

实用講座
シールド
工法
最終回

座談会・シールド工法の話題*

会誌編集委員会

吉村 ご存じのとおり、土木学会誌にさる第50巻第7号から掲載されておりますシールド工法の講座が近く完結するわけですが、この際、シールド工法の講座執筆者と読者の側から特にエキスパートの方にお出でいただいて、いろいろお話しを承わろうということでお集まりいただきました。本日の司会は加納さんをお願いしたいと思っておりますのでよろしく願いいたします。

司会 それでは早速本論に入らせていただきます。この講座の冒頭で、藤井さんがシールド工法は万能薬じゃない、オープンカット工法に比較して割高である、そういう面からセグメントの研究が非常に必要である、こういうことをおっしゃっていましたが、これについても一言藤井さんから伺いたしたいと思います。

シールドは移動式の支保工である

藤井 シールド工法というものは、最近のような都心での地下鉄工事などにおいては、路面交通を支障しないとか公害の面からいって、最もすぐれた方法であるということは疑問の余地はないと思うのです。しかし、現在のところでは、他の工法にくらべて相当高くつくことも事実なので、したがって、仕事を計画する側からいえば、ほかの方法ではどうしても掘れない、シールドによ

らざるを得ないという場合は議論のほかだけれども、そうでない場合、たとえば都心以外で地質的にも問題がないような地下鉄建設の場合などにおいては、経済比較において、最近のシールド万能薬的考えかたを大いに批判をせざるを得ないのじゃないか。しかし、シールドが高いのは、不当に高いわけではなくて、この工法はまだ発展の途上にあつて、しいていえば研究費的なものも負担しなくてはいかんし、設計する側も施工する側も、そう長い区間を同一のシールドで確信をもって計画するというような場合は少ないので、きわめて短い区間でそれを全部償却せざるを得ない、というようなことで非常に高くなっている。セグメントも、土圧とシールドの推力の縦の荷重を受けるので非常に頑丈なものではなくてはいかぬということで、高くなってゆく。

高くなる理由は、十分わかるわけですが、ひるがえって考えてみると、シールドとは移動式の支保工じゃないか。その一種の支保工に全工費の過半をかけるということが、はたしていいのかどうかということになると、非常に問題があるのじゃないかと思うのです。シールド全般に関する、あるいは実際に施工したりする側から、どういうところに問題があるかということは、おおむね講座で指摘されているとおりでらうと思うのですが、これを進歩させるということ、私の感覚からいえばもう少し安く、しかも確実にできるようにするべきじゃないかと考えているわけです。

司会 村山さんと西嶋さんは、この実用講座で、設計・施工に関する基本的な理念や最近の傾向、機械化シールド等に関して、いろいろ貴重なご意見を述べられておりますが、そこでいづくせなかつたこともおありかと思っておりますので、それらについて簡単にお話ししたいと思つたと思います。

村山 講座ではページ数が限られておりましたので、シールド工法の概論的な羅列程度になりました。もっと各論的なものを書かなければならないのでしようが、いつか機会をみて述べたいと思つた。

西嶋 やはり、一応概念的なところから出発してということになりますと、肝心なところがボケたという感じがいたします。今後機会があれば、そういう点を補足させていただきたいと考えております。

司会 どうもありがとうございました。それでは、これから具体的に皆様のご意見を伺っていきたいと思つた。シールド工法が高価につく一番大きな原因はセグメントの選定方針が大いに関係すると思つたのですが、どういふところへどういふものを使つていくかというようなことについて、お話しさせていただきたいと思つた。最初に名古屋で地下鉄最初のシールド工法をおやりになって、鉄筋コンクリートのセグメントが使われたことについ

* 本座談会記事は、昭和40年11月25日東京新宿ステーションビル レインボーホールで開催した際の速記録からの抄録です。本稿をもって〈実用講座・シールド工法〉を終了致します。

