

葛西橋通り付近管路新設工事における塩害環境下でのRCセグメント耐久性設計

東京電力パワーグリッド株式会社 正会員 ○出雲 力斗
 東京電力パワーグリッド株式会社 正会員 金城 佑紀
 東京電力パワーグリッド株式会社 小寺 洋
 東京電力ホールディングス株式会社 正会員 斉藤 仁

1. はじめに

葛西橋通り付近管路新設工事は、最大水圧 0.56MPa の高水圧下に内径 3.0m のシールド洞道を建設するものである。また、事前の地質調査において、建設予定地の地下水からは最大 180mg/L、平均 108mg/L の塩化物イオン量が確認されていることから、塩害に留意したセグメント設計を必要とする工事でもある。

当社で所有する湾岸部に位置するシールド洞道の表面塩化物イオン濃度 C_0 と塩化物イオン拡散係数 D_d は表-1 に示すとおりである。特に、セグメントからの漏水がある場合には、表-2 に示すコンクリート標準示方書からの算出値と比較すると非常に大きな値となる。

表-1 C_0 および D_d の調査結果

このように大きな値を示す要因として、当社シールド洞道の特徴が考えられる。当社シールド洞道は、地中送電用ケーブルを収容するため、送電時の発熱によって洞道内が高温となることから、乾湿の繰り返しが連続的に発生することで洞道内においてコンクリート標準示方書の値を上回る C_0 および D_d が計測されるものと推測される。

この実測平均値 ($C_0=9.73\text{kg/m}^3$, $D_d=0.37\text{cm}^2/\text{年}$) を用いて設計耐用年数 75 年における必要なかぶりを算出すると 100mm となり、セグメント高さ 200mm 程度の洞道にあっては、非現実的な値となる。

そこで、本稿では塩害環境下における RC セグメントの耐久性を確保する方策について、総合的な考え方の一例について報告する。

2. 既往の塩化物イオン量調査結果と検討の方針

表-2 は湾岸部において塩害の影響を受けている 2 つのシールド洞道の C_0 と D_d の調査結果である。全 10 地点における調査を行っているが、3 地点はセグメントから漏水を生じている箇所、残り 7 地点は漏水が無い地点となっている。

表-2 より、漏水の有無によって、 C_0 および D_d の値に大きな差があることがわかる。そこで、まずは漏水を抑制する方策を採用したうえで、漏水が無い地点での C_0 および D_d を用いて、必要なかぶりを設定することを方針とした。

3. 漏水の抑制方策

本工事は、最大 0.56MPa の高水圧下での施工となる。当社における高水圧下に設置されている洞道での継手の形式とシール材の配置、および現在の点検結果に基づく漏水の状況を表-3 に示す。

表-3 より、漏水を抑制する方策として、くさび継手、ほぞ継手、およびピン挿入型継手などのいわゆる軸方

キーワード シールドトンネル, RC セグメント, 耐久性, 塩害

連絡先 〒108-0023 東京都港区芝浦 4-19-1 東京電力パワーグリッド(株)工務部送変電建設センター TEL03-6374-1277

表-3 高水圧下に設置されている洞道の継手と漏水の状況

洞道	最大水圧	セグメント継手 リング継手	シーラ材	経年	漏水の 有無
C 洞道(東)	0.70MPa	くさび ピン挿入型	2 段	11 年	無
C 洞道(西)	0.70MPa	ほぞ ピン挿入型	2 段	11 年	無
D 洞道	0.30MPa	くさび ピン挿入型	2 段	8 年	無
E 洞道	0.60MPa	ほぞ ピン挿入型	2 段	3 年	無

