

# 中央自動車道笹子トンネル天井板落下事故 に関する調査・検討委員会報告書の概要

## 天井板落下原因の把握と再発防止策について

国土交通省道路局高速道路課  
なかがみ よういち  
 課長 中神 陽一

今回の事故で犠牲となられました方々に哀悼の意を捧げるとともに、負傷・被害を受けた方々に心からお見舞いを申し上げます。

止策について専門的見地から検討を行った。

今般、委員会において報告書がとりまとめられたのでその概要をここに紹介する。

### 1 はじめに

昨年12月に発生した中央自動車道笹子トンネルの天井板落下事故は、道路構造物そのものが通常の供用状態下において落下し、死亡者・負傷者が生じたわが国において例を見ない重大な事故であった。早急な再発防止策等の検討が必要であったことから、事故発生2日後に「トンネル天井板の落下事故に関する調査・検討委員会」を設置し、天井板落下の発生原因の把握と同種事故の再発防

### 2 事故の概要

平成24年12月2日、午前8時03分頃、中央自動車道笹子トンネルの上り線で、東京側の入口から約1,150m付近において、トンネル換気のために設置されている天井板および隔壁板等が約140mにわたり落下（図1）。同区間を走行中の車両3台が天井板の下敷きになるなどにより巻き込まれ、うち2台で火災が発生。この事故による人的被害は死者9人、負傷者2人（注：平成24年12月4日消防庁調べ）という、わが国において例を見ない重大事故が発生した。

なお、事故直後より中央自動車道下り線は大月JCT～勝沼IC間が、上り線は一宮御坂IC～大月JCT間が通行止めとなった。下り線は天井板を撤去等の上、平成24年12月29日午後1時より対面通行により供用を再開した。また、上り線は警察による事故の現場検証、

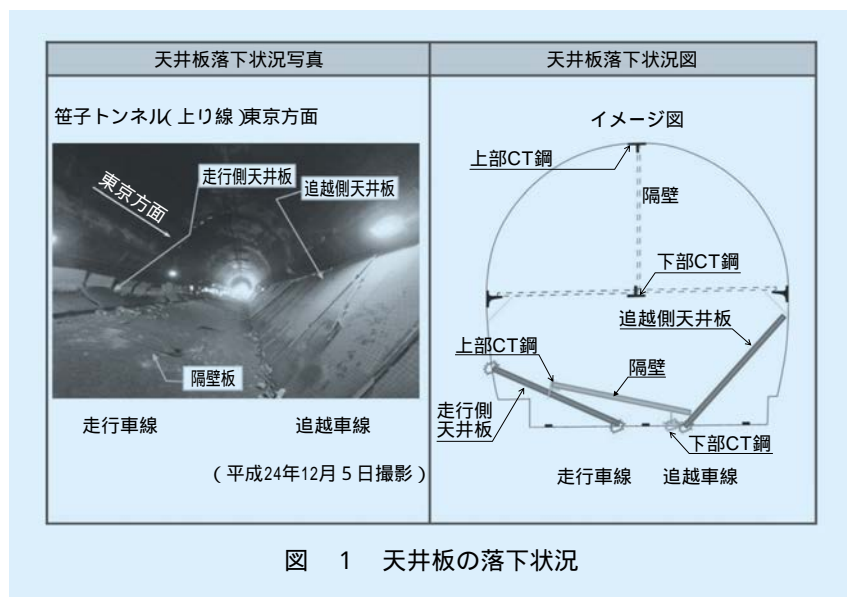


図 1 天井板の落下状況

天井板の撤去等の後、平成25年2月8日午後4時に通行止めが解除となった。これにより、上下線とも事故前と同様に各2車線での供用再開となった。

### 3 調査・検討委員会の設置

事故発生の2日後に当たる12月4日、東京都立大学の今田徹名誉教授を委員長とする「トンネル天井板の落下事故に関する調査・検討委員会」(表1)が設置され、落下の発生原因の把握と再発防止策についての検討が開始された。同委員会は、約半年間で現地調査を2回、委員会を5回開

