

座談会

「これからの土質工学」



開催期日：昭和62年9月16日

開催場所：龍名館第2会議室

主催：「土と基礎」編集委員会

出席者（敬称略）

司会：木村 孟 東京工業大学工学部土木工学科

足立格一郎 芝浦工業大学工学部土木工学科

小田 匡寛 埼玉大学工学部建設基礎工学科

住岡 宣博 中電技術コンサルタント(株)

田中 忠次 明治大学農学部農学科

谷口 栄一 建設省土木研究所企画課

野尻 明美 鹿島建設(株)技術研究所

福手 勤 関西国際空港(株)

牧原 依夫 (株)東京ソイルリサーチ

担当編集委員：

笹尾 光（鹿島建設(株)技術研究所）

田中 耕平（国立防災科学技術センター）

司会 皆さん、お忙しいところお集まりいただきましてありがとうございます。本日は「これからの土質工学」というテーマで大いに話し合ってみたいと思います。よろしくをお願いいたします。

まず、ご自分が土質工学なり土質力学に携わってきて、こういう点が分かれば非常に使いやすくなるとか、問題が解決するとか、あるいは気が付いた点、何でも結構ですから、お願いしたいと思います。

足立さん、実務から大学へ変わられていかがですか。また、海外生活が長いので、そういうところからごらんになって、こんなところが変わればうまくいく、というようなところがあったら、どんなことでも結構ですからお願いいたします。

足立 体制的な問題と学問的な問題がありますが、まず体制的な問題の方にウェイトが大きいと思いますので、そこから話してみようと思います。今、日本では内需拡大だとか輸入促進だとか、いろいろな問題が出ておりますが、その癌として流通機構の問題があがっております。日本の土質工学の分野も何となく流通機構が悪いというか、ある計画を立てて状況を見ながら変更していくとか、いわゆる観測施工などがやりにくい社会システムになっているような感じがするんです。これは官庁業務の発注の仕方とか、あるいは会計検査の問題とか、いろいろ社会制度上の問題があり、そういうことが大きな背景になっているんじゃないかと思います。アメリカやシンガポールでいろいろ体験してきたのに比べますと、最初にある計画を立てて実際の工事の進行に対応して優秀な技術者がばんばんと判断して

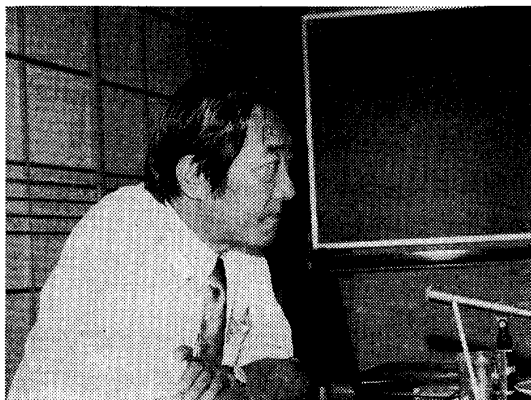
中身を適切にアジャストしていくということが日本ではやりにくい。逆に、最初に計画して途中で不要になっても、計画されているものはそのままやって、ちゃんと計画どおりに終了する方が日本ではとおりがいいという感じがいたします。

司会 先ほど私が、外国との違いということを申し上げましたけれども、エンジニアという話に限れば、世の中における技術者のステータスの違いみたいなものがあるんでしょうね。

足立 そういう面もありますね。

司会 その辺のところはいかがですか。私は、技術者としてのステータスが世の中で今よりもっと高くなる必要があるというふうにかねがね思っているんです。福手さん、今の足立先生のお話しに対していかがですか。

福手 確かに、仕様の変更がやりにくいというのが現状ですが、実際私が現場に携わっていて、やはり今お話しし



木村氏

座談会

ようなことをやって行かないとその現場がおかしくなってしまうことがあり、この点が気になっています。

というのは、軟弱地盤みたいなものを相手にして、サンドドレーンを打って、予定どおりに地盤が挙動してくれればいいですけども、実際にはそういかにやったり途中で断面を変えて安全性を確保しながらやっていかなければならない場合が私どもの現場でもありますから、ほかの現場でも恐らく出ているんじゃないかと思えます。ですから、当初の仕様どおりにやっとうまくいかないことが往々にしてあると思えます。

司会 今のことで谷口さん、いかがですか。

谷口 私は官庁におりますので、どちらかというと指針を作るようなことをよくやっております。土質関係の指針は、構造関係の橋梁とかダムに比べますと実は緩い指針になっております。橋梁なんかの指針ですとこうやるべし、こうやりなさいと書いてある部分が多いんですけども、土工関係の指針は参考書程度というか、こうやりなさいとは書いてなくて、こうすることが一般的であるとか、そういう書き方になっています。これは土質工学の特徴だと思いますが、現場の技術者の判断をかなり期待しているような指針になっています。

司会 田中先生はいかがですか。昔、官庁におられたという立場から。

田中 農林省の場合には設計基準というのがあるんですね。設計基準についてはまず最初に精神が書いてありまして、その後に具体的にいろいろこまごましたことが入ってくるわけなんですけど、それは解説とか、今、言われたような意味で参考というような意味になるかと思えます。ただ、実際に適用していく場合に、やはり強い意味になってきますね。表現がそれぞれの技術者の主体性を尊重するような形になっていると良いかといいますと、必ずしもそうではありません。いきなり自主的判断というようなことを言われましても、今度は現場の技術者、あるいは設計していく者が戸惑ってしまうので、やはり参考になる具体的な数値が欲しいというような、傾向があるんじゃないかと思えます。

