

凍結防止剤によるコンクリート構造物中への塩分浸透状況

クエストエンジニア 正会員 青山 實伸
 日本道路公団 正会員 松田 哲夫
 クエストエンジニア 正会員 野村 昌弘

1. はじめに

積雪寒冷地域では、冬期路面の安全性確保のため凍結防止剤（主成分 NaCl）が路面に散布される。凍結防止剤中の塩分は、走行車両のタイヤにより路面水とともに飛散し、コンクリート構造物表面に付着し浸透する。また、橋梁伸縮継手の漏水個所では、塩分の溶けた路面水がコンクリート表面に沿って湿潤し塩分が浸透する。浸透する塩分量の程度は、凍結防止剤の散布量やコンクリート構造物の構造・部位等により異なると想定される。本論では、北陸地域で供用後 2～29 年経過した鉄筋コンクリート構造（ $\sigma_{ck} = 24\text{N/mm}^2$ ）の床版橋伸縮継手周辺部およびトンネル側壁部で多くの塩分濃度分布を調査し、表面塩化物イオン濃度の分布状況や拡散係数を算定し、塩分の浸透状況や凍結防止剤散布量との関連性等を分析した。

2. 調査位置および調査方法

床版橋およびトンネルでの調査位置を図 - 1 に示す。床版橋伸縮継手周辺部では、1)床版橋端部側面（端部と略記）、2)壁高欄側面（高欄部と略記）、3)地覆下面の水切部（水切部と略記）において、トンネルでは側壁部において塩分濃度分布を調査した。

塩分濃度の分布は、ドリル法による試料を深さ方向（4 @ 20 mm）で採取し、JCI SC4 により全塩化物イオン濃度を分析した。塩分濃度の分布より Fick の拡散方程式を用い、凍結防止剤の塩害環境の程度を示す表面塩化物イオン濃度（ C_0 値略記）と見かけの拡散係数（ D_c 値略記）を算定した¹⁾。なお、高欄部では、表面から 0～20mm 間のみでの分析であり、その分析濃度（ C_s 値略記）を示した。また、床版下面では、漏水範囲を併せて調査した。

凍結防止剤の年平均散布量（ N_d 値略記）は、調査位置での年間の散布量を散布延長と車線幅で除して示した。

3. 分析結果

(1) 床版橋

床版橋の N_d 値と C_0 値の関係を、床版橋端部、高欄部および水切部について、それぞれ図 - 2～4 に示す。端部

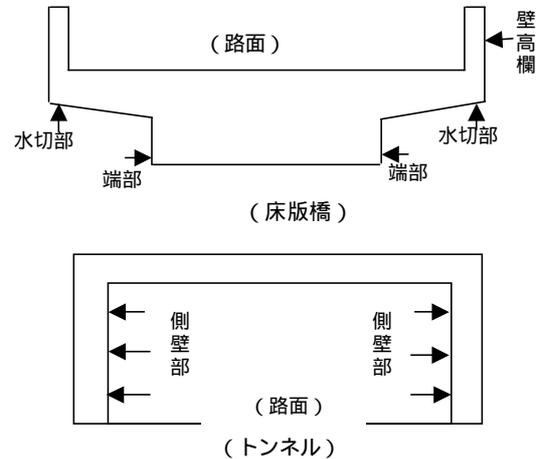
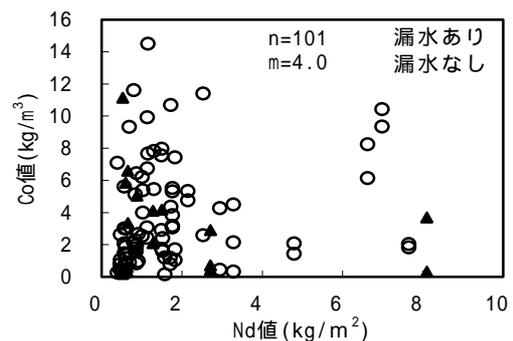
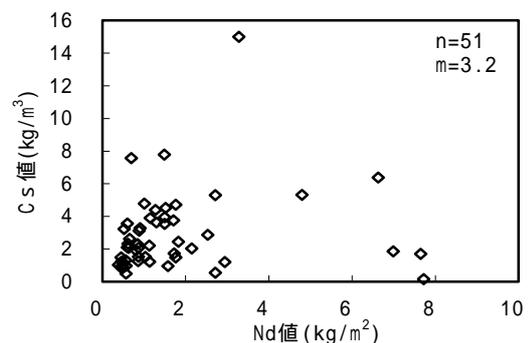


図 - 1 調査位置

図 - 2 床版橋端部の N_d 値と C_0 値の関係図 - 3 高欄部の N_d 値と C_s 値の関係

では、散布量の多少にかかわらず C_0 値が 0～14 kg/m^3 と大きく変化し、 C_0 値の平均は 4.0 kg/m^3 となっている。特に漏水の確認される個所での C_0 値が大きい傾向にある。一方、高欄部の C_s 値や水切部の C_0 値は、散布量に

キーワード 塩害、凍結防止剤、表面塩化物イオン濃度、見かけの拡散係数、耐久性

連絡先 〒920 - 0025 金沢市駅西本町 3 丁目 7 番 1 号 (株)クエストエンジニア TEL076-264-7872

関係なく、それぞれ 6 kg/m^3 および 4 kg/m^3 程度以下に分布し、それぞれの平均値は 3.2 kg/m^3 および 1.3 kg/m^3 と床版橋端部より小さい。壁高欄や水切部では、塩分が雨水等で流されるため塩害環境が大きくならなかったと考える。一方、床版端部では伸縮継手部からの漏水の影響を受け、影響期間が補修経歴によって異なるため、塩害環境が大きく変化していると推測される。