表 1 トンネル天井板の落下事故に関する調査・検討委員会 名簿

委員長	今田 徹	東京都立大学 名誉教授
委員	西村 和夫	首都大学東京 教授
委員	二羽淳一郎	東京工業大学 教授
委員	真下 英人	独立行政法人土研道路技術研究グループ長
委員	水野 明哲	工学院大学 学長
委員	本橋 健司	芝浦工業大学 教授
委員	森 望	国土技術政策総合研究所 道路研究部長

催し、平成25年6月18日に報告書を取りまとめた。

### 4 笹子トンネルの概要

中日本高速道路株式会社(以下「中日本高速」という)が管理する笹子トンネルは、山梨県内の全長約4.4kmのトンネルとして、昭和52年に供用を開始。換気方式は、トンネルの延長から横流換気方式を採用。

送排気ダクトはトンネル断面を活用する天井板構造を採用し、<sup>ばいえん</sup>煤煙透過率、車道内最大風速、ダクト終端風速等の規定値を満たすものとして、寸法の異なるL、M、Sの3断面構造を採用した(図2)。

### 5 天井板の構造

天井板の構造は、6mのCT鋼(断面がT型で、隔壁板、天井板を複数枚固定し、吊り下げる鋼材)、隔壁板、天井板等からなり、これらをCT

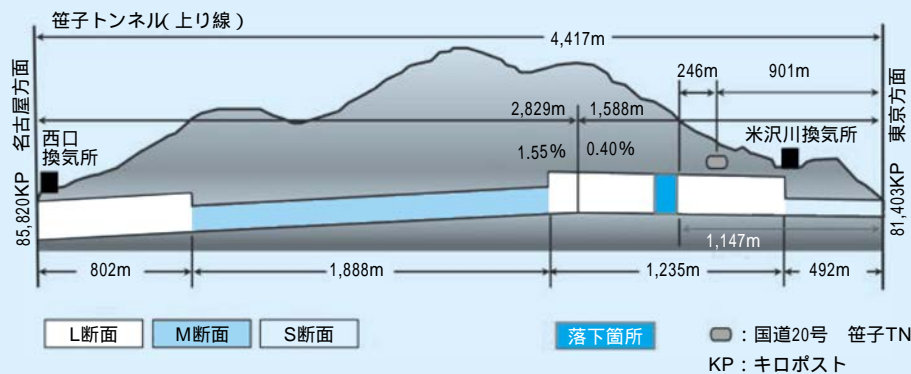


図 2 笹子トンネル断面図

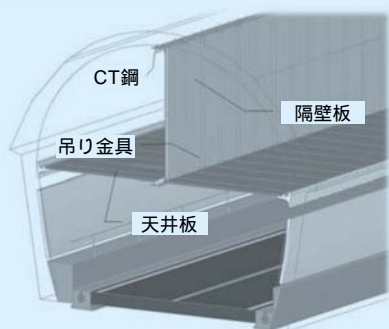


図 3 天井板の構造

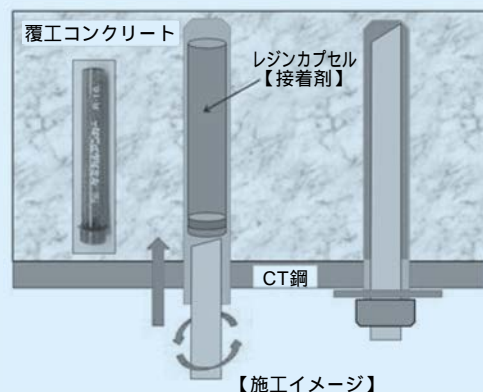


図 4 接着系ボルト

鋼ごとに16本のトンネル天頂部接着系アンカーボルト（以下「天頂部接着系ボルト」という）と両端の受け台で支える構造であった（図 3）。接着剤の種類としては、不飽和ポリエステル系の樹脂が使用されていた（図 4）。