一通り設計基準という形でやってきているので、縛りをきつくしていくということについてはいろいろ問題があると思えますが、やはり技術者の教育とか、研修とかそんなものを含めて対応していくべき問題じゃないかと思えます。

司会 野尻さん、逆の立場からいかがですか。

野尻 指針というのたくさんあります。我々は、いろいろな人たちの作られたものを受けて工事をする立場にいます。ところが指針が統一されていないんですね。その辺に疑問を感じています。

私は建築系ですけども、建築の中でも山留めをやらうとすると、監督官庁によってはその指針の内容が違っているために、指導もあり、極端な場合には掘り方も違ってこ



野尻氏

ざるを得ないということがあります。その辺が統一されていないことが問題なのですが、その根底には土質力学そのものが抱えている問題があると思えます。言い換えれば、各指針に土質力学が十分生かされていないのではないのでしょうか。

司会 現状の土質力学の知識でも完全に生かせば、今のようことはなくなりますか。

野尻 基本的に困難だと思います。なぜなら、現在の土質力学は、破壊論的な考え方がベースになっていて、 c とか ϕ が決まっています。しかし、山留め等の仮設構造物については、もっと変形量の小さい挙動を相手に設計をするのですから、今の土質試験結果を用いる基準では合わないと思えます。

司会 牧原さんはいかがですか。今の体制の議論、使われ方の議論等に関して何かコメントございますか。

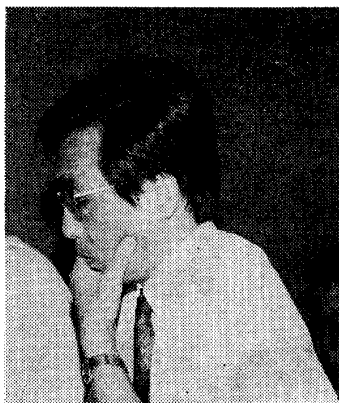
牧原 やはりそれに携わる技術者のレベルを考えますと、指針とか基準とか仕様書などのベースがきちんとしていた方がいいのかと思えます。ところが、それが行き過ぎますと今度は先ほどからでています、土質力学を使って技術者が貢献できる力が発揮できなくなってしまうこともあります。

司会 住岡さん、同じような立場でいかがですか。

住岡 しっかりした基準があり、それで縛りをきつくしていけば技術者は要らなくなるというような気がします。だが土の問題というのは非常にローカリティーに富んだものですから、基準でぴったりとできるというものではないという気がします。ですから、同じものを作っても作る場所によっておのずと構造が変わってくるし、施工法も変わってくると思えます。そういう意味で、指針なり基準なりはある一つの標準的なものであると思えます。

それとあと一つは、これは日本の風土ではないかと思うんですが、技術あるいはソフトの面、ノウハウとか、そういったものに対する評価が少し足りないんじゃないかという気がします。評価をされないところに技術は育たないんじゃないかと思うんです。

司会 私もそれが本質的な問題だと思っています。



小田氏



足立氏

小田先生、恐らく私と小田先生が今の話の外にいる人間ですね。今議論している体制的なことで何かご意見はございますか。

小田 これからの土質力学の一つの大きな話題として、技術者のステータスがあげられております。土質技術者の社会的なステータス、それは実質に裏付けられたステータスであるべきで、先ほど出ましたように指針、基準の在り方とも密接に絡んでいると思います。例えば、信頼のおける技術者が多くおれば、その指針も緩いものでいいでしょう。先ほど評価のないところに技術者は育たないというご意見がありましたけれども、今後は評価を待つんじゃなくて、土質技術者がどのように獲得していくかが重要で、その道を探るのがまさにこの座談会の一つの趣旨のように私は感じているんです。

例えば従来の受注、発注の関係を見ますと、そういう技術者の養成、その社会的なステータスを上昇させるような方向で進んでいるかということ、必ずしもそうは言えません。

では、そういう現状をどういう形に変更し得るのか、あるいはそういうきっかけがあるのかということを考えてみますと、私は二つあるんじゃないかと思います。

一つは、いわゆる国際化で、関西新空港等にみられるように、外国からの圧力の中で日本の受注、発注体制が場合によっては変わらざるを得ないという情勢。

もう一つの点は、今後発注が官に偏らないで、民から相当増えるだろう。その場合は、当然安全はどちらも非常に重要な点なんです、経済性に対する要求がよりシビアになると思います。つまり安くできれば安いほどいいわけですから。そういうふうな社会的なインパクトといったものが、今後土質力学というものの在り方を相当かえていくのではないかと、私は素人ですけれども、外から見ていますとそれを感じます。少なくとも変わらざるを得ないと私は思っています。

足立 今、小田先生が評価のないところにおっしゃいましたが、そういった意味では評価のない形で技術者が使われる、そういうケースが日本には非常に多い感じがしま

す。

例えば、コンサルタントが設計あるいは提案したとします。官庁が発注者の場合はそれを官庁の方でレビューして、官庁の担当部所、あるいは担当の技術者がそれを承認するかしないかというプロセスとなり、承認すればその時点で責任は官庁サイドに移っていくということになっております。したがって、民間のコンサルタント、あるいは技術者がある提案をしたことによって社会的に責任を問われるという場面がない形になっておりますね。これは非常によくはない例だと思えます。発注者サイドとしても判断する側面は必要だと思えますが、具体的に検討した技術者が責任を持てるような社会的な体制が必要なのです。

外国にはあるんですが、日本には土木系、特に土質工学分野でのコンサルタントの保険制度はないと思います。その辺にもこのような現実が証明されているんじゃないかと思えます。