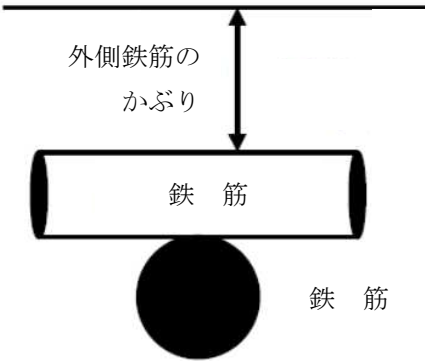


図-1 かぶりの設定

向挿入型の継手と、継手を挟んだ地山側と坑内側の 2 段にシーラ材を貼り付けることが、漏水の抑制に有効であると評価でき、この組み合わせを採用することとした。

4. かぶりの設定

鉄筋のかぶりは、設計耐用期間中に鉄筋を腐食させないために鉄筋位置における塩化物イオン濃度が鋼材腐食発生限界濃度 C_{lim} 以下になるように設定した。

設定にあたっては、コンクリート標準示方書に示される式(1)～式(4)を用いた。なお、かぶりは最も外側に位置する配力筋の位置とした。(図-1)

$$C_{lim} = \gamma_{cl} \cdot C_0 \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1 \cdot cd}{2\sqrt{D_d \cdot t}} \right) \right) + C_i$$
 式(1)

$$\log_{10} D_k = 3.0(W/C) - 1.8$$

(0.30 ≤ W/C ≤ 0.55) 式(2)

$$D_d = \gamma_c \cdot D_k + \lambda \cdot (w/l) \cdot D_0$$
 式(3)

$$C_{lim} = -3.0(W/C) + 3.4 = 2.35 \text{ kg/m}^3$$
 式(4)

ここに、
 C_{lim} ：鋼材腐食発生限界塩化物イオン濃度 (kg/m³)
 γ_{cl} ：安全係数 (1.3)
 C_0 ：表面塩化物イオン濃度 (kg/m³)
 erf ：誤差関数， t ：設計耐用年数
 cd ：耐久性に関する照査に用いるかぶり (mm)
 D_d ：塩化物イオンに対する設計拡散係数 (cm²/年)
 γ_c ：コンクリートの材料係数 (1.0)
 D_k ：塩化物イオンに対する拡散係数の特性値 (cm²/年)
 λ ：ひび割れの存在が拡散係数に及ぼす影響 (1.5)
 D_0 ：ひび割れの影響を表す定数 (400cm²/年)
 w/l ：ひび割れ幅とひび割れ間隔の比
 W/C ：水セメント比 (35%と仮定)

今回の検討における表面塩化物イオン濃度 C_0 と塩化物イオン拡散係数 D_d は、表-1 に示す調査結果のうち、漏水が無い地点のデータから設定することは前述のとおりであるが、サンプル数が少ないことから、安全側となる実測値最大を用いることとし、 $C_0=3.01\text{kg/m}^3$ 、 $D_d=0.33\text{cm}^2/\text{年}$ を設計値とした。この値を用いて、設計耐用年数 75 年において必要となるかぶりを計算すると、40mm が必要となった。

なお、コンクリート標準示方書に示される C_0 および D_d (表-2) は、今回の検討において設定した値よりもいずれも小さいため、今回の設計は、コンクリート標準示方書に照らしても問題はない。

5. まとめ

今回の検討においては、当社保有洞道における調査結果から得られた C_0 および D_d に対して総合的に耐久性を確保する方策を検討した。漏水対策として軸方向挿入型の継手とその継手を挟んで 2 段のシーラ材を配置することとし、かぶりは設計耐用年数 75 年で鋼材の腐食発生限界濃度以下になるように 40mm とした。

しかしながら、 C_0 および D_d はサンプル数が少ないため、安全側に最大値を採用した。今後は C_0 および D_d の調査データを増やし、統計的な処理を行うことで、合理的な設計を行いたい。

さらに、トンネル標準示方書に示される腐食性環境下における最小かぶり 35mm に近づける方策として、エポキシ樹脂塗装鉄筋の採用も考えられる。これを用いる場合には、製作上の品質確保や材料および製造コスト増加が課題となるが、シールド工事全体としてのコスト低減方策の一つとして、検討を試みたいと考えている。