て、渡辺さんからひとつ……。

コンクリート セグメントは安価か

渡辺 当時としてはあまり例もなく、もっぱら開門鉄道トンネルのシールドを参考にしました。これは鉄製のセグメント、あるいは鉄筋コンクリート セグメントの二つにしばられたような状態でした。参考程度にスチールでビルトアップしたものも考えましたが、コストの比較は主として鉄筋コンクリートについて行ないました。その結果、当時鉄筋でコンクリートによる場合は鉄鉄にくらべてセグメント製作費がだいたい 1/3 くらいになるということでした。ただ重量的にはコンクリートのほうが大きくなるので、組み立ての費用が大きく、また二次ライニングの厚さも厚くなるという点もありますが、それらもたいしたものではない。そういうことで主として経済的な点から、コンクリート セグメントを使ったわけです。

司会 つぎに、早木さんから大阪の例を……。

早木 私のほうでも、単線型シールドでは、ほとんど RC セグメントでやっております。鉄鉄とか、ダクタイルは、セグメントとしては理想的ですが、やはりコストの面で大分差がありますし、ビルトアップも検討はしましたが、電食など耐久性の面で感心しませんし、RC が一番適当だろうということが進んだわけです。これには名古屋市が先べんをつけられたこともあります。防水問題もエポキシ樹脂を利用すれば、何とかいけるのではないかと考えましてやっております。それから複線型シールド、これもほとんど RC です。ただ一部渡り線部などの特殊な場所にダクタイルを使って、RC 部分と断面を同一にしたところもあります。

司会 西嶋さんのほうでは、鉄筋コンクリート セグメントとダクタイル セグメントをお使いになって、現在の設計では一次覆工だけで二次覆工をしない方針のようですが……。

西嶋 ご承知のように、RC のほうはろう水に対して若干弱いという欠点をもっているといわれていたわけですが、最近は化学材料も進歩して、さきほどいわれましたように合成樹脂でかなり防水に役立つものもできておるし、現にパリの複線トンネルが RC で二次巻きなしでやっているところも実際見てきましたが、きっちりしております。もちろん RC で二次巻きをやめれば、当然安くなる。そういう経済的な理由から一般に RC を採用したわけですが、

駅の部分では一部ダクタイルを使っております。これは断面も大きくなりますし、さらにろう水の問題についても、駅で起きると後始末もやっかいですので、ろう水に対して安全なダクタイルでいこうじゃないか、工費比較では若干高いが、そう大きなオーダーではないということでダクタイルを使ったわけです。

それからお金の問題は、いま渡辺さんのお話しでほしい 1/3 くらいの違いがあるということも出ましたが、私の試算では、駅部分複線トンネルがダクタイルを使って 1m 6 トンで、いまだいたい 1 トンあたり 11 万円くらいですので、材料費は 66 万円程度になる。これを複線部トンネルに適用して考えますと、だいたい 53 万円くらい、さらにコストが少し安くなると 50 万円くらいに押えられるのじゃないか。RC の場合だと 1m 25 万円～30 万円になりますから、この差がセグメントとしての差になります。他に二次巻きの費用と、断面を縮小する掘削その他の費用がやはり 1m について 15 万円ぐらいいは違うのじゃなからうか。そうすると 50 万円から 15 万円を引いて、35 万円と、25 万円ないし 30 万円。これは少しキャストのほうに肩をもったいいかたになるかも知れません。もうちょっと大きくなるかも知れませんが、だいたいオーダーとしては、そのくらいではないか。したがって、ろう水を非常にきらうような場所については、キャストも考えてみる必要はあるのじゃないかと考えられます。しかし、羽田にしても大阪にしてもろう水の問題はまったくないので、RC で十分じゃないかというふうにも考えられます。

将来は、RC セグメントは、もっと経済的な設計の余地があるかと思えますし、一方、キャストのほうは大量生産によって安くするという程度のものでありますから、そうは安くならない。したがって、その差は多少大きくなっていくかも知れませんが、現段階ではいま申した程度の差ではないかと思うのです。

