

## 第1回 上信越自動車道 熊坂トンネル検討委員会

日時：平成20年5月25日(日) 14:00～16:00

場所：JA北信州みゆき 永田支所 会議室

出席者：委員長：今田 徹 東京都立大学 名誉教授

委員：大川 秀雄 新潟大学 工学部長

委員：西村 和夫 首都大学東京 都市環境科学研究科 教授

委員：二宮 照興 弁護士

委員：真下 英人 (独)土木研究所 上席研究員

委員：城間 博通 (株)高速道路総合技術研究所 トンネル研究担当部長

協力者：1名

工事従事者：2名

### 委員長あいさつ

- ・本委員会の目的は、上信越自動車道4車線化事業熊坂トンネルのトンネル構造体として安全性についてしっかりとした調査の結果を基に、どのような形で修補すべきか工学的な観点から議論を行い方向性を示したい。
- ・この検討に当たって、トンネル構造の主体は地山であるという認識を十分にもって議論を進めることが大切です。
- ・現場において、どうしてこうなったのか出来形管理・管理体制といったことについての議論も必要です。
- ・本日の委員会は時間の制約もあり、現場での調査、修補の方法を中心に議論したいと考えております。
- ・現場での調査、修補を中心に議論する中で、直接施工に関わった方に出席して頂いているので、施工状況をよく把握した上で前向きな議論を宜しく願いたします。

### 審議内容

【1.工事概要、2.不適切施工の概要、3.調査方法について】

事務局説明 資料-2により説明

- ・熊坂トンネルの地山変位は現在全区間収束し、安定していることについて
- ・覆工・吹付けコンクリート厚さの非破壊検査の調査方法、数量等について

【委員】電磁波探査と超音波探査の精度確認の方法はどうされたのか。

【事務局】ボーリング箇所での数値を確認しキャリブレーションを行っています。

【委員】D -c1パターン高強度吹付けとなっているのは何故ですか。

【事務局】通常は150mmで行われるが、今回この現場では高強度36N/mm<sup>2</sup>(圧縮強度が倍)のものを用いて、厚さ10cmで試験施工を実施しています。

【委員】非破壊調査はどのように行っているのですか。

【事務局】機械自体は小さくなく、一人が機械を持ち、もう一人が補助でつく体制で、天端などは高所作業車を使用し測定しています。

【委員】数値は自動的に記録されるのですか。

【事務局】測定した波形をパソコンに記録し、数値はデータを処理解析し提示しています。

【委員】地山変位の収束状況について、経過日数を見ると収束も早いように感じられるが、切羽の変位がどれくらいで収束したのですか。

【事務局】1Dから2D程度で十分収束しています。

#### 【調査結果と修補方法について】

【委員長】本日、直接工事に携われた方に出席して頂いています。現場で実際経験されたこと、コンクリートの品質等々について注意することなどを伺いたいと思います。

【協力者】本トンネルは下り勾配の3.5%であり、私が施工した中では一番急勾配のトンネルでした。それを下からコンクリートを打設したことによって空隙が出てきた事に関しては、現場でもセントルの沈下等を注意して苦労しながらやってきた経緯があります。今回の調査でそういった空隙が見つかったということは、私もトンネルをやってきた中で経験がなかったので驚いているところです。いままでは充填をエア抜きからの確認、圧力ゲージの確認によって管理した現場もあるが、今回数量が多いということに驚いています。私は今回の調査結果では、意識してやったものではない空隙と言われるものが非常に多いのに驚いております。

#### 【施工従事者】

今回調査して判明した不適切箇所の状態、また作業における発生原因等の反省を踏まえて、今後再施工する時に必要と思われる点を何点か申し上げます。

補修工事を進める上でP D C Aサイクルを元請け・下請・関係者全員がコミュニケーションを元に確実に実施し、より良い品質を意識することです。

(再打設前日): 打設前の型枠状況・配管状況・パイプレータ等必要資機材の確認を、必ず複数のJV・下請責任者・関係者でチェックリストにて確認し記録すること。また、関係者内で翌日の打設シミュレーションを行い、打設人員配置等、作業管理の意思統一を確実にすることは重要。

(打設当日朝礼時): 前日のチェック・シミュレーションを基に何点かのポイントを作業員へ周知すること。

(作業中): 事前に確認した打設シミュレーションに対して、実際の作業進行状況の違いを、各持ち場で必ず確認し作業指揮者へその都度状況報告する、作業指揮者は、その都度対処方法を決定し全員へ連絡し、各持ち場の状況変化を再確認し作業を進めること。

(作業終了時) 当日の作業実績を関係者で確認し、今後のアクシデント対策とすること。全てにおいて、最も重要と思われることは、品質向上するためには作業コミュニケーションを密にして、細かな状況変化を見逃さない施工を進めることです。

