

トンネル点検の高度化に関する研究

(株)高速道路総合技術研究所

正会員 ○上谷 明生

正会員 中野 清人

正会員 海瀬 忍

1. はじめに

東日本・中日本・西日本高速道路株式会社の管理するトンネルでは、平成26年7月に道路法施行規則が改定されたことにより、全面近接目視による詳細点検を実施した。その後、平成31年2月に道路トンネル定期点検要領（国土交通省 道路局）が改正され近接目視と同等以上の手段により、健全性の診断の根拠となる状態の把握を行うことができるようになってきている。これを受けて、無筋コンクリートのスパンにおいて、図-1に示す走行型画像撮影車を用いた画像によるスクリーニングを実施



図-1 走行型画像撮影車

したのち、ひび割れ等の変状が顕在化している箇所限定して、近接目視・打音点検を実施しているところである¹⁾。

しかし、坑口部、小土被り部及び外力対策等に実施されている鉄筋コンクリートの覆工については、変状の発生形態や、鉄筋の腐食が構造物に及ぼす影響を十分に把握できていないことから、従来どおりの全面近接目視を行っているのが現状である。したがって、詳細点検のさらなる高度化のため、無筋コンクリートの覆工と同等の点検手法の適用性について検討する必要がある。

本文では、現在検討を行っている、鉄筋コンクリートの覆工に対する詳細点検の高度化について報告する。

表-1 TCIの比較対象一覧

トンネルNo.	完成年	延長(m)	工法	覆工コンクリート(スパン数)		
				無筋	鉄筋	合計
1	1987	2,357	矢板工法	197	9	206
2	1987	2,363	矢板工法	198	9	207
3	1987	325	山岳工法	27	6	33
4	1987	336	山岳工法	28	6	34
5	1987	1,458	矢板工法	117	10	127
6	1987	1,441	矢板工法	113	13	126
7	1988	456	山岳工法	42	4	46
8	1988	472	山岳工法	43	4	47
9	1988	797	山岳工法	77	3	80
10	1988	819	山岳工法	78	3	81
11	1988	545	矢板工法	45	9	54
12	1988	507	矢板工法	40	10	50
13	1991	303	山岳工法	25	6	31
14	1991	122	山岳工法	0	12	12
15	1991	768	山岳工法	70	7	77
16	1991	517	山岳工法	43	7	50
17	1991	2,212	山岳工法	186	11	197
18	1991	209	山岳工法	16	4	20
19	1998	297	山岳工法	23	6	29
20	1998	982	山岳工法	85	19	104
21	2003	603	山岳工法	50	11	61
22	2003	1,104	山岳工法	46	67	113
23	2003	743	山岳工法	58	23	81
24	2003	2,035	山岳工法	146	62	208
25	2003	760	山岳工法	51	31	82
26	2003	1,088	山岳工法	92	26	118
27	2003	859	山岳工法	71	19	90
28	2003	443	山岳工法	25	18	43
29	2003	1,193	山岳工法	79	45	124
30	2003	306	山岳工法	9	21	30
31	2003	1,743	山岳工法	87	67	154
合計	-	28,161	-	2,167	548	2,715

2. 点検方法の検討を行う上での着目点

2.1. ひび割れの発生状況

鉄筋コンクリートの覆工を無筋コンクリートの覆工と同等の点検手法とするために、ひび割れの発生状況を定量的に比較し、変状規模の把握を行う。ここでは、既往の研究より²⁾、ひび割れの発生状況を定量的に評価できる指標である、ひび割れ指数（Tunnel-lining Crack Index:以下「TCI」と称す）を用いて比較を行うこととする。TCIは覆工表面のひび割れ幅、長さ及び方向をパラメーターとした指標であり、トンネルの縦断方向成分を F_{11} 、横断方向成分を F_{22} と定義し、覆工1スパン当たりのひび割れの総和として $F_0=F_{11}+F_{22}$ を用いて定量化した。対象は表-1に示す通り、トンネル31本、2,715スパンとした。

