

地下鉄箱型トンネルにおける中性化進行予測

東京地下鉄(株) 正会員 ○川上 幸一 正会員 武藤 義彦

東京地下鉄(株) 非会員 大泉政彦 非会員 保栖 重夫 正会員 諸橋 由治

1. はじめに

コンクリートの中性化は、鉄筋コンクリート構造物を維持管理するうえで、重要かつ基礎的な指標であり、これまで様々な文献等で、その劣化メカニズムや劣化進行予測が研究¹⁾されている。そこで、東京地下鉄株式会社(以下、「東京メトロ」)では、昭和2年～平成15年に渡り、様々な年代に建設された8路線における箱型トンネルを対象として、今後の維持管理方針の策定に資するため、過年度に実施してきた全ての調査結果から中性化に着眼してデータを収集・整理し、路線毎・駅間毎における中性化速度係数やデータ数との関係、中性化進行予測等の整理・分析を行った。

2. 実施内容

各路線・駅間毎の中性化による実態を把握するため、過年度に調査を実施した、昭和62年～平成20年までの中性化深さ、鉄筋被り等のデータを収集し、下記の整理・分析を行った。

表-1 路線毎の中性化深さと中性化速度係数

路線名	建設年代	中性化深さ y				中性化速度係数 b			
		平均	最大	最小	標準偏差	平均	最大	最小	標準偏差
		mm	mm	mm	mm	mm/√t	mm/√t	mm/√t	mm/√t
銀座線	1925～1938	34.7	200.0	0.0	27.5	4.4	28.1	0.0	3.4
丸ノ内線	1951～1962	18.2	51.5	0.0	11.1	3.0	17.6	0.0	1.8
日比谷線	1959～1964	16.3	38.0	0.0	8.7	2.6	6.4	0.0	1.5
東西線	1962～1969	10.3	30.8	0.0	7.2	1.7	5.0	0.0	1.2
千代田線	1966～1978	19.5	38.4	0.0	11.6	3.2	6.3	0.0	1.9
有楽町線	1970～1988	22.5	28.5	18.3	3.3	3.9	5.0	3.2	0.6
半蔵門線	1973～1991	9.9	20.0	0.4	7.2	2.3	3.9	0.2	1.5
南北線	1986～2000	9.2	16.4	1.7	4.7	2.5	4.7	0.5	1.3

(1) 路線毎の中性化深さと中性化速度係数

路線毎の中性化のデータを抽出し、中性化深さと中性化速度係数の関係を整理して、建設年代との相関関係を分析した。(表-1)

(2) 路線毎のデータ数

各路線・駅間毎における中性化のデータの信頼性を検討するため、全調査データを細分化して整理・分析した。また、調査データの最も多い銀座線のデータ数(337個)を基準とし、縦軸に銀座線を100%とした場合の割合で、路線毎の有するデータ数を比較した。

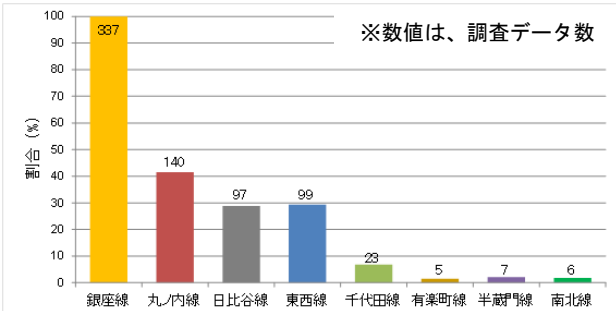


図-1 路線毎のデータ数

(図-1)

(3) 各路線・駅間毎の中性化進行予測

各路線の駅間毎の現状及び中長期的な状況を検討するため、 $\sqrt{t}$ 則²⁾を用いて中性化進行予測を行った。整理・分析を開始した2013年を基準とし、中性化速度係数と鉄筋被りとの関係から、中性化残りが0mmとなるまでの期間を算出した。(表-2)

表-2 銀座線の中性化進行予測整理結果の一例

駅・駅間		渋谷駅									
延長キロ程		0k533m	0k592m	0k633m	0k689m	0k723m	0k784m	0k833m	0k883m	0k933m	0k989m
A線	設計値50mm	741	-12	46	-57					5	
	主筋	2569	86	129	-30					-24	
	配力筋										
B線	設計値50mm								46		244
	主筋								23		2424
	配力筋										

12年前に鉄筋位置まで達している

鉄筋位置まで46年後

駅・駅間		外苑前駅							
延長キロ程		1k814m	1k864m	1k914m	1k964m	2k014m	2k064m	2k114m	2k164m
A線	設計値50mm	5	29	-18	16				129
	主筋	550	-38	250	187				270
	配力筋								
B線	設計値50mm	5	2192	244	5				-72
	主筋	-24	1,761	183	-				-60
	配力筋								

3. 検討結果

(1) 路線毎の中性化深さと中性化速度係数

キーワード 中性化, 中性化深さ, 中性化速度係数, 箱型トンネル, 地下鉄

連絡先 〒110-0015 東京都台東区東上野3丁目19番6号 東京地下鉄株式会社 TEL: 03-3837-7264

路線毎の中性化深さと中性化速度係数の関係を図-2に示す。建設年代の一番古い銀座線で中性化速度係数が最も大きくなり既往の知見¹⁾と一致した。また銀座線を除く路線においては、有楽町線を除き建設年代が新しくなるにつれて小さくなる傾向を示し、標準偏差も小さくなる結果を示した。時代が進むにつれ、コンクリートの施工技術や品質が向上したことが一因と考えられる。