## 6 事故区間の観察

事故区間（CT鋼23本分：138m）の落下痕跡<sup>こんせき</sup>について、落下した隔壁の重なり方に着目して整理したところ、12番のCT鋼の境界部は、隣り合う11番と13番の境界部より下になっていた。併せて、天頂部接着系ボルトの変形、抜け落ちたボルトの孔内における傷の状況、舗装に残る落下痕を観察した結果、事故区間東京側から1番から12番のCT鋼部と13番から23番のCT鋼部の間で、ボルトの変形の向きや孔内における傷の向きが逆転していた。

また、舗装の落下痕の深さや長さなどについても、同様の傾向が見られた。以上の観察で得られた範囲の情報に基づけば、事故区間東京側から11番目から13番目のCT鋼のいずれか、または、いくつかが起点となり、そこから東京方向・名古屋方向の両方向に落下が広がったことが、落下時の

挙動の可能性として推定される。

## 7 天頂部接着系ボルトの設計

当時の設計では、天頂部接着系ボルトへの引張力は、天井板や隔壁板等の重量、ならびに換気装置稼働時の鉛直方向の風荷重が作用するとして、1本当たり最大12.2kNと見込まれていた。しかし、委員会で当時の設計を再現し、風荷重のシミュレーションを実施した結果、隔壁板に作用する水平方向の風荷重により、ボルト1本当たりさらに8kN程度の引張力が加わり、実際には20kN程度が作用するという計算結果を得た。これは本来、設計において考慮すべき大きさであった（図 5）。

## 8 天頂部接着系ボルトの施工

引抜試験で強度が特に低かったボルト56カ所ので覆工コンクリートのコア抜きを行い、天頂部接着系ボルトの埋込状態を確認したところ、ボルト先端とボルト孔底が一致しておらず、接着剤が十分攪拌されないままボルト先端に残留していたものが相当程度あった（図 6）。