#### 【施工従事者】

施工人員の増員で締固めを十分行えるようにします。

覆工作業の経験豊富な当社職員にも打設前・打設中にアドバイスをもらう。

空隙対策として検査施工窓を増やし作業員がバイブレータでの妻部（ラップ）側へのコンクリートの充填を行いやすいようする。さらに、セントル内部から締固めが出来るようにバイブレータ挿入孔を設置しエア抜孔の設置により確認します。

セントル妻側天端付近では、妻板設置の時に覆工コンクリートを確認・締固め出来るように、アクリル板の設置も行います。

両ラップ時の覆工コンクリートの最終打設確認としまして前回よりもエア抜きピンを増やし確認する。

また、セントル打設時の変化（ダウン）等・覆工コンクリート圧送ポンプに負荷が加わりエア抜きより確認できない場合は、セントル最終打設検査窓を開け、もう一度十分にバイブレータでの締固めを行って確認する。

【委員】覆工天端打設を既打設側からでなく、低い側から行った理由は何故ですか。

【施工従事者】

1回目打設（モデル施工）では、上からの打設を行ったがコンクリートの流動性が悪いこと、締固め作業員がコンクリートに対し低い位置となり非常に危険なため、以降打設は空隙発生対策としてエア抜きピンを増設し低い側からの天端打設としました。

【委員】今後再施工する時に必要と思われることを4点言われましたが、今回のことが起きたときこの4点のうちの、全てが全然足りなかったとは思えないのですが、要するにどの部分がどんな風に不足していたとかを踏まえて改善の提案となったのだと思いますが、その辺を教えてください。

【施工従事者】

打設の作業を80回行いましたが作業を進めるに従い作業員も含め、作業のコツ、熟度が増し、阿吽の呼吸ではないが作業が順調に進んでいると思ったことが盲点であった。今後の改善については、品質リスクを防止することを意識付けしていいものを作って行きたい。

【委員】空隙が残ったことが問題であるが、材料を変えるということは考えなかったのですか。

【施工従事者】

今回は流動化剤の未承諾施工であったが、流動化剤を使用した場合の強度等については、試験練り等は終了しており、NEXCOと打合せし使用する方向で考えて行きたい。

【委員長】施工に関して、貴重な情報をありがとうございました。

【覆工・吹付けコンクリート厚調査結果と修補の判定方法について】

事務局説明 資料2により説明

- ・判定フローについて。
- ・覆工厚の不足箇所が部分的か否かで対策方法を選定することについて。
- ・吹付け厚は覆工1区画の厚さを調査し、区画全体の平均厚が設計値以上であれば、覆工厚+吹付け厚の合計で判断し、合計厚が設計値以上であるなら、補強を無しとすることについて。（理由として構造耐力的に、現在地山が落ち着いている状態、覆工、吹付けの構造解析を行っ

た結果、工学的に同等と判定)

- ・覆工厚+吹付け厚の合計値が不足の場合、部分的な場合は内巻工、部分的でない面的な場合は覆工再施工または内巻工とすることについて。

【委員】3次元FEM解析の説明の側圧係数について、Dは1.0でDは0.5になっているが何故ですか。

【事務局】地質状況を鑑みDについては崖錐等を考慮し危険側の0.5としています。

【委員】覆工・吹付けコンクリート厚さの調査結果について、問題の箇所が集中しているような印象を受けるが、何か全体から見た傾向というものはあるのですか。

【事務局】吹付けで不足箇所が多く、次に覆工で総厚が不足する箇所がほとんどない状況です。ここから言える事は、掘削は正規に行われていたが吹付けが不適切な施工で薄くなったことにより、その分覆工が厚くなったと考えられます。

【委員】・修補の判定フローについては、覆工厚を確保するという事は余力・長期的な劣化や不測の土圧に対して設計の覆工耐力を確保するという事で良いと考えられます。

- ・構造的に計測の収束状況から地山は安定しているので将来のための覆工の余力を作るということで、この考え方で良いです。

- ・吹付け厚については、NEXCOでは最低厚を確保するとなっており設計値を下回るので事務処理が必要です。

【委員長】・覆工厚は最終的なトンネルの耐久性に関わってくるものであるから、覆工厚は完全に守らなければならない。

- ・吹付けが問題になっているが吹付けは支保工という位置づけであり、支保工はトンネルを掘るために一時的に地山を安定化させるためのもので安定化すれば目的は達している。現在地山が安定しているのであれば、吹付けを壊してさらに地山を不安定にさせることは良くない。

- ・修補の判定フローは工学的観点からみると妥当と考えられます。

【委員】・人間が作ったトンネルだけが構造体ではなく地山も構造体であり、トンネルを掘ることによって傷つけられている。支保工によって安定しているものを吹付けが足りないといって剥がして再施工するという事はさらに地山を傷めることとなります。