司会 さっき田中先生が言われた完全に自主的でいいかという話なんです、これはまさしく日本の風土に関係してくる問題だと思うんです。つまり国おこしがお上のほうから始まったためなんです。ですから、どうしてもお目付け役がいて、そしてそれがリードするという体制になった。それに対して英国でもフランスでも、王様が何か大きな工事をやろうというときに、昔のコンサルタント、一匹オオカミを雇ってやらせたわけです。成功報酬ですから、成功すれば物凄くお金になるからどんどんそういうプロフェSSIONナルの人が出て来て、それが今につながっているんですね。ところが日本はそれが逆の立場になったのだから、どうしても指針とかそういうもので締めちゃおうということになっているんですね。私は今ちょうど過渡的な状態だと思うんです。

足立 過渡的ですか。僕はその点は大分悲観的だな(笑)。

司会 僕は変わり得ると思えますね。小田先生が挙げられた2点、国際性と民需ですね。それが日本のいわゆる建設の発注構造とか、技術者のステータスを変えるだろうと思っているんです。

私の友人が英国でコンサルタントをやっているんですが、

座談会

彼の仕事は楽しいですよ。技術的な論争が非常に多いですからね。

足立 そういう点で一步相手より先んじて議論できるようになりますと、そのプロジェクトのいい意味でのキャスティングボードを握れたというような感じで物事が動いていくんですね。

田中 先ほど足立先生は悲観的と言われましたが、解析ソフトなどみても変化していかざるを得ないというか、そういう状況があると思うんです。ただ、別な形ではこういう風土がありますと縛りは生まれてくるかもしれません。いずれにしろ従来の画一的にやっていく意味での基準化というものは変わらざるを得ないというのが僕の実感です。

司会 私も同感ですね。前は学問のレベルなり技術のレベルがそれほどでもなかったから縛られたんですね。ところが、今みたいにかなりいろいろなことが分かってきて、いや、そうじゃないよということがいっぱい出てくると、もうどうしようもなくなっちゃうんですね。

小田 今の田中先生の発言にコメントしたいんですが、先ほどから現状が変わり得るか否かということ、足立先生は悲観的だとおっしゃいました。しかし、かなり強烈なインパクトが今後予想される。社会的にはそうせざるを得ない。もう一つ重要な点は、いわゆる官がどのように自己改革するかというのが一つのポイントだと思います。

足立 私が悲観的だと言われたけれども、なかなか障壁が多いなあという認識があるという意味で、否定的ではありません。

司会 足立さんが悲観的というのは、僕らよりもっと強烈に差を見ているからですよ。だって11年外国にいたんですから、外国経験が長い人ほど悲観的ですね。

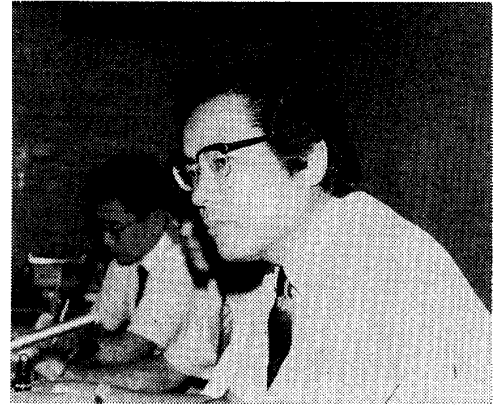
体制の話はこれくらいにしてこの辺で夢のほうへいきたいと思います。ご自分がかかわっておられる分野でこんなことができたなら、土質力学の有用性とか、社会に対する貢献度が高くなるんだけれどもというようなことがありますでしょうか。また土質力学に関して大学でやっていること、民間の会社でやっていること、あるいは官庁の研究所でやっていること、そういうふうなことをごらんになって学問的にこういうふうにやらなきゃいかぬ、あるいはこういうところが分かったらうまくいくんだけれどもというようなことについて、ご発言いただきたいと思います。

田中先生その辺はいかがですか。

田中 私は現場を離れて何年か経つんですが、現在学生に土質力学を教えていると思うのは、やはり土質力学は教えるににくいし、また学生の方も理解しにくいという面があるんですね。

なぜかと考えてみますと、土質力学がまだ未熟なのではないかと思うんです。

例えば、変形の問題を考えてから基礎の支持力を考えるとすると、同じような問題を考えているのに全部違った扱



田中氏

いをせざるを得ない。

更に原理的なことでは、我々が土を見るときに連続体として見る場合もあれば、小田先生のように粒状体として見る場合もある。やっぱり似たような問題ですね。そういう粒状体と連続体が統一されたような力学ができるのかなり技術的な面でもいろいろな面でもインパクトを与えるのではないかと思います。

司会 先生は、現場計測の問題についてどうお考えですか。

田中 現場計測について言いますと、室内でやっている計測と現場における計測とはちょっと違うんじゃないかという感じがしますね。現場においてはタフでなくちゃいかんし、現場の人がその気になって、本格的に飛び込まないとなかなかデータはとれない。

ですから、そういう面を自動化して、例えばマイクロエレクトロニクスを使ってやっていると同時にタフなものの作成をすることなどは非常に重要じゃないかという感じがしますね。

それと、理想的な砂とか粘土について研究していくことと平行して、特殊土などの研究が大事ですね。

司会 確かに計測関係で言うと、日本の場合土質屋さん、土木屋さんは受け身ですね。こういうものを作れとか、そういうふうな要求は余り出ませんね。

また英国の話になりますけれども、英国のB. R. Eでは自分のところで計器を作るんですね。ですから、イギリスではフィルダムはほんの少ししかありませんが、その変形の観測はかなり詳しくやっているんです。

