

## 座談会③

# 大規模修繕事業及び東山トンネル天井板 撤去の計画から実施まで

平成 25 年 11 月の全線開通以後、基本的な視点をこれまでの「整備」から、お客様の視点に立った「利用」へと軸足を移していく中、高速道路の適切な維持管理・長寿命化を目的として、今日の名古屋高速道路公社にとって維持管理事業の柱となっている大規模修繕工事。また、公社で初めてとなる 26 日間という長期間にわたる通行止めを伴う東山トンネルの天井板撤去工事。

この二つの事業に関して、事業の目的、考え方、計画、取組み方や課題解決、現状等を、当時、事業・工事に携わった担当者に語ってもらった。



## 座談会出席者（主に本業務等に携わった当時の所属）

〈コーディネーター〉

中山 裕 昭（保全課→工事課）

飯塚 洋 介（工事課）

小川 哲 生（施設課）

片桐 英 喜（工事課）

杉浦 裕 幸（調査課→工事課）

水谷 明 嗣（保全課）

三橋 美 洋（施設課）

森 久 芳（保全課→環境対策課→企画整備課）

## 着実に進む大規模修繕事業

**中山** 本日は最近の維持管理の話題として、二つテーマをいただいています。一つが、平成 27 年度から実施している大規模修繕事業です。これは土木構造物及び施設構造物の長寿命化を図る工事です。

それから東山トンネルの天井板撤去事業。都市内にあるトンネルの安全・安心・快適性を高めるということで、平成 30 年度に天井板の撤去という大きな工事を行いました。

まず、大規模修繕事業ですが、どんな事業・工事かについて杉浦さんからお願いします。

**杉浦** 名古屋高速道路は、全線が開通した平成 25



中山裕昭

年には、第1期開通からすでに30年以上が経過し、当時は首都高速道路や阪神高速道路においても構造物の高齢化等により、重大な損傷が発見され社会問題となっていました。名古屋高速道路も例外なく、急激に構造物の損傷数が増え、劣化が顕在化してきていました。この高齢化した道路の長寿命化を計画的に行うのが大規模修繕事業です。

公社では今後の維持管理のあり方を議論するために、有識者による技術検討委員会（以下、「委員会」）を立ち上げました。その結果、委員会より「計画的に大規模修繕を実施することにより長期間の通行止めを伴う大規模更新を回避して、長寿命化を図る新たな取り組みが必要」との提言をいただき、公社では、適正な維持管理を行うための新たな方策として、平成27年度から15年間の計画で大規模修繕事業に着手しています。

**中山** 委員会では、どんなことが議論され、何が決まったのか、土木技術の観点から水谷さん、お願いします。

**水谷** 首都高速道路とか阪神高速道路では大規模修繕事業に係る委員会が組織されていて、公社も他団体にならって委員会を立ち上げました。ただ、他団体を参考に資料を作るため、首都高速道路や阪神高速道路と公社を比べましたが、名古屋高速道路は歴史が少し浅く、交通量や大型車の混入率の違いなどもあり、当時、首都高速道路や阪神高速道路が使っていた損傷のパラメータを名古屋高速道路に当てはめると、うまく整理できないことが明らかになりました。そこで、どう考えていくべきかを委員会で議



水谷明嗣

論したと記憶しています。

首都高速道路や阪神高速道路で損傷数が大きく上がってくるのは、開通してから35年から40年ぐらいです。しかし、早い段階で対処すればLCC（ライフサイクルコスト）を最小化する危機管理ができるといったことも委員会からご意見いただきました。公社としては、できるだけ大規模更新をせずに長持ちさせる方向で検討していきました。

その着目点において名古屋高速道路の特徴としては、岐阜の伊吹山方面から冷たい伊吹おろしが吹いて、冬季に凍りやすく、他団体と比べて凍結防止剤の散布量が非常に多いことが挙げられます。また、路線ごとに開通年数もまちまちでした。そこで大規模修繕路線を4つに区分し、北の路線と南の路線と開通からの経過年数をパラメーターにしました。新しい路線と古い路線、北部の地域、南部の地域で対策メニューを分けて考えたわけです。

対策メニューとしては、コンクリート床版の耐久性向上だったりコンクリート構造物に有害物が入らない対策だったり、鋼構造だと錆対策とか疲労対策です。それから点検・修繕だけでなく、その結果をデータベースに入れて有効活用していく。点検の結果を次の計画に生かせる知識を持った人材の育成、それから交通量のバランスをとるためのネットワークの有効活用、さらに強靱な管理体制の構築も必要だにご提言いただきました。

## 修繕前、構造物の落下に敏感になった公社

**中山** ありがとうございます。我々、入社して25年から30年、基本、新しく道路をつくることに取り組んできました。ただ、平成25年に4号東海線ができて整備計画路線全線が開通して以降、維持管理中心にやっていく中で、大規模修繕事業は、初めて大きな枠組みで工事の進め方などが提案されたと記憶しています。森さん、何か感じたことはありましたか？

