

## 第2日(11月1日)午前の部——コンシステンシー——

### フォールコーン法について

山形大学農学部助教授・農博 東 山 勇  
同 上 須 藤 清 次

土の力学的性質の変化を pF スケールにそって整理することによって、従来経験的に知られてきた液性限界は、力学的転移点であることはすでに明らかにした。キャサグランド法はこの転移点近傍で土の降伏値が飛躍的に変わる性質を巧みに利用したものであるが、このような観点から最近注目されているフォールコーン法の機構を検討し、その物理的意義を明らかにした。

つぎに液性限界近傍の状態で重要な問題である土の軟化・硬化についても言及した。キャサグランド法により得られた LL とフォールコーン法による FN の相関は今年のシンポジウムでもとりあげられ、その一致、不一致が論議されたが、これが土の軟化・硬化の性質に支配されることを明らかにした。

測定上の問題では、容器の大きさは土の拘束条件を変えるため、フォールコーンの機構からみて重要である。

### 収縮試験より見た土の工学的性質

東京大学農学部助手 竹 中 肇

土質工学においては、土の乾燥収縮は古くから注目されて、土の分類、路床土の適性判定などに応用されてきている。しかしこれまでの収縮現象の考察では、単なる量的把握が重視され過ぎ、土の強度や土壌構造との関連における検討は不十分であったように思われる。

本論文では、収縮挙動の統一的な理解にあたって水分状態の表現に pF 概念を導入することが重要であることを説き、pF が土の強度と深い関連をもつことを明らかにした。また水分状態を変化させつつ収縮量を連続的に測定して得た収縮曲線を、土の構造的、親水性にもとづき四つのパターンに分類し、収縮現象の土壌構造論的再整理を行なった。このほか、JIS の方法についての検討を行ない、現行の試験法は改善の余地が多く、収縮の各段階での収縮量を測定すること、練返し、乾燥速度およびスレーキングテストの規定をもうけること、生土をも併用する必要があることなどを指摘した。

### アッターベルグ試験方法による値のバラツキについて

東京大学農学部助手 安 富 六 郎

アッターベルグ試験方法はシルトや疎水的粘土ではかなり再現性もあり、工学的指標として有効に利用されている。とくにこの方法は土の分類に重要な測定法となろう。しかし土によって、測定値はかなりばらつく。たとえば関東ローム生土では一定の値が得られない。自然状態で多量の水分を含む土は風乾処理によって理化学的性質がいちじるしく変わることが多い。LL や PL 値の変化は風乾処理でとくに大きい。この変化はせん断力とせん断速度で示される流動曲線からも理解できる。このような場合、生土の性質を風乾土の資料から予測することは困難である。LL 付近は固体と液体の中間的性質を示すため、力学的変化も大きく、剛性率も不連続になる。土工上の問題も LL 前後の含水比で多く発生するから LL 測定法の改良が望まれる。ここでは LL 値のバラツキに関与する要因としてこねかえしの程度、放置時間 および測定における水分の変化方向などに着目した整理が重要であることを示した。

# 討 論

司会者 山梨大学工学部教授 箭 内 寛 治

司会者 ただいまから討論を行ないます。先ほど質問が省略されましたので、この討論の時間の中で随時質問と討論を含めて行なうようにしたいと存じます。

私どもが従来、ばく然と液性限界の代用になるからというふうに考えて、個人誤差も入りやすく、試験そのものも簡単なものですから、ばく然とフォールコンというような方法を使っていたのですが、これにたいして的確な理論的根拠などをお示しいただいた東山先生ならびに須藤先生のお話と、それから順序が前後いたしますが、液性限界のバラツキが、試料の初めの含水比、それから練り返しの程度、練り返してからのできる放置時間、などでどのように変わるかを「アッターベルグの LL の試験法のバラツキについて」というような題目でお話いただきました安富先生のお話を一つにいたしましてご討論いただき、つづいて 2 番目にお話しいただいた、収縮試験法の JIS に決められている現在の方法が、体積の変化、長さの収缩量というような量的な把握に多少片寄っているきらいがあるので、今後収縮試験の正しい把握をするには、土の構造性と申しますか、あるいは  $pF$  の概念というものを取り入れなければならないというご提案をいただきました竹中先生のお話について討論願います。そして残りました時間で全体の討論をしていただきたいと思います。

