことであるが、新装置では特にその點を改良し、ゴム輪(第 1 圖 a)の摩擦により突棒(第 1 圖 b)を持上げさせ、ゴム輪の切缺部を適當にして突棒の落下面より計つた次の落下高を恒に一定(18 cm)に保たしめた。

4) Proctor の装置では突棒の直径が圓壙内径の半分になつてゐるが、この装置もそれに慣い、突棒直径 3 cm、圓壙内径 6 cm としたが、突棒が土の表面を均等に突くように、圓壙を突棒落下軸と約 1.5 cm 偏心した軸上を等角度で、毎回回転させた。Proctor method では突棒の方を動かすのが普通である。

5) 第一報に示した装置では含水量の高い土ではその粘着力によりカラーが押外され、含水量の低い時は土の飛散が甚しかつたので、カラー(第 1 圖及び第 2 圖 c)の高さを増し、圓壙に固定し、しかも蓋(第 1 圖 d)でおさえた(ASTM に示されている Proctor の装置では、カラーは圓壙に固定し得るようになってゐる)。

6) 乾燥密度を測定する爲に従來は内部の土の重量の 3 倍近い重さの圓壙も一諸に秤量して土の重量を出

していたが、この缺點を除くため、圓壙を二重とし、秤量する時は内側の薄肉のアルミ圓壙(第 2 圖 e)のみを取出した。

7) 従來の方法では突固まつた圓壙型の土のみを取出すことが出来なかつたが、この装置では薄肉の内側の圓壙を更に縦に割れるようにし、土と圓壙壁の接觸部分に薄いセルロイド板(第 2 圖 f)を巻き、土とアルミの粘着を妨げることにより高さ約 6 cm、直径約 6 cm の圓壙型供試體が得られ、今迄不可能であつた突固まつた土の側面よりの觀察及び、壓縮試験、電氣傳導度の測定が可能になつた。しかし含水量が高くなると土はセルロイド板にも粘着し、従つて側表面に若干の剝落部分を生ずることを防ぎ得なかつた。

8) 突固め圓壙底部に内径 4 cm、深さ 1 cm の眞鍮リング(第 2 圖 h)を置き、上記の供試體と別に直径 4 cm 高さ 1 cm、の收縮率測定用の供試片を取ることが可能である。

新装置の主要な寸法は圖中に示した。

3. 測定事項

1) 乾燥密度 突固めの程度を測るために乾燥密度を測定する。今回は試料を 4 層に分け、各層毎、突棒を 18 cm の高さより 20 回當自由落下させて突固めた。突固めが終れば、カラー、外殼圓壙(第 2 圖 g)を取外し、内側圓壙の上面にある餘分の土をけずり取り、底部につながつている收縮率測定用のリングを切取つて両面を平滑に仕上げる。しかる後秤量し、内側圓壙の重量を減じ、その内容積で除すとこの突固めによつて得た濕潤密度 wet density, γ_t が得られる。この時乾燥密度 γ_s は、

$$\gamma_s = 100\gamma_t / (100 + w)$$

であらわされる。但し w は試料の含水比(%)である。含水比は試料中の水の重量を W_w 、土の實質部分の重量を W_s とせば、 $W = W_w / W_s \times 100$ であたえられる。

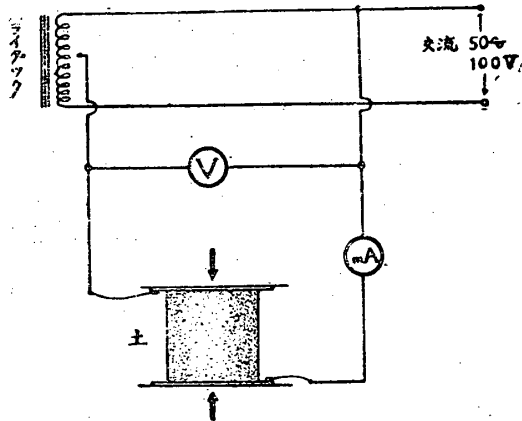
2) 亞彈性係数 : E . 乾燥密度測定後更に内側圓壙を取外すと、直径 6 cm、高さ 6 cm の圓壙型の供試體が得られる。これに軸方向荷重を加へ側方に膨脹する事を許した壓縮試験を行つた。壓縮速度は 0.016 mm/sec で、荷重の測定上限は 100 kg であつたが、大半の供試體は破壊に至らなかつた。この際應力-歪曲線上に hysteresis curve を畫かしめ、そのループの中心線の勾配を取り亞彈性係数と稱し、便宜上 E であらわす。

