

遊離炭酸による侵食を受ける PC 管カバーコートモルタルの劣化評価 Deterioration evaluation of PC tube cover court mortar that receives invasion with separation carbonic acid

○根岸 将也* 後藤 秀樹* 伊藤 廣志** 梶原 義範**
NEGISHI Masaya*,GOTOU Hideki*,ITOU Hiroshi**,KAJIHARA Yoshinori**

1. はじめに

築造後 25 年経過の国営造成施設幹線用水路（クローズドパイプライン PC 管 2 種 φ 1350）の PC 管ソケット部のコンクリートが破損し、横断方向の PC 鋼線も破断する漏水事故が発生した。事故原因究明のため、水質調査、土壌調査、試掘調査、PC 管カバーコートの成分分析及び室内劣化促進試験を実施し、劣化の主要因は遊離炭酸による炭酸侵食（化学的侵食）であると特定された。

農業水利施設を対象とした今後のストックマネジメントの展開においては、広域的な調査手法の半定量的な調査・評価手法の確立が重要となる。本稿は、遊離炭酸溶液中のモルタルの中性化深さが \sqrt{t} 則に従い試掘地点も同様の傾向が見られること、並びに試掘地点の平均劣化深さと最大劣化深さが比較的高い相関を示すことに着目し、遊離炭酸の経年累積値を説明変数とする最大劣化深さの回帰式を求め、PC 管の定量的な劣化評価を行った結果を報告する。



図 1. 試掘調査
Fig1. Prospecting

2. 水質・試掘調査概要

水質調査は、管布設時に設置した釜場工において、かんがい期に 3 回、非かんがい期に 2 回、試掘地点で 1 回、全炭酸・侵食性遊離炭酸等の分析を行った。

平均劣化深さは、50cm 格子（図 1）で管表面をはつり、フェノールフタレイン溶液に発色する深さの平均値とした。埋設管は、局部的に劣化している傾向が見られ（図 2）たことから、これを最大劣化深さと評価した。

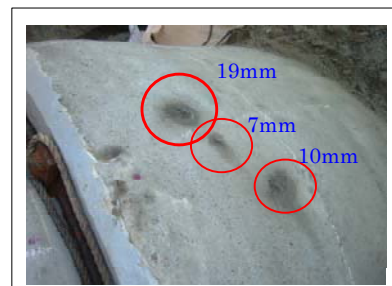


図 2. 最大劣化深さ

Fig2. The Maximum Deterioration Depth

3. 試掘調査と室内試験の対比

川東ら¹⁾の酸素活性汚泥処理施設の処理水に長期浸漬した実験では、水流の有無による遊離炭酸とコンクリートの質量減少量の相関を示し、質量減少と中性化深さの回帰式を提示している。これを遊離炭酸の経年累積 X と中性化深さ Y の関係式で表すと式(1)(2)となる。

$$\text{水流有} : Y = 0.803\sqrt{X} - 2.20 \quad \dots (1)$$

$$\text{水流無} : Y = 0.376\sqrt{X} - 0.65 \quad \dots (2)$$

モルタル供試体を高濃度（1000mg/L）の侵食性遊離炭酸溶液中で浸漬した室内劣化促進試験から回帰式(3)(4)が得られ、遊離炭酸によるモルタルの劣化は \sqrt{t} 則に従うことが確認²⁾された。

$$\text{遊離炭酸の経年累積と中性化深さ} : Y = 0.09\sqrt{X} \quad \dots (3)$$

$$\text{遊離炭酸の経年累積と Ca の変質深さ} : Y = 0.15\sqrt{X} \quad \dots (4)$$

室内試験から得られた回帰式と試掘調査の劣化深さの関係を図 3 に示す。平均劣化深さと式(3)(4)は近似することより、試掘調査における劣化進行も \sqrt{t} 則に従うものと

*太陽コンサルタント株式会社（Taiyo Consultants Co.LTD），**東北農政局（Tohoku Regional Agricultural Administration Office）キーワード：PC 管，カバーコート，遊離炭酸，劣化予測

して回帰式 (5) が得られる。

$$Y_2 = 0.1102\sqrt{X} \quad \dots (5)$$

ただし、 Y_2 : 平均劣化深さ (mm)
 X : 遊離炭酸量の経年累積 (mg/L・year)

最大劣化深さは、式(3)(4)から乖離するが、川東ら¹⁾の実験式(1)(2)と近似した傾向を示した。また、最大劣化深さと平均劣化深さは、比較的高い相関を示した。このことから、最大劣化深さについても \sqrt{t} 則に従うものとして、遊離炭酸濃度の経年累積値を説明変数とする回帰式 (6) が得られた。

$$Y_3 = 0.4465\sqrt{X} \quad \dots (6)$$

ただし、 Y_3 : 最大劣化深さ (mm)

4. 遊離炭酸による PC 管の定量的な劣化評価

式 (6) の標準偏差 $\pm 1\sigma$ の範囲を上下限とする劣化指標ラインを用いて、PC 管体の劣化状況を踏まえた余寿命予測を行った場合、劣化指標ラインによる余寿命予測範囲に試掘地点の遊離炭酸濃度の経年累積値 (横軸) と最大劣化深さ (縦軸) の関係を図 6 に示す。期別変動が大きい釜場工の遊離炭酸濃度は、経年累積値の変動幅として評価した。