佐藤裕一（水資源開発公団） 東山先生の発表されました p. 60 の上のほうにあります硬化についての構造的解釈と、それから安富先生の p. 70 の下のほうにあります硬化に対する構造的な解釈と、その解釈のしかたが違っているように思われますが、東山先生は団粒の外にある水が団粒の中に入って硬化が起こるのだという解釈をされており、安富先生は粒子が細かく破壊されて新しい分割面に拘束される水ができるので硬化するのだと解釈されておりますが、この相違について質問します。

東山勇（山形大学） ただいま私と安富君の硬化にたいする考えが若干違うのではないかとということをご指摘されましたが、細部にわたっては別に 2 人で討論しているわけではございませんので、あるいは若干違うかも知れませんが、原則的には 2 人の考え方は違っていないと思います、と申しますのは、まず硬化速度について私はこういうふうに考えております。p. 60 のところに軟化、硬化の理論的な話を書いておりますがちょっと説明が四角張っておりますので、簡単に申しますと、たとえばここに土壌があるとします。そうしますと、土壌の表面で

は非常にそういう吸着の場があって、土壌水というのは大きな力でもって吸着されているわけです。これがたとえば、土壌粒子が破壊されて 2 つに割れて新しい分割面が出ますと、新しく分割された面に吸着されてくるわけです。その吸着される水はどこからくるかといいますと、こちらのほうにある自由な水から供給されるわけです。その自由な水はどこにあるかという、たとえばそういう一つの構造単位を考えれば、構造単位と構造単位の間に水がくると考えているわけで、そういう意味では私と安富君の意見はまったく同じだと思います。

いまの説明で納得いただけたと思いますがもう少し蛇足をつけ足しますと、そういう水が吸着されて行く過程というのは時間がかかります。ケミカルポテンシャルが不平衡な状態があるかぎり一定の方向に達して行くのにずいぶん時間がかかるような気がするのです。私の場合も、図-10 のような時間を尺度にとりますと、時間どおりずっと化学的変化が起こって行くということを追加して書いているわけですが、そういうことでいかがでしょうか。

司会者 安富先生何か補足をしていただくことはありますか。

安富六郎（東京大学） 別にありませんが、いちおう軟化と硬化の原則的な考え方をいいますと、軟化の場合には団粒が外力によって破壊されてそれがバラバラになるが、団粒の個々のエレメントはまだ破壊されないという状態、そういうようなことを考えますと、最初に団粒内に水が拘束を受けていた場合には、その外力によって拘束を脱して自由化する。そういうことが軟化が生ずる一つのファクターになると思います。

それからもう一つのファクターは、分割された団粒個々の表面に吸着されている、いわゆる膨潤水が外力によって表面の拘束を脱して自由化することです。この二つの機構が実際の練り返しによる軟化にたいする基本的な考え方なのですから、それを非常にマクロにとらえまして、われわれは  $pF$  の超過または軟化、低下、そういうもので表示するわけです。この場合には  $pF$  が高い状態から低い状態に移ることを軟化の  $pF$  的な定義とするわけです。

それからいまの硬化の問題ですけれども、硬化の問題にも、いまのような考え方から二つのものがあります。一つは粒子の充テンの構造が変わると、外力によって個々の粒子は破壊されないけれどもいわゆるダイレイタン

シー的な構造変化が起こります。この場合には現象的には硬化というふうにいえるわけです。もう一つはいまいった構成の粒子が外力によって破壊されて新しい分割面に拘束水を増加させます。以上のようなことが硬化に寄与しているファクターであると思います。

