

N 値 を 考 え る

開催期日：昭和 49 年 4 月 8 日
 開催場所：東京大学生産技術研究所
 主催：土質工学会土と基礎編集委員会

1. N 値の使われかたと問題点

司会 「N値を考える」という講座を昨年11月から連載してまいったわけですが、講座と致しましては現在の標準貫入試験が完成されたものだということではなく、非常に反省しなければならない点があるという考え方で書いていただいております。現在、標準貫入試験は日本の土質・基礎工学関係の方々に大変関心が深く、たまたま講座委員会の方でN値に関して各方面にアンケート調査をされたところ、大変熱心にたくさんの意見が寄せられたということがございます。そこで現時点の締めくくりという意味で座談会を開いたわけです。今日は講座を執筆された方々、現在土質工学会でJISの標準貫入試験の改正を検討されておられるサウンディング委員会の室町委員長、また実際に標準貫入試験を手がけておられる竹村さんにご出席いただきました。

建築関係では非常に早くから規準化されて、同時くらいに標準貫入試験のJISが決まったようで、このことが、この試験法が日本で広く調査に使われるようになった原因のようです。そこで建築での使われ方について、阪口さんに口火を切っていただきたいと思っております。

阪口 建築基礎構造設計規準にはA・B・Cの三つの規準があり、A規準ではN値をそれほど重要視していないのですが、B・C規準ではN値をかなり利用するようになっております。実際問題として設計事務所や役所には基礎の専門家がほとんどいないためレベルの低いB・C規準が使われ、N値さえ測っておけばという考えが強く乱用されているのが実状です。近いうちに建築基礎構造設計規準が改定されますが、この改定ではN値の乱用がないようにしたいと思っております。

司会 実際に調査を受注し、その結果を出しておられる立場の竹村さん、たくさんの調査方法の中で標準貫入試験の占める位置をどのように考えておられますか。

竹村 日常、ボーリングといえばN値が一緒になっているほどで、特別な例を除いて、一般的に建築物の調査の場合はN値のみを頼りにする傾向が強いです。一方、土木構造物関係の調査ではN値以外の原位置試験とか土質試験等も同時に行ない、N値は調査手段の一つとして考えられているようです。N値万能は他の原位置試験の発展を妨げ

出席者 (五十音順)
敬称略

司会：三木五三郎 東京大学生産技術研究所
 宇都 一馬 東海大学工学部土木工学科
 阪口 理 建設省建築研究所
 竹中準之介 大阪市立大学理学部地学科
 竹村 因 基礎地盤コンサルタンツ(株)
 西垣 好彦 大阪市立大学工学部土木工学科
 藤田 圭一 榑間組技術本部
 室町 忠彦 日本国有鉄道鉄道技術研究所

る場合もあるので、工学的な適用限界を認識させるとか、また試料を採取できる特性を活用することを重視すべきです。われわれの考え方はN値は地盤の大略の地層構成を把握することであって、その利用については土質試験・原位置試験・地質的な判断とか、他の要素も考慮して総合的に判断することがN値をより有効に活用することになるのではないかと思います。

つぎに特にクイ基礎の場合に多いのですが、N値が合うとか合わないとかの議論が出る場合がありますが、この場合にもN値を総合的に考えることと、クイ材料の強度増加、機械の大型化、施工方法の多様化なども考慮して判断していただきたいと思っております。

司会 N値を使う立場の藤田さんは、現在実際に測定されているN値の信頼性をどのように考えておられますか。

藤田 私自身はN値をこれ以上まじめに取り上げる価値があるのかとさえ考えております。というのはテルツァーギ・ベック (Terzaghi Peck) が Standard penetration test と呼んだため、これを標準的なものと多くの人が考え過ぎている。彼等の述べた試験はその頃あった多くの貫入試験の中の一つに過ぎないものです。特によく使われるようになった理由は彼等がいろいろな土性との関連をつけてN値を使えるようにしたところにある。また彼等自身 Crudely estimated といっているように、まだ仕上がっていないものであり、その与えた関係は非常にわずかのバックデータによるにもかかわらずそれを改善しようとする努力がその後なされていない。

つぎにN値の信頼性という点では、非常に均一と思われ

る地盤でしかも測定を同一人物で、6 m正三角形ピッチで実施してもかなりのバラツキがあります。この点からして N 値というものは1とか2とかというとらえ方ではなく、 N 値がその辺の値であると解釈すべきです。根切り前後の N 値の変化をみても、図—4.15 (Vol. 22, No. 5, p.100) に示したように根切り後の地盤からの N 値の測定結果は小さな N 値となり、これは有効な上載荷重が減少したためだと思われる。このように N 値そのものの解釈の仕方を十分わきまえないと問題がでてくる。均一地盤でフーチング用に2 m間隔のクイ打ちの場合に、32型のハンマーと22型のハンマーで打込んだ時のクイの貫入量を一ずつみると、22型ハンマーの方が32型ハンマーより能力が大きいという結果さえでてくるが、平均化すると確かに大型のハンマーの方が大きな能力を発揮することがいえます。これは N 値とクイの打ち方が類似していることを前提にすると、 N 値の測定方法では正確な結果がえられるものではないということがいえる。したがって、 N 値はわれわれが使おうというようなデータがほしい場合の大まかな目安である。さらにベックの時代から進歩していない状態のままで、 N 値の1, 2が問題となるような使われ方をしているのは誤りです。 N 値が用いられる以前の設計では、砂とか粘土という分類の他に、締まっているとかゆるいということによって支持力などを決めていた。しかしこのような感覚だけで判断するのではなく、 N 値の数値でもって五つくらいのランク分けをしたらどうかという程度のことであるから、これ以上正確にとらえる必要がないと考えている。しかし現実においては N 値の1, 2で設計が左右されるような使われ方をしているのが現状です。したがって N 値というものはもっとラフに考えるべきだということを徹底させる必要がある。

