

論文番号 I-1

題名 覆工コンクリートへの火山ガラス微粉末混和による品質向上についての研究

発表者 戸本 悟史 (株式会社 建設技術研究所)

討議 1 在来工法と NATM との打ち込み方法の違いについて

質問者：覆工調査のサンプリングについてお聞きしたい。対象となるトンネルは 1977 年の施工であり、今から 45～46 年ほど経過している。打ち込み方法は、在来工法と考えられるが、現在主流となっている NATM でも覆工コンクリートは同じと考えているのか。

発表者：打ち込み方法は、在来工法と NATM と違うところもあると考えている。今回、サンプリングを行ったトンネルについて、吹上りがどこであったかの記録は残っていない。しかしながら、サンプリングを行った箇所は覆工の妻部でありコンクリートの流動先となることは変わらないと思われるため、調査目的である粗骨材の分布や内部欠陥の発生のしやすさは同じであると考えている。

質問者：打設方法や機械も異なるが、そのような認識でコンクリートは同じと考えているということではよろしいですね。

発表者：施工記録では、どのような打ち込み機械を用いたかというところまでは確認できていないが、コンクリート（に生じる問題）は同じと考えている。

討議 2 火山ガラス微粉末を用いる場合の配合について

質問者：火山ガラス微粉末の配合割合は 15kg としているが、それにいたった経緯を教えてください。

発表者：火山ガラス微粉末の配合割合の 15kg は、過年度の研究成果なども参考としながら、決め打ちで配合量を決定した。トライアルまでは実施していない。

質問者：火山ガラス微粉末を用いた配合の場合、高性能 AE 減水剤を使用しているが、混和剤のコントロールがどのようであったか教えてください。

発表者：当初、一般の AE 減水剤を使用したスランプロスが大きかった。このため、高性能 AE 減水剤を使用した。高性能 AE 減水剤を多くすると中流動コンクリートと同等の性状になったため、トライアルをして添加量を決めていった。

質問者：高性能 AE 減水剤の量が多いことから、混和剤によるコントロールが難しかったのではないか。

発表者：模擬型枠試験の時、現着のスランプロスが「0」であった。実打設は、セントルを使用するため、スランプが 18cm±2.5cm の規格値に納まるように、再度、高性能 AE 減水剤の量を調整した。高性能 AE 減水剤によるコントロールは敏感なのかなと感じている。

討議 3 火山ガラス微粉末の産地について

質問者：火山ガラス微粉末の産地の違いについて、今回の研究では福島県産ということであるが、その他の産地でトライアルされる予定はあるか。

発表者：今後、九州など様々な産地で研究をしていきたいが、具体的な研究計画までは立てられていない状況である。

論文番号 I-2

題名 砂質地山トンネルの変形挙動と崩壊時の土圧に関する粒状体個別要素法解析

発表者 木谷 努 (パシフィックコンサルタンツ (株))

討議 1 崩壊時の土圧と Terzaghi の緩み土圧について

質問者： Terzaghi の緩み土圧と実験や解析の崩壊土圧を比較しているのが特徴的である。土塊の極限つり合いの時の土圧と、実験や解析では変形していった時の最終的な土圧を比べている。今回、Terzaghi の緩み土圧が安全側というのは、Terzaghi の緩み土圧の土塊幅を大きく考えすぎと考えればよいのか。

発表者： Terzaghi の緩み土圧は、ある矩形領域があり、その自重とすべり面上のせん断抵抗を考えている。地表に達するせん断すべり面上のせん断抵抗はモール・クーロンの破壊基準が前提となっている。すなわち、極限つり合い状態であり、変形量が不定、変形概念がなく、今、まさにすべり落ちようとしている、すべり落ちている状態を仮定している、と考えられる。実験や解析では、地山が変形し、その後ある圧力で力のつり合いが取れなくなって変形量が不定となり、すべり落ちる時の土圧を崩壊土圧と表現している。このように、極限つり合い状態の Terzaghi の緩み土圧と崩壊土圧は、工学的な意味では、ほぼ等しいものと考え、今回、比較をさせて頂いた。