司会者 佐藤さんよろしゅうございますか。

佐藤（水資源開発公団） 安富先生の p. 70 に書いてあるのは粒子が細かく破壊されるというふうにとれるのですが、粒子が細かく破壊されると解釈してよろしいのですか。土粒子がですか、団粒がですか。

安富（東京大学） この場合、LL の測定はかなり強い練り返しを受けておりもとの土の構造とは別になっているわけですから、練り返しによっていわゆる粘土鉱物などの小さな粒子がさらに破壊されるというふうな意味を書いたわけです。

佐藤（水資源開発公団） 団粒の破壊とってよろしいわけですか。

安富（東京大学） 団粒といいますと、いわゆる土壌の構造を意味するわけです。けれども LL の測定資料はもともと土壌構造をそのまま乱さないで持ってきたものとは多少違っているから、われわれとしてはむしろ土壌構造と考えるより、練り返しによってもっともっと小さな鉱物的な粒子の破壊と、考えたほうが適切ではないかと思います。もちろん団粒の破壊も含んでおります。

佐藤（水資源開発公団） わかりました。

東山（山形大学） いまの団粒ですが関東ロームでは非常に団粒構造が発達しておりまして、たとえばほかのカオリンとかモンモリロナイトなどの結晶体と違いまして、アミノ酸と同じように非結晶の形になっており特定の粒子という概念はちょっとむずかしいのです。むしろそういう場合には私どもはマイクロ団粒と呼んでいますがマイクロ団粒の破壊というふうにご理解いただければいいのではないかと思います。

司会者 どなたかほかに。

浅川美利（日本大学） 安富さんにお願いします。生土を扱われるときに粒度  $420\mu$  以上のものがはいっているかも知れないのですがそういう場合どうされたか。それと実験をやられるときに非常に熟練された人がやられたかどうか、その点をお聞きしたいと思います。

安富（東京大学） 生土の場合には風乾土と違いまして  $420\mu$  のフルイは通らないんです。最初はムリに通しましたがとてもたまりませんので、生土の場合にはそれの約 10 倍の  $4\text{mm}$  のフルイを使用しました。また最初からそんなにいわゆるスコリアみたいなものがはいっていない土を選んで、できるだけスムーズに溶けるものをここで対象にしています。

それから測定は実は私がやったのですが、必ずしも、

ここに描かれているような分布でないようなデータもかなり出たわけですが、一応一つの整理の意味もありましていちばんきれいにしたものをここに並べたわけです。

浅川（日本大学） よくわかりましたが、生土を扱うということは、賛成なのですが、そのとき  $420\mu$  以上の粒径が少しでもはいると、かなりその影響を受ける結果になると思います。

渡辺進（国鉄技術研究所） 東山先生に質問いたします。p. 60 図-10 について、最後に、この曲線のようなウネリは温度の影響であるというお話をされましたが、これがたとえばふつうの室温の日変化によるものなのか、それとともに別の温度条件があったのか、その辺を具体的にもう少し伺いたいと思います。

それから、これは少し LL の話とはずれるかも知れませんが、東山先生の pF スケールに沿っての土のコンシステンシーのとらえ方から液性限界だけではなくて塑性限界にもなにか特定の考え方を持っておられるのではないかと思いますので、その辺について伺いたいと思います。

東山（山形大学） p. 60 の図-10 は、最後に私がちょっと脱線いたしましてエントロピー弾性ではないかと申しましたが、実はこの原稿を出したときは気がつかなかったんですが、印刷されてきまして、なぜこんなにぐにゃっと曲がった変なデータを入れたんだろう、もう少し、すらっとしたデータを出せばよかったと後悔いたしまして、たくさんあるデータを拾ってみたわけです。そうしますと、全部どこかにこういう変なピークが出てくるんです。いったいこれは何だろうかと思い測定の日誌を調べてみますと、たとえば図-10 では、測定点が最初の 10 時間までがとんとん進みまして次の 20 時間までの間に 13 時間あるわけですね。これは夜実験をやって家へ帰りひと寝入りして朝出て計ったわけです。そうしますと、山形というのは非常に寒いところで、夜はガンガンストーブをたきますが、それが朝になってきますと、非常に冷めたくっているわけです。そういう温度変化があるわけで、そういう目でほかのピークの出ているデータを見ますと、だいたい温度と考えるとうまく説明できそうなのです。ちょうどそのころ安富さんがそういうハイドロジェニックなコロイドの粘弾性について、エントロピー弾性だという論文を出されましたがそれによるとだいたい  $14^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$  から  $20^{\circ}\text{C}$  ぐらいの温度変化があれば粘弾性常数は、認められる程度の大きさの変化をしているということで、そうすると、かりに  $14^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$  ぐらいの温度変化があった場合には非常に問題だということに気がついたわけです。