司会 現在の N 値の利用の仕方にかかなり問題があるという話ですが、これはまた後でかなり話題になると思いますが、先程話しましたアンケートの中に、 N 値を測定しておられるフォアマンの方の意見で、「標準貫入試験は支持層の土性を知るため、その途中のデータは必ずしも正確に測っていないが、使う側は途中の N 値も一生懸命に使っている」というのがあります。そうすると測定側と使う側でかなり意識の相違があり、そういうデータを使った場合にはおかしいことが起こることが予想されるわけです。その他にもこういう使い方はまずいのではないかという例をお話しただけだと思います。

室町 N 値の規定より使い方に問題があるようです。先程三木先生がおっしゃったように N 値を不必要なところまで使用していることがあります。たとえば $N=0 \sim 2$ のごく軟弱地盤に対して標準貫入試験に最後までしがみついて、 N 値1本やりで調査するのはまずく、やはりラフな範囲であることを承知して静的サウンディングなり、サンプリングをしてその土質試験結果から判断すべきです。これは強い地盤に対しても同じことがいえます。ですから標準貫入

試験は概査用で、国鉄ではルート調査の一番最初の段階に使えとっています。これによって地盤の概況がはっきりし、つぎに打つ手は標準貫入試験の値の出方のパターンをみて判断する。そういう使い方をすればあまり問題はないと思います。

2. 機械および測定法の問題点と規準化

司会 今いわれましたように、地盤の性質によって N 値が使える場合と使えない場合がかかなりはっきりあるように思われますが、これはまた後で N 値の適用限界の話のときに続けたいと思います。それに入ります前に、現在行なわれている標準貫入試験の技術的な面、あるいは機械的な面などで改めた方がよいとか、規準化した方がよいとかいう点につきましてはいかがでしょうか。

宇都 講座の方にもまとめて書いておきましたが (Vol. 22, No. 7), 一つはハンマーの形状やロッドの断面積の相違によって貫入機構が変わりますので、これらの形状を規定した方がよいと思います。またロッドの長さの違いによってエネルギーの伝達のようにすがかなり異なるので、これを考慮する必要があります。もう一つは、地盤の変形係数や強度を求める場合には、その目的に合った静的あるいは動的サウンディング法が考えられるので、これらに関する開発が必要だと思いますが、現時点では現行の試験方法でこれらの常数を測定し得る範囲を規定した方がよいと思います。

藤田 N 値に及ぼす影響としてボーリング孔の大きさが問題になると思われます。サンプラーの寸法は規制されているが、ボーリング孔が大きい場合と小さい場合で N 値が大きく異なるので、ボーリング孔の大きさを規制する必要があります。もう一つの問題として、 N 値を測定する前に孔をさらってサンプラーをそう入するが、孔をさらった位置とサンプラーをおろした位置の確認を実施していただきたい。これは予備打ちの15 cm 区間にかかなり大きな影響を与えるため、たとえば図—4.17 (Vol. 22, No. 5, p. 101) のように、10 cm ごとの打撃回数を調べると深いほど N 値が大きいくことから理解できる。

西垣 孔径の問題は特に大口径のボーリングでないかぎり、予備打15 cm をすることにより影響はないと思います。それよりも試験時の貫入エネルギーにバラツキがありすぎるので、このエネルギーを一定にすることが是非必要です。そのためにはやはり自動落下の方向へ進めるべきだと思います。その他の問題として使用するロッドの差異による結果への影響について気になっています。つまり日本では呼び径40.5または42mmとなっていますが、ASTM ではAロッド (外径41.2mm, 内28.5mm) 以上となっており、



三木氏

座談会

米国の論文ではBロッド、Nロッドとさらに大径のロッドが使用されています。図-3.6 (Vol. 22, No. 2, p. 84)によると径の差がだいぶみられるようですので、日本と米国では同一地盤があったとすればN値が異なってでることになります。

また地下水位以下での試験の場合、サンプラーのコネクターヘッドの水抜き孔ですが、ASTM では1/2" 径を4孔、テルツァーギ・ペックの著書では5/8" 径4孔ですが、JISでは径の規定はなただ4孔となっています。しかし実際に使用されているのは10mm程度のもので2孔しかないのがほとんどであって、地下水以下で微細砂などに対する補正が必要とするならば、貫入時の発生間ゲキ水圧が非常に大きくなりN値に与える影響も大きいと思われます。

