

# 首都高速道路信濃町トンネルにおける上部スラブひび割れ補強

首都高速道路株式会社 正会員 鈴木 寛久

首都高メンテナンス西東京株式会社 原澤 忠治

## 1. はじめに

首都高速 4 号新宿線の信濃町トンネルは、JR 信濃町駅に近接し、直上を都道外苑東通りが横断している。当該トンネルは昭和 39 年 8 月に供用し、供用後 40 年以上が経過している。

平成 14 年度に当該トンネルを対象とした詳細点検を実施した際、上部スラブ(天井)に多数のひび割れが確認された。その後、このひび割れの発生原因の調査、中性化の調査、ひび割れの追跡点検を実施し、その結果、トンネル上部スラブの補強を行うこととした。

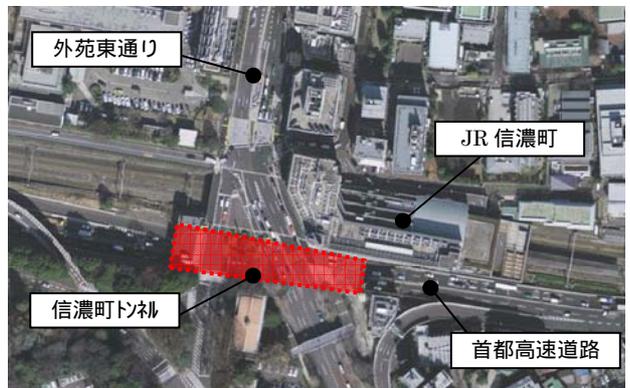


写真-1 信濃町トンネル

## 2. 信濃町トンネルの構造概要

信濃町トンネルの断面図を図-1 に示す。当該トンネルの延長は 108m、幅は 8.05m および 8.37m ~ 13.97m である。上り線の外苑入路合流部がトンネルにあるため、上り線側の幅が広く、断面変化する形状となっている。

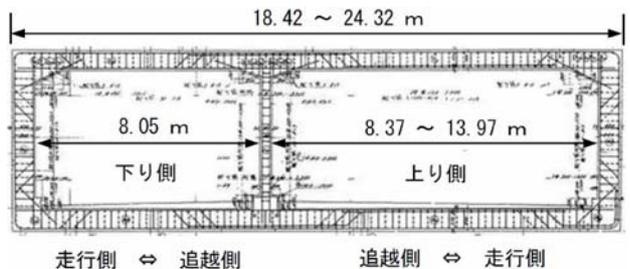


図-1 信濃町トンネル断面図

## 3. 信濃町トンネルの調査結果

図-2 は、下り線側のトンネルのほぼ中央の 20m 区間の点検結果の展開図である。左車線側の上部スラブに 2 方向のひび割れが集中的に発生しているが、漏水やそれに伴う析出物は認められなかった。

コンクリートコア採取、はつり目視確認等を用い、中性化や鉄筋腐食の調査を実施したところ、中性化、鉄筋腐食は認められず、配筋状況もしゅん功図書と同程度であることを確認した。

多数のひび割れが発生した下り線側左車線を中心に、平成 15 年度および平成 18 年度に、ハイビジョンカメラによる撮影および画像解析による追跡点検を実施し、ひび割れ分布図を作成したところ、3 年間におけるひび割れの進展は認められなかった。

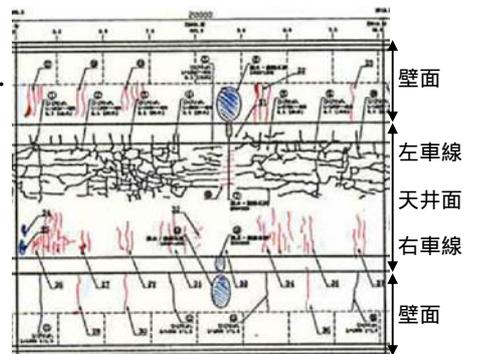


図-2 トンネル詳細点検結果

## 4. 信濃町トンネルの損傷原因

ひび割れの発生原因を推測するにあたり、直上を横断する外苑東通りの路面交通荷重を考慮し、二次元フレーム解析を行った。その結果、下り線側の曲げモーメントが側圧の影響により左車線側に偏る傾向となり、最大で 200N/mm<sup>2</sup> を超える結果となった。この解析結果は、下り線左車線側にひび割れが集中して発生している状況と一致しており、ひび割れ発生原因が路面交通荷重である可能性が高いことが推察された。

## 5. 補強工法の選定

ひび割れの進展がみられなかったことから、支配的な荷重である死荷重(躯体重量、土圧・水圧)は、現時点の荷重状態で安定しているものと思われる。しかし、ひび割れ発生原因と推察された交通荷重は、繰り返し荷重となって載荷され、上部工の床版と同様に、構造物にダメージが蓄積していくことが考えられたことから、