日本ではちょっと考えられません。あるものを探して、買ってきて使うというやり方ですね。

足立 最近、医学でも医療機器についての知識がないとやれない分野というのが増えていますね。

司会 小田先生、いかがですか。同じ話題について、どういふところが分かれば土質力学が飛躍的に進むでしょうか。

小田 気象の予測を例にとりますと、いろいろなところの観測データを使って総合的に判断されていきますね。

土質力学の場合、いろいろな現場の調査、地質情報とかが現状では余り効果的に使われていないと思います。その辺の一つのシステムをどなたかが確立されれば、土質力学も相当変わるんじゃないかと思っています。

司会 全く同感ですね。本四の現場実験なんかやったときも、ボーリングのデーターからそういう解析に使うデーターを引っ張り出すのが一苦労でした。

住岡 私は現場で実際に物を設計して作る立場におるものですから、一番感じたのはサイエンスとしての土質力学、それと工学としての土質工学のオーバーラップした部分が少なくなってきたという感じがしているんです。

土質力学の流れを考えてみますと、やっぱり材料力学の立場から出てきたんだろうと思います。ところが、土というやつは個性に富んでいまして、その場、その場で全部違いますね。そうすると、今の材料力学のような流れで研究してきたのではどうも現象というのが説明できないことがあるのです。そこから抜け出するための情報化施工とか、あるいは信頼性設計とか、そういった目が必要かと思っています。

例えてみれば、我々はある意味では臨床医というか、ホームドクターというような面があって、その地域、場所の特性をよく理解して判断することが必要だと思います。

ですから、室内の力学の立場から更にもう一度テルツァーギが最初に言ったように現場の時代に帰る必要があるんじゃないかと思うんです。余りにも室内でばかり研究していると力学と現場のエンジニアリングとが離れ過ぎているんじゃないかという気がしています。

司会 確かにおっしゃるとおりだと思います。日本の場合は計測はしているんですが、それが生きてこないんですね。

足立 私は土質工学の分野でのプレディクションの精度をもっと高められると思うんです。何となく土は自然が作ったもので特性もやたらに変化しているし、幅広くしか物が言えないんだと言い過ぎるんじゃないかと思っています。

住岡 それは一つは、要求される精度が非常に細かくなってきたためだと思うんです。例えば盛土の安全率を見てもみますと、1.2、1.3あたりでやっていますね。スチールのような物性がよく判明している材料でも2割、3割の誤差で設計はしないですね。もっともっと大きな安全率を取っています。ですから、土そのものがそんなに遅れているという気はしないんです。何かかなり限界に近いところで勝負している面があると思うんですよ。

司会 そういう考え方もありますね。

足立 土質工学の中で盛土の安全率というのは、そういった意味では長年の経験が一つのベースになって、非常に安全率の低い、きわどい勝負をしている数少ないものの一つですね。

司会 やはりそれは僕は社会の要求がそういうふうになってないからじゃないかと思うんです。国際学会のケリゼル

前会長がサンフランシスコ会議の講演ボリュームの中で面白いことを書いています。目には目を、歯には歯をというのがあるでしょう。あれは人類最初のビルディングコードだと言うんですね。どうしてかという、あの時代にチグリス・ユーフラテス河口にメソポタミア文明ができましたね。その文明ができたときに当然ながら地盤が物すごく軟らかいわけですね。したがって、そのような地盤の上に構造物を作れる優秀な技術者というのは大変に優遇されていたんです。その代わり、設計したものが具合悪くなって人が死んだらやられちゃうんですよ。それこそ目を取られてしまう。そういうことで、当時としてはかなり高い予測をやっていたんじゃないかという気がするんです。日本は高い精度でプレディクションが要求されることが特にないと思うんです。

住岡 私この前から盛土の安定を見るのにどこを見たらいいかというのを一生懸命考えているんですけどもさっぱり分からないんですね。結局非常に少ない点で全体の挙動が分かるところを計りたいわけなんです、いわゆる非常にマクロ的に見て、その挙動が分かるような、地盤の中がそんなふうにとらえられるようなものができればかなり土質工学が開けてくるという気がするんです。

司会 夢ですね。牧原さん、今のようなお話ししかがですか。例えば、自分の仕事でこんなことができるって一段と土質力学が役に立つとか。

牧原 私どもが地盤調査をする時に何を知りたいのかということが基本だと思うんです。そのときこの地盤で例えば盛土して沈下するであろう、その沈下を知りたいんだといったときにいろいろ調査しまして、サンプリングして圧密試験したり各種の結果を使って予測するわけですが、そうではなくて、その沈下を知りたいのであれば、もっと直接的に知る何か方法はないんだろうか。

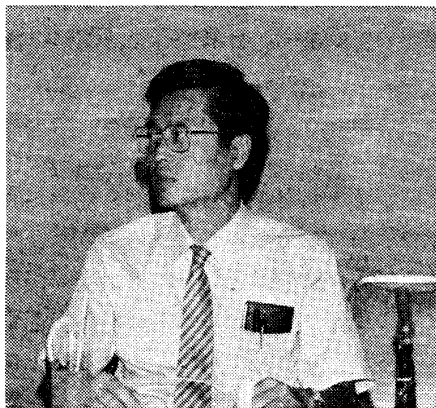
それと同じようなことで、掘削しますと、山留めしなきゃいけない。そのときに知りたいのはやはり土圧というのを知りたいわけですが、その土圧をもっと直接知ることができないだろうか。また、既存の堤体はかなり土質にばらつきがある。それをサンプリングしていきますとえらい大変なお金を使うことになります。