竹中 藤田さんがおっしゃいました地層全体のN値のバラツキが非常に大きいということについてですが、原位置試験ということをやりますとバラツキというものはむしろ地



竹中氏

盤そのものの変化になりますから、あるポイントの原位置試験をいかに正確にやってもそれが地盤全体を代表するかどうかということは、N値と同様かなり疑問がもたれます。考えようによっては貫入試験というのは30cm間の平均の先端抵抗、あるいは $\phi=0$ の場合はサンプラーに働く摩擦力が主体となっている。そういうことから30cmに働く平均オーダーというのは層全体の上から下までの平均ではなく、かなり大きなマスの代表的な試験が行なわれている。

司会 現時点での標準貫入試験の機構・機械あるいはその施工法についての問題点がかなり指摘されたわけですが、標準貫入試験のJIS改訂作業に従事されているサウンディング委員会では以上の点についてはいかがですか。

室町 昨年6月にサウンディング基準化委員会を作り、現在JIS化されてから10年以上たっている標準貫入試験、スウェーデン式貫入試験、オランダ式貫入試験の三つを一度



室町氏

に見直してみようということで学会原案の審議を行なっています。標準貫入試験は昨年からはじめて、現在2次改訂原案の審議を終わって、つぎの委員会で第3次原案について審議を始めることになっていますので、今度の座談会が開かれたことをありがたく思っています。実状から申しますと、1961年JIS化されたものが必ずしもそのとおりに使われてなく、かなり内容と遊離した使い方が目立ちますが、本来の標準貫入試験からあまり離れるということは考えてなく、非常に不明確であった表現とか、JIS そのものの条文でどちらとも解釈されるものを

なるべく統一してみたい。ただし、先程宇都先生、西垣先生から指摘のありましたロッドですが、これは前と同じように40.5mmと42.0mmの両方を使うことになります。ハンマーの形状は参考図に出っていますが、実際ああいう形状のものを使うことは少なく、幅と高さの比が2くらい細長いものが使われることが多いので、これを参考図として示す予定です。それからやり方ですが、予備打ちが非常に問題になっていまして、業界の方々からもぜひ条文におりこんでほしいということで検討しまして、予備打ちそのものができる場合と、全くできない場合、ひとりではできず、はつきり三つにわけておこうということになっています。ひとりではできるといのはN値が非常に低く、置いたと同時に予備打ちに当るものがひとりで貫入してしまう場合で、そういうものは予備打ちが済んだものとみなす。通常の場合だと15cmというものを守り、軟岩程度になりますとどうしても15cm程度入れなければならぬのではなく、この場合は省略してよろしいという条文をはつきり出そうということにしています。

それから自動落下の話が盛んに出てまいります、現時点で自動落下の方式をこれにしようという案はありません。これについては自由落下という表現にとどめまして解説の方で細かく書こうと思っています。すう勢から申しますと、どうも外国の例では自動化しないとデータそのものが比較できないということのようで、つぎのステップではいいものが開発されればそういうものを使っていきたいと思いますが、現在のところでは決めかねる状態です。

あとは適用範囲の中でN値だけを重視した書き方を以前はしていましたが、これは土を識別するための試料を採取する標準貫入試験ということですので、こういう主旨にそった表現をとりたいと考えています。N値そのものだけでなく、とれてくる試料をみることに意義があると考えています。恐らく9月頃までには最終案みたいなものができると思います。

司会 現在の標準貫入試験のJISが改訂される姿のアウトラインをお話いただいたわけですが、それについてのご意見あるいは改訂するならこれだけは是非というようなご意見を遠慮なく発言していただけたらと思います。たとえば自動落下の問題は非常に重要だといわれているが、日本の現状ではそこまで行っていないのではないかという判断が一部にあるようですが、この点はいかがでしょう。

西垣 実際にわれわれが立合っているということのをフォアマンの方が知っている時は非常に慎重な落下をされますが、その時でも打撃効率0.6~0.9のバラツキがあります。しかし一般によくみかける作業では、前述の場合と異なり落下が非常に雑ですから、打撃効率はもっと悪い場合もありうるようです。このようにハンマーの落下方法は作業員によって慎重さといいますか、作業態度というものがかなり異なっている現状をみても、自動落下はかなり重要だと思



西垣氏

ます。これは図-6.10(天満粘土層の N 値の深さ方向の分布)(Vol. 22, No. 7, p. 81)においても、地盤のバラツキがあるにしてもやはり自動落下の方がバラツキは少なく、早急に落下方式を統一すべきと思います。

竹中 講座にも書いておきました

が(Vol. 22, No. 7), サングレラ(Sanglerat)が N 値の大体の精度は1~2位であると本に書いてあるわけですが、ただ N 値は1~2の間まで変化してもかまわないんだというたてまえで貫入試験を使うか、それともそうでないかということによって使い方が違ってくる。