なお、これで私の思いあたることは、実は LL を計るのに山形では夏のころと冬では温度が違うわけですが、

同じ土のデータをとって見ても、実験をいつやったかで LL 値が数%違うのです。もともと実験が下手だから、あるいはやった人が違うからというふうにいままで軽く考えていたのですが、よく考えてみますと、LL ぐらいのところだと、先ほどちょっと申しましたように、そういう膨潤水とか、あるいは土粒子の回りのカウンターイオンというものが温度の影響を受けるわけですから、LL の測定には温度が重要な問題ではないかと考えられます。ふつう LL を計るときは一定の時間内ですぐ計りますから、それはそれでいいとして、非常に暑い地方と寒い地方では、同じ測定をやっても、温度が 20°C ぐらい違えばデータも違うのではないかと考えて、実はこれからその実験に取りかかるわけです。たぶん来年にはそういうことでいろいろ報告できると思います。

それから次のご質問の pF スケールで考えた場合に、塑性限界というのはどういうことかということについて、いま実験の最中ですが、LL の場合と違いまして、PL の場合はちょっと別の問題があり、PL ではだいたい pF 30 ですが、LL と違って非常に幅があるのです。LL ですとだいたい pF 1.5 ぐらいのところに落ちるわけですが、PL になりますと幅があり、その幅が何によるかを考えますと、これも私がいま考えている段階ですからほんとうにそうなるかどうかわかりませんが、いま私はこう考えております。こういうふうにこねますとひもになります。ひもは 3 mm なら 3 mm で切れますが、これは明らかに筋がはいって切れるというゼイ（脆）性破壊を起こしているわけです。そういうゼイ性破壊の原因には、水分だけではなく力のかけ方、速さなどがありますが、そういうことを除き水分に着目すると、水分の変わり方でゼイ性破壊が起こりやすい試料は、できるだけ水分を普通の状態、つまりできるだけ高含水側で保ち得る限界点が塑性限界ではないかと考えております。そうなってくると LL と若干性質の違った分類になってくるわけです。実はそのときこねるということはどういうことをしているかというと、棒のようになっているのは、ただ一定の強さでもってやったのでは棒にならないのです。ある程度ぐっと下に押しているわけです。押していることによって実は繰り返し荷重をかけているわけです。昨日の山内先生とか羅さんの繰り返し载荷に非常に興味を持っていたわけですが、実は繰り返しの疲労試験をやっていると、疲労試験のときにゼイ性破壊を起こしたところをチェックして、もちろん含水比の多いところをチェックするのが塑性限界ではないかという考え方を持っております。これは想像ですから、実験を完了しましたら来年あたり発表できると思います。

司会者 それでは、まだまだいろいろご討論があると

と思いますが、一応ここで前半の部を打ち切らせていただきまして、まだございましたらのちほどご討論いただきたいと思います。

次に収縮試験についていろいろご提案いただきました竹中先生のほうに移りたいと思います。

植下協（名古屋大学） いまの討論に関連して、私はちょっと調べたことがございますから、それを少し述べさせていただいてから、竹中さんへの質問に移りたいと思います。私は 10 年ぐらい前にかなり pF のことを調べましたが、その当時道路関係で pF のことがかなり取上げられたのです、イギリスの道路研究所の出した論文で、pF と含水量の関係曲線、それから、そこに用いられている土の塑性限界が一応書いてありましたから、その論文で塑性限界の含水量に相当する pF を見ましたら、ほぼ 3.5 より少し高いあたりに多くプロットされていました。