司会 つぎに、大部分スチール セグメントをお使いになっておられる東京都下水道局の土田さんからご意見を伺いたいと思います。土田さん、このへんの事情はいかがなものなのでしょうか……。

出席者(発言順)



藤井松太郎氏
トンネル工学委員会委員長



村山 朝郎氏
講座執筆者・京大教授



西嶋 国造氏
講座執筆者・帝都高速度交通営団



渡辺 晴朗氏
名古屋交通局

小断面の多い下水道では RC は 不利な点がある

土田 下水のシールド工法の場合は、断面が非常に変化します。私どもの方では昭和 37 年に初めて石神井下幹線でシールド工法を採用したわけですが、この場合シールドの外径が 2500 mm、セグメントの組立て内径が 2200 mm でありますので、RC のセグメントを用いますと、スチールセグメントでも 1 ピースが 53 kg 位ですから、コンクリートではだいたいその 3 倍から 3.5 倍の重量になる。これでは人力で組み立てることができない。組立ての方からスチールセグメントに制約されたわけです。現在では一番大きいのは、シールド外径が 6140 mm できて、いま申しました 2500 mm から 6140 mm の間でだいたい 10000 m くらい工事をやっております。コンクリートセグメントも、仕上り内径 5000 mm のものに採用しましたが、施工業者の方から工費の点はともかく、施工しにくいという話があって、2 回目の工事のときは RC をやめて、スチールセグメントに変えたというようなこともあります。下水では二次覆工を必ずやりますので、RC の場合セグメントではリップの高さが大きくなり、その結果シールド外径が大きくなって余計に掘削しますので工費も余計にかかるということにもなります。

司会 同じく東京の下水道局で一部ダクタイルをお使いになったと聞きましたが、現場を担当された伊藤さんに、この間の事情をお願いします。

伊藤 当時、スチール、RC、ダクタイルの三つが選択の対象になったわけですが、RC については、時間的にも許されないということと、先ほどの取扱いの点と DCI あるいはスチールを使えば、フランジの高さ、リングの高さがだいたい 200 mm 前後で納まるのに対して、RC では 300 mm くらいになる。直径にして 20 cm くらい大きくなる。これは取扱いの問題を除いて断面の増加にともなう施工量の増大が考えられ、したがって RC の場合は、セグメントのコストそのものに 10% 程度考えなければならぬ。結局、当時工期の関係と技術的にいくらか解析できない問題が残ると思われたので、

RC を採用しなかったわけでした。RC を使う以上、施工のうえで接着剤その他まだまだ工夫を要するところがあるのではなからうか。現在大阪の地下鉄の現場では、ジャッキのスプレッダーの配置とともに、シールド後部におけるセグメント保持用台車を考え、RC の弱点の除去に努めています。

司会 窪田さんから、現場で実際にこれらをお使いになった立場のご意見を……。

高価だが扱いかいやすいダクタイル、スチールセグメント

窪田 私は、RCセグメントを名古屋で使い、大阪ではスチール、RCダクタイルの各セグメントを使いました。RCセグメントで問題になるのは、重量が大きくなり、土圧によって破壊されるのではなく、組立てかたの不正確にも原因があるが、シールドジャッキの推力によってクラックが入る場合が生ずる弱点がある。しかしRCセグメントは何といても値段が他のものより安いので、地下鉄のように大きな断面ではほとんどRCセグメント一本やりで使って参りました。RCセグメントを使った場合のろう水は、大体ですが 50% は麻輪のちぎれた所から、あと 40% くらいがジョイント部分から、10% 内外がクラックを生じた箇所からのようです。このクラックの問題は、セグメントに当たるシールドジャッキの支圧面、すなわち、ジャッキスプレッダー等をもう少し改良すれば防げると思います。