司会 たまたまここでお示しの土は粘土ですね。

竹中 はい、天満粘土というのはコーンテストでやりますと±5%のバラツキでコンスタントになるという均質な粘土です。ところが従来の方法の N 値測定の結果は1~2の範囲内に値がばらついてサングレライトの示した1~2の範囲という値と偶然一致している。そういう範囲で地盤をおおよそのオーダーの大きなグループ分けをするんだということで行くか、それとももう少し何か地盤の特性をだすかということによって決まってくるという感じがします。

司会 砂の場合はどうでしょうか。

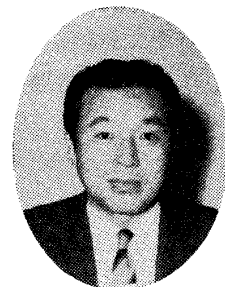
竹中 砂の場合も当然1~2の範囲で変化している。

3. 適用限界

司会 N 値の考え方について考えさせられる話が出たわけですが、結局現在までその N 値が設計に使われてきているわけです。 N 値の測定されたものがこれくらいの範囲に入っていたとして、これから私たちの N 値の利用の仕方について考えてみたいと思います。

阪口 N 値を使って設計すると粘性土の強さを小さく評価し洪積粘土のようにある程度強度をもった地盤に対しては非常に不経済な設計が、逆にネガティブフリクションの作用するような軟弱地盤の場合には結果的に危険な設計をすることになっています。このあたりをどうするのかが問題です。そこで関東ロームを例にとりますと、この土に関しては N 値、土質試験結果があり、それらに基づいて設計した建物のその後の挙動が知られているものが多いですから、それから N 値が3~5ならば

地耐力何 t/m^2 にするというやり方ができます。建築では一般に規模の小さいものが多いので、個々のケースについて土質試験までやるのは無理な場合も多いようですのでこのような使い方がよいと思います。



阪口氏

司会 結局、適用限界をかなり厳しくしていく方向ですね。適用限界を考えなければいけないということは皆さんも同じ意見でしょうが、 N 値だけではわからないわけですね。 N 値以外の情報がなければ出てこないわけで、今は関東ロームとか洪積粘土とかいう言葉がでてきたわけですが、適用限界はどのくらいに分ければ、あるいはどういう情報で適用限界を決めていくかという問題についてはどうですか。

阪口 その場合各地区の地層構成を地質学的に分類する。たとえば大阪ではチュウ積層、天満砂レキ層、天満粘土層……となるように、各地域によって大雑把な分類ができますので、それに応じて換算表のようなものを作って置く。たとえば天満粘土では竹中先生が発表されているように $P_f=50 t/m^2$ とか、東京レキ層ではいくらといったように。

司会 そういう別の分類をされた上で、 N 値がさらに変わることは、やはり設計にかなりひびくわけですか。そのあたりが非常にむずかしいところだと私は思うわけですね。

阪口 表-5.2 (Vol. 22, No. 6, p. 84) に示しておきましたが、洪積粘土では N 値 ≥ 5 の場合には中層程度までの建物でクイを打たなくてもよく、地耐力は N 値から(2~4) $N t/m^2$ として求められます。この幅で N 値のバラツキをカバーされると思いますし、2にするか4にするかは設計者の能力によっても決まってくると思います。建築では安全率として3を取っています。

4. クイ基礎の設計と N 値

司会 N 値の適用限界を地盤の性質から考えていこうということですが、これとは別に設計する構造物の種類に対して N 値はこんなふうに使えるということがあると思いますが、一番問題となるのはやはりクイ基礎でしょうが、クイ基礎の設計と N 値との関連はどうでしょうか。

藤田 クイの問題に N 値が利用されたのは、打込み機構が類似していることや、マイヤーホッフ(Meyerhof)らがクイの支持力の算定に対し直接求める提案がなされたためでしょう。しかし、クイの施工法によって地盤の N 値の変化の度合いが異なることをとらえた設計法が現在考えられていないところに適用上の大きな問題が



藤田氏

ある。仮に N 値は正しく土の支持力とか摩擦抵抗を表わすとしても、クイ打前後の N 値変化の換算がない限り計算値と実測とが合わないのは当然である。また N 値の細かい変化よりも、クイ全長にわたる N 値の平均値の方が、むしろクイの支持力に大きな影響を及ぼしている。こういう意味で支持層のみの N 値だけではなく、全長にわたって正確な N 値をとる必要がある。また上載圧の影響も無視することができない。ギブス(Gibbs)、ホルツ(Holts)らがいっ

座談会

ている上載圧による N 値の変化をそのまま利用すると30mぐらいうらにある $N=50$ の地盤と地表面付近にある $N=10$ 程度の地盤とが同じ相対密度を示すことになるが、これをどう解釈するかということの問題にしないままでクイの設計が行なわれている。