3) 電氣傳導度 圓壙供試體兩端面を眞鍮の電極

板で挟み、第3圖の如き方法により電気傳導度を測定する。この際極板と上表面の接觸状態により甚しくその値を變ずるので、この測定は壓縮試験と平行して行い、便宜的に供試體の歪が1%に達した時の値を採つて、その電気傳導度と稱した。これは次の如くにして算出される。

$$\lambda = 4Ih / \pi V d^2$$

但し λ は電気傳導度、 V 、 I は夫々第3圖に於ける電壓計 mA 計の読み、 d は供試體の直径、 h は歪1%の時の高さである。



第3圖

4) 收縮率。收縮リングにつまつた土の両面を平滑にしてから土を押し出し、室内にて乾燥し、それにつれての直径の減小をコンパレーターで測つた。收縮が終れば 105°C の恒温器中にて絶対乾燥させ、更に收縮を進める。收縮率は次のように表わされる。

$$S = (D - D') / D \times 100 (\%)$$

但し D は最初の直径、 D' は乾燥後の直径である。

4. 實驗 I

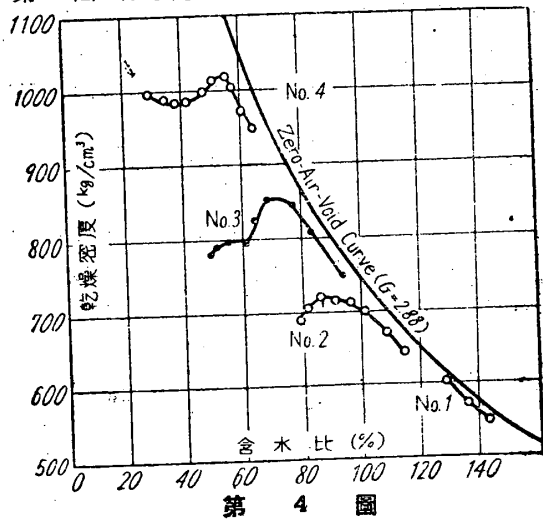
理工研構内の地下約 2 m の深さから採取した關東ロームは、自然の状態に於て約 170% の含水比を有する。これを室内に展げて出来るだけ細かく碎きながら一様に乾燥させ、乾燥期間を加減することにより、次の 4 種の試料を得た。これは總て 20 番の標準篩(篩目約 1.0 mm)を通過させたものである。但し No. 4 は爐乾燥後、壓碎し篩分けた試料である。

試料	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
準備時含水比	129.2%	79.6%	30.3%	13.9%

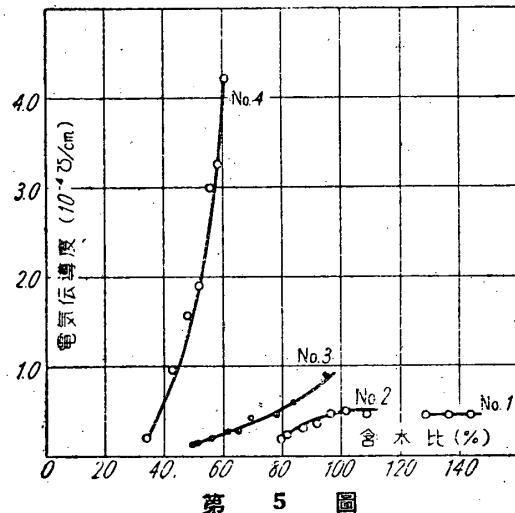
各試料につき、上記の含水状態から實驗を開始し、逐次含水比を増加させながら前述の諸事項の測定を行つた。但し、No. 3 と No. 4 は初めの状態が餘りに乾燥していて突固めが出来なかつたので、適當に水を