**森** 大規模修繕工事が始まる前の平成23年から3年間、構造物の維持・補修を担当する係を任されていて、当時の構造物は建設から20～30年ほど経過しており、その構造物からほぼ毎年のように落下事案が発生していましたね。

当時の点検は、5年に1回の頻度で、路線全体を定期的に順番に点検し、目視点検や部分的にコンクリートをハンマーで叩く打音検査をやっていま



森久芳

た。今のように近接目視の点検はやってない頃でした。その当時、構造物が落下した箇所は狭隘部など実際には叩けてないところ、目視点検だけをしたところでした。落下の都度、全線にわたって調査担当が構造図面を出してきて、落下した箇所と同種構造の箇所を洗い出して、その箇所を現場担当がすべて点検・確認するという対応でした。

落下事案の中でも一番記憶に残っているのは、平



大規模修繕工事の様子

成 26 年 2 月に発生したジョイント部付近のコンクリート製壁高欄からコンクリート片が落下した事案です。偶然にも落下片が回送中の救急車に当たってしまい、この時はマスコミから問い合わせがあって、新聞やテレビでも報道されることとなりました。記者発表後に緊急点検をしましたが、直ぐに完全復旧は物理的に難しいので、一時的に応急的なネットを設置して対応しました。そのため当時は、床版の下面や高欄の端部など、名古屋高速道路の色々なところにネットが張られている状況となっていました。

いくつか落下事案を経験しましたが、結果として大きな第三者被害に至らず、しっかりその後の対応ができたことを覚えています。

**中山** 当時、私も保全課にいましたが、24 時間体制で緊急点検する状態でした。きちんと対応することが、名古屋高速道路が地域に認められる証だと思いつながりながら点検した記憶があります。最近はどうした落下事案の話はありますか？

**片桐** 最近はないと思います。

**中山** それも、大規模修繕事業を進めてきた成果ということですかね？

**水谷** そうですね。ただ、かつては見えない箇所が落下していた。路下点検で怪しいところは近づいて見ることを繰り返し、点検はしっかりやってきましたが、構造的に見えないところは点検のやりようがなく諦めていたことも要因だったと思います。

**中山** 確かに、限界はありましたね。

**水谷** 救急車に当たった事案は、当時私も保全課にいましたけど、それ以降は 2 箇月に 1 回ぐらいの頻度で落下事案に係る緊急点検をやっていて、とにかく、落ちるということに敏感だったような気がしますね。

**飯塚** 私は平成 30 年から平成 31 年に土木維持の主査として従事しましたが、物が落ちたというのは 16 号一宮線で 1 回ありました。一方、大規模修繕が終わった区間においては、落下事案はなかったです。

**杉浦** 私は平成 16 年頃に維持の担当をしていましたが、当時、落下事案に対応した記憶がありません。

ある程度の年数が経つと損傷が現れるということですね。当時の維持は、舗装が劣化してきており、ポットホール（道路の表層が剥がれてできる穴、へこみ）の補修対応を主にしていました。ただし、舗装については、リフレッシュ工事などで計画的に大規模補修をしており、お客様に被害を与えるような損傷はほとんどありませんでした。その後、さまざまな要因が考えられますが、床版等が劣化して落下事案が発生し、それを本格的に補修を行うのが大規模修繕事業ということですね。

## 償還期間の延長を粘り強く交渉

**中山** 大規模修繕工事は、それまでの維持管理とは大きく変わって、実際、非常にお金もかかる事業ですが、当時、費用的にはどの程度かかり、どう確保したのかなどを話していただけますか？

**杉浦** 当時、調査課で担当させていただきましたが、大規模修繕工事については、古い基準で設計された 5 路線の約 37.9km が対象になり、必要な工事費が 1,250 億円と見込まれました。この財源をどうやって用意するか。高速道路会社は平成 25 年 6 月に出された国土幹線道路部会の中間答申の考え方に基づき、料金の徴収期間を延長して財源を確保することが決まっていました。それを受けて、公社としても同様のスキームで財源を確保しようと検討しました。

ここで議論になったのは、高速道路会社は国が道路整備特別措置法の改正を行い、大規模更新・修繕



杉浦裕幸

に必要な償還満了日を決めて償還期間を変更したという経緯がありますが、公社は有料道路整備貸付要領で償還期間が定められているので、大規模修繕の事業費が増えることを理由に償還期間の延長が認められるかどうかということです。

しかし、当時は大規模修繕事業により償還期間の延長が認められている地方道路公社はなかったので、先行事例として厳しい査定を受けました。1,250億円が土木構造物の修繕に必要な費用であり、その他、土木構造物以外のETC設備などの大規模更新も今後必要な事業であり、その費用も含めて、さらに償還期間の延長で対応してほしいという要望もしましたが、残念ながら認められませんでした。その結果、大規模修繕に必要な工事費に一般管理費等の諸経費を追加してトータル事業費、約1,600億円に必要な償還期間を延長することになりました。

