

## トンネル覆工コンクリートの変状調査と対策工について

(株) 芙蓉調査設計事務所 正会員 ○須賀 幸一  
 正会員 松坂 禎浩  
 正会員 弓立 晃  
 正会員 小倉 和壽  
 黒田 圭

## 1. はじめに

平成11年度の福岡トンネルにおけるコンクリート剥落事故をはじめ、近年多くのコンクリート構造物における耐久性、劣化の問題がクローズアップされている。本文は愛媛県下において調査した道路トンネル（16トンネル）の変状調査と対策工について報告する。

## 2. 調査概要

「コールドジョイントに着目したトンネル緊急点検要領」に従い実施された打音調査において異常が認められたトンネルや、漏水、ひび割れ、表面劣化が激しいトンネル（表1）に対してレーダー探査法及びコア抜き調査法によるトンネル覆工厚、背面空洞調査を実施した。また採取したコアによる圧縮強度試験、中性化試験を行いコンクリートの劣化度を調査した。

表1 調査トンネル一覧表

トンネル名	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
完成年次（昭和 年）	34	35	35	38	38	39	43	44	45	49	53	53	56	56	58	63
延長(m)	73.0	186.0	207.0	117.8	250.3	202.0	285.0	116.1	262.8	639.5	109.5	219.8	748.5	177.0	133.4	182.0
幅員(m)	4.0	3.1	5.5	4.0	6.0	4.0	5.0	5.5	6.0	6.5	8.7	6.5	6.5	6.5	6.8	7.0
覆工厚(mm)	200	218	309	200	325	200	278	350	350	350	541	350	500	700	600	603
背面空洞(cm)	30~ 100	33~ 109	0~ 18	30~ 100	0~ 89	50~ 100	10~ 47	10~ 40	10~ 60	10~ 40	0~ 54	10~ 40	10~ 60	10~ 40	10~ 60	0~ 66
中性化深さ(mm)	97.0	16.4	8.6	84.0	9.4	132.0	29.8	18.0	18.0	4.0	4.5	15.0	5.0	15.0	18.0	16.4
圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )	11.6	23.4	35.3	10.2	47.4	8.9	34.2	39.8	40.3	37.9	29.9	35.1	29.4	43.4	32.9	40.1

## 3. 調査結果

各トンネルで行ったトンネル覆工厚の結果を図1、圧縮強度の結果を図2、中性化試験の結果を図3に示す。施工が古い為、設計覆工厚、設計基準強度が不明なものが多く、設計覆工厚を300mm、設計基準強度を15N/mm<sup>2</sup>に設定した。調査の結果、昭和30年代に施工されたトンネルを中心に覆工厚、圧縮強度共に基準値を下回るものがあり、中性化も岸谷式（水セメント比65%）による中性化深さの予測値と比較すると予想値を大きく上回るものがあった。また、トンネル覆工背面には、数十cmから、大きなものでは1m程度の空洞が確認された。