加え、含水量を突固め可能な程度に迄増してから實驗を始めた。又 Proctor method に於ては、突固めた土を碎き、更に水を加えて含水比を増加させ、何回も同じ土を使用して實驗を高含水比の状態へと進めて行くが、此の實驗に於ては各試料を多量に準備しておき、毎回使用済みの土は捨てることにした。但し、No. 3 のみは、Proctor method と同じく、同じ土を繰返し使用する方法を採つた。

得られた實驗結果は第4圖、第5圖、第6圖、第7圖に示した。



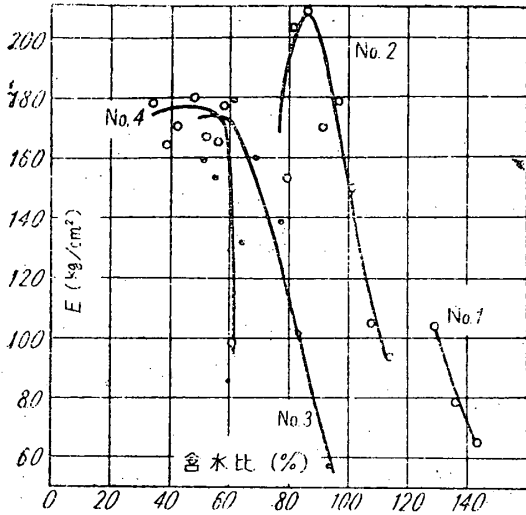
第4圖



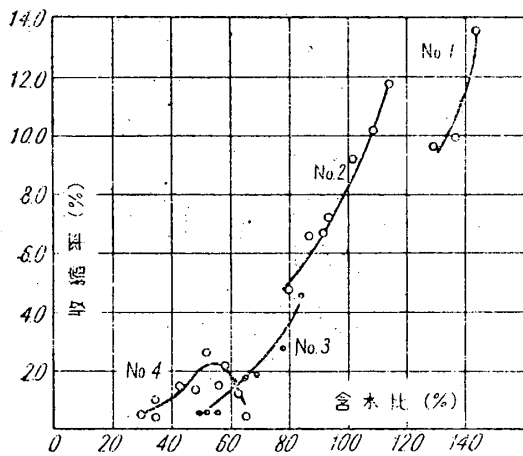
第5圖

この結果によれば、同じ關東ロームについて一定の方法により突固めても、實驗開始時の試料の乾燥處理状態が異ると突固つた土の性質に大きな差異が見られることが判つた。即ち乾燥が進んで實驗開始時の含水比が低い程、乾燥密度は大きくなり、最大密度を生ずべき最適含水比の値は低くなる。そして No. 1 の如き場合には含水比を増すことによる乾燥密度の増加は全く見られなかつた。以上の結果は Proctor method