**中山** ありがとうございます。実際、1,250億円で名古屋高速道路はどれくらい安全等を維持できるのか、当時はどんなイメージでしたか？

**杉浦** 100年使うことができるような構造物にするという目標もあり、そのためには、もう1回、大規模修繕をやらないといけない、その分の費用も必要という考えはありましたけども、当面は、初回の大規模修繕に必要な費用での延長をお願いしました。

**中山** 他の高速道路を見ると、もう少しお金がかかっているようにも思いました。

**水谷** 延長37.9kmで対策メニューを1つ1つ積み上げて1,250億円になったと思います。100年維持していくためには、大規模修繕工事を実施した30年後にもう1回足場を架ける必要があり、点検も含めて2回目は1回目よりは少ない費用で見積もり、100年維持できるとして費用を算出しました。

**中山** 計画を練った立場としては、現状をどう受け止めていますか？

**水谷** 道半ばですね。平成27年から始まってまだ7年ですので。委員会で頂いた提言では比較的新しい路線は予防修繕を行い、名古屋高速道路全体を維持管理していく必要があるという話がありました。今、その予防修繕があまり進んでいない気はします。

**中山** なぜ予防修繕はやらなかったんですか？限られた予算で優先順位をつけてということなのですか？

**杉浦** 基本的には古い基準で設計した床版の補修・補強がメインで、凍結防止剤の散布による損傷など、日常の補修は通常の管理費から賄いなさいと。古い基準で設計した路線の損傷は全国的な課題なので、償還期間の延長で認めるという立場だったと思います。

**中山** では、予防修繕の路線については、今後の維持管理でやっていくということですね。

**水谷** そうですね。

**中山** 森さん、予防修繕の進捗状況はどうですか？

**森** 予防修繕は予算上可能であれば、やっていったほうが良いと思っています。リフレッシュ工事で床版に防水層を設置する時も、従来とは違う高機能防水で対応しているので、その防水効果が出て構造物の長寿命化に繋がればいいかなと思います。

## 受注業者と一緒に考え、工夫した現場

**中山** では次に、実際工事を担当された方から当時の苦労話などをお話願えますか？

**片桐** 私は、平成27年度から30年度まで工事課で監督員として従事し、多くの工事で大規模修繕の現場監督に携わらせていただきました。床版の下面側から行う工事には、ひび割れの注入工や断面修復工、繊維シートの貼り付け工などがあります。施工に当たっては平成27年当時から「コンクリート床版の補修補強要領(案)」があり、その中で床版の損傷程度に応じて繊維シートの仕様や使用枚数が決まっていました。ひび割れ注入工や断面修復工については、ひび割れの幅に応じた注入剤、断面修復剤の規格が決まっていたのですが、具体的な材料や細かい施工方法については現場サイドで試行錯誤しながら決めていく必要がありました。

年々、大規模修繕工事の発注量も増え、工事課内でも各工法で使用材料や施工方法にばらつきが出てきました。そこで工事課内で定期的に担当者会議を

行い、大規模修繕工事における考え方の統一を図りました。

**中山** 結構、現場も大変だったんですね。

**片桐** そのような状況の中でお話ししたいことがあります。

一つ目は3号大高線。3号大高線は床版上の高機能防水工がまだ未施工で、担当した工区でも床版の下面に多くの漏水が見られました。上面から止水対策を行えばいいのですが、交通量が多い路線で、渋滞等の交通影響も踏まえると高速上で長期間工事するのは難しく、下面から施工可能な止水の方法を検討する必要がありました。

方法としては湿潤対応型の注入エポキシ樹脂を使用した内圧充填接合補強工法と特殊なネット状のホースを使用して止水、導水する工法を検討し、漏水箇所<sup>みずみち</sup>に試験的に施工しました。

二つ目は5号万場線で、高速上に高機能防水を施工しましたが、道路の路肩部分については高機能防水工が未施工でした。5号万場線でも床版の下面から漏水が見られて、漏水の発生源を特定するために、ひび割れがある路肩部に着色した水を流して、その後、床板下面側に回って漏水の<sup>みずみち</sup>にじみ、水道を特定しました。非常にアナログ的なやり方で、漏水の元である損傷箇所を特定でき、その損傷箇所を部分的に補修しました。そういったことも受注業者と一緒に考えて決めていきました。

それと、もう一つ非常に印象に残っていることが、夜間に足場を架設した際の工事の騒音の苦情ですね。夜間に街路を車線規制して足場を一定の長さの

ブロックごとにチェーンを使用して一括して吊り上げるんですが、チェーンを取り外し、足場内で片付ける際に、どうしてもジャラジャラという金属音が発生してしまいます。金属音は夜間に非常に響くんですね。「眠れないじゃないか」と沿道住民の方々から苦情を多くいただきました。

ただ、受注業者側も名古屋高速道路のような都市部での夜間工事の経験を積み重ね、工夫しながら工事を行うことにより、徐々に騒音の苦情も減ってきたという思い出があります。

**中山** 施設面での似たような経験があれば、三橋さん、お話し願えますか？

**三橋** 施設では、照明柱の取替えを耐用年数30年から40年として設定し、平成29年から令和27年までの29箇年をかけて全数を変えていく計画を立てていました。しかし、照明柱の取替えとなると床版からの張り出し作業となり、高速道路本線と下の一般道の両方を規制して作業しないとイケない。一般道の交差点部だと、なかなか規制しにくい面があります。