ダクタイルセグメントについては、RCセグメントと一番違うなあとと思われる点は、フランジの厚さが薄いため、ちょっとぐらいボルト穴の位置が違っていても非常に組みやすいことです。値段を別にすれば、ダクタイルセグメントは使いやすいと思いますけれども、私の経験の範囲では、値段はRCセグメントの約 2.5 倍になっています。それで、やはりRCセグメントをもう少し改良することに力を注げば、RCセグメントが余計に使われるのではないかと考えております。

スチールセグメントは、大阪で上・下水道合わせて 7 カ所ほど使っていますが、軽くて扱かが簡単で、溶接が効きますので、業者とすれば喜んで使っている訳です。



早木 保則氏
大阪市交通局



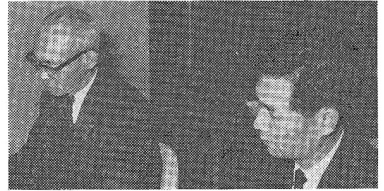
土田虎一郎氏
東京都下水道局



伊藤 豊氏
前田建設株式会社
・東京支店



窪田 時夫氏
株式会社熊谷組
大阪支店



司会 加納俊二氏(左) 吉村 恒(右)
トンネル工学委員会幹事長
会誌編集委員会委員

比較的上下水道では浅い所に管路をとおすので、必ずといってよいほど埋設物がある。その間をくぐり抜けなければならないから、断面を最小限にして余分な所を掘らないようにしなければならないし、それにカーブなどがあっても、スチールセグメントなら現場で簡単にテーパリングなどもできますし、細工を加えることもできる。ダククイルセグメントにくらべて、機械仕上げをしてないために、やや不正確になりやすい点はあるが、値段も安い、扱いかいやすい、断面も小さくできるということで、上下水道にはもっぱらスチールセグメントを使っております。

司会 これはちょっと素人くさい質問になるかと思いますが、普通の山岳トンネル方式で何とか掘削できるような場合に、その地点で土かぶりか 25m とか 30m としてシールド工法が採用されたとしますと、非常にやかましい計算をしてセグメントの設計をする。ちょっと考えると、何か非常にオーバーストロングじゃないかという感じがするわけですが、これについて村山さんのご意見を伺いたいと思います。

村山 トンネルの土圧は地山の条件だけでなく、施工の方法によっても影響されますから、工法が異なれば当然土圧にも差異がでると考えられます。施工法によって土圧がかかる理由は、地山内部に与える緩み量の空間的・時間的分布が地山の支持の仕方かわるためでしょう。このことは後で述べるとして、一概にシールド工法といっても、現在施工されているような剛性の大きいセグメントを用い、テイルボイドは掘進後ただちに充てんするような地山の緩みを与えにくい方法もある一面、たとえば山岳トンネルの支保工のような、鋼わくと板とを現地で組合わせる、いわゆるリップアンドラギング式の一次覆工も考えられます。土かぶりが大きく、地表への影響の出にくい地盤のところでは、このような簡易な一次覆工も使えるのではないかと思います。以前この型に類する一次覆工の利用を、提案したことがありました。このように一概にシールド工法といっても、覆工の形式やその施工法で地山の支持程度にはかなり幅ができると思います。

つぎに、ご質問にあった山岳トンネルに用いられる普通工法とシールド工法の土圧の相違は、つぎのように考えられます。普通工法では、支保工を建ててから相当時日を経てコンクリート覆工をするので、覆工を施工するまでに地山の变形すべきところはかなり变形がおわってしまっている。一方シールド工法で剛性のある覆工を用いた場合は、地山の弾性による瞬間的な変形以外の遅発性の変形は非常におさえられている。したがって、地山を緩ませることが少ないので、緩みが原因で発生する土圧は少ないかわりに、粘質土のような変形速度のおそい地