によつて行つた時にも見られた現象であつて装置による特殊なあらわれではない。電気伝導度の變化は、乾燥の進んだもの程増加の勾配が急で到達し得る値も大



第 6 圖

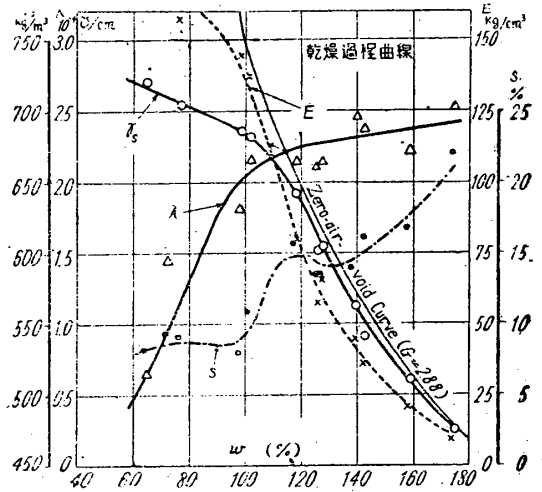


第 7 圖

きい。No. 1 と No. 2 は略々連続し得る曲線であることが観察される。E の値は一般に最適含水比よりやや低い含水比に於て極大値を示すが、その極大値は乾燥處理が進んだ No. 3, No. 4 に於ては、かえつて No. 2 より低い値を示していることが注目される。No. 3 の E 曲線は最適含水比のかなり前から減小を示しているが、これは同じ試料を何回も繰返し使用した場合であるから、繰返している中に上中の状態が變つて軟化が促進させられたものと思われ、かゝる土については毎回新しい試料を使用する方法の方がよいと思われる。収縮率は大体に於て處理状態の如何を問わず、その時の試料の含水比によつて支配されるようである。即ち含水量が減ずると収縮が小さい。尚こゝに示した収縮率は収縮限界に於ける値である。

實 験 II

實驗乾燥處理條件の突固めに及ぼす影響を更に詳しく觀察する爲に行つた實驗である。即ち I と同じ場所から採取した關東ロームを室内乾燥させながら實驗を行つた。I の實驗が、乾燥した試料に水を加えて含水量を變化させて行つたのに對し、こゝでは含水量の變化は試料の乾燥による減小によつた。乾燥が進まぬ殆ど採取時のまゝの状態にある試料は篩分けることは不可能だつたので、そのまま使用することにし、或る程度乾燥して篩分けることが出来れば、20 番の標準篩を通過させた。この場合の諸結果は第 8 圖に示した。今後便宜上この各曲線を乾燥過程曲線と呼ぶ。



第 8 圖

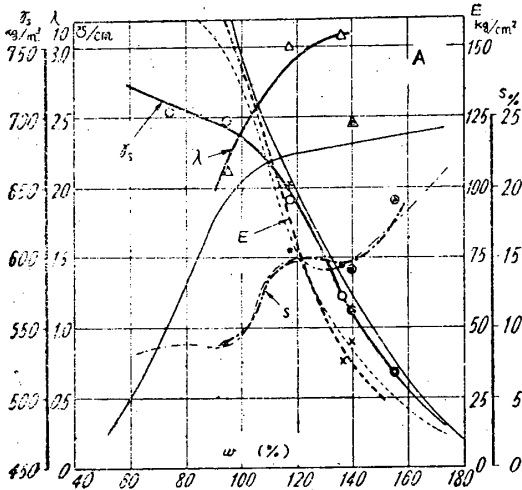
又、この乾燥過程中、乾燥程度の異つた 4 種の試料、A, B, C, D を取り、その各々について實驗 I と同様な操作により實驗し、試料が水で飽和され突固めが不能になればその状態から再び室内乾燥させ含水量を減じつゝ實驗を進めた。但し以上の如何なる場合も、一度突固めた土は再び使用したことはなく、試料を多量準備して、一々新しい土を用い、捏ねかえしによる状態變化を除いたつもりである。A, B, C, D 各状態としては次の如き、含水比のものを選んだ。

試 料	A	B	C	D
含 水 比	139.8%	101.2%	72.0%	49.3%

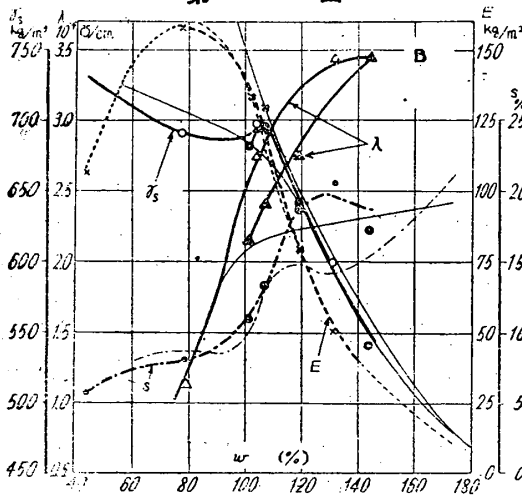
實驗結果は第 9 圖、第 10 圖、第 11 圖、第 12 圖に示した。圖中細線は乾燥過程曲線で、各マーク、の二重のものは、含水量を増加させつゝ實驗を行つた場合の觀測値である。