図 - 5 は、端部および水切部の Dc 値の度数分布を示す。Dc 値はバラツキが大きく、平均 $6.3 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{s}$ となっており、コンクリート標準示方書¹⁾で W/C=0.56 とした場合の推定値に相当する。2方向からの塩分浸透の影響を受ける水切部の一部では、 $15 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{s}$ 前後の大きな Dc 値を示す箇所があり、塩分浸透性が大きくなっている。

床版橋端部の縦断勾配と漏水部の影響範囲の関係を図 - 6 に示す。漏水の範囲は、下り勾配では床版端部より約 2~3 m まで影響している。

(2) トンネル

トンネル側壁部で、路面からの高さ別に区分した Co 値と Nd 値の関係を図 - 7 に示す。トンネル内は、閉鎖空間であるため付着した塩分が雨水等で流されず、Co 値は Nd 値の増加に伴い増える傾向にあり、平均 4.6 kg/m^3 となっている。特に、Nd 値が多い路面付近の側壁では、Co 値が大きい。また、路面から高くなるに従い Co 値が減少し、走行車両のタイヤによる路面水の飛散の影響が少なくなる。この結果は、高さ約 4 m 以上の部位で凍結防止剤の塩害環境が緩和されることを示している。

4. まとめ

- 1) 凍結防止剤の塩害環境を示す Co 値の大きさは、トンネル、床版橋端部、壁高欄、水切部の順であった。特に、床版橋端部の伸縮継手漏水部および Nd 値の多いトンネルの路面付近の側壁では、Co 値が大きい傾向にあり、コンクリート標準示方書¹⁾に示される飛沫帯の Co 値 13 kg/m^3 や汀線部の Co 値 9 kg/m^3 と同程度の塩害環境にあった。また、床版端部での漏水の影響範囲は 2~3m であった。
- 2) Co 値と Nd 値との関係では、閉鎖空間であるトンネルにおいて関連性が見られたが、雨水等で塩分が流される床版橋の部位では関連性が見られなかった。
- 3) 床版橋の Dc 値は、コンクリート標準示方書の推定値と概ね合っていた。2方向からの塩分浸透の影響を受ける水切部では、大きな Dc 値を示す場合があった。
- 4) トンネル側壁での Co 値は、Nd 値の増加に伴い増える

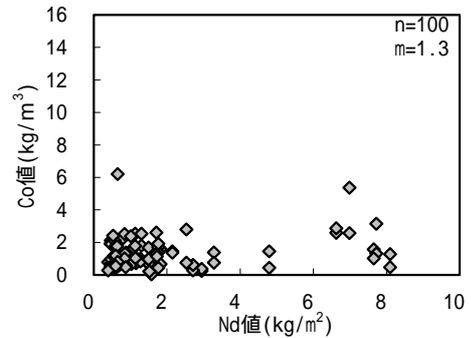


図 - 4 水切部の Nd 値と Co 値の関係

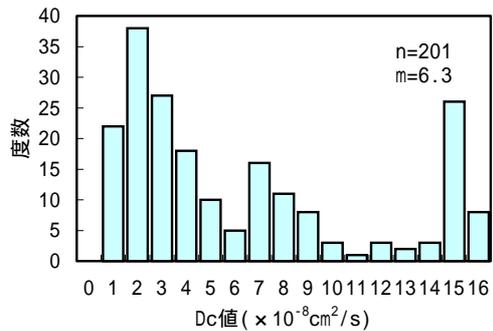


図 - 5 端部および水切部の Dc 値の分布

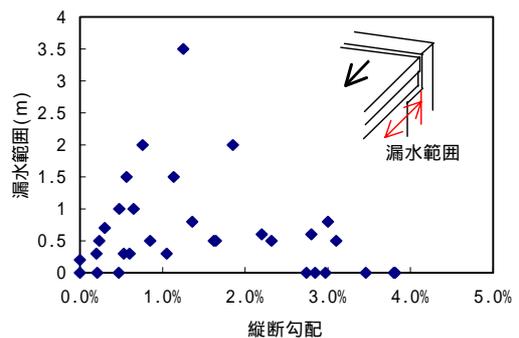


図 - 6 床版橋端部の縦断勾配と漏水範囲

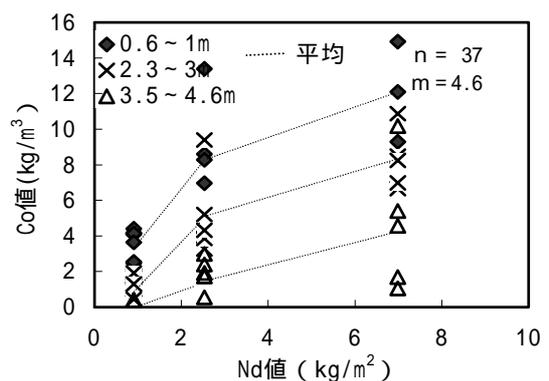


図 - 7 トンネル側壁の Nd 値と Co 値の関係

傾向を示し、路面から高くなるほど減少していた。高さ約 4 m 以上の部位では、凍結防止剤の塩害環境が緩和されることが推察された。

参考文献

- 1) 土木学会：2002 制定コンクリート標準示方書 [施工編]，pp.24 - 28,80, 2002.