そこで、大規模修繕の足場を利用させていただき、照明柱を取替えていくことを検討しました。

もう一つ、名古屋高速道路が採用してきた高圧ナトリウム灯の灯具の製造が終息していく産業動向もあって、LED化を急ぐ必要も生じてきました。

さらに実際に照明柱を外してみたら、凍結防止剤の影響と思われる腐食によってアンカーボルトの減肉が一部で確認されたことから照明柱の取替計画を相当前倒して、大規模修繕の床版工事に同調させ、大規模修繕の工区については令和11年度までに照明柱の取替えを行う見直し方針を立てて取り組んでいます。

なお、灯具のLED化については、令和8年度までに完了させる予定です。

**水谷** 確かに、施設は「大規模修繕」というイメージがないですね。

**三橋** そうですね。土木の場合だと、まず構造物自体に連続性があり、構造物には経年的な変化があるのに対し、施設の場合は点在する施設が、それぞれ



片桐英喜

にバスタブ曲線（故障率曲線）で故障率を持っています。

バスタブ曲線とは、初期不良と寿命のところには故障の発生率が集中し、その間は比較的故障が発生しない傾向を示すもので、初期不良を除けば突発的に壊れるイメージです。

施設の効率的な修繕とは、バスタブ形の急に故障が増える直前の時期を見極めて更新することがLCC的に一番適切であるといえます。このような施設の特性上、日常的な点検結果をもとに経過観察しながら計画的な大規模修繕とか中長期的な集中補修を行うのはあまりそぐわないですね。

**水谷** 長寿命化っていう感覚でもない？

**中山** でも、LEDは長寿命化では？

**三橋** LEDは長寿命化ですね。さらに、省エネ化とも言われていました。しかし、高圧ナトリウムランプも非常にエネルギー効率のよい灯具で、少し前まではLEDに変えるコストメリットがあまりありませんでした。寿命が短くてもランプ交換で対応できる高圧ナトリウム灯具に対し、LED灯具は一式交換する必要がありましたから、LED灯具の価格が抑えられないとコストメリットがないわけです。ただ、徐々にLEDが市場に浸透し、値段も下がってきて、平成29年度頃にはコストメリットがほぼ横並びになりました。さらには、高圧ナトリウム灯具の終息動向もありましたので、照明柱の更新に合わせてLED灯具に変える方向に切り替え、LED化の計画も前倒しとなりました。試算では、全線LED化により年間7,700万円のランニングコストの削減を期待しています。

**中山** 施設と土木の取り組み方が違うことは今後の維持管理に役立ちますね。飯塚さん、小川さん、公社職員として大規模修繕をやっていて何か思うことかあれば……。

**飯塚** 平成30、31年と工事課に異動してきて、維持担当に所属していましたが、大規模修繕工事を進めている区間の維持管理に携わって思ったことは、「大規模修繕を完了した区間」については、細部にわたって修繕されていることを感じました。

**小川** 大規模修繕という考え方については、やはり施設と土木は違うなと思いました。大規模修繕の考え方は構造物の長寿命化を図るものだと思いますが、施設の場合は寿命が来たら基本的には取替えを行います。施設についても単純にすべて取替えるのではなく、部分的に更新するなど、少しでも更新時期を伸ばす工夫も必要だと思いました。

**中山** はい。全体を通してありがとうございます。大規模修繕工事を進めていく中で、名古屋高速道路の維持管理は進化している。いろんな知恵を絞って進化させ、コスト意識も十分に持って進めているということがご理解いただけたと思います。

大規模修繕事業は令和2年度末には37.9kmの事業延長に対して18.2km、進捗率でいうと48%で、残り半分。予定よりは、皆さんの頑張りで少し早く進んでいると思います。

今後は、引き続きこの工事を進めていき、委員会からご提言いただいた予防修繕、他の路線の維持管理も皆で考えながら、引き続き、お客様にとって「安全・安心・快適」な名古屋高速道路を守っていきたいと思います。

## 東山トンネル天井板撤去工事

**中山** テーマを変えまして、次に東山トンネル天井板撤去工事で、これも「維持管理」「安全」「安心」に非常に直結した内容ですね。最初に天井板撤去工事とはどんな工事内容か、過去の経緯も含めて森さん、お願いします。

**森** 平成24年12月に起きた笹子トンネルの天井板落下事故を受けて、名古屋高速道路にも同種構造の天井板があるということで、学識経験者で構成される技術検討委員会（以下、「委員会」）を設置して審議していただき、最終的に天井板を撤去する方針を決めました。工事については、東山トンネルの換気設備に必要な天井板を撤去し、これに併せて換気方式を横流換気方式から縦流換気方式に変更する大規模なものでした。

## 構造、環境、防災面からの検討

**中山** 実際に天井板を撤去すると決めたのは公社で、ということですか？

**森** はい、そうです。

**中山** 撤去することを決めた理由を教えてくださいてもいいですか？

**森** 一番の理由は、平成26年3月に土木学会から「コンクリートのあと施工アンカー工法の設計施工指針（案）」が出て、その指針で長期にわたって構造物を吊り下げる場合に、あと施工アンカー工法の適用は避ける旨の新たな知見を示したということです。公社では、委員会で構造面、防災面、環境面を審議し、最終的に構造物を維持・管理していく上での長期的リスクを避けるという観点から、撤去することになりました。