つぎに鋼管グイの場合にクイ先に補強バンドを巻くが、これがクイの貫入を支持力に奇妙な影響、たとえば補強巻きが厚ければ逆に支持力が減少することがある。このようにクイ先の細かい形状が支持力に与える影響ははっきりしていないし、また N 値測定のエネギーとクイ打ち時のエネギーが全く異なるのに無理に関係づけようと試みていることにも問題がある。しかし、同一種類のハンマーで、同じような形状のクイを打ち込んだ場合については、マクロにみた N 値からクイの荷重と沈下量の関係を推定すると $\pm 10\%$ 程度の精度で一致する。このように N 値の平均値をとり、かつある使い方に限定すれば割合によく合う結果がえられるが、しかし一般的には使い方の細かなテクニックが開発されていないので、現状では N 値から推定されるクイの支持力はあまり合わないといって差しつかえない。 N 値はまた地盤の粒度組成などにより N 値のもつ意義が異なってくる。たとえば、 N 値50ということだけでなく、少なくとも粒度組成を考慮しないと、クイを打込めるかどうかの判断さえ困難である。以上のようにクイ基礎の設計や施工に N 値を利用するに当たっては慎重でなければならないと思う。

竹中 私の場合には $\phi=0$ と $c=0$ の場合の二つの両極端の場合について考えてみましたが、いままで藤田さんからクイの摩擦について話がありましたが、クイと N 値のあわない場合のよくある例は、 ϕ ももっていて、 c ももっている $N=20\sim 30$ ぐらいでかなり摩擦抵抗が大きく先端抵抗が小さく、地層の厚い場合にクイがある長さまで打込まれますとかなりクイ周囲摩擦力がでてくる。このように標準貫入試験では貫入ができるようにみえる地層中で打止りが生ずるといったケースがよくあります。土質としては風化岩とか風化したマサ、ローム質の土、シルト、砂まじりシルトといったものについては N 値が何を意味するかということの判断することの検討をなにか土質試験でなく他のメカニカルな方法でできないかと考えています。

竹村 クイ打ちと N 値については藤田さんが話されたように多々問題がある訳ですが、地層別に大略何tonというようなデータが蓄積されることから方向性が見出されると思います。耐力を決めるにはそのようなことを背景にクイの種類とか施工法を考慮して、 N 値そのものよりも、もっと全体的な考え方をする必要があります。

阪口 クイ基礎を大きく分けますと打込みグイ、埋込みグイ、場所打ちグイの三種になります。打込みグイについては施工実績、載荷試験結果等も豊富なので、この工法のクイについては N 値を使った支持力の推定が可能と考えます。

場所打ちグイについてもかなりのデータがあり、行政官庁は多くのデータをもとにリバースグイで先端が $N\geq 50$ の東京レキ層に達しているものは 300t/m^2 までとってもよいとしています。こうして設計しても問題がほとんどでいません。しかし埋込みグイについては最近になって使われだしたので、工法もまちまちですし、これについては N 値を使って支持力を判断するには無理があるように思います。

司会 その他に現在 N 値は非常にいろんな分野に利用されているわけですが、たとえば砂の内部摩擦角を N 値から推定することについてはいかがですか。

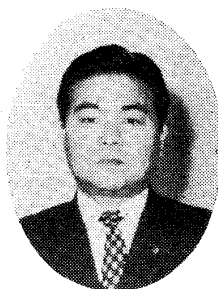
竹中 内部摩擦角を考えるとというのは当然のことですが、 N 値と ϕ の関係を求める場合対照物は、 $c=0$ で ϕ だけをもっているということが前提です。その ϕ を使う場合は支持力の計算と、それ以外に案外使われるのがスベリ面に作用する抵抗、それから自然土の土圧という面に N 値から ϕ を求めている例が多いのですが、結論的にいいますと N 値から ϕ をだすというのは非常に無理がある。国際会議にだされたギブス-ホルツ (Gibbs-Holtz, 1957)、シュルツ-メンゼンバッハ (Schultz-Menzenbach, 1961)、シュルツ-メルゼル (Schultz-Melzer, 1965)らが、大きな土そうの中にきれいな砂を入れて行なった実験結果は、同じ N 値に対応する相対密度(内部摩擦角)がかなり異なっている。したがって実験そうを使用する場合でも砂の種類と状態などの前提をはっきりさせ、それ以外の場合にはかならずしもその実験結果と同じ ϕ と N の関係は実用に使える精度ではなりたないということをはっきりすべきと思います。そのうえ実際の地盤の砂は標準砂や海岸の砂や砂丘の砂のようなものであることは非常にまれであって、砂地盤の ϕ と N の相関関係はある地域またはある地点においてだけしか一つの関係式によって示されないといってもよいのではなかろうか。たとえば、よく引合にだされる東京レキ層と大阪の天満レキ層は N 値が50前後あるいはそれ以上のレキ層ですが、地耐力は東京レキ層の方が大きいことが一般に常識的にいわれています。これは建築研究所で行なわれた高圧実験の結果からも明らかに天満砂レキの方が ϕ が小さくでています。この場合は砂レキ粒子が硬いか軟いかということによるものと思われます。そういうこともありまうから、もし N と ϕ の関係を求めるならばその土質の適用限界をはっきりさせるべきだと考えています。

司会 砂の内部摩擦角を考えるとき、 $c=0$ と仮定した上でというお話ですね。最近の報告によると、東京付近の洪積層の山砂で $N\geq 50$ という所の砂を構造を乱してもう一度相対密度がほとんど同じになるように締固めて N 値を測ると、 N 値が極端に小さく30程度の値しか出てこないわけです。この場合には自然の山砂が cementing されている影響をかなり受けているということがいえると思います。結局 $c=0$ という仮定に無理があるのだらうと思います。しかし、砂は見た目には $c=0$ なのか、あるいは c がある程