それから大阪で行なわれた、たくさんの圧密試験の結果を pF 含水量曲線に換算して PL の点をプロットしたところ、pF 4 以上の値になっております。いまのお話ですと pF 3 ぐらいというお話ですが、その pF 含水量曲線を描いたものになる試験というのは、おそらく圧密試験を使っており、われわれの場合もイギリスの場合も圧密試験を使っておったと思いますので、その際のフリクションが少しはいつている気がします。

それで、pF 含水量曲線の特性を見ますと、これは、蒸気圧法も含めて pF 7 まですと描いた全体のカーブの上での pF、私の場合は pF 含水量曲線が今まで直線的な関係であったのが pF 4 ぐらいで曲がって pF 7 へ近付いて行く、こういう一つの限界がそこにあるように見受けまして、塑性限界はおそらくその辺の水の変わり方と関係があるのではないかというふうに、その当時から理解しております。

それで、そういう pF スケールによる水の測定の表現というのは非常に賛成ですが、それを利用するときに問題になる測定について一つお教えいただきます。pF の低い範囲でサクション法で簡単に計れます。pF の高い範囲も蒸気圧法で簡単に計れます。ところが、その間の、pF 2.5 あたりからおそらくむずかしくなり、pF 4.5 あたりのちょうど重要なところで測定が非常にむずかしい領域です。私は遠心力法を使いましたがイギリスでは圧密法でも計れるということをいっておりますが、これにはフリクションの問題がはいってその点の難点があるわけです。

そこで東京大学の方々はどのような測定法をしておられるか、どういふふうにして計れば、たとえば p. 64 の図-3 の pF 含水量曲線がうまく描けるのかお教えいただきたいと思います。

東山（山形大学） 竹中さんがご回答になる前にちょっと……。いまの植下さんのお話は私ももっともだと思います。それで pF 塑性限界 3 ぐらいと申しましたが、実際にやりますと、塑性限界に関しては 3.5 という数字はよく出ますし、場合によっては 4~4.2 という測定値が得られます。これはこの辺の水分でやりますといういろいろなシキソトロピーの問題もはいつてきますから、そういうことによるレンジの変化ということもいろいろありまして、そういうレンジの変化ということから、先ほど私が渡辺さんにご回答したように、考え方を改めて、そういう考え方に現在きているわけなんです。ちょっとそれをお断りしておきます。

安富（東京大学） いまの pF の値が 3 以上だということの測定に、pF の測定自体でコネ返し操作がかなりきいてくるわけです。ですからそのときにたとえば軟化の問題といったそういう問題を補正して pF 曲線に対応させないと正しい値が出にくいのではないかという気がします。それで、たとえば一例ですが関東ロームで値を出して見ますと、補正しない場合には 4.2 とか 5 とかその辺がだいたい値ですが、それで、いまの軟化の問題も考慮した計算をやりますと、それが一つぐらいに下がってしまうわけです。そういうことで PL と pF の対応を考えたほうがいいのではないかと思います。

竹中肇（東京大学） それでは pF 測定について私どもの考えております問題点について測定法の内容を含めましてお話しします。

昨年度のシンポジウムのときに安富さんが遠心含水当量の問題点についてお話になりましたので、その点でいたい尽きているように思いますが、一般に pF を計る場合に、その土の構造性をどういうふうに評価して計るかという問題があると思うのです。たとえばサクシオン法で計る場合には、一応これは原則的な問題としては、土の構造性の破壊ということはないわけですし、それから蒸気圧法で計る場合にも、これは近似状態の水があり、それとエネルギー的に平衡する蒸気を作って実際の土壌水との平衡を作るわけですから、その点問題はないわけです。