**中山** 当時、委員会を担当された方がいますので、水谷さん、構造面からお願いします。

**水谷** 笹子トンネルの事故が起きたのは非常に衝撃的でした。すぐ公社も緊急点検に入りましたよね。定期点検でもトンネル天井板のアンカーを機械式で引っ張って試験していました。だけど、緊急点検で全数を触ることになって、2万本あるアンカーを「何人で触るんですか？」という疑問の中、緊急点検を始めたように記憶しています。

当時、（一財）名古屋高速道路協会と公社の保全課の職員でやっても対応しきれない数なので、結局、技術系の職員を巻き込んで班をつくって点検した記憶があります。あと施工のすべてのボルトの緩みを点検するとき、みんな自分のガチャ（ラチェットレンチ）をDIY店で買ってきた（笑）。そんな点検をずっとやっていました。

点検結果を国交省に報告した時には、公社では天井板を撤去する話はなかったです。でも、他団体はすぐに撤去を始めましたね。

**中山** 恵那山トンネルですね。

**水谷** そうそう。最後には、取りようがない関門ト



天井板撤去の様子

ンネル以外の天井板はすべて撤去する話になって、管子トンネルと同じような形式のアンカーボルトで残っているのは、公社だけ。すると「このままでいいのか」みたいな話になって、委員会が立ち上がりました。

当時、構造面でいうと管子トンネルは樹脂系のあと施工アンカーで、穴を掘って樹脂を入れてアンカーボルトを入れて固める構造だった。一方、公社は機械的に楔を打ち込んでコンクリートに引っ掛けて引っ張るタイプ。構造が違うので、撤去しないでいいんじゃないか、と。結局、森さんが言われた土木学会で、あと施工アンカー工法の指針が示されて、完全に気持ちを切り替えた。委員会を立ち上げた時に防災面とか環境面など幅広い知見が求められるので、大学の先生のほか国総研（国土交通省技術政策総合研究所）や土木研究所（国立研究開発法人 土木研究所）の方など、幅広いメンバーに委員をお願いした記憶があります。

委員会では当初、横流換気方式の方が防災面では圧倒的に優れているので天井板を無理に撤去する必要はなく、構造的に落ちないフェールセーフ構造を検討しました。天井板を下から1mに1本、H鋼で受けていく資料を作成した記憶があります。

一方で、公社も全国的な流れに沿うべきとする意見も根強く、撤去する方向に変わってきました。ずっと天井板落下に一抹の不安を抱えているよりは、スッキリしてよかったという感覚はありますね。

**中山** では環境面の検討はどうでしたか？

**森** 環境面からの検討では、縦流式となった場合に、「換気方式の変更」と「ジェットファンの新設」による環境影響について、特に騒音・大気・振動を検討しました。騒音については、トンネル坑口から漏れ出す車の騒音とジェットファンの音の影響を検討し、大気については、換気方式が変わるので、トンネル坑口から出る排ガスの影響がないことを確認しました。

特に慎重な検討が必要だったのは、ジェットファンの振動です。四谷付近に名古屋大学の電子顕微鏡施設があり、東山トンネルの建設時にも名古屋大学

と綿密な協議を行った上、公社でトンネル建設工事の振動影響を検討していて、天井板撤去工事の際にも名古屋大学に検証方法等を相談しながら振動検討を行いました。

**中山** 電子顕微鏡へのジェットファンの振動の影響については、工事中どうでしたか？

**飯塚** 天井板を撤去する時の振動に対して、電子顕微鏡への影響が大きいと想定されることが課題でした。そこで、天井板の撤去工事によって名古屋大学に迷惑をかけてはいけないので、電子顕微鏡がある名古屋大学の建物から45度線を地盤内に描き、その範囲内で天井板撤去作業をする期間をお知らせしたほうが良いと考えました。具体的には、2月の第2週から第3週目に現場施工する計画であったことから、事前にその期間をお知らせし、かつ工事が始まってからも具体的な日程がわかった段階で先生と情報を共有し、迷惑をかけないように心がけました。

**中山** では、防災面。東山トンネルで火災が起きた場合の検討はどうでしたか？

**小川** 防災面の検討としては、換気方式を横流換気方式から縦流換気方式に変更した場合のトンネル火災時の避難環境です。トンネル内で車両火災が起きた時に発生した煙が広がり、周りにいるお客様が煙に巻かれてしまうと危険なので、トンネルの換気設備を使って避難環境を確保します。横流換気方式は換気所に送風機と排風機を設置し、送風機と排風機を組み合わせで換気を行う方式で、トンネル火災が起きた時は、換気機を使って避難環境を確保できるよう換気運転を行います。縦流換気方式は、トンネ