ただ、堤体の土質を知りたいだけなんですけれども、それを知ることすら非常に難儀するわけです。そういうのもっと直接的に知ることはできないだろうか。それが先ほど司会者がおっしゃられた計測の分野ですとか、あるいはリモートセンシング、そういった分野の人たちともしっかりと密接にやっていけば何とかなるんじゃないだろうかという気がいたします。

司会 沈下が知りたい場合、ただ土質試験をやらずにもっと直接的な方法が出てきたらこれは我々完全にアウトですよ。福手さん、いかがですか。

福手 ボーリングのデーターはあくまでも点としてのデ

座談会



谷口氏

ーターなんです。それを私どもはいま現場で非常に痛感しております。500ヘクタールという大きな埋立をやる場合に、点としてのボーリングデータをいかに線で結び、また面としてとらえるかということで、特に海の中の話なものですから、なかなか一筋縄ではいきません。これは例えばさっきの教育システムの話にもひっかかるのかもしれませんがけれども、もっと広い意味での土木のサンプリングという話だけじゃなくて、もうちょっと地質学的なところのノウハウを駆使できるような体制、そんなものがこれから必要になってくるのではないのでしょうか。特に我々自身の自戒にもなるんでしょうけれども、いろいろな知識を持った人間をもっと広範囲に集めて、そういう総合的なシンクタンクのようなものがこれからいろいろなところで必要になってくるんじゃないかという気がします。

司会 谷口さん、いかがですか。

谷口 私は、土とそれ以外の鉄とか繊維とかいろいろなものが複合体になったときの力学がもっと発達してくれたらありがたいという感じがしております。つまり今、土だけで何か物を作るというのはだんだん少なくなってきました、重要な構造物になりますと、鉄が入ってきますし、地盤においてもセメントで固めたり、石灰を入れたり、いろいろな複合体として作られることが多いんです。エレメントの室内実験をやっても複合体全体の挙動が分からないということで、そういうところが力学体系としてできあがれば非常にいいんじゃないかと思っています。

司会 今、土と鉄というお話が一つの例として出ましたけれど、粘土に砂、例えばサンドコンパクションパイルが入っただけでもどうしようもないんですね。何とかうまく攻めることを考えないとどうしようもない。野尻さん、いかがですか。

野尻 谷口さんのおっしゃるとおりなんです。特に最近では施工法も変わってきておりますし、大型化の方向にあるわけですね。4メートルも直径する大型場所打ち杭の基礎なんかどういふふうにコンクリートが打たれているか見られないし、載荷試験で確かめようにも無理でしょう。今ま

で我々が勉強してきた土質力学なんてもう全然利用できないといえますか、活用できないようになってしまいそうです。新しい材料、新しい調査技術、新しい施工機械、それに対応できるような土質力学というものを早く組み立ててもらわないと、ちょっと現象についていけないみたいな気がするんです。

今、私が思うには、やはり分業、一つのを一人で成し遂げようとするとはほとんどできなくて、やはり計測は計測屋さんをお願いしなきゃならないし、それを解析するなら解析する人をお願いしなきゃならないし、それぞれ違った分野で専門家集団を集めざるを得ない。それをまたコントロールするということにまた新しいベテランが介在するような気がします。

司会 福手さんも各種の人間を集めることが必要だとおっしゃったし、野尻さんもそういうふうなことをおっしゃった。ちょっと私興味あるなと思ったのは、それをまとめる人の話なんです。日本人の技術者は、まとめるところは割合得意なんです。ただ技術者としてまとめるんじゃないんですね。いわゆる管理者としてまとめるんですね。だからそういう立場になったときに日本人の場合には技術者の立場を離れていることが非常に多いんですね。

フランスにしろ、英国にしろ、ドイツなんかでもそうですけれども、学会の会長さんというのは例えばコンサルタントの社長さんである。日本の場合にはもうそうなったときには完全に技術なんか忘れてるわけです。ところが、彼らはちゃんとした学術的な講演もできますし、いろいろなところで学術的なミーティングで発表もできるしというふうな人が多いんですけれども、やっぱりその辺で技術者の生き方が日本の場合には途中で変わっちゃうんですね。

大分いろいろな話が出てきましたけれど、具体的な例、例えば、牧原さんはリモートセンシングみたいなものを組み合わせて、ずばり沈下なり土圧がすぐ分かるという方向が望ましいとおっしゃったんですが、もう少し具体的にどんなことが土質力学で必要なんだろう、あるいはやらなきゃいかぬのだからということをお伺いしたいと思えます。

まず皮切りとして幾つか申し上げたいんですが、一つは田中さんと似たような話になるのかな。土の構成方程式を現在より一段と改良するためには基礎となる学問自体をもうちょっと高度に組み入れないとうまくいかないんじゃないかという気がするんですね。そういう意味で、粒状体と連続体を一緒にするという話と同じようになっちゃうんですけれども、そんなことが一つ。

それから、私が今やっているせいでそう言うんじゃないんですが、模型実験みたいなものをやっぱりきちんとやる必要があると思うんです。解析をやると同時に模型実験をきちんとやっていけば、かなり情報が取れるんじゃないかということです。

それから材料的に言うと、さっき田中さんが言われた特殊土の利用ですね。

それから私どものところでやっておりますが、中間土みたいなものですね。砂でもない、粘土でもないというふうなもの、そんなところも今後どうしてもやる必要があるのではないかなというのが私の見方なんです。そんな立場で一つずつ何かお話いただければと思うんですけども、足立先生いかがですか。

足立 田中先生のお話と関係があるんですが、土のどういう局面をとらえてやっているのかということをもう少し使い分けるようにすることが大切なことなんじゃないかと感じております。

