

羽田トンネル天井板の撤去及び損傷原因

REMOVAL OF CEILING BOARDS AND CAUSE OF DAMAGE IN THE HANEDA TUNNEL

井田 達郎^{1*}・成沢 光弘²・谷岡 尚昭³・小西 由人⁴

Tatsuro IDA^{1*}, Mitsuhiro NARISAWA², Naoaki TANIOKA³, Yuto KONISHI⁴

The Metropolitan Expressway Co., Ltd. removed concrete ceiling panels from the Haneda tunnel in the end of December, 2012, which was due to be carried out in conjunction with other repairs such as anti-spalling method in the next fiscal year. This is because emergency checkups of the ceiling board structure were carried out in response to the ceiling collapse in the Sasago tunnel and one more fracture damage in a suspension member was found in the Haneda tunnel other than injuries checked up before. This paper reports the removal method, check-up and repairs after the removal, and the cause of fracture of the suspended members in the Haneda tunnel.

Key Words : ceiling board, removal, stress corrosion cracking, anti-spalling method

1. はじめに

羽田トンネルは，昭和39年に供用した1号羽田線にある海老取川の下を通る海底トンネルである．漏水による躯体の劣化や天井板吊材の破断が確認されたことから，トンネル本体の長寿命化や安全性の向上を図るためにコンクリート剥落防止工等と併せて天井板の撤去を行うこととしていた．

平成24年12月2日に発生した笹子トンネル天井板落下事故を受けて，緊急点検を行ったところ，過去の点検で把握していた下り線の吊り材破断1本以外に，新たに上り線側の吊り材破断1本が確認された．（写真-1参照）このため，事故の社会的影響を考慮し，平成25年度に予定していた天井板撤去工事を平成24年12月に前倒しすることとした．

本稿では，羽田トンネルにおける天井版撤去，撤去後の点検及び補修および吊材破断原因について報告する．



写真-1 天井板吊り材の破断

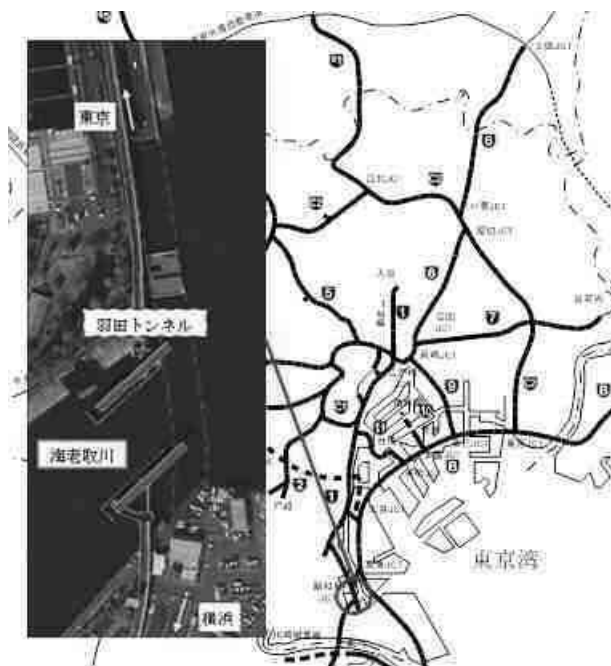


図-1 羽田トンネル位置図

2. 天井板の撤去

平成24年12月22日～25日に，1号羽田線の一部区間で通行止めを行い，天井板撤去工事を実施した．なお，本工事は通行止め日数を極力少なくするため，上下線同時

キーワード：天井板，撤去，応力腐食割れ，剥落防止対策

¹正会員 首都高速道路(株) 西東京管理局 保全設計第一課 Metropolitan Expressway Co.,Ltd. Maintenance Design Group (E-mail : tida82@shutoko.jp)

²非会員 首都高速道路(株) 西東京管理局 保全設計第一課 Metropolitan Expressway Co.,Ltd. Maintenance Design Group

³非会員 首都高速道路(株) 西東京管理局 保全工事事務所 Metropolitan Expressway Co.,Ltd. Maintenance construction

