厳しい環境下におけるコンクリート構造物変状要因の検証

仙建工業株式会社　正会員　○鳴海　紀彦
仙建工業株式会社　正会員　　大場　宏樹

１．はじめに

今回，対象となるコンクリート構造物は鉄道営業線内に位置し，建設から 40 年経過した落石止擁壁である．このコンクリート構造物は，現在，全体にわたり亀甲状のひび割れが発生している．このひび割れはその特徴から，アルカリ骨材反応によるものと断定された．しかし、そのひび割れの進行が確認されないこと，また，白色析出物の進行が認められないことから，アルカリ骨材反応の進行は終息していると判断された．しかし，当該構造物は沿岸部に位置し，塩分供給が著しい状況であるため，今後の劣化進行の要因は塩害と中性化が考えられた．本稿では，対象構造物からコアを 4 本採取して調査を実施し，その結果から今後の劣化進行を抑制する方法について検討したので，その内容を報告する．

２．環境条件

（１）周辺環境

対象となる構造物は，海岸から 50m 程度離れた沿岸地域に位置する．

（２）気象条件

この地域は，夏季に北日本特有の偏東風（やませ）により現場の東側に位置する海上から吹き上がってくる冷たい風の影響を受けることが特徴となる．また，冬季は最高気温が氷点下以下の真冬日になることが多い地域である．現場位置図を**図-1** に，構造物断面図を**図-2** に示す．

図-1　現場位置図

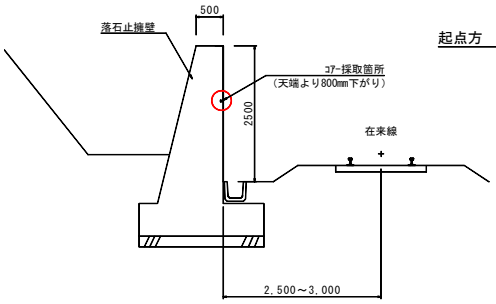


図-2　構造物断面図

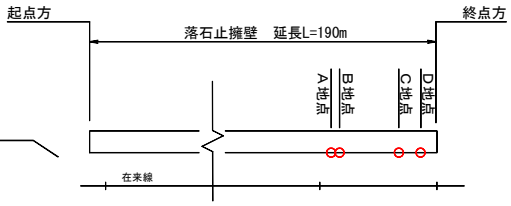


図-3　コア採取位置図

３．変状調査

（１）推測される変状

前記の環境条件から，当現場は沿岸地域であり飛来塩分による塩害環境下にあるため，塩化物イオンの浸透と中性化の進行による複合劣化が推測された．

（２）調査方法

変状調査は対象となる落石止擁壁からコアー（φ35×50mm）を 4 本採取し，電位差滴定法による測定法により，塩分含有量および中性化深さを測定した．コア採取位置を**図-3** に示す．また測定結果を**表-1**, **表-2** に示す．

４．変状要因の検証

（１）塩化物含有量

測定結果より塩化物含有量の最大値は 3.5kg/m^3, 平均値は 2.2kg/m^3 であった．この値はコンクリート標準示方書による鋼材腐食発生限界濃度 1.2kg/m^3 を超える高い数値であり，表面から 50mm の範囲全体に分布していることが

キーワード　塩害と中性化の複合劣化
連絡先　〒038-0011　青森市篠田一丁目 7-1　仙建工業（株）TEL.017-761-1752　E-mail:no-narumi@senken-k.co.jp

© Japan Society of Civil Engineers

確認された．また，D 地点（終点方）の位置は，4 箇所の調査箇所の中で海岸からの風当たりが 1 番強いことから平均値も高めであることが確認された．（表-1）

（２）中性化深さ

測定結果より中性化深さは最大値 12.0mm，平均値 5.7mm であった．コンクリート標準示方書[1)]によると厳しい塩害環境下では中性化による塩化物イオンの移動および濃縮を考慮して，鉄筋の腐食が始まる中性化残りを 25mm と定めている．また，対象構造物の鉄筋かぶりは事前調査により約 40mm を確認していることから，中性化残りは中性化深さの最大値 12.0mm を採用すると 40mm－12mm＝28mm となり，25mm の限界値まで，3mm の余裕があることが確認できた．（表-2）