ところが、いまお話のありましたように、2 を越えたところ、4.35 あたりになりますと、いま申しましたような測定法に便利なものがございませんので、やはり実際的な問題としては遠心法で計っているわけです。遠心法の問題点はいろいろありますが、いちばんの問題は測定途中で土の構造が、ある段階にくるとこわされるというところで、この問題はやはり測定法を同じ内容を計っているものだというふうにカーブをつなぐといういろいろな問題が出てくるわけです。ですから、一応ここで示した水分曲線は、測定法としては、遠心法の段階で計って

いるものをおもに表示したわけですし、これをたとえば蒸気圧法とつなぎますと、そのつないだ点で湾曲点のようなものが出てくるわけです。その内容はいろいろ考えられますが、やはり内容が同じものが計られていないというふうなことが一つの原因として考えられます。今後は遠心法での測定の問題点をさらに圧密との関連で整理しながら現在実験をやっておりますので、来年、機会がありましたときには、また報告させていただきたいと考えております。

図-3 は、いま申しましたように遠心法で書いたものをグラフで示しているわけです。

司会者 ほかに討論はいかがでしょうか。それではひとつ私から質問させていただきたいのですが、これは昨日の柴田先生や山内先生のお話にも出て参りましたがアイリングの理論、それからエントロピーの考え方、統計力学みたいなものを取り入れておられるが、実際、熱がございまして粒子が熱運動しているということはよくわかりますが、どうもそれがアトランダムな粒子運動をしているようにすぐにはとりにくいです。どうも不勉強でいけないのですが、たとえば沈降分析しているときのコロイドの状況と申しますか、そういうものはたしかに目で見てそんな感じを受けます。しかし、実際につまんでいるものがそういうような統計力学の上に乗るというような、その辺の見通しと今後のお考えを東山先生あるいは柴田先生かどなたでも、承りたいと思います。

東山（山形大学） どうも箭内先生からたいへんな問題を持ち込まれましたが……。実は昨日もそういうことでアイリングの問題についてちょっと若干異議を申し立てたわけですが、私は村山、柴田さんが、そういうレオロジーモデルというものの中でアイリング、そういう考え方を土木関係に着目して導入された最初ではないかと理解していますが、そういうものを導入するということは、結構なことで、混迷した土の力学上、新しい段階に踏み出す一歩を切り開かれたのではないかと思います。ただし、その場合アイリングと、ひとくちにいいますが、要するに空孔の理論であり、あるものが動くためには、動いて孔があいたところに次のものが動き、また次のものがそこへ動く。動いているときは、あるエネルギーを持たなければ越えて行けない。それをポテンシャルの障壁と申しますが、それを越えるものが活性化の重エネルギーといい、これをもらって障壁を越えられるんだと、そういう論理でございまして、これをいざ土に適用するときに、土があまりにも粗粒系でありますから、こういう論理というのは熱運動が無視されたのでは困るわけで、粒子運動の問題ですから熱運動が無視されるような、そういう粗粒系には私は適用できないだろうと思っているわけです。ところがそういう電気二重像の

まわりのイオンと申しますか、カウンターイオンというのは、これはイオンですから十分熱運動をやっているわけですし、そういうサスペンションからせいぜい LL までぐらいのところの土の状態を考えるとときにはカウンターイオンの行動というものをわれわれが考えて行くときに分子レベルでの扱いが可能だろうと思います。

それよりもっとかわいて参りますと、そういう場合の粒子運動も出てきて扱うことにムリがあると思います。具体的に弾性について申しますと、昨年度のシンポジウムでちょっと申しましたが、土はそういう土壌ゲルを骨格としたハチの巣構造みたいなものを持っており、このゲルというのはそういうエントロピー弾性に従うものですが、それを骨格としたマスとしての土はエネルギー弾性なんだと、そういうかっこうではいつてきますと、いろいろのことの説明ができるのではないかなというふうに考えて、昨年度のときはエネルギー弾性とエントロピー弾性と二つのものをつなぎあわせた、つまりレオロジーモデルでいいますと、フォークトモデルとマックスウェルモデルをつないだバーガースモデルとしての土を見て行くということを申し上げたのですが、だいたいそういうふうに理解して私どもはただ類推ではなしに、土を扱う場合に、こういう場合に分子運動論的な動きができる、こういう場合にできないというケジメを絶えず考えながらやっているような次第です。

