

水道池状構造物におけるカルシウム等の溶出への 対策方法及び維持管理方法に関する研究

| | | | |
|------------|--------|------------|-------|
| 大阪水道部技術第二課 | 岩坪 智史 | 大阪水道部 | 宮本 勝利 |
| 東京水道部技術第一課 | 板垣 竜太郎 | 北海道水道部 | 福山 正彦 |
| 名古屋水道部技術課 | 山本 昌弘 | 大阪水道部技術第二課 | 瀬川 奈未 |

1. 研究の背景と目的

過年度の研究では、コンクリート造の水道池状構造物における中性化の進展は極めて緩慢であり、構造物の寿命に影響を与える可能性が少ないことを過去 30 年間の実施設での調査結果やコンクリートの劣化メカニズムから指摘している。一方、水道池状構造物の液相部のコンクリートは、施設の供用開始後、継続的に湛水状態にあり、カルシウムの溶出が起きやすい環境であるうえ、施設の用途や維持管理方法によっては、水流や表面洗浄の影響を受ける可能性がある。

本研究では、液相部コンクリート表面からのカルシウムの溶出に着目し、既往の理論や実施設で実施した水浸試験の結果に基づいて、水道池状構造物におけるカルシウム溶出のメカニズムを明らかにする。

また、カルシウム溶出を加えた水道池状構造物全般に関わる劣化メカニズムについて、これまでの研究成果を総括し、水道池状構造物の維持管理に関する体系的な整理を行う。

2. 実施設で確認された結果

実施設に約 2 年間水浸したコンクリートコアにおける物理試験の結果から、以下の傾向が確認された。

- 水浸期間中の中性化の進展は、水浸前に中性化を促進したコアは遅く、封緘養生で中性化させなかったコアは早かった。
- 水浸後のコンクリートコアの細孔径分布は、水浸前の中性化に関わらず、コア表面において、直径 $0.05 \mu\text{m}$ 程度の細孔が減少し、直径 $0.2 \mu\text{m}$ 程度の細孔が増加している。
- 一方、さらに小さい直径 $0.01 \mu\text{m}$ 程度の細孔は、コア表面・深部とも、中性化を促進したコアで少なく、中性化を促進しなかったコアで多くなっている。
- 細孔量の合計は、水浸前に中性化を促進したコアは、表面・深部で大差ないが、中性化させなかったコアの表面は、他に比べて細孔量が多くなっている。
- 水浸後のコンクリートコア内の水酸化カルシウムは、水浸前の中性化に関わらず、減少している。
- 水浸前に中性化を促進したコアでは、表面付近で炭酸カルシウムが増加しているが、水浸前に中性化させなかったコアでは炭酸カルシウムは深度によらず一定である。

3. 水道池状構造物におけるカルシウム溶出のメカニズム

上記の結果や既往の論文から、水道池状構造物におけるカルシウム溶出のメカニズムと炭酸化の影響及び維持管理での着目点を考察した。(図-1)

- 水中ではコンクリート中の細孔を通して水酸化カルシウムが溶出する。水酸化カルシウムが失われることで、細孔が増加するとともに、中性化が進行する。
- 大気中で養生されたコンクリートは、水酸化カルシウムと二酸化炭素との反応によって炭酸カルシウムが生成(炭酸化が促進)し、細孔内に蓄積され、細孔が減少する。
- 細孔が減少した状態で水に接すると、細孔が多い場合に比べて、水酸化カルシウムの溶出は少なくなり、水中での中性化は進みにくくなる。

- 炭酸化現象として、細孔内に炭酸カルシウムが生成されることにより、コンクリート表面ではマイクロクラックが発生し、脆弱化や流水等によるすり減りが懸念される。
- 以上より、水道池状構造物のカルシウム溶出を管理するうえでの着目点は、コンクリートの中性化(炭酸化)の程度にあると言える。

4. 過年度の研究成果の整理

本研究では、前述の実験結果と、過年度までの研究成果に基づいて、コンクリートに関する既往の理論と水道池状構造物への影響の有無を整理し、関連する論文や、本研究グループによる統計分析及び詳細分析の結果との整合性について整理を行い、今後の業務での活用方法までを一覧とした。整理の例を表-1 に示す。