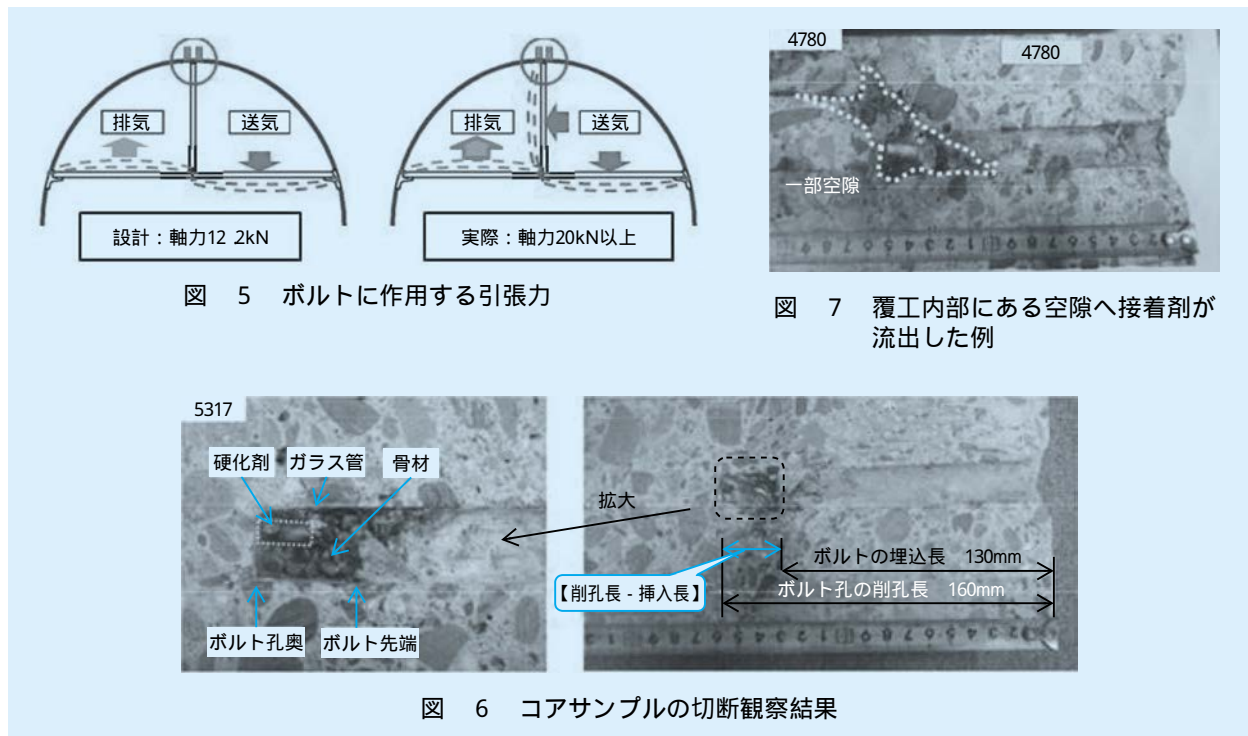


図 5 ボルトに作用する引張力

図 7 覆工内部にある空隙へ接着剤が流出した例

図 6 コアサンプルの切断観察結果

また、覆工コンクリート内部には、空隙の存在が確認され、この空隙部へ接着剤が流出しているコアも見られた（図 7）。

## 9 天頂部接着系ボルトの引抜試験

笹子トンネル上り線全線（事故区間を除く）にわたって、L、M、S断面それぞれで天頂部接着系ボルトの引抜試験を実施した（図 8、有効データ数183カ所）。

試験の結果、引抜強度が特に低く、設計上の引張力に満たない引抜強度（12.2kN未満、図 8のランクC）の天頂部接着系ボルト16本は、そのほとんどが、東京側L断面にて観察された。また、引き抜けたボルトを観察すると、ボルト上に残存していた接着剤がボルト全体に付着していないものも確認された。

なお、接着系ボルトの引抜試験と打音試験の結果を比較整理した結果、打音試験により引抜強度をほぼ喪失した天頂部接着系ボルトを把握できることを確認した。この結果、近接点検（近接目視、打音および触診）を確実に実施することは、適切な対応措置を取るために有効であることが確認された。

## 10 経年変化による影響

供用後、35年間の間に換気装置は約20万回以上

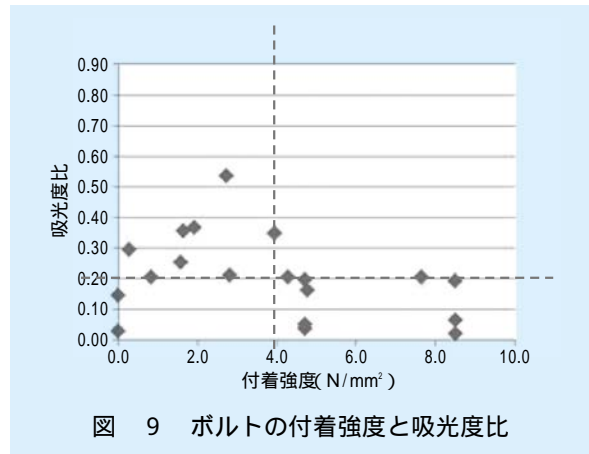


図 9 ボルトの付着強度と吸光度比

稼働・停止を繰り返し、それに伴う風荷重による繰り返し応力振幅が天頂部接着系ボルトに掛かった。さらに、大型車通過時に天井板に与える風圧と負圧作用による繰り返し引張振幅も掛かったと考えられる。これらは、断面形状が大きいL断面で特に影響があったと推定される。

さらに、絶対的な程度は小さいものの、接着剤樹脂には加水分解の進展が見られ、引抜試験との結果と併せて分析したところ、付着強度が4.0kN/mm<sup>2</sup>よりも小さい場合には、加水分解の程度を表す吸光度比が0.2を超えるデータも複数見られた（図 9）。また、接着剤内部を電子顕微鏡で観察した結果、無数の微細な内部亀裂や空隙が観察された（図 10）。