**司会者** ありがとうございます。ほかにどなたか。

**渋谷平八郎** (大阪土質試験所) 竹中先生にご質問します。p. 67 4.2 の練り返しの規定に関する提案のことですが、土の練り返し方法、これは昨年のシンポジウムのときでもディスカッションされたことですが、農業土木関係の方面では練り返しを足でやられることが有効だというような考えのようですが、いずれにしてもかなりコンシステンシーの値に影響します。練り返しと個人誤差に関しては九大の松本先生の立派な研究があり、足で練り返した方が再現性が強いのだというふうにわれわれもかなり以前から伺っております。そういう場合、土の量を一定量に規定しなければならないということに関して、どれくらいの量を考えておられますか。と申しますのは、実際問題として土質試験を担当するものにしてみれば、サンプリングの問題、あるいは試験後の処理の問題などを考えますと、その規定される量が少ないほどやりやすいわけですしその点を一つ伺いたい。もう一つはコンシステンシー試験の練り返しについて、手で練り返すにせよ、足で練り返すにせよ、そういった試験方法を土関係以外の方に説明する場合に、言葉が悪いんです。泥臭いような感じを与えると、それで諸般の社会情勢からして練り返し方法自身をもう少し機械化するような方向に持って行くことについて先生の将来の見通しをお

聞きします。

**竹中** 練り返しの問題は、現在の段階ではいろいろな問題がありまして、ここで私がお話することも一つの考えとしてお聞きいただきたいと思います。

一応練り返す場合に、まずどの程度の土を使えばいいかということです。手でやったらいいか、足でやったらいいかという問題は、これは、この前のシンポジウムのときに久野先生からご質問がありまして、私なりの考えを述べまして、やはり実際の練り返しは手を使わなくても十分足でできるのではないかと、足でやったほうが実際の作業としてもくたびれませんか、また手はその間にいろいろな測定もできるわけですからその貴重な手を使わなくてもいいのではないかなということをちょっと申しあげたわけです。

それからもう一つは、実際にわれわれが土工の関係のときに、トラクターの接地圧を計りますと、だいたいわれわれ人間の足で踏みつけるぐらいの重さになっている場合が多いので、そういうことを考えても、手というのはうんと力のある人もあるし、逆に指の力のない人もありますから、そういう点から考えても、なおかつ個人誤差は生じやすいのではないかなというふうなことであります。ですから、だいたい足の裏いっぱいにはいるぐらいの土をビニールのシートに包み、それで踏みつけるということでやって行きますと、少なくともその面に関して個人誤差は消去されますし、実際にやって行く作業もそうくたびれなくて楽です。足の裏に入る土の量というのは、足の大きい人と小さい人で違ってくるわけですが、だいたいの標準は湿潤重量で 500 グラム程度でだいたい足の裏にはいるようです。実際の問題としては、手でやるにしても足でやるにしてもいまでご質問のように泥臭いことには変わらないわけですし、なにか一つの機械ができてそれにやらせるというふうなことができれば、これはいちばんスマートですし再現性も高いわけです。そういうようなことを考え、いろいろと練り返しの方法を試みまして、農業関係で使うボールミルというようなものを使ってみたり、ボールミルの場合は先端が石ですからこれでは土がこわれますので、その先をゴムの棒を使いましてローリング方式で練ってみたり、あるいは実際に上から荷重を一定回数落としてやるというふうなことをいろいろやってみているわけですが、ボールミル方式はやや問題があり、実際の土のある固まりがありますと、表面から崩れてくるわけです。実際の転圧破壊を見ますと、必ずしもそうでないわけなので、これはちょっとまずいのではないかと考えております。

**司会者** 時間も参りましたのでこれで終わりたいと思います。どうもありがとうございました。