盤では、応力緩和や吸水ぼう張などのような遅発性な漸増的な土圧が覆工完成後もときととも増大するおそれができます。デトロイトの下水トンネルのシールド工事の覆工では、粘土地山の土圧が5年間にわたって増加を続け、ついに初期の土圧の50%も増加して、土かぶり圧の値に達したとの記録があるのもこの一例ではないかと思えます。日本でも今後シールドが地下深くをとおるようになると、強く圧密された洪積層の粘土などでは、この種の土圧をセグメントの設計において考慮せねばならないことがおこるでしょう。またこのことからみて、シールドの施工法においても、山岳トンネルの普通工法に準じて、ある程度ゆるみを上手にとり入れる工夫が有効な場合があり、それに応じた施工法が考えられるのではないかと思えます。

司会 ありがとうございます。つぎに蛇行の問題に移りたいと思います。これについては、実際におやりになった皆さんがたから、どういふシールドの断面でどういふ地質であるか、そしてテーパリングを何%ぐらい使って、一番大きな蛇行はどれだけあったか、その原因はこうだった、というようなこととお話していただきたいと思えます。最初に早木さんから大阪の地下鉄の例をひとつ……。

シールドの蛇行はまだ研究の余地がある

早木 私ども地下鉄2号線でやっておりますのは、断面でシールド外径7m、地質は台地部の洪積層でございます。G.L. から10mばかり砂層があつて、その下に2~3mの粘土層、その下はまた砂利混りのよく締った砂層をなしております。上部砂層はかなりゆるいN値で10~20ぐらい、粘土層は約10前後、砂利混り砂層になるとN値が50以上、70~80といった数字の出ているところに、最初は粘土層をシールド断面の真中あたりに見ながら25/1000の下り勾配でもぐってゆきました。延長約450mの約半分を過ぎますと粘土層が切羽上部にかぶさるといった地形です。それで当初、切羽上部のゆるい砂層を警戒して、先掘りもほとんどやらずに相当きびしい条件で作業をやりました。蛇行の限界は一応15cmぐらいは覚悟していましたが、目標は5cm以内という希望をもって進んだのですけれども、これはどういふ駄目でした。とくに上部と下部の地層の堅さの差が作業に相当影響をおよぼしまして、一番大きいところで16cmという蛇行量も出ました。なお左右の蛇行も14cmが出ており、シールドの蛇行制御もまだまだ研究の余地は相当にごさいます。原因としては下の方の抵抗が大きいのでシールドが下向きがちとなり、また推進用のジャッキの能力のほとんど一杯を使わないと進まなかつ

たこと、またテーパー セグメントのテーパー度も少し大き過ぎたのではなからうか、というふうに考えています。テーパー度は 90 cm 幅に対して -6 cm ですが、その半分ぐらいが使いよいのではないか。蛇行は早い目につかんで、こまめに修正すべきだろうと考える次第です。実績では、カーブもふくめて約 9 %、直線のみ修正には約 6 % の使用量となっております。

司会 名古屋の地下鉄は、すでにいろいろなものに報告がでていますから、ごく簡単に渡辺さんから……。

渡辺 土質はシールドの断面の 1/2 から 2/3 下が粘土で、上が小さい礫まじりの砂礫です。テーパー セグメントはセグメント外径 6 400 mm に対して 50 mm のテーパーをつけ、750~700 mm の片テーパーです。フルに使いますと方向転換度は 26'9" くらい……。線形は上下線合わせて、延長 746 m のうち、R 400 の曲線区間が 563 m ありますが、蛇行の結果から申しますと、最初押しました線については、横方向の最大が 120 mm、鉛直方向に 90 mm ばかり出ております。