⁴正会員 首都高技術(株) 構造管理部 管理第二課 Shutoko Engineering Co.,Ltd. Management Group

パンずつ天井板を撤去することとした。写真-4に吊り金具の撤去状況を示す。



写真-4 吊り金具撤去状況

3. 天井板撤去後の点検及び補修

天井板を撤去した後に、トンネル本体を点検し、コンクリート剥落防止工等、交通解放後の断面修復工及び安全性を確保する工事を実施した。

(1) 点検及び補修方針

天井板撤去後、テストハンマー等による打音検査を行い、トンネル本体の剥離範囲を確認した。

トンネル本体に剥離が発生している箇所は、劣化部のはつり落としを行い、はつり作業により鉄筋が露出した場合はワイヤブラシにて錆を除去し、防錆材を塗布した。はつり後、断面修復によりコンクリートかぶりを復旧した。断面修復は、プライマーを塗布し、乾燥後、ポリマーセメントモルタルを充填し、左官仕上げを行った。充填したモルタルの適切強度発現を促すために、坑内においてブラインドヒーターを用いた加熱養生を行った。

また、天井板撤去後にトンネル天井部全面に剥落防止を実施することは時間的制約から不可能な中、断面修復面積が大きい箇所でのコンクリート片落下が懸念されたため、連続繊維FRP格子筋を固定する工法で剥落防止を行うこととした。この工法は、コンクリートアンカーを用いて、連続繊維FRP格子筋を固定するため硬化、養生の必要がなく、比較的短時間で施工が可能となった。

写真-5にたたき点検の様子、写真-6に剥落防止施工後の状況を示す。



写真-5 たたき点検の様子



写真-6 剥落防止の施工後

(2) 断面修復材付着強度確認試験

通行止め時間が限定される中、交通解放時に十分な付着強度が得られる必要があった。通行止めに先立ち、室内試験により、断面修復材の付着強度の時間的な変化を確認し、施工スケジュールにこの結果を反映した。

断面修復材として速硬性、早強性に優れており、緊急工事に適したポリマーセメントモルタルを使用した。

断面修復材を練り混ぜた後、30分又は1時間後の付着強度の変化を計測した。また、練り混ぜの水温を条件温度5℃とした場合と、水温30℃の温水とした場合での強度発現の違いを併せて確認した。

図-6に付着強度試験の結果を示す。試験の結果、30℃の温水で練り混ぜた場合に初期強度の増幅が大きく、練り混ぜ後4時間で付着強度1.5N/mm²以上が発現することが分かった。

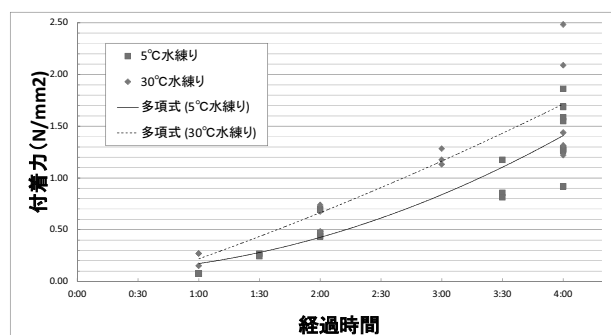


図-6 付着強度試験の結果

4. 損傷原因の究明

羽田トンネルにはトンネル内に都心側と羽田側のケーソン部に天井板が設置されており、羽田側の天井板で2本の吊り材に破断を確認した。吊材は、図-7に示すとおり常時引張り応力を受ける部材である。

この破断の原因究明のため、下記に示す調査を実施した。

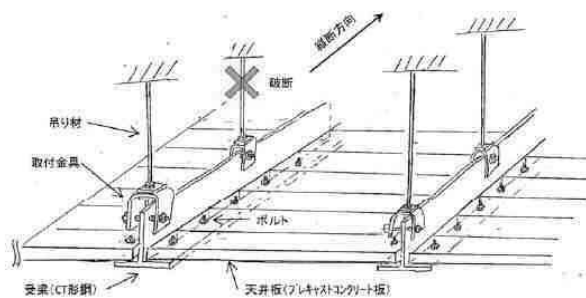


図-7 吊材損傷部構造

(1) 破面観察

破断部の外観を観察した後、破断面の破面形態を走査型電子顕微鏡(以降SEMと称す)で観察した。撮影倍率は30倍、100倍、500倍、2000倍で実施した。

破面観察の結果、応力腐食割れの特徴的な破面形態である羽毛状模様(ファンシェーブパターン)を確認した。(写真-7参照)

