

トンネル内コンクリート構造物における中性化進行に関する一考察

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○毛塚 貴洋 相場 俊希 久保淳一郎

1. はじめに

コンクリートの中性化は内部の鉄筋の腐食の開始時期や進行速度に影響を及ぼすことから、維持管理の一環としてコンクリート構造物の中性化の進行程度を把握している。中性化の進行程度はコンクリート構造物の施工条件のみならず、その構造物が置かれる環境条件、特に温度、湿度、水の影響を強く受けることが知られており¹⁻³⁾、昨年度、同一トンネル構造物内のコンクリートでも位置によって中性化速度係数に違いがあることを確認し、周囲の湿度の切り口から考察を行い報告している⁴⁾。今回、当該トンネルのコンクリートの材料面（コンクリートの圧縮強度、密実性）、環境面（湿度、風向き）に関する追加調査を実施し、中性化の進行程度の違いについての検討を実施した。

2. 中性化深さ測定

対象となるトンネルは全長約 3.9km で西端から東端に向かい標高差約 150m 程度の上り勾配となっている。昨年の調査⁴⁾と同じ位置（250m 置き）のコンクリートの異なる部位で NDIS3419「ドリル削孔粉を用いたコンクリート構造物の中性化試験方法」に準じ中性化深さの測定（1箇所付近3点の中性化深さの平均値を測定値とする）を実施した結果について、実測データから得られる中性化速度係数をコンクリート標準示方書⁵⁾に示される照査式を用い設計条件から求める中性化速度係数で除し整理した比率を図1に示す。昨年の調査⁴⁾と同様に、同一構造物内で、西側から東側に向かうにつれ中性化深さが増大する傾向となっていた。

3. 中性化に対する施工品質の影響の確認

3-1. 圧縮強度

本構造物が建設された際の施工面の中性化への影響を調査するため、圧縮強度試験を実施した。圧縮強度試験は全点でシュミットハンマー、B-5、B-17の2点においてはJIS A 1107:2012「コンクリートからのコアの採取方法及び圧縮強度試験方法」より実施した。シュミットハンマーによる圧縮強度結果を図-2に示す。全ての測定点で設計基準強度以上であった。また、コアの高さと直径の比による補正後の圧縮強度試験の結果はB-5で36.3N/mm²、B-17で32.1N/mm²であった。

3-2. 密実性

次に本トンネル内のB-9付近にてコンクリートコアを採取し、中性化進行とコンクリートの密実性の違いを確認するため水銀圧入法による細孔径分布の測定を実施した。採取したコアの表面～深さ2cmおよび深さ8～10cm付近の部分から試料を採取し測定した結果を図-3に示す。表面～2cmはキャピラリーポアがより小径化しており、この領域が中性化していることに起因すると推察される。実際に細孔体積は深さ8～10cmの試料で

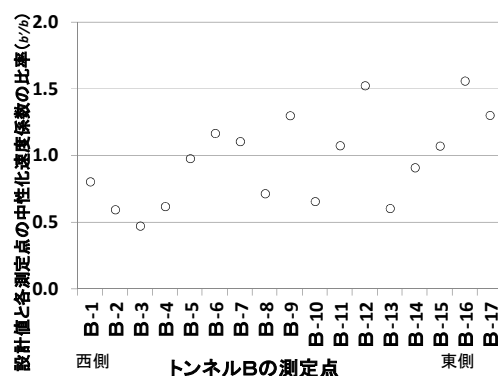


図-1 各測定点の中性化速度係数の比率

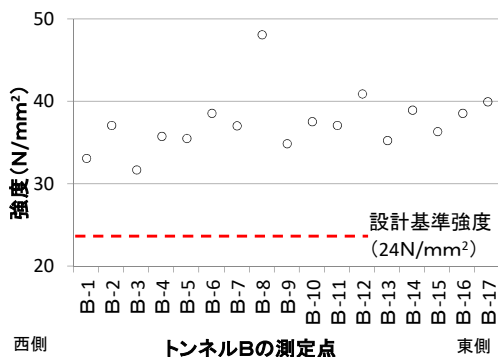


図-2 シュミットハンマー測定結果

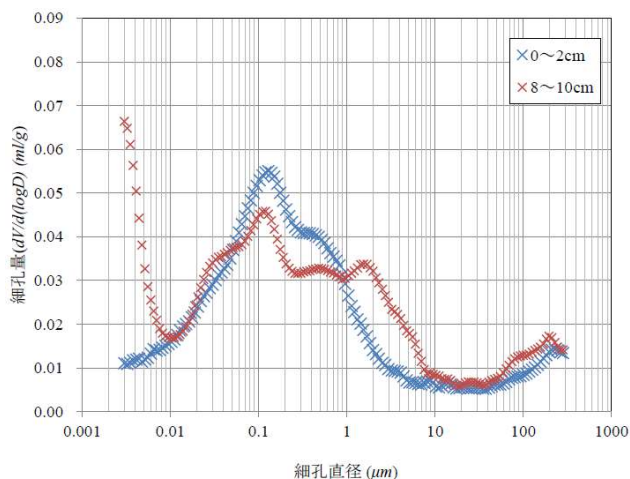


図-3 細孔径分布測定結果

0.122ml/g であったのに対し、表面～深さ 2cm の試料では 0.104ml/g であった。また細孔径の分布について、同時期に建設された地上区間のコンクリートから得たコアによる細孔径分布と比較したが、密実性について大きな問題が感じられる点はなかった。

