

海岸部に位置する下水処理施設タンクの調査・補修について



(株) ホープ設計 設計部
神谷 信賢

1. はじめに

本報告は、沖縄本島中部の海岸部に位置する下水処理施設内の汚泥消化タンク（PC 構造）のうち、地表面付近で漏水が生じていた 1 基について、今後の安定した利用に向け、詳細調査および補修設計を実施したものである。

2. 対象構造物の諸元および損傷状況

1996 年に竣工した本タンクは、海岸線から 50 m 程度の位置に設けられ、全高 $H=32.0$ m のうち地表面から -7.0 m \sim $+1.0$ m 程度の高さまでは RC 構造のタンクと一体の基礎部が構築されている。その上に 1 ロット約 1.0 m 程度の高さのプレキャストパネルを積み上げた PC 構造である（写真 - 1）。

タンクの損傷状況は、RC 構造と PC 構造の接合部付近において漏水が 2 箇所で見られており、両損傷ともに錆汁をともなったひび割れが確認された（写真 - 2）。また、内外部ともに全体的に保護塗装の剥離や劣化が進展していた。



写真 - 1 PC タンク外観



写真 - 2 漏水箇所

3. 事前踏査および詳細調査

3.1 事前踏査

詳細調査の実施に先立ち、損傷状況の把握および詳細調査における項目とその方法を計画するため、事前踏査を実施した。事前踏査では、施工記録、補修・補強履歴ならびにタンク内部の滞水状況や pH など管理記録の収集を併せて実施した。その結果、タンク外部は塩害環境下、また、内部は硫化水素ガス（pH 約 4.5）による高酸性環境下にあるが、竣工後とくに補修・補強を実施することなく 20 年余りを経過していたことが判明した。

3.2 詳細調査項目と方法

本タンクの調査項目およびその方法は、「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術マニュアル」¹⁾ に準拠し、a) コンクリート表面強度試験（反発度法）、b) 塩

分含有量試験、c) 中性化深さ測定試験（ドリル法）、d) 鉄筋腐食度調査、e) 内外部の損傷状況調査（近接目視）を計画した。a) \sim d) の調査・試験は、漏水箇所付近 2 箇所を基本に実施した（図 - 1）。

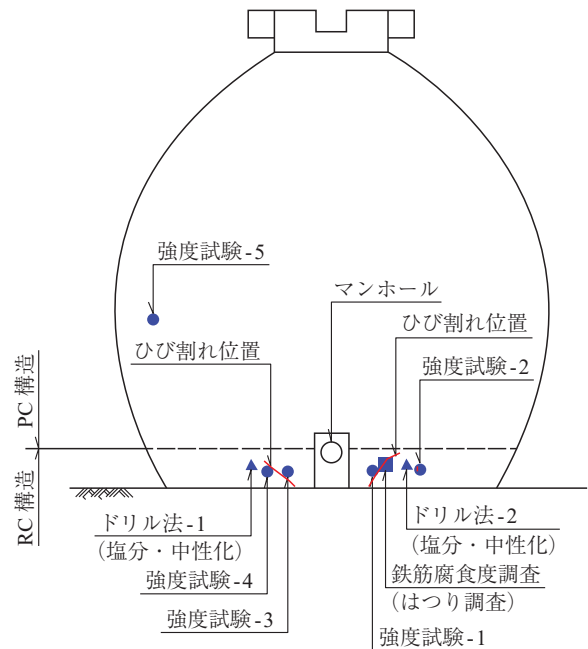


図 - 1 調査・試験実施位置

b) 塩分含有量試験および c) 中性化深さ測定試験は、試験位置の部材厚が $t=400$ mm と薄いことから、ドリル法による試験を行うこととし、塩分含有量試験は「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法（JIS A 1154）」、中性化深さ測定試験は「ドリル削孔粉を用いたコンクリート構造物の中性化深さ試験方法（NDIS 3419, 日本非破壊検査協会）」に準拠し実施した。また、e) 内外部の損傷状況調査は、高所作業車を用いて外部全体の異常を調査するとともに、漏水箇所付近の内部保護塗装を剥離したうえで、貫通クラックなど損傷の有無の確認を行った。

3.3 詳細調査結果

前項において計画した、a) \sim e) の調査・試験結果を以下に記す。

(1) コンクリート表面強度試験（反発度法）

試験を実施した 5 箇所の推定強度は $F=21.2 \sim 26.6$ N/mm² であり、その平均値は 24.5 N/mm² であった。本タンクの設計基準強度は既存資料から確認することはできなかったが、本施設内の同種構造形式のタンクの設計基準強度が $F=36.0$ N/mm² であることから、コンクリートの品質はやや低いと評価した。