小川哲生

ル内に設置したジェットファンと換気所の排風機を使った換気方式です。トンネル火災の時は、主にジェットファンを使って、煙をコントロールして避難環境を確保します。

防災面の検討として、縦流換気方式の場合の煙の広がり方について、数値シミュレーションを行い、避難環境が確保できるかどうか検討しました。

煙の広がり方を数値シミュレーションする際の前提条件としては、火災の規模の設定、火災が発生した時に実際に換気設備が動き出すまでの時間、火災が起きてからお客様が避難を開始できるまでの時間などです。できるだけ現実に近い条件を設定して、シミュレーションを行いました。

トンネルで火災が起きた時に、換気機を使って煙をコントロールしますが、火災が発生した場所の交通状況によって換気運転の方法を変更しました。火災が発生した場所の前方が渋滞しているかどうかで換気運転を変えています。例えば、車両火災より前方が渋滞していなければ、車はどんどん走り去って行きますが、車両火災の手前側の車は前に進めません。車両火災が起きている手前側の人たちが煙に巻かれないように換気運転を行い、その場合の煙の広がり方を数値シミュレーションで確認しました。

数値シミュレーションをした結果は、最初から良い答えが出たわけではなく、当初想定していた換気設備の台数では、避難環境がかなり厳しいところもありましたが、換気設備の台数を増やすなどすることによって、縦流換気方式に変えた場合でも安全に避難できることが確認できました。

**杉浦** 私が交通管制室に勤務していた時に実際に火災事案を経験したのですが、このような換気システムがあるからこそ日々安心して交通司令の業務もできたと思います。私の経験で言えば、火災による煙や水噴霧設備の水により監視カメラの映像は何も見えなかったのですが、換気設備を稼働すると煙はあっという間になくなりました。日頃の訓練による換気機のシミュレーションは非常に大切で、トンネル防災システムは安全に役立っていると感じました。

換気方式が変わっても防災システムに関してはよく検討されており、引き続き安全・安心は確保されていますね。

**小川** 補足しますと、横流換気方式の時は、集中排気付横流換気方式として坑口の漏れ出し防止対策を行っていましたが、杉浦さんが言われたように縦流換気方式になった後は、ジェットファンと換気所の排風機を使って換気する集中排気付縦流換気方式を採用しました。この方式もトンネルの出口側に空気が漏れ出さないよう換気所の排風機を使って対策をしています。

**中山** わかりました。平成27年度ぐらいから議論を始めて、実際の天井板撤去工事は平成30年度で、準備期間の間にもいろんなことが決まったんですか？

**森** そうですね。平成27年の3月に方針が決まって、実際に工事を行ったのが平成31年の2月ですから、4年ほどの準備期間がありました。その間の準備としては、他機関などの施工例を参考に工事の施工検討、設計検討などが最初の2年ほど。その後に、工事実施時期、工事期間、通行止め方式等を決め、関係機関への協議を進めたのが実際に工事する2年前ぐらい。最終年度に最終的な了解をもらい、工事発注をして工事着手という流れです。

具体的な通行止め期間については、平成31年の2月の月上旬から約1箇月ぐらい必要であることを警察と協議し、通行止め方式は、2号東山線のトンネル区間の上下路線を終日通行止めにして工事する方針で進めました。2月にした理由は、年間を通して比較的交通量が少なく、降雪による通行止めが1月より可能性が低いことから決めました。警察との協議では、通行止め期間の短縮を要請されましたが、現場の施工条件が確定するまでは30日間の工事期間設定で協議を進めました。

## 施設工事を先行させ、次に土木工事へ

**中山** 上下線を30日間止めるというのは、公社でも初めての試みでした。工事について苦勞した点な

ど少しお話し願えますか？

**杉浦** 名古屋高速道路で約1箇月もの間、上下線同時に通行止めをして工事するとなると、不安はありました。本当に工事が1箇月で完了するのか、もし事故などが起きて工事に遅れが生じたらどうでしょうか。綿密に施工計画は検討しましたが、公社に類似事例や実績がないため、想定外のリスクがどれほどあるのか不安でした。そのため、いろいろな試験施工やオペレータの訓練などを繰り返しながら、施工を計画しました。

**飯塚** 工事区間は2号東山線の上下線、四谷出口先から高針JCTの区間を約4.4km全線通行止めにして実施しました。また期間は、2月3日の0時から2月28日24時までと計画していましたが、実際はそれより丸1日短縮して工事を完了することができました。

**小川** 天井板撤去の時に行った施設工事としてはトンネルの換気工事や照明、換気所、受変電設備の改修などです。トンネルの換気設備の改修工事は、横流換気方式から縦流換気方式に変更するために必要な換気設備の改修を行うもので、ジェットファンと換気設備を動かすための制御装置などの製作・据付けを行いました。照明に関しては、天井板撤去に併せて照明をLEDに更新しました。

換気所の改修では、トンネルの換気ダクトが換気所に接続されていた部分の処理です。排風機は縦流換気方式になった後も使用しますが、送風機は使用しないので、送気ダクトが接続されていた箇所を塞ぐ工事を行いました。

**三橋** 名古屋高速道路の照明設備を最初にLED化したのがこの工事になります。この工事は、通行止め期間を短縮するため、事前に車線規制により実施しました。

新たな試みとして、アクセント照明というものを導入しました。景色の変化があまりないトンネル区間に、ある一定間隔で色の違う照明を入れることで、緩慢運転の抑止を期待する目的の照明です。東山トンネルでは、非常駐車帯の直前にアクセント照明を設置することで、非常駐車帯の位置を判別しやすく