（３）複合劣化

表-1 中のＤ地点で，塩化物イオン量は表面より 20mm から 40mm で 3.4 kg/m^3 が確認され，最大値が 3.542 kg/m^3 であった．また，表-2 から中性化深さより更に深い位置で塩化物イオン量が高い値を示しているため，塩化物イオンと中性化による複合劣化の可能性があると考える．

コンクリートが中性化することにより表面付近の塩化物イオンは中性化していない部分に移動・濃縮する傾向があり，複合劣化の場合，塩化物イオンの浸透と中性化を示すと表面付近の塩化物イオン濃度は低くなり，深い位置で高い濃度を示す場合があるとの報告[2)]があることから，複合劣化による変状の進行が懸念された．

表-1 塩化物イオン量の定量結果と深さ方向分布

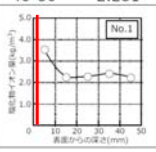
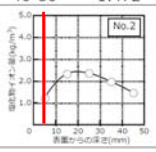
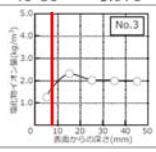
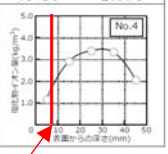
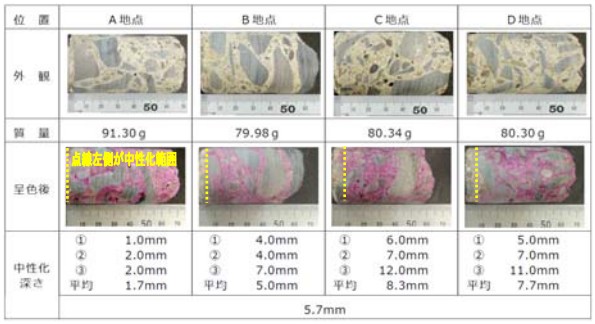
位置	A地点		B地点		C地点		D地点	
	mm	kg/m^3	mm	kg/m^3	mm	kg/m^3	mm	kg/m^3
塩分量	0-10	3.542	0-10	1.219	0-10	1.265	0-10	1.173
	10-20	2.254	10-20	2.346	10-20	2.323	10-20	2.921
	20-30	2.277	20-30	2.369	20-30	2.024	20-30	3.404
	30-40	2.415	30-40	1.978	30-40	2.001	30-40	3.358
	40-50	2.231	40-50	1.472	40-50	1.978	40-50	2.070
分布								

表-2 中性化深さ結果



５．補修方法の選定

以上の検証結果を基に今後の補修方法および補修材料を選定する．既存のひび割れから補修方法として断面修復工法と表面含浸工法の併用とする．断面修復材は水密性，遮塩性に優れ，劣化因子の侵入を抑制する効果があるプレミックスタイプを選定した．表面含浸材はシラン・シロキサン系のものを選定し高濃度・高含浸のジェル状であり，より深い吸水防止層を形成．外部からの水分や塩化物イオンの浸透を抑制しコンクリート内の余分な水分を水蒸気として放散する特長により，塩害・凍害・アルカリ骨材反応の進行を抑制する効果がある．これらの組み合わせにより構造物の劣化を抑制し長寿命化に繋げたい．

６．まとめ

今回のコンクリート変状調査から，今後，対象構造物で今後想定される変状要因は塩害と中性化の複合劣化によるものと推定した．中性化の結果のみで検証した場合，厳しい塩害環境下に相当する中性化残りの限界値 25mm を上回る 28mm が確認したため，コンクリートの耐久性に影響がないと判断するが，塩化物イオン量との関係性を検証した結果，複合劣化であると判断した．また、コンクリート標準示方書より外部環境から塩分が供給される場合には，アルカリ骨材反応によるコンクリートの劣化が進行することがあるため，今後の観察が必要である．

参考文献

１） 土木学会：コンクリート標準示方書施工編 PP22－PP31
２） 日経コンストラクション 2020.4.27 PP65－PP68

© Japan Society of Civil Engineers