

第V部門

劣化予測／耐久性設計

2023年9月15日(金) 09:30 ～ 10:50 V-6 (広島大 東広島キャンパス総合科学部講義棟 K 2 0 7)

[V-667] 塩害劣化潜伏期のコンクリート構造物のコア深部を用いた新たな劣化予測手法の検討

A New Method for Predicting Deterioration in Concrete Structures During the Incubation Period of Salt Damage is Proposed, Using Cores from Inside Concrete Structures

*井上 優作¹、宮脇 正嗣²、伊代田 岳史³ (1. 芝浦工業大学大学院、2. 元芝浦工業大学大学院、3. 芝浦工業大学)*Yusaku Inoue¹, Masashi Miyawaki², Takeshi Iyoda³ (1. Shibaura Institute of Technology Graduate School, 2. Former Shibaura Institute of Technology Graduate School, 3. Shibaura Institute of Technology)

キーワード：劣化潜伏期、劣化予測手法、物質移動抵抗性、促進中性化試験、含有塩分量試験

Degradation Latency, Deterioration Prediction Method, Mass Transfer Resistance, Accelerated Neutralization Test, Salt Content Test

表層からの劣化が認められたコンクリート構造物ではコア採取による中性化深さ測定等が行われている。しかし施工不良等による内部コンクリートの欠陥の存在も予想される。内部の初期，材料的欠陥が存在すると，劣化因子が設計時に想定した速度より速く侵入すると考えられる。そこで内部のポテンシャルを把握しておくことで，構造物の劣化を予測し，事前に対策が検討できると考えた。本研究では実構造物コアを用いた総合的な劣化予測手法を検討した。コア表層にて中性化深さ測定，コア深部では促進中性化試験を行った。コア深部のポテンシャルを用いて，表層の結果のみでは難しい劣化予測が可能であると示唆された。

塩害劣化潜伏期のコンクリート構造物のコア深部を用いた新たな劣化予測手法の検討

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○井上 優作
元芝浦工業大学大学院 宮脇 正嗣
芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史

1. はじめに

日本の土木構造物の多くが高度経済成長期に建設されており、供用後 60 年が経過する構造物の割合が加速度的に増加している。そのため老朽化した構造物の状態を詳細に把握するための調査が重要となっており、表層からの劣化が認められたコンクリート構造物ではコア採取による中性化深さ測定等が行われている。しかし施工不良等による内部コンクリートの欠陥が存在することも予想される。内部の初期欠陥、材料欠陥が存在すると、酸素や二酸化炭素などの気体で侵入する劣化因子や、水、塩化物イオンなどの液体、もしくはイオンで侵入してくる劣化因子の侵入速度が設計時に想定した速度に対して遥かに速くなることが考えられる。そこで供用後の検査時に劣化潜伏期のコンクリート内部の物質移動特性のポテンシャルを把握しておくことで、構造物の劣化を予測し、事前に対策が検討できると考えた。本研究では実構造物コアを用いた総合的な劣化予測手法を検討した。コア表層にて劣化の進行度を確認するべく中性化深さ測定を行い、コア深部ではコンクリート内部が持つ物質移動特性を確認するべく促進中性化試験を行った。

2. 新劣化予測手法の概要

コアはコンクリート構造物表面から $\phi 100\text{mm}$ 、直径 200mm のものを利用する。表層の中性化領域と強度の関係性を把握するため、はじめに圧縮強度試験とコンクリート表面からの中性化深さを測定した。その後、コアを鋼材位置で切断したものと鋼材位置より奥の深部（未中性化部）で切断したものを用意した。コア深部は促進中性化試験を行い内部コンクリートの物質移動抵抗性を確認した。アルミテープでシールし一面開放とし、JIS A 1153 に基づき 20°C 、 $60\%\text{RH}$ 、 CO_2 濃度 5% で供試体を割裂し、中性化深さから中性化速度係数を算出した。本研究では魚本高

キーワード：劣化潜伏期、劣化予測手法、物質移動抵抗性、促進中性化試験、含有塩分量試験

連絡先：〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 E-mail：mh22001@shibaura-it.ac.jp

表-1 採取したコアのかぶり

No.	かぶり (mm)	No.	かぶり (mm)
42	78.9	67	63.5
44	139.2	69	151
46	116.8	71	118.2
48	76.1	73	137.4
50	79.6	75	72.4
52	76.1	77	124.3
54	47.4	79	41.2
56	67.6	81	102.9
58	38.1		

田式を用いて、コア深部の促進中性化試験から得られた中性化速度係数 ($\text{mm}/\sqrt{\text{週}}$) を二酸化炭素濃度 0.04% の実環境での中性化速度係数 ($\text{mm}/\sqrt{\text{年}}$) に換算した。一方、塩分浸透も内部のポテンシャルに依存すると考え、鋼材位置で切断したものをを用いて内部塩分量試験を行った。これらの試験より外部からの劣化因子の浸透状況に加え、内部におけるイオンの浸透しやすさや気体の拡散のしやすさを把握し、物質移動特性を評価した。

3. 実構造物への適用

3. 1 対象構造物およびコア採取位置

対象構造物は静岡県の駿河湾に面する堤防であり、コア採取時の供用年数は 54 年である。この構造物はどのコアにおいても採取時に鋼材腐食は発生していなかったが、海岸沿いに位置しているため、今後塩分が現状より奥まで浸透すると予測され、腐食の危険も存在する。表-1 にコアの実測最小かぶりを示す。コアは海に面する南側から 500m 間隔で計 17 本 (No.42~58, No.67~81) 採取した。なお、No.42~58 と No.67~81 では建設時の工区が異なる。