## 11 天井板の維持管理に関する調査

中日本高速では、L断面の天頂部接着系ボルト

引抜抵抗力試験結果(183カ所)

引抜抵抗力 ランク	箇所数割合			引抜抵抗力 試験結果 グラフ(一般例)	引き抜けた アンカー写真 (一般例)
	当初試験 (ランダムサンプリング) (139カ所)	追加試験 (44カ所)	合計 (183カ所)		
A 40kN以上 【安全率3.3以上～】 アンカーボルト材料の 降伏点近く、試験荷 重の上限と定めた値	59カ所	11カ所	70カ所		
	42%	25%	38%		
B 12.2kN以上～40kN未満 【安全率1.0以上～ 3.3未満】	72カ所	25カ所	97カ所		
	52%	57%	53%		
C 12.2kN未満 【安全率1.0未満】	8カ所	8カ所	16カ所		
	6%	18%	9%		

図 8 引抜抵抗力試験の結果



の打音点検を12年間にわたって未実施であった。

なお、2008年と2012年の9月には点検が予定されていたが、緊急を有する他の点検を行うため、打音点検の実施が先送りされていた。

また、天頂部接着系ボルトの補修補強履歴について、関係書類が調査当初に速やかに確認できる状態で保存されていなかったことなどが確認された。

## 12 天井板落下のメカニズム

これまでの調査・検討結果を踏まえると、落下のメカニズムは以下のように推定される。

- ① 天井板を支える接着系ボルトは、工事完成時点から所定の引抜強度が発揮されないものが含まれるなど、設計施工段階から事故につながる要因を内在していたものと考えられる。
- ② 特にL断面という、最も断面積が大きい、最も重い天井板および隔壁板を有する、そして最も大きい風荷重を受ける断面において、天頂部接着系ボルトでは、経年の荷重作用や材料劣化を原因とする引抜強度の低下・喪失が進行したと推定される。
- ③ 最終的に天頂部接着系ボルトは、全体としては天井板および隔壁板を吊るすための強度が不足し、せん断破壊等の要因により引き抜け、天井板等の落下が生じたと推定される。

さらには、隣り合う天井板が1枚の隔壁板を介して連結されていたことで、約140mの区間にわ

たり連続して落下したと推定される。

## 13 事故発生要因の整理

これまでの情報に基づき、事故発生に関連があったと考えられる要因を以下に整理する。

- ① 水平方向の風荷重によって生ずる天頂部接着系ボルトへの引張力が、設計で反映されていなかった。また、各ボルトが負担する引張力にばらつきがあった。
- ② 接着系ボルトの施工原理の前提条件となる施工仕様、品質管理規定の記載が、建設当時の製品カタログでは明確でなかった。さらに、「変質、老化の心配はない」と記載されていた。
- ③ ボルト孔の削孔深さとボルトの埋込長が異なっているものが相当数存在し、接着系ボルトの強度発現原理に照らせば、建設当初から、所定の接着剤引抜強度が得られていないものが一定程度存在したものと考えられる。
- ④ 中日本高速がL断面の天頂部接着系ボルトの打音点検を12年間にわたって未実施であったことについて、個々に見れば背景があるとしても、打音の実施が先送りされていたことなどは、事故が生じたという結果を踏まえれば、中日本高速の笹子トンネル天井板に対する事故前の点検内容や維持管理体制は不十分であったといわざるを得ない。