第 8 圖によれば、乾燥密度 γ の乾燥過程曲線は含水比 100% 附近から含水比の減小による増加勾配

が減じ、従つて Zero-air-void 曲線との隔りが大きくなり、電気傳導度、 λ の乾燥過程曲線は含水比 100% 以上ではその減小が極めて緩であるが、100% 以下になると急に減小しており、收縮率： s の乾燥過程曲線は 100% 附近で急に減小してそれ以下では略々一定の値を示している。一方 E の乾燥過程曲線は約 80% 附近で極大値を持つている。但し、II の收縮率は虚乾燥状態に於ける收縮率をとつた。



第 9 圖

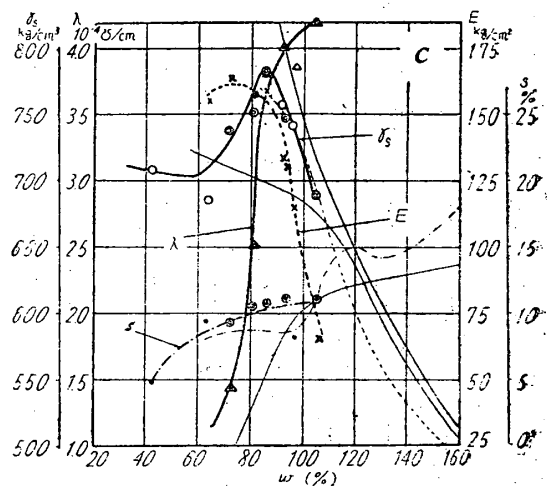


第 10 圖

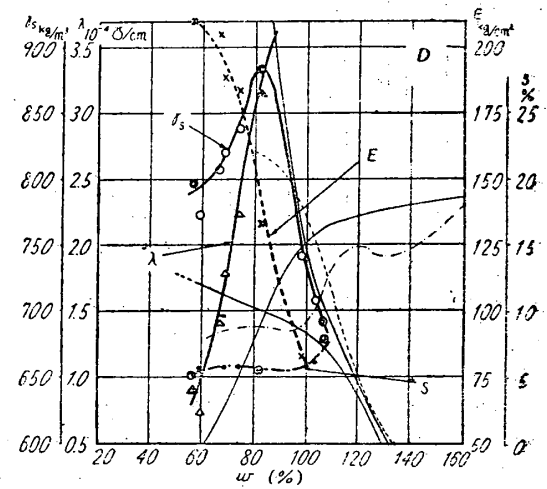
A, B, C, D の 4 種については先ず第 9 圖により A は 100% より高い含水比から出發したものであるが、この場合は乾燥密度、 E 、收縮率は全く乾燥過程曲線のそれと一致し、含水比の増減に對し略々可逆的な變化をすることが判つた。ただ電気傳導度の曲線は乾燥過程のものより大きな値を示しているが、これと同程度の他の試料を用いた時には逆の結果を生じたこともあり信頼性が乏しい。即ちこの實驗では從來の場合より多量の試料の中から任意に少量の供試體を

作つてゐるため、土の乾燥程度は同じであつても、試料中の電気傳導度に影響があると思われる化學成分の不均一さが或は強く現はれたのではないかと思う、しかも、かかる電気傳導度に於ける相異が他の測定事項には影響する程のものでないことが注目された。