断面の決定としては水平・鉛直とも 150 mm の許容量をもたせていたのですが、最初の線は中心線を気にしすぎて、しょつちゅう修正をやっていたものですから、かえて蛇行の数を多くしたということで、二番目に押し込んだときは、その経験をもとに、ずれだしたら早目にかつ徐々にもどすということでやり、水平の最大はだいたい 80 mm くらいに押えておりますが、鉛直蛇行の方は一部に 90 mm という値が出ています。テーパー リングの使用数は全体で約 19 %、曲線区間では平均 24 %、直線区間では上下蛇行修正もふくめて 3~4 % の使用状況です。

司会 つぎに上下水道の場合には、どうしてもシールド本体の長さとの比率の点から蛇行の修正は非常にむずかしい面があったかと思えますし、もう一つは、水をとおすのだからというので、いくらか楽な気持ちでやることもあるかと思えますが、土田さんにお話したいと思えます。

テーパーリングの使用は早目に

土田 たしかにいま司会者のおっしゃったような面がございまして、私どもでやりました中で一番大きく蛇行したのは、左右で 16 cm というのもありましたが、このときはテーパー セグメントはほとんど使わないで済みました。一番最初の石神井下幹線のときは、初めてでしたので非常に神経質にやったのですけれど、だんだん慣れてくるのにしたがって、シールドの操作も上手になり、それと同時に、異型のセグメントをあまり使わないで何とかもって行こうというような考えかたが、だんだん出ております。これは考えなければならないことと思えますが……。

司会 施行者側としても、もちろん蛇行させないよう努めてやっているわけなんです、いろいろな原因で蛇行が起きてくるのでしょうか。窪田さんのご経験では……。

窪田 地下鉄用シールドでは、二次覆工をコンクリート プレーサー、またはコンクリート ポンプを使って施工能率を上げるように考えますので、それらのパイプをとおすため、クラウン部に少し余裕を持たせないとかえることがある。だから意識してシールドを少し計画線の上を走らせるように考えている。左右の蛇行は注意しておりまして起きやすいものです。

幾例か施工して感じましたことは、カーブを切ってゆく場合のシールドの軌跡は、初めのうちはトランションカーブのような軌跡を描いていて、後のほうになるとクロソイドカーブのような軌跡を描きます。円曲線にするには、曲線の内側に幾つかの弦を引いて、その弦ごとに折って進む。そして好ましいことではありませんが切羽で側壁部を少し余掘りして所定の線上を進むようにします。また蛇行してしまっても、急激に直さないで徐々に戻して行くというやりかたで進めております。上下水道の場合、特に大阪では、非常に浅い所で他の埋設物を

座談会風景

東京新宿レインボーホールにて写す



よけてシールドをとおす、という曲芸に近いこともやりましたが、事前に埋設物をオープンカットで処置した箇所では、シールドが上下に蛇行してしまいます。それからテーパリングの使用は、その時期を失してはいけません。早め早めに、特に地質のやわらかい所ではテーパリングでセグメントの方向を変えておけば、シールドはそのテーパセグメントにならなくて曲がってゆくのだから、早めにテーパセグメントを使え、と私どもの職員には教えております。

司会 つぎは都会地におけるシールド工法での地盤沈下の問題と、その防止対策、特に注入材料と施工法について伺いたいと思います。大阪の地下鉄における考えかたを早木さんからお願いしましょう。

むずかしい地盤沈下対策

早木 基本的には、やはり都市シールドは絶対に沈下を起こしてはならない。しかし地質条件によっては、いささかむずかしい問題でもあります。

切羽山留め、裏込め注入、圧気などの問題が関係しますし思ったほど簡単ではないようです。私どもの経験では上部に粘土があると沈下はありませんが、砂の場合はよほど注意しないと……。裏込め注入も非常に大事な仕事ですが、ハダ落ちがあると成績はよくありません。特に豆砂利が入りにくい。したがって、モルタルを大急ぎで入れないと工合が悪いことになります。今後は、裏込めに豆砂利を用いたコンクリート注入方式を検討しておりますが、推進と同調注入を考えておりますが、これも実際はまだいろいろ問題もあるかもわかりません。法円坂シールドではこの方法をやっておりますが、同調注入まではいっておりません。