(2) 塩分含有量試験

試験位置 2 箇所の塩分含有量を図 - 2 に示す。飛来塩分の影響により、コンクリート表面付近の塩化物イオン濃度は最大で 0.92 kg/m³ とやや高い数値を示すが、鉄筋位置付近では 0.05 kg/m³ と低い数値である。「港湾の施設の技術上の基準・同解説」²⁾ に示されている腐食発生限界塩化物

○ コンクリート構造診断士レポート ○

イオン濃度 2.0 kg/m^3 と比べてかなり低い数値であり、塩害による鋼材の腐食に繋がる可能性は非常に低いと評価した。

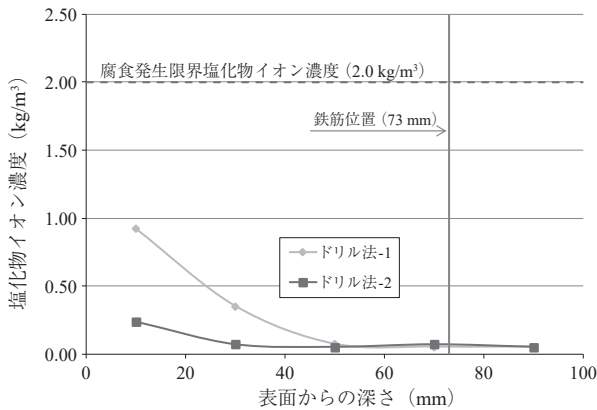


図 - 2 塩化物イオン濃度

(3) 中性化深さ測定試験 (フェノールフタレイン法)

建設から 20 年余りが経過した現在の中性化深さは、2 箇所の平均で 2.1 mm であった。コンクリートの純かぶり厚は、 $t = 73.0 \text{ mm}$ であることから、中性化残り深さは 70.9 mm であった。「コンクリート標準示方書【設計編】」³⁾ に示されている厳しい塩害環境に相当する 25 mm 以上が確保されていることから、将来にわたって中性化による鉄筋の腐食は生じないと評価した。

(4) 鉄筋腐食度調査

漏水箇所のひび割れを含む範囲のかぶりコンクリートのはつり取りを行い、損傷の深さや鉄筋の腐食状況を確認したが、主鉄筋および配力鉄筋に腐食、破断の損傷は発生していなかった。また、内部への貫通クラックは生じていなかった。

(5) 内外部の損傷状況調査 (近接目視)

タンク外部の調査は高所作業車を用いて全体の調査を行ったが、内部の調査は足場設置の都合から、液相部のみを対象に実施した。

調査の結果、タンク外部の保護塗装は、紫外線および経年劣化に起因する防食機能の劣化が緩やかに進展している状況であった。一方、タンク内部の保護塗装は、部分的にコンクリートが露出する程度まで防食機能が劣化し、コンクリートの腐食に進展している状況であった。しかし、タ

ンクの漏水に繋がるひび割れは、内部では確認されず、外部の 2 箇所以外は確認されなかった。また、外部の打音検査の結果、PC パネル水平接合部付近に軽微なうきや剥離が確認された。

4. 損傷原因の特定

今回実施した調査試験結果に基づき、損傷の発生原因を以下の 4 項目の観点から総合的に評価し、損傷原因の特定を行った。

- 1) 環境的要因: 塩害の影響が激しい S 区分に位置するが、飛来塩分による鋼材腐食は発生していない。一方、内部は強酸性環境によりコンクリートの劣化(腐食)が進展している。
- 2) 材料的要因: コンクリートおよび保護塗装の損傷劣化は、経年劣化によるものである。
- 3) 構造的要因: 所定の貯蔵量が定められており、増加荷重などによる構造への影響は生じない。
- 4) 施工的要因: 外面の損傷は、PC パネル水平接合部付近に多く発生していることから、この水平接合部は損傷の進展に影響していると推定される。

以上の考察から、内部保護塗装の劣化に起因し、コンクリートの腐食が進展したことにより、PC パネル接合部から浸透した貯留水がコンクリートの弱化した箇所を通過し、水みちを形成したことが本タンクの漏水や錆汁の発生原因であると推定した。

5. おわりに

本タンクを今後も長期にわたって活用するためには、タンク内部の保護塗装の再施工が重要であると捉え、「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術マニュアル」に準拠した防食設計を実施し、コンクリート劣化部の除去～断面修復工～塗布型ライニング工法(気相部: D 種、液相部: A 種)を選定し、詳細設計を実施した。

参考文献

- 1) 下水道事業支援センター: 下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術マニュアル, 2017
- 2) 日本港湾協会: 港湾の施設の技術上の基準・同解説, p.489, 2007
- 3) 土木学会: コンクリート標準示方書【設計編】, p.154, 2018

【2020 年 4 月 24 日受付】



新刊案内

コンクリート構造診断技術

2021年1月

(コンクリート構造診断技術講習テキスト CD-R版)

定 価 7,700 円(税込) / 送料 300 円
公益社団法人 プレストレストコンクリート工学会