第 10 圖の B の場合は含水比を増加させる時に乾燥密度曲線に於て既に独自の拋物線型の経路があらわれている。第 11 圖の C の場合にはこの不可逆な經



第 11 圖

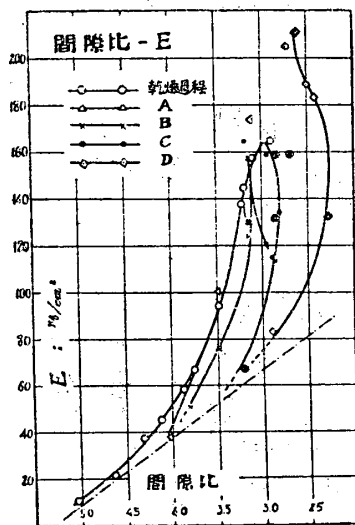


第 12 圖

路が更に顯著となつている。尙この際、試料が充分濕潤状態に達した後、再び乾燥させつゝ實驗すると乾燥密度曲線はこの拋物線上をたどつて元の位置にかへつて来る。第 12 圖の D の状態に迄乾燥してしまつてそのまゝで實驗を開始するには餘りに土が乾きすぎており、従つて適當に水を加えてから突固めた。この際もやはり独自の乾燥密度曲線を畫き、B, C よりも更に低い最適含水比で最大密度を示している。乾燥による経路はやはり拋物線型につき可逆的である。E 曲線

を見ると、B, C, D の順にその値が高くなり、乾燥過程曲線から低含水比へとずれている。電気伝導度についても、これと同傾向の變化が見られる。収縮率曲線はごく大略に言つて實驗 I に於ける如く、これらの操作に關係なく各状態の含水比のみに左右されている。

E と各状態の間隙比との關係を畫くと第 13 圖の如き曲線になる。間隙比は土の間隙の容積と土の實質部分の容積との比である。この圖から見れば A, B, C, D の各操作により、各曲線は乾燥過程による曲線と、その漸近線との間を往復するものであることが見られる。



第 13 圖

5. 考 察

關東ロームは自然状態に於て、細粒及びその拘束水によつて、粗粒子間を縫つて極めて發達した構造を持つものと思われる。そしてその構造骨格間には當然大きな間隙を有し、土の外見上の固體性を失ふことなく優に 170% を超える多量の水分を、その間に含有することが可能らしい。試料を採取した當初の状態はかゝる土であろう。しかも掘取つた後かなり細かく砕いたものであるから、所謂 disturbed soil ではあるが、その見掛け上の單位粒子が undisturbed element により構成されている土を考えられる。かゝる土が乾燥して行くと、間隙水の蒸發により構造は收縮し或は切斷され、同じ 20 番の篩を通過した土でも粒子として働く團塊の密度は高くなつて行く筈である。但し、含水比が 100% 以上の場合には、砕いたといつても土中の構造組織が相互にかなりの連繫を持つて居り、明瞭な團塊への分離は見られず、その豊富な間隙水と相俟つて塑性に富んだ状態であり、突固めによつて容

易に saturation 状態に到達してしまう。I に於ける No. 1, II に於ける A の状態がそれである。即ち水を加えても、既に水で飽和されている如き状態であるから、當然曲線は乾燥過程により、そこ迄たどつて來た経路をたどるべきである。

更に乾燥が進むと構造組織の收縮により、土中にかゝる突固めでは破壊し得ない程度の強さを持つた、粒子群の結合による團塊の形成が見られるようになり、土はいはば粘土質の状態から砂質の状態へと移向する。そしてその遷移點は關東ロームに於てしかもこの突固めによつた時、大體 100% 附近であることが判つた。即ち乾燥密度の乾燥過程曲線は 100% 以下になるとその増加勾配が緩となるが、これは土が砂質状態を呈して、突固めに有効な意味での外見上の濕潤状態が略々一定になつた爲と思われる。電気伝導度及び収縮率の乾燥過程曲線に於ける 100% 附近の彎曲は、土が砂質に變ずるといふ上述の考察の裏付けとなる。