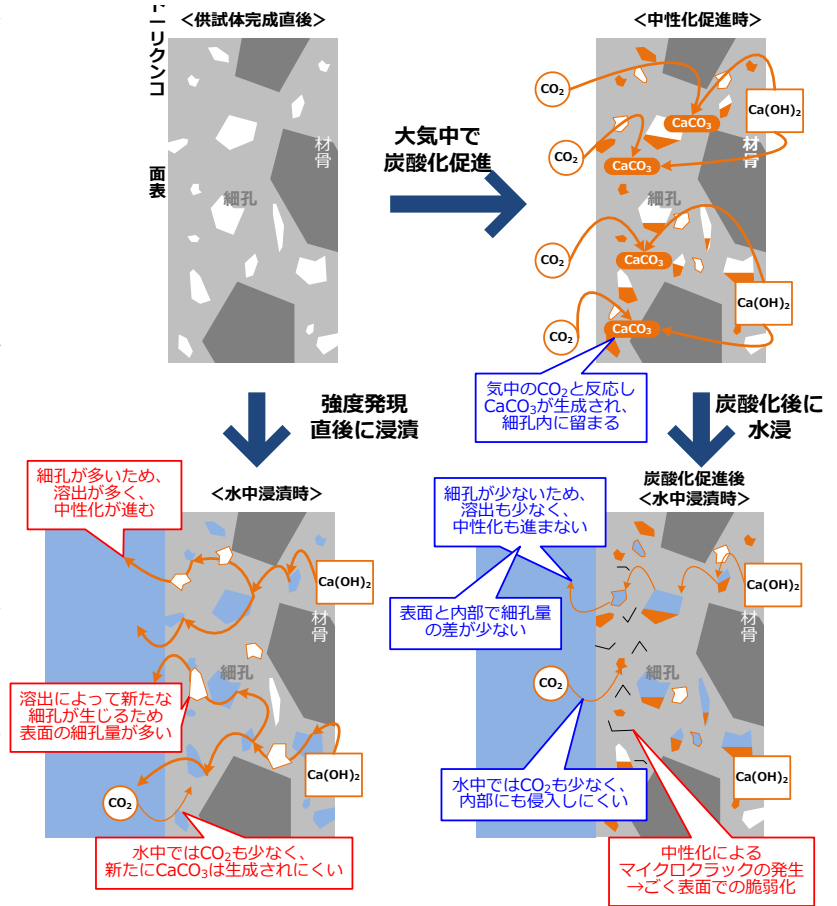


図-1 水道池状構造物におけるカルシウム溶出のメカニズム

表-1 過年度の研究成果の整理の例

| | | 中性化-1 | カルシウム溶出-1 |
|-------------|----------|--|--|
| 既往の理論 | | 中性化の進行と水分の逸散には密接な関係がある。水分が逸散する環境の方が中性化は進みやすい傾向にある。 | 水道水に接していた面では水酸化カルシウム量は少なく、水に含まれる炭酸ガスと反応して炭酸カルシウムなどに变化した。 |
| 水道池状構造物への影響 | | 影響有り：湿度条件の異なる環境が存在する | 影響有り：水と接する箇所の評価は必要 |
| 本研究での分析結果 | 既往理論との整合 | 整合する | 整合しない |
| | 分析方法 | 統計分析 | 詳細分析・実験結果 |
| 今後の活用 | 概要 | 過去の調査結果から、水分が少ない管廊・外部の方が中性化の値が大きい。 | 液相コアでの試験より、表面付近で炭酸カルシウムが生成されていない。 |
| | 活用の場面 | 維持管理・設計 | 維持管理 |
| | 概要 | 劣化の進展箇所の絞り込みができる。管廊の劣化が進展しやすい。 | 液相部では炭酸カルシウムが生成することは無く、劣化の影響因子とはならない。 |

5. 今後の業務展開

本研究成果を活用した今後の業務展開として以下のようなものが考えられる。また、業務を広く展開するために、今後、コンクリート分野での論文発表などを予定する。

維持管理分野「これまでの知見を活かした合理的な維持管理方法の検討」

- 従来型業務：維持管理計画策定、維持管理マニュアル作成などに適用
- PPP 業務：“M”を含む DB 事業、コンセッション事業など、比較的長期の事業への適用

設計・施工分野「Ca 溶出の影響を考慮したさらなる長寿命化施設の設計・施工」

- PPP 業務：DB 事業への適用