4. 中性化に対する環境面の影響

前章の検討により材料や施工の質が中性化の進行に大きな影響を及ぼした要因ではないと考えられたため中性化速度係数のばらつきはトンネル内のコンクリートの環境条件による影響が強いと考え、湿度風向きについて調査を実施した。表-1 および図-4 はトンネル内の西方 (B-4)、東方 (B-17) の 2 地点における年間通じて 10 分おきに自動計測した気温・湿度の平均や各月の湿度の平均変化などを示したものである。気温についてはそのものが中性化の進行自体に大きな影響を及ぼすような大きな差異は見られなかったが概して西側が涼しいことが分かった。中性化速度係数の比較的大きなトンネルの東側 (B-17) では西側に比べ、一般的に中性化の進行速度が大きくなるとされる湿度 40～60% の割合が著しく大きくなっている。一因としてトンネルが西向きの風の通り道となっており、夏場を例にとると、夏場は湿った風がトンネルの東側からトンネルに入り西側へ進むにつれ、気温が低下する西側で結露を発生し湿度をより高めており、結露が発生していた夏場の平均湿度を比較すると西側 (90.7%) よりも東側 (82.9%) の方が湿度が低いことがわかった。このように、同一トンネル内においても、空間的な湿度の違いが中性化速度係数の違いに与える影響が大きい一因となっていると考えられる。

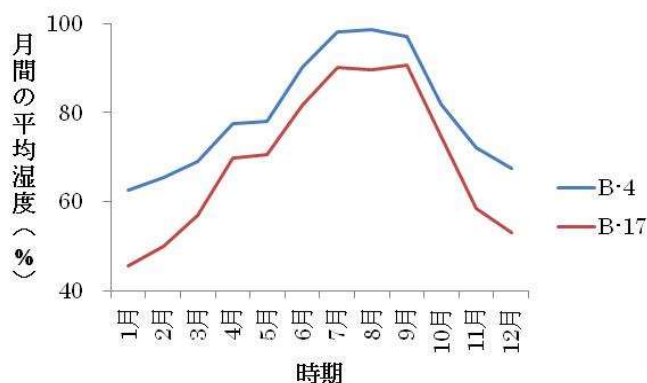


図-4 異なる 2 地点での各月の平均湿度変化

表-1 中性化速度係数が異なる 2 箇所での温度、湿度分布

直近測定点	平均気温 (℃)	平均湿度 (%)	年間で湿度◆～◆%の状態になる期間の割合			1月の湿度(%)		7月の湿度(%)	
			0～40%	40～60%	60～100%	最高	最低	最高	最低
B-4	12.9	79.9	2.4%	11.7%	85.9%	88.1	23.1	100.0	90.9
B-17	15.7	69.3	6.7%	30.0%	63.3%	64.0	20.7	96.5	65.7

5. まとめ

同一トンネル構造物内のコンクリートの中性化進行を調査したところ、進行度合いにばらつきがみられた。コンクリートの材料・施工面に起因する可能性は低いことを確認し、環境面の調査を実施した結果、中性化進行速度のばらつきには、同一構造物においても風の通り具合などに起因する湿度の分布の影響が大きく見られることが判明した。今後も定期的に中性化の調査を実施し、構造物の適切な維持管理に努めていきたい。

参考文献

- 1) 石橋忠良, 古谷時春, 浜崎直行, 鈴木博人, 高架橋等からのコンクリート片剥落に関する調査研究, 土木学会論文集 V56 pp125-134, 2002.8.
- 2) 松田芳範, 上田洋, 石田哲也, 岸利治, 実構造物調査に基づく中性化に与えるセメントおよび水分の影響, コンクリート工学年次論文集, V32, 2010.
- 3) 酒井正樹, 神代泰道, 小林利充, 植松俊幸, RC 造建築物の乾燥状態と中性化・鉄筋腐食の進行に関する考察, 大林組技術研究所報, 81, 2017.
- 4) トンネル内コンクリート構造物における中性化進行に関する一考察, 土木学会第 73 回年次学術講演会, V-086, pp171-172, 2018.8.
- 5) コンクリート標準示方書【設計編】, 土木学会 PP146-148, 2013.3.