

「コンクリート構造診断士」とは、プレストレストコンクリート工学会により認定される技術者資格です。コンクリート構造診断士に期待される役割は、既設の鉄筋コンクリート構造物やプレストレストコンクリート構造物に対して、力学的・構造的な診断や評価を実施し、当該構造物の適切な補修・補強、あるいは維持管理の手法を提示することです。

このコーナーでは、こうしたコンクリート構造診断士の活動を紹介するため、資格登録更新時に提出される研修報告書のなかから、とくに一般の読者にも有益な情報を与えるとして選出された事例を掲載します。

## RC 防火水槽の健全性評価および 大規模地震時の保水性確保に 関する検討



日本工営 (株)  
 交通都市事業部 道路橋梁部  
 奥石 正己

### 1. はじめに

本構造物は1964年に建設された鉄筋コンクリート製の防火水槽（幅(w) 6.04 m × 奥行(b) 3.04 m × 高さ(h) 3.59 m、貯水量 40 m<sup>3</sup>、以下 RC 防火水槽という）であり、おおむね55年程度供用されている。構造的には、街区公園(0.25 ha 程度)内に設置されたボックスカルバート構造であるが、現状では防火水槽内面の防水モルタルに部分的な剥離が確認されている。また、平成7年の兵庫県南部地震では、RC 防火水槽に2 mm 程度のひび割れが発生し逸水が生じたため、消火活動に必要な十分な放水量を確保できず長田地区の火災が延焼し拡大した。この経験を踏まえ、RC 防火水槽の健全性を維持するとともに大規模地震時に保水性を確保できる対策<sup>1,2)</sup>が早期に必要と考えられる。本報告は、RC 防火水槽の健全性評価および保水性を確保する補強工法に関して、技術責任者として検討した内容をまとめたものである。

### 2. 現地調査と健全性評価

#### 2.1 現地調査

現地調査は、基本調査4項目【①水槽形状 ②ひび割れ ③コンクリート圧縮強度（反発度法）④コンクリートの引張強度】と詳細調査5項目【①鉄筋位置 ②鉄筋径およびかぶり ③コンクリート圧縮強度（小径コア法）④中性化深さ ⑤塩化物イオン量】を実施した。代表的な調査状況を写真-1、2に示す。調査結果の要旨は以下の2点である。

(1) 基本調査では、水槽形状は元設計図と一致しており施工誤差程度が確認された。防水モルタル ( $t = 20$  mm) には0.2 mm 以上のひび割れは観測されなかった。テストハンマーによるコンクリート強度は $\sigma_c = 19.9$  N/mm<sup>2</sup> (写真-1)であった。建研式着力試験機を用いたコンクリ

ートの引張強度は $\sigma_t = 1.79$  N/mm<sup>2</sup>であり、基準値(1.2 N/mm<sup>2</sup>)を上回っていた。

(2) 詳細調査では、鉄筋位置は電磁誘導法により元設計図の配置ピッチ(@300 mm)と一致することを確認した。はつり調査により鉄筋径は $\phi 16$ 、かぶりは125 mm (写真-2)であった。コア採取による圧縮強度試験よりコンクリート強度は $\sigma_c = 38.8$  N/mm<sup>2</sup>であった。また、中性化深さは0.0 mm、塩化物イオン量は0~80 mm 区間の平均で0.75 kg/m<sup>3</sup>であり、発錆限界値<sup>3)</sup>1.2 kg/m<sup>3</sup>以下であることを確認した。



写真-1 テストハンマーによる強度試験



写真-2 鉄筋径の計測状況

#### 2.2 健全性評価

防水モルタルで保護されたコンクリート躯体には0.2 mm 以上のひび割れの発生は見られず、はつり調査により鉄筋の発錆、かぶり不足も確認されなかった。また中性化は進んでおらず、塩化物イオンの浸透量も基準値以下であり、比較的良好な状態で使用されていることが確認された。

### 3. 大規模地震時の補強工法

補強工法の選択にあたっては、まず調査結果に基づいて設計図を復元し大規模地震時を対象とした応答変位法によ

り各部材の健全性を確認した。次にその結果に基づいて、重要度の高い RC 防火水槽に対しては、コンクリート巻土工法、炭素繊維補強工法などにより部材を補強し大規模地震時における部材の応答塑性率を低減する耐震補強工法を採用した。また、比較的重要度の低い RC 防火水槽に関しては、部材の補強ではなく大規模地震時の保水性を直接確保できるポリウレア樹脂吹付け工法を検討対象とした。本節では、RC 貯水槽の内空断面を縮小することなく、従来の耐震補強工法と比較して低コストかつ短工期で RC 防火水槽の保水性を直接的に確保できるポリウレア樹脂吹付け工法の検討内容を以下に示す。