キーワード：トンネル 点検 覆工コンクリート 鉄筋 腐食膨張 TCI

連絡先 〒194-8508 東京都町田市忠生一丁目4番地1 (株)高速道路総合技術研究所 TEL042-791-1629

2.2. 浮き・はく離の発生状況

鉄筋腐食により覆工コンクリートに顕在化する変状の代表的な例には「浮き・はく離」がある。これが発生している覆工コンクリートの状況を把握するため、現地調査により確認し、発生形態等を整理する。

3. 着目点に対する検討状況と検討結果

3.1 ひび割れの発生状況

図-2 に鉄筋の有無による TCI の累積グラフによる比較を示す。横軸は TCI ($\times 10^5$)、縦軸は TCI の累積密度を示しており、ひびわれの長さや幅が大きくなると TCI は増加する傾向を示すことから、傾きが緩やかになると、覆工に発生しているひび割れは太く、長いものが多いことを示している。鉄筋の有無で TCI を比較したが、両者にはおおむね差がないことを確認し、ひび割れの検出においては無筋コンクリートの覆工と同等の点検手法を採用できる可能性があると考えられる。

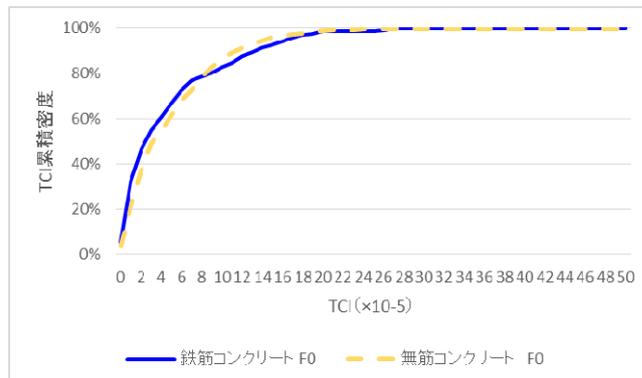


図-2 TCI の累積グラフ

3.2 浮き・はく離の発生状況

鉄筋コンクリートの覆工における変状に関して現地調査を行い、確認した代表的な例を図-3 に示す。鉄筋かぶりが少ない箇所において鉄筋腐食による、かぶりコンクリートのはく離が確認されており、一定以上の鉄筋かぶりを有している箇所では、鉄筋露出や浮き・はく離等の変状は確認されなかった。したがって、鉄筋かぶりが少ない箇所においては、鉄筋腐食の影響により覆工コンクリート表面へ変状が顕在化しやすいと考えられ、近接・打音点検が必要であるといえる。



図-3 鉄筋腐食による変状の発生状況

4. 今後の検討課題

一定の鉄筋かぶりが確保されていない区間で「浮き・はく離」の変状が発生していることが多いことを確認したが、通常鉄筋コンクリートの覆工の設計かぶりは、主鉄筋芯において約 100mm であり、橋梁等の他構造物と比べて大きくなっている。そこで、一定以上かぶりが確保されていれば鉄筋の腐食膨張により覆工表面に変状が顕在化する懸念は少ないという考えに基づき、数値解析により、鉄筋の腐食膨張に伴い発生する応力が、構造物に及ぼす影響を定量的に評価する。すなわち、仮に鉄筋が腐食しても、覆工コンクリートの表面に浮き・はく離の発生するおそれのないかぶり厚さを求め、無筋コンクリートの覆工と同等の点検手法の適用性について検討する。さらに、鉄筋かぶり厚さの把握が重要になるため、非接触 RC レーダーを用いた簡易な鉄筋かぶり測定手法についても、適用性について検討する必要がある。

5. まとめ

これまでの研究により、鉄筋コンクリートの覆工の変状形態についてはおおむね把握できたが、鉄筋の腐食が構造物に及ぼす影響の定量的な評価や、簡易な鉄筋かぶり厚さの測定手法について引き続き検討を行い、詳細点検の高度化を図る。

参考文献

- 1) 東日本・中日本・西日本高速道路株式会社：保全点検実施要領（構造物編） pp.160-165 2019.7
- 2) 中野清人，佐伯 徹，重田佳幸，大場 諭，西村和夫：トンネルの変状評価・原因推定へのひびわれ指数（TCI）の適用可能性について，トンネル工学報告集第 20 巻，pp.239-243，2010.11