

予防保全型維持管理の導入に向けた通信トンネルの鉄筋腐食調査に関する一考察

NTTインフラネット（株） 正会員 ○荻原 淳
 NTTインフラネット（株） 橋本 暁典
 通信土木コンサルタント（株） 林 秀三

1. はじめに

通信土木設備のマネジメントは造るから使いこなす、すなわち最適な維持管理計画に基づく設備運用の時代を迎えている。とりわけ通信ケーブルが集中する通信トンネル（以後、とう道と記す。写真-1 参照。）は、老朽化が進む一方で半永久的な供用、かつコストミニマムな維持管理が求められている。本研究では、構造物の耐荷性に大きな影響を及ぼす鉄筋腐食に着目して、実際のとう道において鉄筋腐食調査を行い、検討中の予防保全型維持管理システムに資する結果が得られたので、その一考察を報告する。



写真-1 開削とう道イメージ

2. 調査とう道概要

調査とう道は、同一壁面に鉄筋露出部と非露出部が混在する開削とう道を2とう道選定した。劣化要因はいずれも塩害である。特にBとう道は全体にわたって塩化物イオンが高濃度で、初期塩化物イオンの存在が考えられるとう道である。2とう道の諸元を表-1に示す。

表-1 調査とう道諸元

とう道名		A	B	
場所		関東	関西	
建設年		1971	1973	
壁厚	mm	250	250	
鉄筋かぶり(平均)	溝内側 mm	19	28	
中性化深さ	mm	5.2	17.9	
塩化物イオン濃度	0-20mm	kg/m ³	0.833	0.390
	20-40mm	kg/m ³	2.333	2.280
	40-60mm	kg/m ³	1.282	2.080
	60-100mm	kg/m ³	0.483	1.800

3. 鉄筋腐食調査概要

鉄筋腐食調査は、溝内側鉄筋および地山側鉄筋それぞれの鉄筋腐食状況について、これまで把握されなかった次の調査を実施した。

(1) 溝内側鉄筋腐食調査（鉄筋露出部・非鉄筋露出部〔ひび割れ無し〕）

鉄筋腐食の実態を把握するため、鉄筋露出部と非露出部（ひび割れ無し）の鉄筋径と鉄筋被りを測定し、鉄筋残存率を求めた。特に非露出部の鉄筋腐食状態を把握することは、劣化が顕在化しない状態が、耐久性に影響を及ぼすか否かを知る上で重要であり、対策工実施のタイミングを示唆するものと考えた。

(2) 地山側鉄筋腐食調査

地山側の鉄筋腐食状況を目視で確認できる状態になるまで、はつり工およびコア抜きを行い鉄筋径と鉄筋被りを測定し、鉄筋残存率を求めた。これまでの対策工は、溝内側の鉄筋腐食を基に検討してきた。これは地山側の主鉄筋が健全であることを前提としているが、実際の腐食状況を確認した例が無い。地山側の鉄筋腐食は、耐荷性を大きく損なうことから、この調査による確認は重要性が高いと考えた。

表-2 鉄筋残存率調査結果

劣化状況	とう道名	鉄筋かぶり (mm)	鉄筋残存率 (%)	
露出部	A	10.0	87	
		6.0	85	
		7.6	85	
		6.6	87	
		9.1	88	
		8.9	88	
		5.4	82	
		6.2	79	
		7.8	74	
		-----	-----	-----
		B	15.0	92
			14.0	89
			20.0	89
非露出部	A	29.8	98	
		26.6	98	
		23.0	96	
		6.9	94	
		10.0	95	
		20.8	100	
		41.4	98	
		41.3	95	
		30.2	100	
		42.0	100	
		-----	-----	-----
		B	24.0	91
			50.0	100

4. 鉄筋腐食調査結果

(1) 溝内側鉄筋腐食調査（鉄筋露出部・非鉄筋露出部〔ひび割れ無し〕）

- 鉄筋腐食箇所の調査結果は、表-2のとおりである。
- 鉄筋露出部の鉄筋かぶりは概ね20mm以下であり、鉄筋残存率は概ね90%未満であることが確認された。とう道で発生している鉄筋露出は、かぶり不足により鉄筋が早期に発錆し、程なく鉄筋露出に至ったと推定される。
- 非露出部箇所は断面欠損が殆ど認められず、鉄筋残存率も概ね95%以上で、健全であった。