司会 非常に地質の悪い所の地盤沈下と注入の問題について、土田さんをお願いします。

土田 セグメントの組立内径によって、カニフミキサを入れる余裕があるかないかで、注入工法が変わってくるわけで、私どもの例では、セグメント内径が2200mmではカニフミキサを入れられないので、ある距離セグメントを組み終ってから注入しますが、2600mmならなんとか入れて、シールドの進行に並行して裏込めができます。つぎに沈下ですけれども、私どもの例ですと、小さいシールドですが、土かぶりが3mくらいの所で、多いところで20mmくらい沈下したということがありました。ある程度までこれはできるだけ裏込めはやっているのですが、これがなかなかうまく入らないのと、切羽の掘削土留めにも問題があると思いました。裏込めが入らないため豆砂利を入れずに、直接モルタルを注入したという例がございます。ですから、その場所場所によ

って注入材料とか注入方法も変えていかねばならないと思います。

司会 伊藤さんも注入をいろいろ研究されたと聞きます。実際におやりになった方法について……。

伊藤 現在大森幹線でやっている方法は、最初一応豆砂利を混入したモルタルでスタートしたのですが、グラウトポンプの性能などからいろいろ改良を加えて、最終的にはモルタルの注入ということになりました。3日強度で約3kg前後のものでやっています。シールドは、坑内にポンプが持込めるかぎり、推進と同時にモルタルを注入してゆくという方針で進めております。しかし、同調注入といいますが、どんなに容量の大きいポンプを持っていても、当然タイミングとして、下側と上側はずれる。ずれるという問題がある以上、土質によってはやはりクラウンの近くについては、なんらかこれ以外の方法を考えてやる必要があるのではないかという気がします。

沈下を今後の重点研究の目標に

藤井 この注入とシールドの進行の問題は、非常に密接な関係があると思うのです。地盤の沈下ということでは、実はテイルボイドの問題よりも、むしろ土に自立性がなくておさまっていかんような場合に、どれだけ内部に土を取り込むかというような問題のほうが大きいと思う。ですから、注入の問題は、テイルボイドはもちろんのことだけれども、いかにして地盤を自立性に近いものにして、主として切羽のほうの変形を押えるか、ということのほうが、実は本論じゃないかと考えるのですが……。

村山 切羽を掘削するときにも相当のゆるみができます。それがもとになってテイルボイドのハダ落ちが促進されやすくなることもあると思います。

藤井 つまり私の申し上げているのは、切羽のほう地表におよぼす影響が大きいんじゃないか、ということなのです。

司会 藤井さんのいわれたことを証明する一例があります。東京都内におきまして、テイルボイドは計算からくるボイドの量がありますね。それに100%、120%の注入をしましたが、延長区間に相当の沈下を起こした。これは、前面の土が崩壊をしたとか、余分に掘ったかいずれにしても、その付近の沈下量から見て、計算以外の大さの沈下が起きている。だから、これは今後ご研究を皆さんにお願いしたい。

西嶋 この問題は私も非常に心配しておったのですが、羽田のほうでも、前面の押えかたの不十分さによる沈下と、テイルボイドの大きくなるための沈下と、どっ

ちが大きいのかということについて、いろいろ勉強されている話を聞いたのですが、あそこでも沈下を防ぐために押鉄板をやってテイルボイドをすぐふさぐやりかたをとった所は非常に沈下が少ない。ですから私は、テイルボイドを早くてん充するということが沈下防止には大事なんじゃないかと考えているのですが……。

圧気と薬液注入

司会 つぎに圧気と薬液注入につきまして考えかたと実際の施工例を伺いたいと思います。まず土田さんからお願いします。

土田 根本的には、立坑のまわりとか、エアロックをつくるまでの無気圧の部分とかの、特別の場合以外はあくまでも圧気だけで薬液注入はしないという考えかたをとっています。しかし実際やってみると、圧気ばかりに頼ってられない場合も出て、結局、薬液注入は部分的に、土質に応じてやっているのが現状です。