三橋美洋

する効果も期待しています。照明の光源色は、照明設置基準に従い、本線部は白色、非常駐車帯部は黄色と光源色が異なるため、これらの光源と混色しても引き立つよう、この2色から相関色温度の離れた緑色をアクセント照明として採用しました。

採用を見送ったものもいくつかあります。まずは、プロビーム照明です。照明の設置方法は、プロビーム、対称照明、カウンタービームの3種類あります。対称照明は、一般的な設置方法でドライバーを真上から照らし、プロビームはドライバーの背後から照らし、カウンタービームは、ドライバーに向かって照らす方法です。

プロビーム照明は、前走車両の背面や落下物に対してドライバーの視野側を照らし出すため、識別性が良く、交通量が多く速度の速いトンネルでは、近年導入されるようになってきた照明方式です。反面、設置間隔が狭くなるため、整備費用が高くなるデメリットがあります。東山トンネルへプロビーム照明の導入検討を行った結果、LCCが1.5倍となったことから、費用対効果の高い対称照明方式を採用することになりました。

次に、アプローチ照明も見送りました。アプローチ照明とは、トンネル火災時に煙に巻かれて遠方にある照明器具の光が全然届かず方向を見失った時、管理用通路の上の足元を連続的に照らし非常口まで誘導する照明です。ただし、管理用通路上の限られたスペースへ後付けするには、化粧パネルや立上り配管等といった既施設とのとりあいをクリアしつつ歩行の支障にならない位置へ設置する必要があ

り、避難の安全を考えて今回は採用を見送りました。

ほかには、坑口警戒照明というものも検討しました。トンネルの坑内で事案があった場合、赤色とか普通じゃない色で坑口自体を照らすことで、トンネルへ進入しようとする車両に対して注意喚起、あるいは進入を止まらせる効果を期待するものです。トンネル坑口の信号機や警報板だけでは、なかなか抑止できないということから生まれた照明です。ただし、街中のトンネルで現地の試験を行うことが難しいなどの理由で今回は見送りました。

**中山** では、土木の方もいろんな工夫があったと思うので、少し紹介いただいていいですか、時間短縮の工夫とか準備ですね。

**飯塚** まず、天井板の間を間詰めしているコンクリートの撤去が課題でした。そのコンクリートのハツリ（コンクリート材の粉碎等の除去）に時間がかかるので、現地のトンネルに入って実物を実際に施工する訓練を実施したり、実際のトンネルを模擬した模型実験を実施し、事前の準備に努めてきました。それらを粛々とこなしていけばいいと最初は思っていました。本当に1箇月で終わらせることができるという感覚が私には全くなく、それが一番の不安要素でした。模型実験では、天井板の大きさに対してどれくらいの大きさのバックホウを使うのか、また使う治具（バックホウの取付け具）についても、何回も使用しているうちに、治具が摩耗することがわかりました。そこで、摩耗に対する治具の改良に手がけました。隔壁撤去については天井板撤去工事の受注業者が訓練を重ねることで、施工方法に新た



飯塚洋介

な工夫を加え、現場に着手することとなりました。それは、隔壁3枚セットを1つにしてフォークリフトにストンと落として、作業の効率を高めるなど、受注業者が独自のやり方で施工期間を短くする工夫がありました。また併せて、模型実験を何度も繰り返し施工訓練したことによって、施工上問題となる課題を改善し、より最適・迅速な施工方法を検討することができました。実際の工事におきましても、1箇月に延べ9,300人が25日間従事しました。またこれらの事前準備作業に対し、何が起きてもこの期間で納められるように、明確に書類で情報共有し、リスクを仕分けする作業について、公社の工事担当・施設担当、また関係する受注者すべての方々と綿密な調整をしてきました。

次に工事中について、実際、天井板と施設の照明の離隔は非常に小さいことから、事前に模型実験で訓練を行うなど配慮してきましたが、結果的に、照明やその配線、水噴霧用配管などを工事作業中にいくつかが破損してしまいました。

話は変わりますが、工事の最も大きな課題となったことは、天井板撤去で撤去した材料をいかにうまくトンネルの外へ搬出するかということでした。結果的に、具体的な運搬方法のシミュレーションをしていなかったことが大きな反省点でした。事前の検討では、トラックの台数さえ送り込めば、すべて天井板が搬出できると思っていました。いざ現場に着手してみると、2月10日以降、残置された天井板がトンネル内でいっぱいにあふれ、2月13日には全天井板枚数8,800枚あるうちの2,700枚、つまり約3割の天井板がトンネル内に残置されることとなりました。これはまずいと課長、主幹に報告し、工程会議にも挙げました。当時、工程遅れの対応策について、受注業者の幹部も呼んで工程会議で熱い議論をしたことは記憶に残っております。