キーワード トンネル, 鉄筋腐食, 予防保全, 維持管理, 鉄筋かぶり

連絡先 〒103-0007 東京都中央区日本橋浜町2-31-1 浜町センタービル15階 TEL 03-5645-1019

(2) 地山側鉄筋腐食調査

- ・鉄筋腐食箇所の調査結果は、表-3 および写真-2 のとおりである。
- ・いずれの地山側鉄筋も、若干の点錆は認められるが、溝内側鉄筋ほどの著しい断面欠損は認められず、ほぼ健全な状態を維持していた。
- ・地山側の鉄筋かぶりは、溝内側の鉄筋かぶりが小さいと大きく、その逆もある。これは、施工時の鉄筋のずれによるものと推定される。
- ・溝内側主鉄筋の鉄筋露出部、非露出部それぞれの地山側鉄筋の腐食状況は、先述のとおりほぼ健全であった。溝内側鉄筋の腐食状況の違いによる、地山側鉄筋の腐食状況に差異は見られなかった。

表-3 鉄筋残存率調査結果

溝内側鉄筋劣化状況	とう道名	溝内側鉄筋かぶり(mm)	地山側鉄筋かぶり(mm)	地山側鉄筋残存率(%)
露出部	B	13.0	81.0	100
		15.0	90.0	99
非露出部	A	—	—	100
		—	—	100
	B	57.0	47.0	99
		54.0	11.0	100
		79.0	37.0	100



写真-2 地山側鉄筋 (B, 露出部)

5. 調査まとめ

- (1) 図-1 のとおり、溝内側鉄筋の鉄筋残存率の推定について概ね露出部は90%未満、非露出部は90%以上で、その目安は20 mmであると考えられる。このことから、鉄筋かぶりが20 mm未満かつ非露出部である箇所は、将来鉄筋が露出する可能性が高いと推定される。またこの他に中性化および塩化物イオンの要因を加味しなければならないが、調査とう道数が少ないため、継続したデータ収集が必要である。
- (2) 非露出部の平均鉄筋残存率は約97%、鉄筋腐食速度は約0.1%/年と、緩やかな劣化進行である。当然のことながら、酸素や水分が供給されにくい非露出部の鉄筋は、長期間健全な状態を維持できると言える。
- (3) 露出部の鉄筋残存率は、74~92%と幅広い分布となっており、鉄筋腐食速度を一律に求めることはできない。しかしながら、とう道環境によっては急速に腐食が進行して耐力不足に陥る可能性も示唆している。このことから、鉄筋露出前に対策工を施すことが耐荷性の維持に繋がると考えられる。
- (4) 地山側の鉄筋は溝内側の鉄筋に比べ、腐食進行はかなり遅いと言える。しかし、この結果をもって全ての地山側鉄筋が健全であると断定するには、調査サンプル数が少なく継続したデータ収集が必要である。

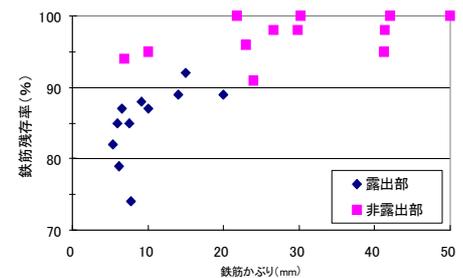


図-1 鉄筋かぶりと鉄筋残存率

6. 予防保全型維持管理システムへの転換に向けて

現在、鉄筋露出後に対策工を行う事後保全型システムから、鉄筋露出前に対策工を実施する予防保全型システムへの転換を検討中であり（図-2 を参照）、本考察で得られた結果から、鉄筋かぶりを把握する重要性を再確認した。例えば、鉄筋かぶり20 mm以下の範囲を特定し、その範囲に対して詳細調査や対策工を行うことで、壁面全てに詳細調査や対策工をするよりも、ライフサイクルコストが優位と想定される維持管理シナリオを選択肢に加えることができる。今後も、検討を進める予定である。

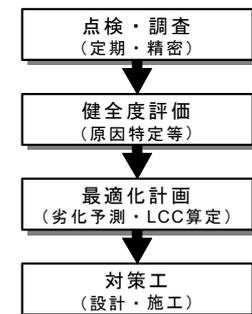


図-2 予防保全型維持管理フロー

7. 今後の課題

- (1) 予防保全型維持管理の導入効果が高い、鉄筋被りの測定・評価手法（手段・頻度・部位等）を確立する。
- (2) ひび割れ有り非露出部の鉄筋腐食調査を行い、鉄筋腐食に関する劣化予測の精度を向上させる。
- (3) 過去や実施予定の点検結果をDB化し、劣化予測や維持管理費用の算出が可能となる仕組みを構築する。
- (4) 地山側鉄筋は常に健全と判断できるかどうか、今後も腐食状況を調査し、評価手法を確立する。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書[維持管理編]，2001