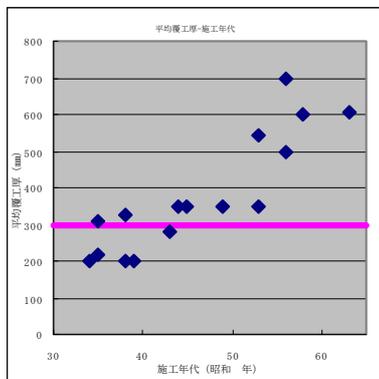


図1 施工年代と平均覆工厚

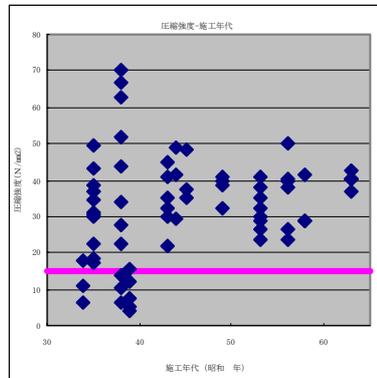


図2 施工年代と圧縮強度

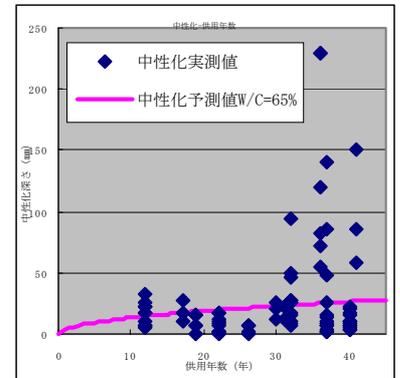


図3 供用年数と中性化深さ

キーワード 維持管理、トンネル、コンクリート劣化、レーダー探査

連絡先 〒791-8022 愛媛県松山市美沢1丁目2番30号 (株) 芙蓉調査設計事務所 TEL 089-924-1313

4. 変状原因の推定

主な変状原因を表2に示す。調査対象となったトンネルは全て鋼製支保工と木矢板による在来工法により施工されている為、その工法の特徴からトンネルのクラウン部の覆工に覆工厚不足、覆工背面に空隙を生じやすい。また、覆工コンクリート施工後、背面に裏込め注入されなかった為、空隙が残ったものと推定される。また、コンクリートの品質も悪く、コンクリート打設時の材料分離などにより、中性化が大きく進んでいるものと推定される。このような、トンネルの内因による覆工背面の空洞、覆工厚不足、圧縮強度不足などを放置しておく、覆工背面の地山に緩みが生じ突発性の崩壊を引き起こしやすい。

表2. 主な変状原因

変状原因											
外力による変状							材	漏	その他		
緩み	突発性崩壊含む	偏土	地すべり	膨張性土	支持力不足	水圧	凍上	材質劣化	背面の空げき	巻厚不足	インバートなし

5. 対策工の選定（内因による変状対策）

(1) 覆工背面の空隙

覆工背面の空隙の対策工として、裏込め注入工が選定される。覆工背面の空隙を埋めることにより、覆工と地山を密着させて均等な荷重を作用させ覆工及び周辺地山の安定をはかる。

(2) 覆工厚不足、圧縮強度不足

覆工厚不足、圧縮強度不足の対策工としては、部分改築工、内巻工、内面補強工などが考えられる。それぞれの対策工の特徴を勘案して、図4の表に示す4つの領域に区分して対策工を選定する目安とした。

領域Ⅰ：圧縮強度が15N/mm<sup>2</sup>以上、覆工厚が300mm以上のものは無補強とする。

領域Ⅱ：圧縮強度が10~15N/mm<sup>2</sup>、覆工厚が200~300mmのものは、トンネル覆工のひび割れ等の変状状況や補強区間の連続性などにより補強するか否かを判定する。

領域Ⅲ：圧縮強度10N/mm<sup>2</sup>以上、覆工厚200mm以下（部分的なものも含む）のものは内面補強工を選定する。

領域Ⅳ：圧縮強度10N/mm<sup>2</sup>以下のものは覆工コンクリートとして期待できないことから内巻工、部分改築工を選定する。

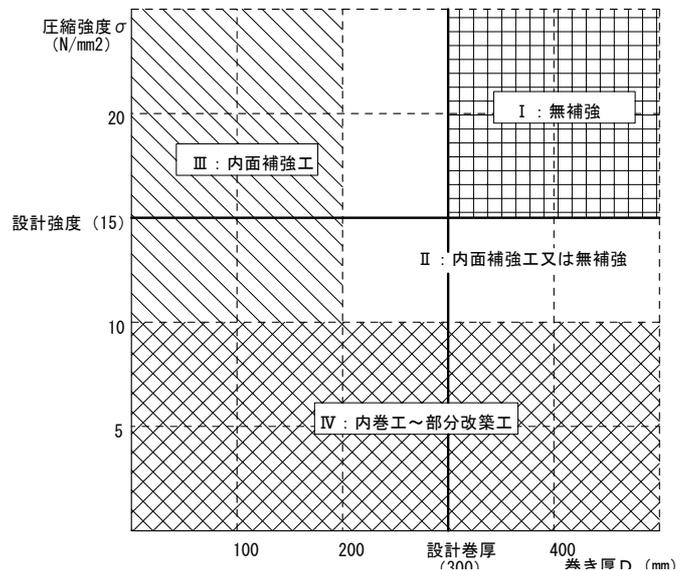


図4 対策工の選定表

6. まとめ

- (1) トンネル覆工コンクリートの変状調査の結果、昭和30年代のトンネルを中心に覆工厚不足や覆工背面の空洞がみられ、また、コンクリートにも圧縮強度不足や中性化の進行が認められた。
- (2) 覆工厚不足、圧縮強度不足、覆工背面の空隙の存在が、突発性崩壊を生じる要因となる。
- (3) 背面の空隙対策として裏込め注入工を選定した。
- (4) 覆工厚、圧縮強度の関係と変状状況を考慮し、無補強、内面補強工、内巻工~部分改築工を選定する対策工選定表を提案した。

7. 参考文献

1) 道路トンネル維持管理便覧 日本道路協会 H5.11 2)山田(辰),須賀,黒田:トンネル覆工コンクリートの変状調査,土木学会四国支部 第7回技術研究発表会講演概要集,pp408-409,H13.5 3)松坂,山田(公),小倉:突発性崩壊要因を有する既設トンネル覆工の対策工について,土木学会四国支部 第7回技術研究発表会講演概要集,pp410-411,H13.5