PC 管体の予防保全限界を劣化深さが PC 鋼線に達するまでの年数 (劣化深さ = 20mm) と設定すると、1200~4300ppm・year が予防保全の限界と推定できる。PC 管の標準耐用年数を 40 年とすれば、遊離炭酸濃度換算で 30~110mg/L 以上で炭酸侵食による劣化進行が懸念されるという結果を得た。

5. おわりに

本地区では、試掘地点の遊離炭酸濃度の経年累積値と最大劣化深さの関係から、回帰式を求め PC 管の半定量的な劣化評価を行った。

今後は、遊離炭酸濃度は期別変動が大きく、PC 管の劣化進行は埋設条件に左右されることも踏まえ、試掘による機能診断評価の精度向上と評価手法の確立を図っていくことが課題である。

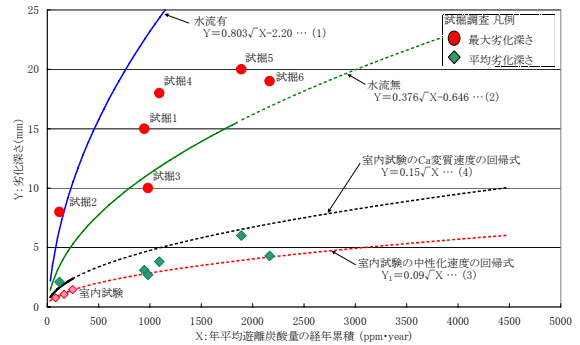


図 3. 遊離炭酸の経年累積と劣化深さ

Fig3. CO₂ and Deterioration depth

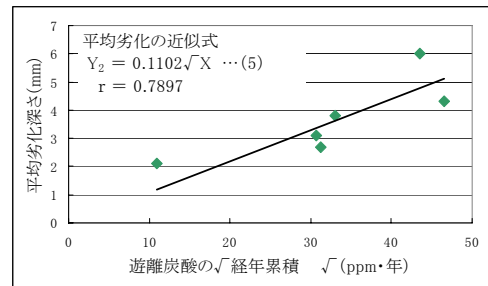


図 4. 遊離炭酸の $\sqrt{}$ 経年累積と平均劣化深さ

Fig4. CO₂ and Average Deterioration

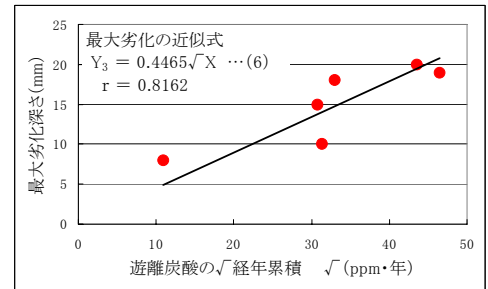


図 5. 遊離炭酸の $\sqrt{}$ 経年累積と最大劣化深さ

Fig5. CO₂ and The Maximum Deterioration

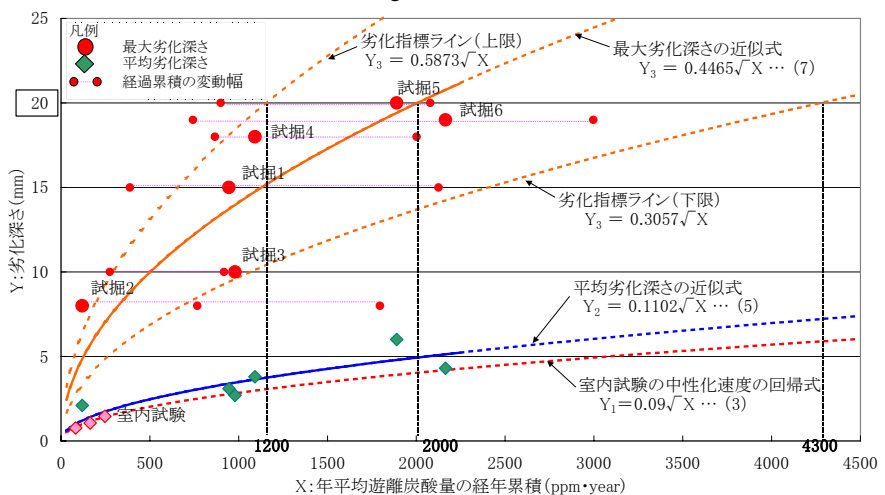


図 6. 試掘調査結果と劣化評価

Fig6. Prospecting and Deterioration Evaluation

- 1) 川東龍夫・鈴木宏信・宮川豊章・藤井学：酸素活性汚泥処理法を用いた下水施設におけるコンクリートの腐食メカニズム 土木学会論文集 No.599/V-40 20-39 1998.8
- 2) 取違剛・横関康祐・根岸将也・後藤秀樹・小澤勝幸・伊藤廣志：地下水中の遊離炭酸がモルタルの劣化に及ぼす影響 平成 20 年度農業農村工学会大会講演会 (寄稿中)