今回の実験や解析では、トンネル下半には変形がほとんど生じなかった。一方、Terzaghi の緩み土圧は、トンネル下半からの主働崩壊角により矩形領域の幅を定めている。その矩形領域は、実験や解析でのとも下がり領域より大きかったので、土圧としては大きくなったという一因ではないかと考えている。

ただ、土圧は、地山の変形挙動との関係等があるので、ある土圧を考える時、地山特性曲線上のどの変形の時のものかも考えていなければならぬと考えている。

質問者：つり合いが崩れている状態が解析で、極限つり合いなので崩れる前を見ているのが Terzaghi の緩み土圧であり、安全側としているが、想定している状態が異なるのではないか。

発表者：安全側というのは、土圧が大きかったということである。設計では、安全性の確認が必要であるので、すぐに設計土圧を小さくするという事ではない。先ほどの通り、すべり落ちようとする極限つり合い時の土圧とつり合いがとれなくなり変形量が不定となってすべり落ちる時の崩壊土圧が、工学的にほぼ同じ状態と考えて、今回比較している。

論文番号 I-3

題名 施工の省力化を図る新たなインバート形状の成立性に関する考察

発表者 棗 拓史（国土交通省 九州地方整備局 八代復興事務所）

討議 1 模型実験の再現解析について

質問者：数値解析において、地山部に線形弾性モデルを用いたのはなぜか。

発表者：弾塑性解析等によるモデル化はパラメータが増加し、モデルの構築が複雑なものとなり、適切に模型実験を模擬することが困難であったため、弾性解析から検討を行った。また、解析の主な目的は実験時の挙動を完全に再現することではなく、同様の条件を模擬した中で、ケース間でどのような差が生じるかについて基礎的な知見を得ることであったため、線形弾性解析から着手した。弾塑性解析等、異なる手法による解析は今後の課題となる。

質問者：アルミ棒積層体を用いた実験は過去の研究においても実施されてきている。その中には、トンネル部を模擬せずにアルミ棒積層体部のみで二軸試験を実施した事例が存在し、線形弾性的な挙動ではなく、ひずみ硬化モデルに近い挙動を示しており、そのようなモデルが今後適用されていくのではないかと考える。

討議 2 設計への適用について

質問者：インバートを設置する地山は様々であり、荷重が大きい箇所では形状を丸くする、そうではない箇所では浅くする等、形態も様々である。NEXCO 管轄内において盤ぶくれが顕著に生じている箇所をみると、インバートを 2R とすれば対処することができている。一方、最も懸念しているのは、建設時にインバートを設置しておらず、地山が劣化して後々盤ぶくれを生じるケースであり、箇所も多く喫緊の課題となっている。新設時とは異なり、塑性劣化している箇所にインバートを設置することになるが、三角形やフラットな形状を設計に当てはめる際には、どのような考え方になるか。

発表者：将来的な盤ぶくれの予測はどれだけ検討を重ねたとしても不明確な要素を含むため、盤ぶくれを生じた既往の事例やその周辺区間においてどのような傾向がみられるのか、分析を蓄積していくことが重要である。形状の選定としては、地山の劣化が進行して盤ぶくれを生じる可能性が極めて高い箇所については従来のインバートを適用し、それらの周辺で将来的に盤ぶくれを生じる懸念がある区間について、予防的な観点から三角形・厚底平面等の簡易的な形状を適用することが考えられる。

論文番号 II-1

題名 送電用シールドトンネルの塩害発生の予測手法の提案

発表者 岡 滋晃（東京電力ホールディングス）

討議1 表面の塩化物イオン濃度が下がっていく場合の上昇データの取り扱いについて

質問者：表面の塩化物イオン濃度は、季節変動的なモードを示しているが、研究では下がっていくところは排除するとしている。これは、スキームとして安全側を見込んでいるため、排除しているのか。