3. 2 試験結果および考察

図-1 にコアの圧縮強度と表層の中性化速度係数および内部における推定中性化速度係数を示す。圧縮

強度がもっとも高いコアは表層の中性化速度係数がもっとも小さかった。一方、圧縮強度が低いコアの中性化速度係数は大きな値を示した。また、実測の中性化速度係数が大きいと圧縮強度は小さいという負の相関があることが確認された。圧縮強度が高いと内部における推定中性化速度も小さい傾向がみられる。しかし内部それぞれの結果を比較すると、同一強度であっても海岸のコア採取位置により物質移動抵抗性が異なり、No.67~81が工区の異なるNo.42~58より低かった。No.67~81では実測の中性化速度係数より推定中性化速度係数が大きくなったが、これはコンクリートの施工、材料を含めたポテンシャルが影響していると考えられる。

図-2に鋼材位置での塩化物イオン量を示す。かぶりが小さいほど鋼材位置での塩化物イオン量が大きい傾向がみられたが、かぶりの大きさと必ずしも相関があるとはいえない。また、かぶりの大きさは異なるもののNo.58とNo.67の塩化物イオン量が大きく、塩害が起こる可能性が考えられる。ここでかぶりが同等で工区の異なるコアの比較をするべく、図-3に塩化物イオン量と内部中性化速度係数を示す。No.42と75、No.50と71、No.56と77をそれぞれ比較すると、塩化物イオン量は同等であっても、推定中性化速度係数が異なっており、物質移動特性のポテンシャルが異なると考えられる。同様にNo.58とNo.67の内部における推定中性化速度係数を比較するとNo.67の方が大きく、物質移動抵抗性が低いことがわかる。コア深部を用いた推定中性化速度係数を用いるとかぶりの大きさや鋼材位置の塩化物イオン量だけでは把握できない内部の物質移動抵抗性を考慮した比較が可能であるといえる。

今回すべてのコア採取箇所において環境条件は大きく変わらないと考えられることから、No.67以降のコアの内部コンクリートの物質移動特性のポテンシャルが低い理由は、No.58までと工区が異なり、材料面もしくは施工面にあると考えられる。この堤防は長さが数kmにわたるため、生コンプラント、コンクリートの配合、施工者、または施工時期などの環境条件が異なると想定される。物質移動抵抗性が高いコンクリートが打込まれている箇所もあったことからこれらの違いが内部コンクリートの物質移動抵抗性に影響を与えたと考えられる。現在建設当時の記

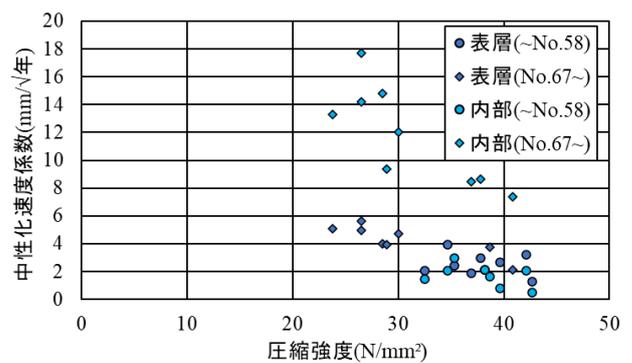


図-1 圧縮強度と中性化速度係数

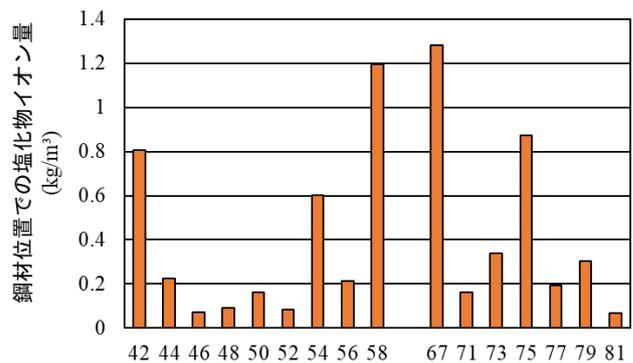


図-2 鋼材位置での塩化物イオン量

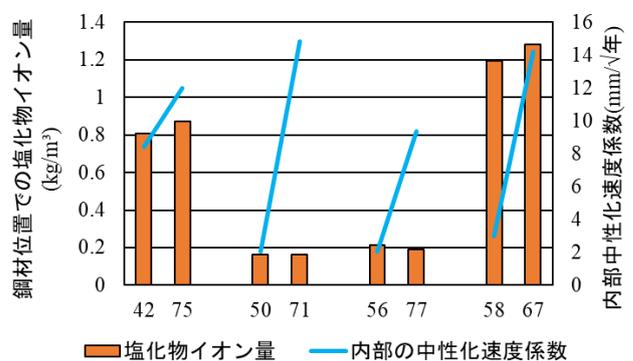


図-3 塩化物イオン量と内部中性化速度係数

録がなく原因を特定できないが、以上より、施工段階でコンクリートの品質に大きく差が生じたことが想定される。内部の物質移動特性のポテンシャルが異なることから、それも考慮した補修、修繕が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 魚本健人, 高田良章: コンクリートの中性化速度に及ぼす要因, 土木学会論文集, No.451, V-17, pp.119-128, 1992
- 2) 丸屋剛: コンクリート中の鋼材腐食発生限界塩化物イオン濃度, コンクリート工学第56巻5号, 2018