例えば、非排水の状態を相手にして勝負しているのか、あるいは排水条件なのかとか、あるいは等方性のものとして扱っていいのか、異方性を考えないといけないのかとか、あるいは変形がクリティカルなのか、破壊が問題なのかとか、いろいろと注目するポイントによって随分扱い方が違う面があるような気がするんです。

司会 今のことで言うと、私、連続体の力学みたいな講義をさせられているんですが、水の講義もやるんです。そうすると水というのはある意味で非常にうまくできていると思う。例えば、実際の水というのは粘性があるわけですね。だけれども粘性をどういう場合に無視するか、どういう場合に考えるかということが非常にはっきりしているんです。土の場合、今、足立先生が言われたように、何となく分からないままがちゃがちゃ進めているところがあるんですね。

野尻 さん、いかがですか。自分のお仕事の関係でこういうことができるというのを少し具体的にお伺いしたいんですが。

野尻 山留めとか根切りの問題にはずっと携わっているんですけども、特に非常に微小な変形の土性というものがもう少し分かってくればいいですね。我々としては、できるだけ仮設というところにお金を少なくしようというのが一つの命題で、しかも安全にということがありますので、その辺ができるだけ経済設計、合理設計をするためのバックアップとして欲しいところなんです。

司会 ただ今の御指摘は非常に示唆的だと思います。例えば永久構造物と仮設構造物とでは本当は全く考え方が違うはずですね。それがどちらかというと同じように扱われているというのがありますね。その辺の限界をはっきりさせるというふうなことも大いに必要だと思います。

野尻 永久構造物はかなり大地震で破壊的なところまで想定して安全性を確保していかなければならないんですが、仮設的なものにそんなところまで、考えるといけませんし、逆に大変形を起こさせちゃいけないことになりますので、その辺の取扱い方がまるで違ってくるんじゃないかと思えます。



牧原氏

司会 牧原さん、いかがですか。

牧原 私ども調査をやっております、その調査をやる時に何をどういうふうによればいいか、構造物によって、それも地盤によって異なるわけですが、例えば支持力の問題であればどういう破壊パターンを持つのか、ある程度イメージができていないと調査そのものも本来は進まないわけですね。

それが基礎地盤となる砂礫と言っても、堆積状況というのはかなり細かく違うわけですね。それを目的にそってトータル的に評価しなければならぬ。堆積状況をどうやって組み込んで行くか。これを今後もっとやっていかなければいけない。

司会 可能性はありますか。

牧原 私どもの立場からいきますと、それをやっていかなければいけないという気がしますね。

司会 何かそのためには従来の手法ではだめだとか、そういうこともあるんじゃないでしょうか。

牧原 従来の方法でも十分な調査がなされている場合もあると思うんです。ただ、いろいろな情報があるわけですが、それが最終的にきちんとまとめられていないケースも結構多いんじゃないかと思うんです。

司会 だから現状のアプローチでもある程度のところまではいけるという考え方ですね。住岡さん、いかがですか、具体的な話として。

住岡 具体的と言われると非常に難しいんですが。

司会 先ほどの室内研究的土質力学と現場のエンジニアリングが掛け離れているという点からどうですか。

住岡 それは産学一体といいますか、お互いにもっと歩み寄った研究も必要じゃないかと思うんです。オーバーラップさせた部分を多く作るという。それは実際に施工して変形を計ったデーターをだれもが使えるような、いわゆるデーターバンクでも作るとよいかもかもしれません。これはN値がなぜこれだけ使われているかを考えてみるとよく分かります。これは物凄い膨大な蓄積があるからだと思うんです。塑性指数とか液性指数にしても、これもたくさんやってきたからだと思うんです。我々が使っている標準圧

座談会

密試験にしても、これもたくさん同じことをやってきた結果として出てきたと。ところが、その実際のデーターといひますか、実際の変形データーというのは我々は経験して持っているけれども、意外とその研究をしていらっしゃる研究機関の人がご存じない。これはお互いに不幸なことだと思います。

ですから、研究される立場と現場のエンジニアとが一体化するようなシステムを作っていくのがいいんじゃないかと思うんです。

司会 確かにそういうことから言いますと、皆さん方お気づきになっていると思いますが、欧米の大学の先生方はほとんどの人が現場とコンタクトを持っていますね。もともとテルツァーギという人がそうでしょう。確かにその辺の現場と研究との結び付きというのが日本には足りませんね。小田先生、いかがですか。

小田 先ほど申しましたように、地質の重要性といひますか、地質情報をどのような形でストレートに設計、施工に結び付けていくかという、その辺に私は関心があるんです。もう一点、自分の反省を込めて言っているんですけども、例えば、先ほど出ましたように、土の力学の分野で塑性論を中心に相当いろいろな論文がでたわけですが、では塑性論という大きな枠で見た場合に、土質屋はどれだけその体系に貢献したかという、かなり疑問です。

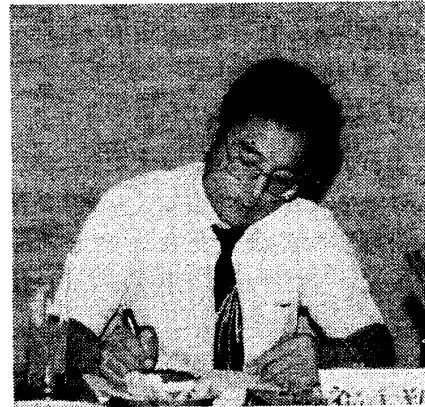
土質屋は常に実験室なり現場で土の実体を観察しているわけですから、例えば金属のような材料だけを念頭にしていくな人以上に、土の力学にふさわしい理論体系を産み出す可能性を秘めていると思います。しかし、残念ながらそれを一般的に表現する手段と言ひますか、一般論に非常に弱いのが土質屋だという気がします。もっと一般論を踏まえて土をじっくり見れば、新しい本当にコントリビュートする力学体系を創出する可能性はあるように思ひます。