- ・基本的には覆工でカバーできるなら覆工でカバーすべきと考えます。

- ・内巻工について、一般的にトンネル内空については余剰な空間は無い筈なので建築限界確保ができる施工が可能ですか。

【事務局】現在、内巻工の厚さが5cm程度確保でき、解析も5cmにて行っています。また、コンクリート強度についても現在検討製品の30N/mm<sup>2</sup>の他60N/mm<sup>2</sup>の製品もあり、またFRPグリッドにてひび割れへの対応もできることから施工厚さを低減することも可能と考えています。

【委員】調査の結果、場所的に偏ったもの、施工不足のパターンがあり、こういう結果になったことについて、施工に携わった方にお聞きしたいのですが。

【施工従事者】吹付けの厚さ不足については詳細な調査を行った結果我々も分かったことで、意識

的に薄くするようなことは一切ありません。吹付けを施した後でない切羽付近に近づけないことから、厚さ確認の指示が不足していたことが原因だと考えています。

【委員長】修補方法について意見はありますか。

【委員】内巻工については付着強度が重要になるので施工の際、施工管理試験については確実に実施していただきたい。また、吹付けによる内巻工の施工実績はあるのですか。

【事務局】付着強度はブラスト等により対処し、現地にて試験等を行い確認する予定です。また、吹付けによる内巻工の実績は水路トンネル等にあります。

【委員】吹付けによる内巻工は水路トンネルの標準的なものとなっているのですか。

【事務局】他機関にてかなりの実績があります。

【委員】内巻工については脚部の支持方法も重要ですが、インパートとの接合部分についてはどのように考えているのですか。

【事務局】インパートとの接合方法は検討します。

【委員】覆工再打設時、既設コンクリートと接することとなる場合、空気の逃げ場等が問題となるが対応はどうするのですか。

【事務局】十分なエア抜きの設置及びコンクリートの充填センサー等での対応を考えています。

【委員長】空隙等について意見はありますか。

規模が小さいものについては充填すれば十分な耐力が確保されることがわかりました。従来もそうしてきたと思いますが、他に注意事項等はございますか。

【委員長】流動化剤について意見はありますか。

【委員】普通コンクリートと流動化剤入りの打継目部をバイブレータで締固めしていれば問題はない。既設部の流動化剤使用のスパンを現地でコールドジョイントになっていないか目視で確認してください。

【事務局】現地での詳細な目視調査でコールドジョイント等の確認をします。

【委員長】内巻工法について、「内巻きで出来るところは出来るだけ内巻きでやった方が良い」との発言について、委員の方より特に注意点はありますか。

覆工コンクリートの取壊しは地山に対してもインパクトが強く、内巻き施工の余裕があるならば、その方法も十分に考えながら判断していく必要があると思いますが、委員の皆様如何でしょうか。

【各委員、意見なし】

## 審議取りまとめ

### 【委員長】

覆工コンクリート・吹付けコンクリートの厚さ不足の問題についてですが、現状のトンネルの状況、内空変位データによるとトンネルは安定した状況にあると思います。これは要するに、支保工（吹付け・ロックボルト）の役割を果たしているということだと思います。

次にトンネル構造体として考えた場合どうなるかということになりますが、将来における地山の劣化等々による状況の変化も考えておかなければいけないことから、長期に渡るトンネル安定性を得る上で、覆工の耐力は十分に確保しておかなければいけないと考えます。

再施工又は内巻工で耐力を確保するという方向で検討頂くことかと思えます。具体的には、内巻工については付着力の問題、それから脚部の支持の問題等々について注意がありました。吹付けコンクリート厚さの不足については、内空変位の状態等から現在地山は安定していると考えられ、対策にあたっては地山をできるだけ傷めないということがトンネルではやはり基本だと考えます。

覆工を含めた総厚で判定して所要の耐力があれば良いという様な形で修補を行うことになると思います。合計厚が不足している所については、これは再施工又は内巻工という事になると思います。具体的には、再施工する場合は強度を上げるという方向で検討する事になると思います。

内巻き、部分的な補修が必要になる箇所については、パネル系と吹付け系が提案されましたが、施工性の観点からは吹付け系という事で考えて頂くことかと思えます。

空隙についてですが、特に大きなものでなければ充填することによって耐力は確保されます。断面的に考えるということではなく、面として考えていくことが必要ではないだろうかと思えます。

流動化剤についての注意点は、継目部の状況についてさらに確認することが必要ということです。

以上を確認させて頂いてよろしいでしょうか。

【各委員、意見なし】

それでは特にご意見が無いようですので、ただ今申し上げたことで、資料により説明頂いた件について、これを基本として修補を進めて頂くということになるかと思えます。

大変貴重なご意見を頂きましてありがとうございました。

これをもちまして、第一回検討委員会での審議を終了させていただきます。

以 上