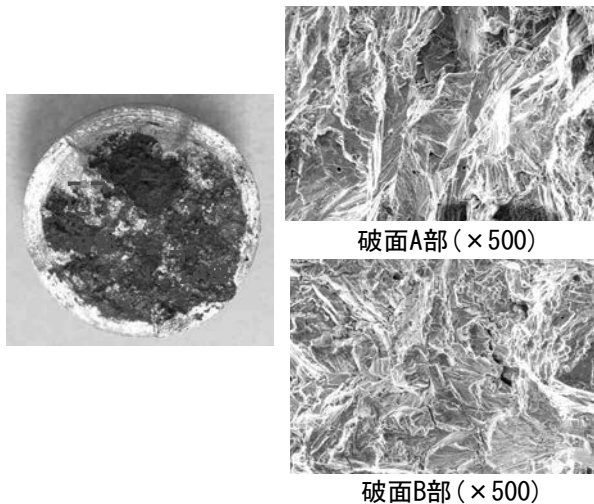


写真-7 破面観察結果

(2) 断面観察

各吊り材の中心を縦方向に切断し、切断面を鏡面研磨しエッチングで観察した。観察は金属顕微鏡で撮影倍率を12.5倍～200倍で実施した。なお、断面確認は、破断部及び未破断部の吊り材で実施した。

破断部の断面確認の結果、応力腐食割れ特有の樹枝状に分岐したひび割れ状のき裂を確認した。(写真-8参照)



写真-8 断面観察結果

未破断部についても、ごく微細ではあるが、樹枝状に分岐したひび割れ状のき裂を確認した。

(3) 吊り材成分分析

吊り材の材料は、しゅん功図面において旧JIS規格のSUS 7と確認できたが、製造時期が古いことから材料成分のばらつきの可能性も考慮したため実施した。具体的には分析方法は、C、Sの分析については燃焼赤外線吸収方法により、Si、Mn、P、Cr、Niは蛍光X線分析法によりそれぞれ実施した。

吊り材成分分析の結果、吊り材は図面通りオーステナイト系ステンレス鋼であることを確認した。

(4) 付着物成分分析

吊り材の表面に堆積した付着物の分析を実施した。無機分析として電子線マイクロアナライザー(EPMA)により実施した。

付着物成分分析の結果、全ての分析箇所で腐食性作用のある塩素の存在を確認した。

(5) まとめ

吊り材の破面及び断面に応力腐食割れ特有のき裂を確認した。応力腐食割れは、材料、環境、引張り応力の三要素が揃った場合に発生するが、材料と環境の組合せとしてオーステナイト系ステンレス鋼と塩化物の存在がよく知られており、今回の調査結果からも状況が合致していることから破断原因と考えられた。

5. おわりに

今回の羽田トンネルにおける天井板撤去工事は、55時間という短い作業時間の中での工事となったが、通行止め時間内に大きな事故なく終了することが出来た。今回無事施工できたのは、全面通行止めに協力を頂いた関係機関やお客様のご理解・ご協力があったおかげであり、ここに感謝の意を表します。

また損傷原因の調査では、一般財団法人首都高速道路技術センターの三木千壽氏に貴重なご意見を賜った。

本工事により、当面の安全性は確保できたものと考えているが、長期的な健全性を保つため、トンネル構造物の長寿命化や安全性向上のための補強工事を引き続き実施していく予定である。

参考文献

- 1) 谷岡 尚昭:インフラ維持更新の時代 - 羽田トンネル天井板撤去工事 -, 土木施工 7月号, pp.84~pp.87,2013.