一方 B, C, D の各々の場合は實驗 I の No. 2, No. 3, No. 4 と同じであるが、突固めに際して見掛上の粒子として働くと考えられる。かゝる團塊が、乾燥につれ當然密な状態に進んでいるのであるし、しかもその團塊は突固めになつて破碎されることがないと考えられるから、各々獨自な曲線に乗るわけで saturate されたといつても、100% 以上における土全體にわたる一様な saturation とは考えられず、saturate された状態に於ても構造上の一様性は乏しいものと思われる。しかもこの實驗程度の時間的餘裕(約 1 週間前後)とは團塊が再びもとの一様な構造状態に蘇生する暇なく、従つて乾燥すれば、やはり自由な間隙水の蒸發のみが多くその各々の獨自の曲線については可逆的である。實驗 I 及び II について電気伝導度の曲線を見ると、乾燥程度の進んだもの程 saturate した時の値が高くなつていく傾向がある。これは乾燥密度の増加と對應していると考えられるが、爐乾燥したものはその値が他に比し遙に大きく、爐乾燥による變質としか考えられない。又實驗 I に於て No. 2 の E の極大値が E の最大値を示しているが、これは實驗 II では、はつきりと確められなかつたけれども、爐乾燥試料の E の極大値よりも、或る程度の所謂 undisturbed element を含んだ試料に於ける極大値の方が大きい値を持つことは確からしい。

次に第 13 圖の間隙比と E の曲線については、從來、土の強さはその間隙と密接な關係を持つと言われているが、その點で以上の各操作によつて生じた現象が、一つの領域内に整理されたことは興味深く、乾燥過程によつて得られた曲線及びその延長は、この突固

め方法によつて得られる土の固體性の上限を限り、漸近線は粉體、流體狀の領域との境界をなすものと考えられる。

しかし以上の諸結果は、土としてはかなり特殊な性質を持つ關東ロームについて、しかも標準に合しない型式の装置によつて得られたものであるから、定量的な一般性は乏しいものと思われる。現に關東ロームについて、この装置よりも低い突固め仕事量をもつ装置についてのこれと同じ實驗結果を見ると、前述の遷移點が 100% より高い値を示している。

6. 結 言

上述の理由により以上の結果は全く定性的なもので

はあるが、本邦の如く濕潤な土地に於て、殊に粘土質の土を取扱う場合には、乾燥處理が土工上極めて重大な意味を持つものである。最適含水比を得るために撒水するというよりも、如何に土を乾燥させるかという問題が強調されるべき實驗の根據となり得よう。をして合理的な施工法を求めめるためには、土中の構造の觀察を更に進める必要があり、又一方、輻壓方法の研究も要求されると思う。

この研究に際し、終始御懇切な御指導を賜つた最上先生始め實驗室の各先輩、及び装置製作に御協力下さつた所内の各位に厚くお禮を申し上げると共に、實驗を手傳つてくれた飯田藤次郎君の勞を謝したい

「電氣的方法をとりいれた翼列の解法」における 電極の太さの影響

(軸流回轉機の研究 第 9 報)¹⁾

大塚新太郎

The Influence of the Size of Electrode, in Connection with
"Latticed Wing Solution with the Aid of Electricity"

By Shintarō Otsuka

ABSTRACT: The writer manifested in the previous paper* that latticed wing can be easily solved with the aid of electricity. When the pitch-chord ratio is small and the distance between model boundary and electrode is small too, the size of electrode (which will be zero in ideal case) as compared with the distance from boundary must be in the question.

In this paper the error between actual case and ideal case is related. As illustrated in Fig. 6 the rate of error Δ_{max} , which may occur from the cause above mentioned in measuring boundary potential value, approximately equal to $(R/l)^2$. R : electrode radius, l : its distance from boundary.

* Latticed Wing Solution with the Aid of Electricity: The Report of the Institute of Science and Technology, University of Tokyo: Vol. 4 No. 1・2 1950.

(1950 年 11 月 16 日 受理)

第 8 報²⁾ においてのべたように、翼列のまわりのポテンシャル流は、電氣の力をかりることによつて比較的簡単に解くことが出来るが、その際模型に電流を流す電極の太さが問題になつて来る。というのは、タービン翼列の様に(刻み/翼弦)比が小さくなつて来る

と、模型の電極の位置(第 8 報第 4 圖の A・B 點)がその境界に極めて接近して来るので、その距離に對して電極として用いている銅線の太さがかなり大きなものになつて来る。この A・B は勿論吹出し吸込みであるから本當は點であつて、大きさを有してはいけな