キーワード トンネル、頂版補強、ひび割れ、炭素繊維、ストランドシート

連絡先 〒102-0093 東京都千代田区平河町 2-16-3 首都高速道路株式会社 西東京管理局 TEL 03-3264-8527

信濃町トンネルの長期耐久性を向上させるため、現時点において上部スラブにひび割れ補強を行うこととした。

補強工法の選定にあたっては、鋼板や繊維シートによる補強および軽量盛土への置換等の上載荷重の低減が

考えられた。このうち、軽量盛土への置換については、都道や地下埋設物への影響が大きく、その施工は困難であると判断した。次に、鋼板または繊維シートによる補強については、材料が軽量で取り扱いやすいこと、コンクリート片の剥落防止の機能をあわせて期待できることから、繊維シートが優位であると判断し、採用することとした。これらの比較を表-1に示す。また、繊維シートの種類については、床版補強で実績が多数ある炭素繊維を用いることとした。

表-1 補強工法の選定

	繊維シート補強	鋼板補強	軽量盛土置換
交通への影響	△ 高速規制が必要	△ 高速規制が必要	× 街路規制が必要 × 街路に常設作業帯が必要
支障物への影響	○ 特になし	○ 特になし	× 地下埋設物の移設または防護
工費	○ 1.0	△ 1.5	× 2.0
工期	○ 6~12ヶ月程度	△ 12ヶ月程度	× 18ヶ月程度
景観	○ トンネル内が塗装される	△ トンネル内塗装が同時施工可能	なし
その他	○ 剥落防止機能が期待できる ○ コンクリート中性化防止機能が期待できる	△ トンネル内塗装の施工により中性化防止機能が期待できる	なし
総合評価	○	△	×

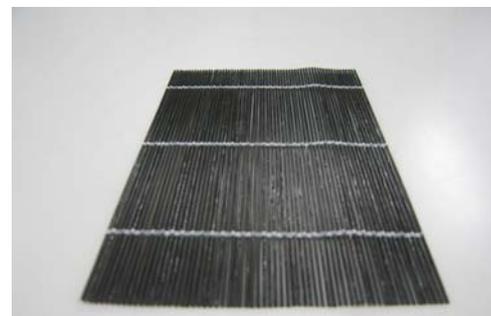


写真-1 炭素繊維ストランドシート

6. ストランドシートの採用

信濃町トンネルでの施工は、下記のような条件下での施工となる。

- ・ 機械足場施工（建築限界の制約上、吊足場施工は不可能）
- ・ 重交通路線下での高速規制を伴う限定された時間内での夜間作業（3日/週、4~6時間/日）

このような条件下で、規制回数削減（お客様サービス向上）およびコスト削減を目的として、工程数を減らすことのできる新たな材料、工法を比較検討し、炭素繊維ストランドシート（写真-1）を採用することとした。ストランドシートとは、炭素繊維の一本一本にエポキシ樹脂を含浸・硬化させ線状にFRP加工した「ストランド」をスタレ状に編んだものである。FRP化により、高目付化が可能となり、シートの積層数の低減が可能となった。表-2に、これまで一般的に使用されてきた繊維シートとストランドシートの比較を示す。

表-2 繊維シートとストランドシートの比較

	中弾性シート	ストランドシート
繊維目付(g/m <sup>2</sup> )	400	700
引張強度(N/mm <sup>2</sup> )	2,400	2,900
引張弾性率(N/mm <sup>2</sup> )	440,000	390,000
必要層数(層)	2	1
許容応力度(N/mm <sup>2</sup> )	440.0	390.0
シート応力度(N/mm <sup>2</sup> )	414.4	383.6
工程数	7	4
シート施工能率(m <sup>2</sup> /日)	20	32
必要規制日数(日)	100	65
施工費(材工共)	1.1	1.0

ストランドシートの採用による工程数の削減および施工能率の向上は、規制日数が2/3程度で済み、工事に伴う高速道路利用者への影響を低減することができた。また、シート補強の施工費の削減とあわせて、規制費用、機械足場費用を削減でき、大幅なコスト削減が図れた。施工状況を写真-2および写真-3に示す。



写真-2 補強工施工状況

一方で、ストランドシートの課題として、繊維シートのように長尺のものをロール状にして運搬できないこと、また、補強方向（繊維方向）に屈曲しにくいことが考えられた。しかし、今回の補強工においては、機械足場による施工であったため、シート長さが機械足場のデッキ長さで決まり、長尺での運搬を必要としなかったこと、また、補強部位であるトンネル上部スラブは平坦であるので、シートを屈曲させる必要がなかったことから、大きな問題とならなかった。

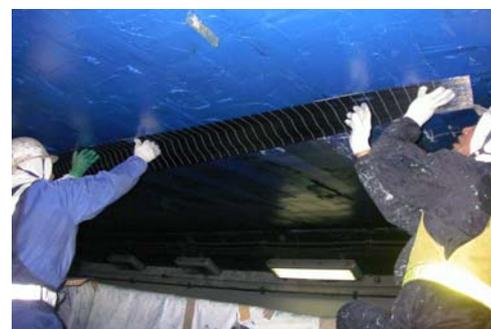


写真-3 ストランドシート貼付作業

7. おわりに

今回使用したストランドシートは、信濃町トンネルの上部スラブ補強の現場条件に、非常に適合した補強材料であった。今後、既存の構造物の老朽化とともに増えていく補修・補強の現場は、多種多様な条件下での施工であることから、適用範囲の広い新材料が開発され、工法選択の幅が広がることを期待している。