度あるのかは非常にわかりにくいので、その意味でも N 値の使い方は非常に考えていただかなければならないと私自身は思います。

竹村 大部前になりますが、成田砂層の乱されない試料を採取し、特殊な方法で三軸試験をやるとかなりの c が測定

されたようです。それから粘性土でクイの摩擦力算定に対し、建築関係では $c_a < 3 \text{ t/m}^2$ としているが非常に問題があると思います。われわれがクイの載荷試験とか他の方法で実測した例でも硬い粘性土で $c_a = 15 \sim 20 \text{ t/m}^2$ が実測されており、 $c_a < 3 \text{ t/m}^2$ を硬い粘性土でも採用することは問題が多いので、むしろ N 値は貫



竹村氏

入することだけでなく、目的によって貫入したものを引抜き力をも測ることによって地盤の工学的特性を知るべきだと考えても良いのではないだろうか。マイヤーホッフの修正式で付着力の項($c_a = \frac{N}{2}$)を考える場合、 $c_a < 3 \text{ t/m}^2$ ($N < 6$ に相当)を限度とするか、 $N > 6$ の場合はどう処理するか、低減係数を乗ずる場合でも、その定量的なものは明確ではないようです。

西垣 それからマイヤーホッフの支持力公式では $q_c = 4N$ の関係を使用していますが、これはあまり単純すぎるので、シュメルツマン(Schmertmann)が土質の種類によってこの関係を求めているように、クイの支持力計算には当然土質を考慮した関係を使用すべきでしょう。

竹村 その点は私もいいたいところです。ただし、その係数がどこまでいくかわかりませんが。

宇都 阪口さんも指摘されていますが、 N 値から支持力を推定する場合、 N 値と ϕ の関係を用いて計算するのは精度

の悪い方法で、わずかな ϕ の変化で支持力が、2倍にも3倍にも変わります。そこでわれわれは N 値から直接支持力を推定する方法を提案したわけです。これは土の動的強さは静的強さと等しいか、2倍以上には測定されていないことから、近似的に静的強さが動的強さに等しいと仮定し、 N 値測定時に地盤からのロッド

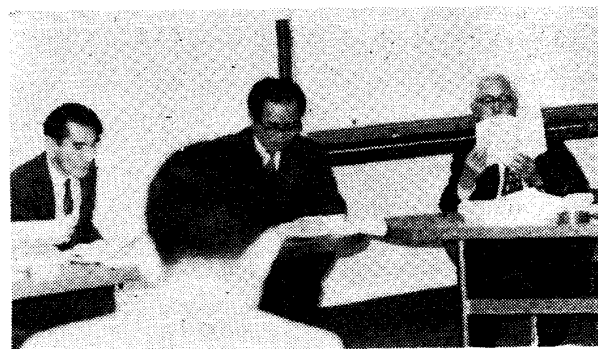


宇都氏

への反射波が重なった応力を測定して、 N 値との関係から求める方法です。これによりますと、マイヤーホッフの式より大きい $q_c = 12N(\text{kg/cm}^2)$ 程度の関係式になります。

5. N 値の補正

司会 それでは時間の関係もありますので、先に進めさせていただきます。まず、いつも悩まされることですが、 N 値の補正の問題を考えたいと思います。たとえば非常に深い所で測った場合、砂レキの場合、それから上載圧という



ものの意味がどのくらいあるのか、その補正について議論していただきたいと思います。この点規格では全く触れないわけですか。

室町 規格は試験の方法だけでして、解説には若干入ります。それは使う方の問題だと思います。私個人としましては30mより深くなれば当然なんらかの補正が必要だと思います。掘削に伴う N 値の低下は明らかにわかるので補正していかないと生のままでは使えないはずで。補正に関係あるかどうか問題なのですが、試験法の違いによるものは補正しようにも補正のしようがないので困ります。トンビ法とコーンプリー法について委員会では検討していますが、あまり差がないものと、非常に差のあるものがあります。実例を申しますと砂レキ層のところでコーン法では N 値が50を越すが、同じところでトンビ法でやると N 値が20~30の値しか出ない場合があります。ほとんど差がなく、あっても5以内の場合もあります。ですからこれはやり方しだいのごとくであって補正の対象ということではないようです。

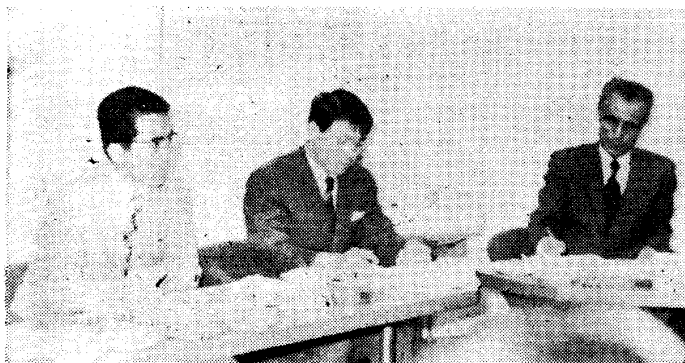
司会 補正について、たとえば上載圧の影響はどうでしょうか。これは室内実験からの議論が随分あるわけですが、宇都先生は室内実験のデータはあまりあてにならないということですか。