司会 私自身は、いわゆる今の金属塑性論を使っていたんではどうにもならないだろうという気がするんです。もっと土質屋さんがそういうのをのり越えるように何かをモデファイしていったり、もっと進めていかないと、土質の学問が駄目になってしまうんじゃないでしょうか。

小田 砂の場合ですと、現状では ϕ だけなんです。ね。 ϕ があれば全部決まってしまう。次の一步を進めるためには、例えば砂の場合で言ひますと、粘土で言う μ, κ に相当する力学的に明快な、土質屋に非常になじみの深いもので ϕ に代わる、もちろん ϕ も含まれるでしょうけれども、何か変形にかかわるパラメーターが生まれてくればいいなと思うんです。

司会 そういう非常に優れた人が出てくることを期待しますけれどもね。福手さん、いかがですか。

福手 私が現場を預っていて現場の現象をできるだけ新しい理論で解析してみたいと思うんですが、実際には現象の測定精度がどうかというところにもいつもぶち当たり



福手氏

ます。やはり目に見えないいろいろな場所の地盤挙動を早く精度よく計れるようなことが望まれます。例えば、間隙水圧一つにしてもやっぱり地面の奥深くに埋めたものというのは、果たして本当にうまく作動しているかどうか分からないし、沈下にしても本当にうまく計れているのかよく分からないというようなことが往々にしてあります。そういう疑問点を持ちながら解析してもなかなか迫力のある話というのは最後までできないわけですから、そういうときに片やまた難しい理論があってもどうもそこがうまく結び付かないということで、やはり理論的なアプローチに追従できるような現場の測定モニターというものがこれから非常に僕は大事だと思ひます。

司会 谷口さん、いかがですか。

谷口 私は液状化について申し上げたいと思ひます。地盤の液状化対策は対策方法によってかなり費用が変わってきますが、液状化したときの構造物の変形予測がもっと精度よくできればいいなと常々思っております。今はかなり過剰な対策をやっている場合もあるという気がしております。

それからもう一つ、液状化に関連して、 N 値なんですが、今はもう N 値万能といひますか、大体もう N 値で済ませてしまうんですね。ごく概略の検討は、 N 値でもいいんですが、もう少し細かいところは N 値以外の原位置試験を使えないかと思ひています。

司会 谷口さんは何が有望だと思ひますか。

谷口 S 波を使う方法はかなり有望じゃないかと思ひています。ただ、現実的でないところもありましてね。

司会 そういうことはあるでしょう。この方法を使えばいいんだけど、やたらに難しいとかね。

谷口 ええ、やたらにお金がかかるとか。

司会 だから、そういうアイデアを土台にしてもっと簡単な方法ができないかということですね。

小田 例えばある研究をやって、この研究成果を踏まえれば、100億の工事がこのくらいでできますと言う、その金勘定は土質屋はあまり得意でないのでしょうか。

司会 日本の風土はだめですね。

小田 ですから、それが具体的な効果として分からないわけですね。例えば、こういう調査をして確かにこれだけ金がかかる。だけれども、これだけの調査・研究をすればこれだけのメリットがありますよという所までフォローする土質技術屋がどんどん生まれれば、その研究が実務に生かされる可能性は増えると思うんですね。

足立 同感ですね。

野尻 日本では正しく予測しても評価されないですからね。

司会 外国だとそういうことが随分あるんですね。ここだけおれのやつにしろと。そうするとそういうのにぼんと乗っかる人がいるんですね。それでうまくいったらその人に対する報酬は大変なものになっちゃうんですが、日本の場合みんなで渡れば怖くないというやつでしょう。

田中先生、いかがですか。

田中 先ほど司会者から、要素試験については格段の精度を上げる必要があるだろうと言われました。それから更に模型実験を非常にきちんとやっていくということが必要だということが強調されたと思うんですが、この要素試験と、模型実験、また現場における計測の問題、それから解析、これは現象を解明していく三つの基本になる構成要素ですね。

その場合に、僕は先走って連続体と粒状体という話をしたわけですが、それは非常に先の話で、今、具体的にそれを統一化し得る条件はまだないわけですね。ですが、それ以前の問題として塑性論はかなりの程度役に立つ。かなり予測能力を持っている。けれど、現代土質力学でもっぱら使われているのが理論的には微少変形なんです。果たして微少変形でいいのか、連続体力学という枠内で構成式論を適用していく場合でも、やはり土の場合には金属に比べればかなり変形が大きい。そこら辺の問題も非常に重要じゃないかと思えます。

それから、土の場合に破壊力学というのは、これはちょっと現実には適用しにくいわけです。では強度論だけすべてが論じられるかというところどうもそうじゃない。先ほど野尻さんが指摘されたように、現代の特徴として大型化という問題があるんですね。これをバックアップする土質力学が必要だということが言われているわけなんですが、破壊力学とは言わないまでも、やはりスケールに関した問題というのは、これは土質力学にとって非常に大きい問題なんじゃないかと思えます。ですから、模型実験をきちっとやる。これは非常に重要である。現場計測をきちっとやる。やはりそこにスケールの問題も考えておかないといけないんじゃないか。

司会 それでは最後に土質工学の未来は明るい、将来はどうだろうということについてはどうでしょうか。

足立 私は非常に明るいと思えます。

というのは、今日の議論だけでも随分問題点が上がった

わけで、やるべきことがたくさんあるということだと思いますし、少なくとも我々が扱っている土という材料を問題なくきちんと説明できる力学体系がまだないというか、何かやはり説明しきれないものがある。そういう現状ということだけを考えても非常に明るいというかやることのある、あるいはそういうことが解決することによって相当前進するというふうに私は感じております。