発表者：理由は2つある。1つ目はご指摘のとおりで、なるべく安全側の予測スキームにしたいということで排除した。2つ目は、現場でやって分かったことだが、かなりばらつきが大きいデータになっており、物理的に考えて一度取り込まれた塩化物イオンが外に排出されることはないであろうということで、上昇しているものだけをデータとして採用している。

討議2 上昇速度の相関式について

質問者：上昇速度の相関式で、表面における塩化物イオンの濃度についての項が見当たらないが、3項目の切片に組み込まれているのか。

発表者：上昇速度の相関式については、色々なパラメータとの相関をとった。その結果、論文中に掲載した式が一番相関がよかった。表面における塩化物イオンの濃度との相関がなかった理由としては、以下のように考えている。例えば、トンネルCでは漏水濃度が一番大きいですが、C644のみればわかるとおり、上昇速度自体はそんなに大きくない。この理由は、コンクリートの外部表面には塩化物イオンが付着していくが、移流域に入るものは細孔に阻まれ限りがあるためと考えられる。以上のことから、上昇速度の相関式には表面における塩化物イオンの濃度を組み込んでいない。

討議3 細孔径の変化について

質問者：移流域を設けるのに細孔径がどれくらいまでのときに、このスキームは有効か。表面と中側とでも細孔径は異なってくる。それらを同一の径としてよいのか。

発表者：地中送電用のトンネル考えたとき、かぶりはそれほどまでに大きくないことから、細孔径は時間・空間的にそんなに変化しないものと考えている。しかし、かぶりが大きな構造物になってくるとそこらへんの細孔径の変化も考慮に入れるべきものと考えられる。

質問者：あと質問ではなく、2点コメントしたい。1つ目は、3個所の位置でサンプルをとって、その平均値を統計処理しているが、下側のデータだけでも考察してみしてほしい。2つ目は、これからも経時的にデータをとってほしい。

発表者：了解した。

論文番号 II-2

題名 崩壊性の高い砂地盤における泥水泥土複合式シールド工法の掘進管理指標

発表者 出雲力斗（東京電力パワーグリッド株式会社）

討議 1 泥水式から泥土圧への切替施工について

質問者：泥水泥土複合式シールドの切替管理指標については、理解できた。一方で、泥水式から泥土圧への切替作業におけるチャンバー内や切羽の安定について、施工時の苦勞や管理のポイントを伺いたい。

発表者：泥水式から泥土圧への切替は、チャンバー内の泥水を掘削土に置き換えるための掘進を1リング程度行う。切羽土圧が、上部・中間・下部の3点で概ね直線傾向となるように管理を行った。掘進速度は1mm～5mm程度に設定した。切替施工時も地表面変状が生じることもなく、施工を行うことができた。

討議 2 粘性土地盤での泥水泥土複合式シールドの採用について

質問者：今回の現場は砂質土主体の地盤構成であるが、粘性土主体の地盤構成となった場合の対応について考えを伺いたい。

発表者：今回、泥水泥土複合式シールドを採用した大きな理由として、今回掘削する砂地盤が崩壊性の高い砂地盤であり、掘削時に切羽安定が保てなくなった場合、泥水比重や粘性を調整するため作泥に時間を要することで工程遅延が発生する可能性があり、そのリスクヘッジとして泥土圧に切替える機構を備えることで、工程を確保できると考えたためである。そのため、粘性土主体の地盤であれば、泥水泥土複合式シールドは採用していない。

討議 3 地山崩壊探査装置について

質問者：超音波式を装備したマシンと装備していないマシンがあるが、その使い分けについて伺いたい。

発表者：超音波式は、当社初採用であり、3号機・4号機の実績を確認し、今後展開を検討することになっていた。なお、地山崩壊探査装置はマシン前胴部に設置されるため、マシン設計時にスペースの確保を織り込まなければならないことに留意が必要である。