(2) 路線毎のデータ数

千代田線、有楽町線、半蔵門線、南北線において顕著にデータ数が少なく、建設年代の新しい路線ほどデータ数が少ないことがわかった。また、駅間毎で見ても、データ数の最も多い銀座線でも全くデータの無い駅間が存在しており、調査箇所若干偏りがあることが明らかとなった。これらは今後改善する予定である。

(3) 各路線・駅間毎の中性化進行予測

各路線の駅間毎の中性化による健全性が一目で把握できるように、表-2のデータを可視化したものを図-3に示す。上図が現在(2013年)、下図が将来(50年後:2063年)であり、現時点で中性化残りが0mmの箇所を赤丸、今後50年以内0mmとなる箇所を青丸で示す。銀座線ではほぼ全ての駅間において中性化深さが鉄筋位置まで達しており、将来的な予測結果においても今後50年以内に中性化深さが鉄筋位置まで達する箇所はさらに増加することがわかった。丸ノ内線、日比谷線についても同様に、将来的に中性化の進行が鉄筋位置に達する駅間がかなり増加することが予測された。東西線については、一部の駅間で中性化の進行が予測されたものの、路線全体としては局所的で中性化の進行は比較的軽微であった。一方、千代田線、有楽町線、半蔵門線、南北線は、ほとんどの区間で現在及び将来においても中性化深さが鉄筋位置まで達する可能性は低いことがわかった。ただし、これらの4路線についてはデータ数が他の路線に比べて少ないため、信頼性にやや乏しいため、今後データを蓄積して補っていくことが必要であると考えている。

4. まとめ

今回、様々な年代に建設された箱型トンネルの中性化による実態を把握した結果、建設年代の古い路線ほど中性化速度係数が大きい傾向にあること、また将来的に中性化深さが鉄筋位置まで達すると予想される路線は、いずれも1960年代以前に建設された銀座線、丸ノ内線、日比谷線であり、時代的背景などもコンクリートの品質に大きく寄与してきたと考えられる。

今後は、データ数の少ない千代田線、有楽町線、半蔵門線、南北線を中心に、状況に応じた現地調査を実施し、データを収集・蓄積して、全路線・全区間の劣化進行予測、評価、対策方針等の検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 山本努, 松川俊介: 建設から75年経過した開削SRCトンネルの調査・診断, トンネル工学報告集, Vol.15, pp.395-402, 2005.12
- 2) (公社)土木学会 コンクリート標準示方書[維持管理編] 2007

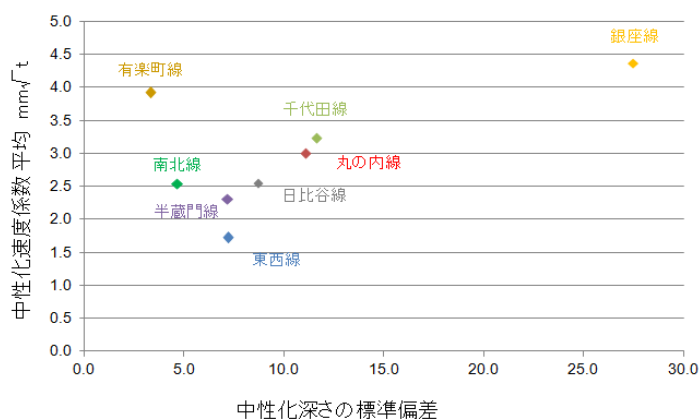


図-2 路線毎の中性化深さと
中性化速度係数の分析結果

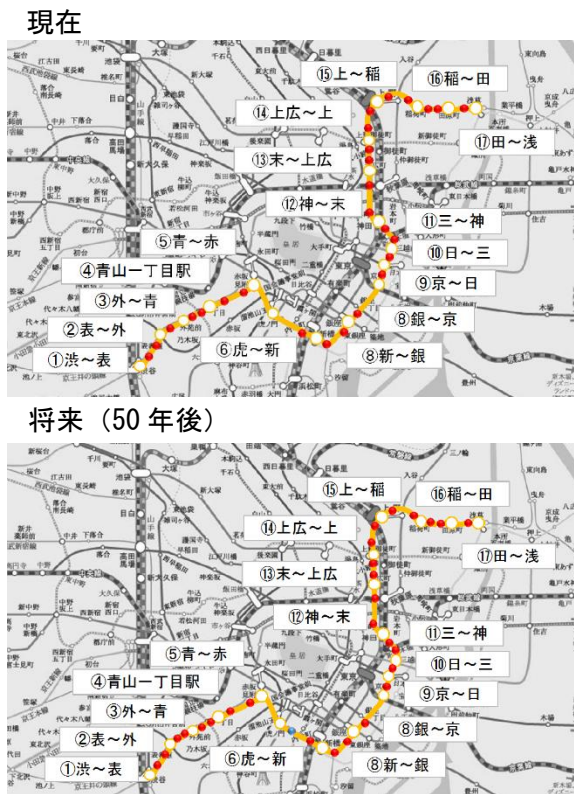


図-3 銀座線の現在及び将来の
中性化進行予測結果の例