司会 野尻さん、いかがですか。

野尻 明るく見えています。

エキスパートシステムにしても、もっと完備したものにしてやらなきゃならないし、土質力学というか、土質工学に携わる人間にとってはやるべき仕事はだんだん増えてくるようなことが想像されるからです。

司会 牧原さん、いかがですか。

牧原 いわゆる建設業の中だけではなくて社会的な立場でもっとはっきり言えるようになれば明るくなり、今の学生さんももうちょっとはこういった分野に就職していただけるんじゃないかと思うんです。

足立 今、牧原さんや、さっき小田先生がおっしゃったことと同じなんですが、我々自身がもう少しこれだけお金が節約できるというような雰囲気でも物をしゃべって、それがまた聞いてもらえるようになるということが重要なんですね。

司会 エンジニアリングですから、やっぱり経済効果が上がるということを、自分たちがやっていることを通して訴えていかないとだめですね。

住岡さん、いかがですか。

住岡 明るい、暗い、暗いという話は私もよく分からないんですけど、これまでのやり方をやっている限りは暗くはないけれどもあまり明るくないと思います。ですから、超電導とかバイオテクニクスとかいうような先端技術に匹敵する、社会に訴えるような技術を開発していけば将来は明るいと思います。

個人的な意見を言えば、日本の土質工学のレベルは世界のトップレベルだと思っています。ですから、これから土質工学会としてやっていただきたいのは土質工学とはどういう工学かということ世間にアピールしてもらいたいと



住岡氏

座談会

思うんですね。土質工学をやっています、土質工学って何ですかというふうに聞かれるようでは日本の土質工学レベルが世界のトップレベルであることはもちろん、土質工学があること自体を世間の人はほとんど知らないということですから。

司会 例えば、長野の地震とか、いろいろなことが起きたときに土質工学会のコメントって何もないんですね。むしろ土質工学会は何かあったらすぐコメントして、これはこういう原因だ、こんなことは予測できないとかできるのか、そういうことをどんどんやっていかなきゃいけないんですね。

住岡 アピールして若い人が魅力を感じる学会にならないといけない。

司会 小田先生、どうですか。明るい、暗い。

小田 私は、やはり暗くするも明るくするも土質屋がやはり責任を取らざるを得ないだろうと思っています。

今後は情報化社会だということです。土質工学の分野でも土質情報といったものにどれだけの付加価値を見込むことができるかが、今後重要になってくると思います。

先ほど土質技術者と臨床医の類似性が言われましたけれども、そういう人間の判断が微妙にかかわってくるエンジニアリングという領域はやはり違った意味で魅力を持ち得る領域だというような気がします。明るい、暗いとか聞かれればやはり土質屋の努力次第だと思います。

司会 分かりました。福手さん、いかがですか。

福手 私は土質力学、土質工学の未来は明るいと思います。その一番大きな前提として、これだけ土木だとか、建築、いろいろな国に関連する技術者は多いんですが、果たしてどれだけみんなが土質力学に本当の問題意識を持って現場をやっているか、そこだと思っんですね。現場の第一線の人まで地盤の要素をよく見、なぜこういう挙動になるのかというのを、みんながそういう問題意識を持ってやっている風土があるうちはまだ未来は明るいと思います。

司会 谷口さん、いかがですか。

谷口 私も明るいと思います。建設省で国土建設の長期構想というのを昭和61年10月に出しているんですが、その中で昭和75年、つまり西暦2000年までに大体900兆円の投資が必要であろうというような数字を出しております、

900兆円の建設をやるとすれば、それに関連して土質関係の仕事も面白い仕事結構あるはずなんですね。

それからもう一つは、これも建設省でニューフロンティアというのを考えていますが、三つありまして、地中と海洋、宇宙です。これだけ土地が値上がりしてきますと地中開発をどんどんやらなくちゃいけない。これはもちろん土質の分野ですし、それから海洋開発にしましても土質の分野は結構あります。宇宙は土質分野があまりないんですけども、将来例えば月面でも行けば、月面基地でさえも土工がでてきますので、幾らでも活躍の分野はあるし、決して市場が狭まることはないと思います。どんどんいろいろなところに土質関係の人が出ていますから、そういう意味では明るいんじゃないかと思っています。

司会 田中先生、いかがですか。

田中 私も谷口さんが今言われたように土質の分野は短期的に華々しいということはないかもしれませんが、永続的にいけるんじゃないかと思っています。そういった意味で地下空間の利用を含めまして、非常に可能性を持っているんじゃないかと思っています。

今の時代、個々人がテルツァーギみたいな総合的なことを発揮する状況じゃないかもしれませんが、学界全体としてやはりそういう総合的なものをしていけば非常に可能性を持っている分野だと思います。

司会 どうもありがとうございました。皆さんからいろいろなお話が出ましたので、私としてはこれ以上言うことはないのですが、ただ一つ土質力学と社会のかかわり方について考える必要があろうということを指摘したいと思います。日本のインフラストラクチャーというのはこれだけの国になっても全く足りないと思うんです。ですから、いきおい建設そのものも非常にたくさんやらなきゃいけないし行われるだろう。

例えば地下空間等は確かに今後大いに利用されることになるのでしょけれども、一体地下へ人間が住んだときにどうなのか、その辺のところまで土質屋さんがかかわる必要があるのか。その打開策ができれば僕はその未来は洋々じゃないかというふうに思っているんです。

それでは、今日はどうもお忙しいところありがとうございました。