早木 私のほうも、圧気が原則です。しかし、砂、砂利層の場合は多少問題もあって、薬注を考える必要もたしかにあります。特に立坑まわりは地山をゆるめているので、薬注をどうしても考えざるを得ません。それも相当大量に使わないと効果が期待できないのではないかと思います。

司会 切羽の状態がたまたま非常に透気性の大きい地質の場合、圧気に対してどういう処置をされたか、その場合、圧さく空気を最大どのくらい運転されたかについて伺いたいのですが……。

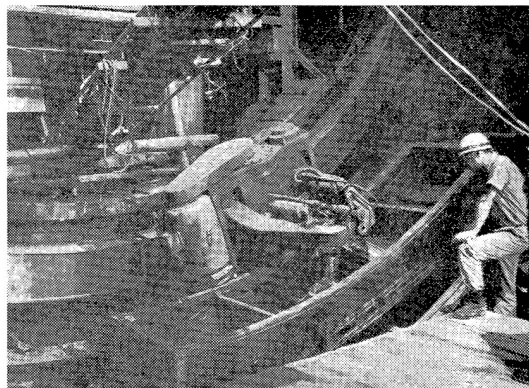
窪田 シールドを進めていて、砂礫層にあたると透気性が大きくてろろ気しますので、切羽へモルタルや粘土を塗るとか、セメント紙を張って、その上にさらにモルタルを塗るというようなことをやります。

圧気用のコンプレッサとしては、現在大阪の直径10.32mある地下鉄複線シールドでは低圧1020馬力を用意し、その他に200馬力の高圧コンプレッサをすえてありますので、最大必要時1220馬力充当できるようにしています。

シールドの規格化と施工量の確保を

司会 それでは最後に、日本における今後のシールド

複線シールドにおけるセグメント組立状況



工法の機械化掘削のいきかたについて、藤井さんから……。

藤井 シールド工法そのものがそうなのですが、こういう地質に対してはこれがよいのだということになるべきで、機械化にしても、一般的にどこへ持って行ってもよいような万能の機械などというものは生まれっこない。地下鉄にしろ何にしろ、非常に建設費の高いものだから、早く効果をあげよう、早く完成しようということから出発しがちですが、これもただ早ければよいというわけじゃないので、これくらいのスピードが要求される場合には、お金のほうは高くなるけれども、こういうシールドがよいんだという将来の研究にまたなければならぬのですが、そういうふうに進んで行くべきだと思うのです。

それから、シールドを安くするためには、鉄道みたいなものはそう大きさに差のあるものではないのですから、企業者側で何とか相談して、できるだけシールド外径あたりも規格化して統一することが必要だと思うのです。

司会 村山さん何かございましたら……。

村山 いまいわれた規格化はぜひ実現したいことです。もう一つシールド工事を安くするには、企業者はシールド工事の施工延長をあまり短くせず、シールド工事にふさわしい施工量を確保されることも必要ではないでしょうか。

加納 どうもありがとうございました。それではこのへんで座談会を終りたいと思います。皆様のご意見を十分伺えなかったこともありまして残念なのですが、時間になりましたのでこれで終りたいと思います。

トンネル標準示方書

トンネル標準示方書解説

トンネル工学シリーズ 1 第1回トンネル工学シンポジウム

トンネル工学シリーズ 2 最近のトンネル工学

——工事の実例と話題——

A5判	34 ページ	定価	100 円	送料	30 円
A5判	128 ページ	定価	600 円	送料	50 円
B5判	106 ページ	定価	350 円	送料	50 円
B5判	136 ページ	定価	250 円	送料	50 円
		会員特価	500 円		
		会員特価	400 円		