3.1 応答変位法による部材の応答値

大規模地震時における RC 防火水槽の応答値は、水道施設耐震工法指針・解説 2009 年版に準拠し設計水平震度  $k_{hg2} = 0.59$  として応答変位法により求めた。その結果、左側壁の下端部において最大曲げモーメントが発生しその節点における最大応答塑性率は図 - 1 に示すように  $\mu = 5.13$  ( $\phi_d/\phi_{yo} = 8.41/1.64$ ) であった。

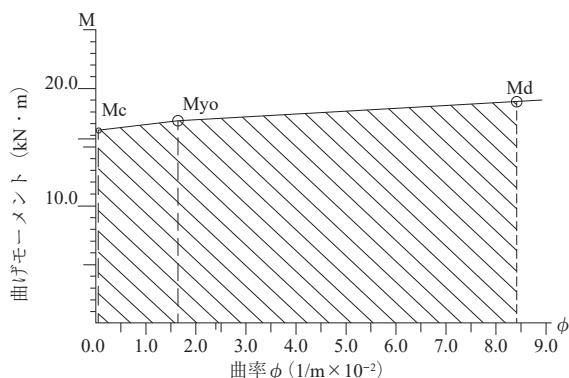


図 - 1 RC 防火水槽の最大応答値

3.2 ポリウレア樹脂吹付け工法の検討

鉄筋コンクリート部材における鉄筋降伏後のひび割れ幅に関しては、現時点では十分な知見が得られておらず、設計式なども整備されていない。そこで今回、防火水槽の底版をモデルとした実物大の曲げ実験を行い、塑性率とひび割れ幅の関係を実験的に把握した。その結果、ひび割れ幅は図 - 2 に示すように鉄筋降伏後に急速に拡大し、塑性率 5.0 ではおおむね 3.3 mm に達することが確認された。

一方ポリウレア樹脂は、強度 (24 N/mm<sup>2</sup>) と伸び (200%) のバランスがよく、付着強度 1.2 N/mm<sup>2</sup> を確保できる優

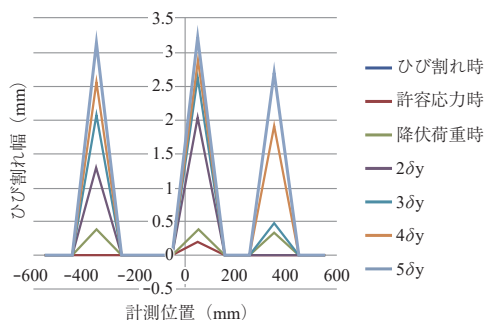


図 - 2 RC 部材の鉄筋降伏後のひび割れ幅

た樹脂材料である。今回、鉄筋コンクリート部材にひび割れが発生したあとの保水性を確認するために、2 片のモルタルピースを接触させた状態で吹付けを行い、人為的にひび割れを発生 (2.0 ~ 10.0 mm) させたあとに、加圧試験機を用いて透水性試験 (写真 - 3) を実施した。

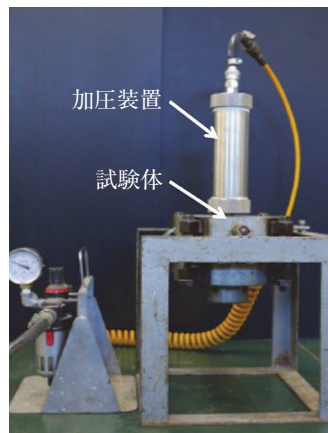


写真 - 3 ポリウレア樹脂の透水性試験

その結果、吹付厚さ 2.0 mm、最大ひび割れ幅 10.0 mm、水圧 0.3 N/mm<sup>2</sup> (水頭 30 m) の条件でも、ひび割れ面からの漏水、ひび割れ内への過大な変形、隅角部における亀裂などは確認されず (写真 - 4)、高い保水性能が確認された。以上より、今回の RC 防火水槽のように、水圧 0.03 N/mm<sup>2</sup> (水頭 3.0 m) の状態で、ひび割れ幅 3.3 mm 程度の応答値に対しては十分な保水性を確保できるとの知見を得ることができた。



写真 - 4 透水性試験終了後の試験体

4. おわりに

戦後の高度成長期に建設された RC 防火水槽の多くは、50 年程度の供用期間にあり、今後の補修補強工事は避けて通れないものと考えられる。本報告がそれらの一助になれば幸いである。

参考文献

- 1) 奥石, 井出, 久保: コンクリート構造物の機能保持・向上技術 (タフネスコート) の開発; 土木学会, 土木建設技術発表会, 平成 30 年 11 月
- 2) 久保, 奥石, 他 2 名: ポリウレア樹脂によるコンクリート構造物の耐久性向上に関する基礎実験; 土木学会年次学術講演会, 平成 28 年 9 月
- 3) 2018 年制定, コンクリート標準示方書【維持管理編】

【2020 年 4 月 30 日受付】