宇都 いいえ、上載圧に関する試験をする場合、たとえば土カブリ10mに相当する圧力をかけるときは、同じく10m程度のロッド長さのものを用いて測定するという事です。といいますのは、ロッドが長いか短いによって異なる貫入挙動を示すので現時点ではロッドの短い場合の上載圧による N 値の補正方法を簡単に決めるわけにはいかないようです。ロッドが短い場合にはきわめて複雑な貫入挙動を示しますし、2回目の衝突も考慮する必要があります。このような意味では、標準貫入試験は深いところのサウンディングに適します。これはハンマーのエネルギーをほとんど全部ロッドに伝えてくれるからです。

司会 いやいや、上載圧の関係を出しているのは小さな浅い所で実験しているのでしょうか。

宇都 それで、上載圧の影響を調べる試験では、たとえば、土カブリ厚さ10mの影響を調べるには、土カブリ圧を小さくしたときでも、10m程度のロッドを使用して求めた値と比較しないと意味がないということです。

竹中 上載圧の関係になりますが、図—6.22 (Vol. 22,



No. 9, p. 94) に示したのはケリゼル (Kerisel) が実験そうで行なったコーンテストの実験の一例で、コーンの直径の10倍くらいの深さまでは上載圧の影響を受けるが、これ以上の深さでは上載圧の影響を受けず q_c の値は一定となっています。これと同じような結果はオランダとか、今ちょっと忘れてましたが、とにかく欧州学派の一致した意見としてコーンテストの場合は上載圧の影響を受けないとしている。これは実験そうの場合だけでなく自然タイ積土層の場合も上載圧の影響はある深さ以上になると受けないとしている。もう一つはご存知のように ギブス-ホルツで代表される上載圧の影響を受けるという実験結果があるわけです。去年出されたサングレラの本には上載圧の影響としていずれの結果がよいかの結論を出していません。藤田さんがいわれた根切り前後の N 値の変化、これは恐らく根切り底からボーリングをされたのだらうと思いますが、宇都先生のおっしゃるように根切り底からの測定ではなく、もとの地盤から同じロッド長さにした測定結果と比較しないと比較できない。この比較は現実に私も地下鉄現場でやるうとしてなかなかできないのが実状ですが、その問題とある程度 N 値自体にバラツキがあるとすれば相当のグループでこれを比較しないと結論がでないと思います。私が今まで扱った結果では藤田さんがおっしゃったほどの顕著な違いは出てこなかった。そういうことからいずれにしても ギブス-ホルツの補正ということは大きすぎるということでは明らかです。したがってコーンテストの結果でもよいし、 N 値でもよいのですが、もし根切り底から開始されたものであるにせよ、できましたならこの際は是非みなさんで検討していただければ非常に結構なことだと思います。

7. 標準貫入試験のあり方

司会 それではいろいろなお話をうかがってまいりましたが、やはり標準貫入試験には現状ではいろいろ問題があるということだと思います。しかし、先程の藤田さんのご意見のようにやりようによってはもちろん使い方もあります。それから現場における調査の実状から N 値は今後もかなり使われるだらうと思います。そうだとするならば、これからの標準貫入試験のあり方などについて締めくくっていただきたいと思います。

宇都 特に深いサウンディングの場合、静的なサウンディングより動的なサウンディングの方がエネルギー伝達の面で有利なものと考えています。しかし動的なサウンディングによる場合には、静的な土の常数との対比が必要になります。この対比には、私共が現在実験していますホプキンソン棒法による土の動的測定によって可能なものと考えています。標準貫入試験法はホプキンソン棒法による土の動的試験と同じ原理によっているものと思います。

西垣 いろいろたくさんあるのですが、先程のフォアマンからのアンケートでいわれたように、 N 値を測定するフォアマンと調査工事の発注者とで N 値の測定主旨が異なるのは非常に重大なことです。また N 値の利用あるいは適用にずれがあるのではないかとと思われるのですが、この問題は当然統一されねばならないのであって、測定者・利用者がかつてに判断すべきではないと思います。現実には土質試験を行ない、いくら詳しいことを調べても、設計の段階になると特に砂質土では N 値が重要な要素として利用されているわけです。したがって地盤を把握する唯一のパイプが N 値であるわけですから重要な問題なわけです。

そのためにもこのあたりで、 N 値は何を計っているかということをご各方面の方々に考えていただき、意見を出しあって再検討すべきだと思います。極端にいうと、 N 値と多くの土性との相関に関する経験式はすべてない、ゼロの状態から出発しなさいなければ、測定結果の N 値だけがどんどん利用されてしまうということになります。

司会 もちろんその場合には N 値の測り方をまずはっきりしてからということですね。

西垣 そういうことですね。

藤田 何度もいうようですが、私自身は N 値をこれ以上まじめに取り上げる価値はないのではないかと考えています。すなわち、 N 値の数値自体を問題にするのは誤りで、もっとラフに考えて土のランクづけにだけ使っていくということ徹底させるべきです。