最後に高針地区の騒音についてですが、夜11時ぐらいに現地に行って騒音を測定すると非常に静かで、地元の方には影響がないことを確認しつつ、現場を進めていきました。

**杉浦** 事前に何度も実証実験をやったことは非常に

有意義だったと思います。公社は先行して同様な工事を実施していた阪神高速道路の神戸長田トンネルをモデルケースにして工程を組んで工事を進めましたが、天井板のサイズや1枚の重さなどが違うので、非常に苦勞をしました。工期短縮を図ることができたのは、施設課が担当したLED照明への取り替え工事を事前作業としてやっていただいた効果が一番大きかったと思います。

**中山** そのほか苦勞話があればお願いします。

**三橋** 通行止めの限られた期間の中で、天井板を撤去するのに支障となる施設をいったん撤去して、天井板撤去後に撤去した施設を復旧するの必要がありました。しかし通行止め区間の競合工事とのとりあいを検討すると、通行止め期間が大幅に伸びることが予想されました。そこで、通行止めに入る前に天井板の上で、人力施工による照明器具、ケーブルラック、ケーブルなどの新設を完了させ、通行止めに合わせてこれらの新旧切替えを行うとともに、支障となる既設の施設を撤去する工程を策定しました。これにより、施設復旧の工事期間が圧縮でき、トンネル坑内の工事用仮設照明の設置工数も削減できることを期待しました。

ところが、いざ受注者が決まり、詳細な現地調査を基に施工図を起こしてみると、新設する施設の位置と天井板撤去に必要なバックホウの掴み代が20cmもなく、施工が困難であることわかりました。施設の位置も保守性、照明の配光性、施工性を考慮したギリギリの位置でしたので変更することは困難でした。

そこで、通行止めに入る前までに夜間一車線規制を連日行い、その中で照明器具やケーブルラックを天井板撤去の支障とならない位置へ更新設置し、その他の支障施設の移設やケーブルの敷設替えなど全部終わらせてしまう方法を検討しました。とはいえ、長期間にわたるトンネル通行止めの寸前の夜間連続規制です。しかも、想定では5、6箇月の連続期間が必要でした。お客様への影響を最小限に抑えるためにも、警察協議で許可を得るためにも、なるべく工程圧縮できないかいろいろ検討しました。

まず、既設のアンカーボルトをなるべく流用し、アンカーボルトの打設工数を減らしました。併せて、新設するケーブルラックの仕様として、照明器具を添架できるようにすることで、必要なアンカーボルトの数も減らしました。次に、プレハブケーブルという、照明器具を繋ぐコネクタを付けたケーブルを工場であらかじめ製作したものを採用し、現地の電気工事を削減しました。現地では、この防水コネクタをはめていくだけです。さらにケーブルラック上で1.5mとか決まった間隔でケーブル捕縛する捕縛紐を結束バンドで代替しました。結束バンドは、紫外線による劣化が懸念されますが、高架部と違ってトンネル区間は紫外線量も少ないからです。これで、1箇所当たりの捕縛時間が1分ぐらいから十数秒に短縮できました。また、現地での据付調整に必要な照明器具のセンター出しも、工場出荷時にあらかじめセンターヘシールを貼っておくことで、現場合わせを1灯当たり10秒程度に抑えるようにしました。

一方で、車線規制の調整も行いました。夜間規制の標準時間は、22時から翌朝の6時までですが、トンネル部の車線規制は坑口から延々と規制を張る必要があるため、規制機材の設置や撤去に時間がかかり、実作業時間が限られてしまいます。そこで、交通状況の実績等を勘案した上で、警察と協議をさせていただき、19時から規制開始の前倒しを許可いただきました。

このような施工の効率化と規制作業時間を増やしたことにより、半年程度を見込んでいた車線規制作業を3.5箇月で終わらせることができました。

結果、通行止め期間の作業は、ほとんどが土木の作業だけになり、思う存分できる作業条件をつくり出しました。先行設置した照明があれば、仮設照明も必要などころだけ設置すればよく、その分、土木工事の工程も圧縮が期待できます。

**中山** 新しいものを先に設置しておくなんて普通は気づかないようなことに気づいて、やはりお客様に早く使っていただきたいという思いでリスクも共有し、「壊されてもやむなし」で進めたんですね。

**三橋** やむなしとは……。施設のほとんどが受注生

産品で代替品の供給に時間が掛かりますから、壊さないように注意喚起は再三させていただきましたが、限られた時間内の突貫作業ともなると、リスクはありますね。実際、土木工事の受注者さんも、リスク管理としてあらかじめ照明器具を余分に用意しておいたようですね。

**小川** 換気設備の工事では通行止め期間に入る前に、天井板が設置されている状態でダクト内においてジェットファン取付金具用のアンカーを打設し、事前の1車線規制中には、トンネル壁面にジェットファン用の手元開閉器を設置し、できるだけ通行止め期間中の作業を減らしました。

**中山** 一緒にやっていて知らなかったことも出てきたと思います。名古屋高速の考える力、技術力をしっかり発揮できていると改めて本当に嬉しく思いました。

天井板撤去については、名古屋高速の職員一丸となって新たな事業に取り組んだ成果だと思っています。これからもお客様の「安全・安心・快適」を第一に考えて、皆で名古屋高速道路の維持管理を行っていきたいと思います。

本日はどうもありがとうございました。