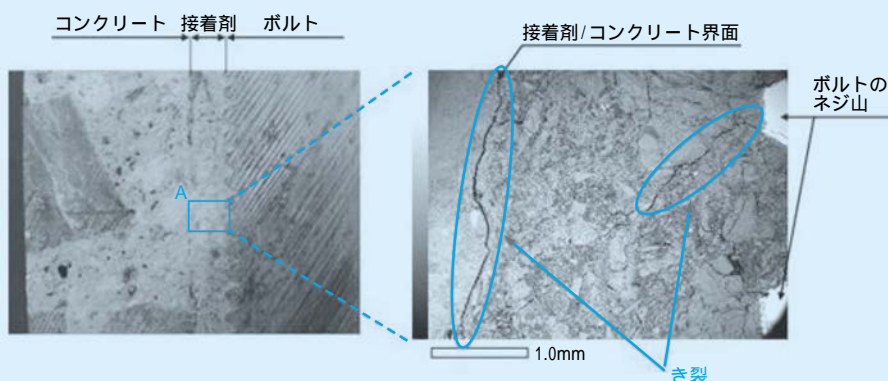


図 10 接着剤樹脂内部の顕微鏡観察結果

## 14

## 再発防止策

以上の検討結果を踏まえ、接着系ボルトで吊られたトンネル天井板に対しては、以下のような安全措置を速やかに講じる必要がある。

- ① 常時引張力を受ける接着系ボルトで固定された既存の吊り天井板については、可能ならば、撤去することが望ましい。
- ② 存置する場合は、バックアップ構造・部材を設置すべき。
- ③ 上記2点の対策が完了するまでは、点検頻度を増やすなどのモニタリングを強化すべき。
- ④ 点検に当たっては、全ての常時引張力を受ける接着系ボルトに対して近接点検（近接目視、打音および触診）を行うとともに、いくつかのサンプルで引張載荷試験を実施すべき。

さらに、報告書では、接着系ボルトにより吊り構造で固定された既設重量構造物については、バックアップ構造・部材の設置等を進めること、また、長期耐久性能について一定の知見の蓄積がなされるまでは、トンネル天井板等の常時引張力を受ける箇所へは原則として接着系ボルトの使用を避けるべきとの指摘がなされた。

## 15

## 今後の設計，施工，維持管理等のあり方

委員会では、今回の事故を教訓とし、国民が安全に安心して利用できる道路を提供するため、設計、施工、維持管理の各段階において、今後重視すべき視点について、以下のとおりまとめた。

- ① 新製品の採用等に当たっては、長期耐久性などの性能が確認された範囲で、採用箇所などを慎重に選択すべき。
- ② 適切な頻度・機会・方法で点検を実施するとともに、点検・補修補強の履歴や目的の記録を残し、その後の点検等の維持管理に反映させる仕組の構築やマネジメントを実施すべき。
- ③ 不具合情報等を収集・共有する仕組の構築および点検要領の整備、設計基準の改訂等を着実

に進めることが必要。

- ④ 道路構造物を適切に管理することを容易にする新技術の開発が望まれる。

## 16

## まとめ

本報告の趣旨を踏まえ、各道路管理者が直ちに再発防止策を講じることを期待するとともに、点検要領の整備、設計基準の改訂および新技術の開発などが着実に進められることを望む。

また、今回の教訓として、各種情報の共有・継承の重要性が上げられる。各現場における構造物の経年変化、ならびに、点検の実施計画、計画を変更した場合には、その経緯等に関する情報が組織内で共有・継承されるように、特定の技術者や点検員が定期的に当該構造物の点検に携わるようにするなど、補修補強履歴等が確実に記録・保存される仕組の構築やマネジメントの実施が重要である。

最後に、国ならびに各道路管理者は、以上を教訓に確実な維持管理等に関わる仕組、実施体制の整備を図っていくべきである。

## 17

## おわりに

今回の事故を受け、国土交通省としては、同種事故防止の観点から、全国の道路管理者に対し、トンネル天井板の緊急点検指示やトンネル内の道路付属物等の一斉点検の指示を行い、その結果を公表した。

また、各現場において、再発防止策の取り組みが適切に行われるよう、調査・検討委員会で指摘を受けた内容について、速やかに関係者へ通知するなどの対応を行った。

今回の事故で得られた教訓を活かし、報告書で指摘された対策を着実に実施していくことが、全道路管理者に課せられた使命だと認識しており、今後とも、再発防止策に全力を注いでまいりたい。