竹中 サングレラの本の序文にペックが最初に書いていますが、貫入試験というのはいろいろ問題があるにしても、とにかく文句なしに現場につかっていることに間違いはない。そういう現実を踏まえて考えますと動的な貫入試験と静的な貫入試験というのはもっと研究しなくてはならないといっていますから、今後の方法としては、宇都先生が行なわれた貫入試験に関する世界的に例のない理論的・実験的な詳細な研究成果を利用し、われわれが現場などで行なった実測結果を解析して、より積極的に、より一層利用を進めていくことがこれからの土質力学の実際の利用という点に貢献するのではないかと考えます。

司会 どうもありがとうございました。こういう試験法の明るい将来の展望をしていただいたわけですが、阪口さんいかがでしょうか。

阪口 建築の分野については、地盤の評価を過去のデータ



と地質学的な分類からマクロにみて、それに対して N 値を利用する必要があるように思います。それから今後はボーリングのようなよごれる作業は若い人から嫌われるようになると思われまますので、早い時期に試験の自動化、自記録化が必要になるものと考えています。

竹村 N 値は地層区分とか工学特性の大分類を目的とするのです。その目的から考えて貫入試験の特性の一つである採取された試料をもう少し利用して、たとえば含水比、 $L.L.$ 、 $P.L.$ だけでも数多く実施して、その精度を上げることを考えてもらいたいものです。

N 値と土性の相関性を精度的に再検討し、その適用限界を明確にして、 N 値が万能でないことを認識しながら、土質試験とか他の原位置試験を多用していく方向であってももらいたいものです。また、試験の方法を決めるに当たっても、 N 値の利用面（適用面）からの精度、すなわち利用面からの価値と貫入試験実施に当たっての安全性、やりやすさ、能率等がバランスする方向で考えてもらいたい。 N 値の利用面での精度に比較していたずらに試験方法のみが厳し過ぎるのもどうかと思います。現在、地質調査業協会でも技術委員会の中で N 値の自動化も含めて再検討するための小委員会を設置して活動しておりますが、なんらかの意味で学会にもご協力できるのではないかと考えておりますので、技術委員会を窓口にご指導いただければと思っておりますので、よろしくお願い致します。

司会 どうもありがとうございました。今日は時間がないもので、地下水の影響などかなりまだ問題のあるところをとばしてしまっただけですが、最後に、室町さん、これから改訂案を作られる立場もおありでしょうが、その先でも結構ですし、あるいは将来の展望でも結構ですから、お願い致します。

室町 そうですね、JISの改訂につきましては当面困っていることが二つあります。一つはコーンプリー法とトンビ法が正確に行なわれた場合、本当にどれだけ差があるのかわからないことです。地盤によって差が出るのですが、一番大きいのはフォアマンの技術、あるいは技術でなくてやり方そのものであると思います。これについてはどちらかがだめならだめだと烙印をおしたいのですが、幸か不幸かそろわない。したがって、方法を絞りたいのですが

絞れないということです。つぎは自動の問題で、将来は間違いなく自動化の方向に行くと思いますが、今決めかねることです。その前のステップとして前の二つの方法の相異をどうしてもはっきりさせたいという気持です。それがわかりましたら規定におりこんでみたいのですが、今の状態ではそうはなっていません。それから将来の方向といたしましては、諸先生からご指摘がありました大型サンプラーをもった動貫入を開発していくことです。これをそろそろ日本でもやる時点に来ていると思います。だんだん工事も大型化してきましたし、それに見合うものとして、今の標準貫入試験のスタイルそのものを踏襲するだけではどうも実際にそぐわないと思います。それで落下高さも高くするし、方法も自動化してもっと大きなものを使った方が確かに有利であると判断ができるわけです。それから日本の特殊事情だと思いますが、あまり早めに標準貫入試験を導入したものですから、他のサウンディングに対してはそれほど大型化しようとする熱意を持っていないように思われます。特にフランス、ベルギーになりますと、静的貫入試験といえどもかなり大きな能力を持っていて、 q_c の値にしまして、 $1,000$ とか $2,000 \text{ kg/cm}^2$ とかいう値のものが測定されていて、かなり高いところまで測られています。そういうことを考えますと、 N 値で 100 以上あるいはもっと大きな範囲まで静的に測っていることになりまますので、静的なサウンディングも合わせて将来開発を考えねばならないと考えています。ですから、標準貫入試験では今のスタイルでしたら、一応こういうふうに使えばよろしいと限界をはっきりと示したい。今度の場合でも解説にそういうことを入れようと思っております。

司会 現時点における標準貫入試験の問題点と、これからわれわれとしてどのようにしていったらよいのかということ、土と基礎の読者と一緒になって考えるような形でございましたけれど、ある程度議論ができたように思います。どうも大変長い間ありがとうございました。

●講座「 N 値を考える」の執筆委員でありました竹中準之介先生は、本年9月4日、ブラジルにて急逝されました。心から哀悼の意を表します。

(土と基礎編集委員会)