

海中の鉄筋コンクリート構造物における健全性調査結果について

東北電力(株) ○法人会員 清水康夫  
東北電力(株) 正会員 尾崎充弘

1. はじめに

東北電力(株)東通原子力発電所は青森県下北郡東通村の太平洋側に面しており、平成 17 年 12 月に運転開始し現在までに 12 年余りが経過している。

このうち、発電所の冷却用水を取水している復水器冷却用水施設の鉄筋コンクリート構造物は、海水の影響により塩害が懸念される環境下にあることから、供用期間中の長期耐久性への影響評価を進める上で、現状の健全性を確認したことから概要を報告するものである。

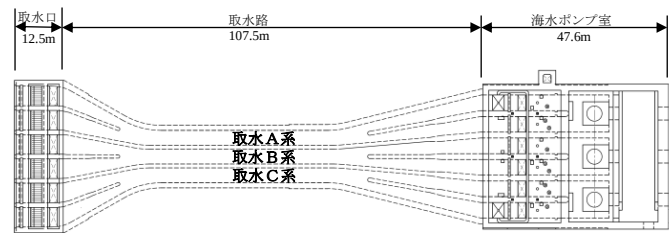
2. 調査内容

(1) 調査対象構造物

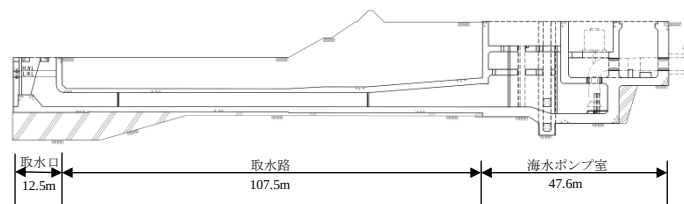
調査は取水口、取水路、海水ポンプ室、および補機取水路を対象とし平成 29 年 8 月に実施した(図一 1)。

本構造物は平成 12 年～平成 14 年に構築されたものでコンクリートの材齢は 15 年～17 年である。コンクリートの仕様は表一 1 のとおりであり、鉄筋の設計純かぶりは、約 100mm である。なお、H.W.L. 以下には貝の付着を防止するため床面を除いたコンクリート表面にシリコン系の防汚塗料が塗装されている。

平面図



縦断面図



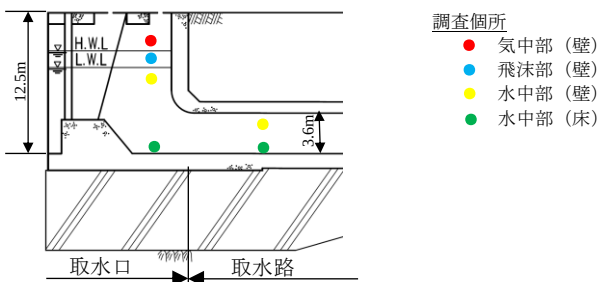
図一 1 調査対象主要構造物

表一 1 コンクリート配合表

| 項目      | 内容                      | 備考                       |
|---------|-------------------------|--------------------------|
| 設計基準強度  | 24N/mm <sup>2</sup>     | 材令 28 日管理                |
| セメントの種類 | F B                     |                          |
| 比表面積    | 3,180cm <sup>2</sup> /g |                          |
| 単位粉体量   | 282kg                   | 内フライアッシュ 49kg            |
| 単位水量    | 155kg                   | W/B=55%                  |
| 塩化物付与量  | 0.02kg/m <sup>3</sup>   | 規格値 0.2kg/m <sup>3</sup> |
| 骨材      | 石灰岩系他                   | 東通村尻屋産他                  |

(2) 調査位置

調査は環境や施工時期の違いによる長期耐久性への影響評価をする目的で、各構造物の施工ブロックや気中部(壁)、飛沫部(壁)、水中部(壁)、および水中部(床)に分け実施した。取水口付近の調査位置を図一 2 に示す。

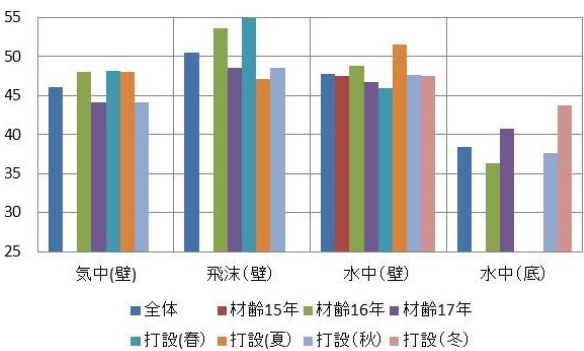


図一 2 取水口付近調査位置

3. 試験結果

(1) 圧縮強度試験 (JIS A 1108)

コア採取を行い試験した結果、全調査点で設計基準強度以上の値が得られた。試験結果(平均)を図一 3 に示す。



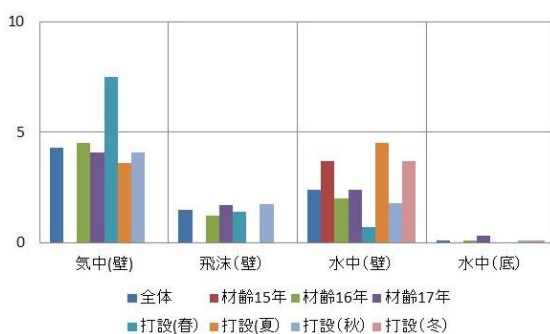
図一 3 圧縮強度結果 単位(N/mm<sup>2</sup>)

建設当時の28日強度は $28.7 \sim 34.1 \text{ N/mm}^2$ 程度であったが、図－3圧縮強度試験結果のとおり、長期的な強度の伸びが確認された。今回、コンクリートの打設時期は四季に跨り、一般に高温時に打設したコンクリート強度の長期強度は低温時に比べ低いとされているが、長期強度発現への影響は有意ではなく、フライアッシュの微粉末効果とポズラン反応により細孔構造が改善され組織が緻密化されたことで強度が高まり、打設時期の違いによる影響を受けなかったものと考えられる。これは、夏季でも気温が比較的低い地域性も関係しているものと思われる。

## （２）中性化試験（JIS A 1152）

試験の結果、中性化深さは10mm以下の範囲に留まり極めて小さい値であった。試験結果（平均）を図－4に示す。

無塗装部である気中（壁）においては、ポズラン反応による水酸化カルシウムの減少による中性化の進行が懸念されたが、中性化深さの予測式<sup>1)</sup>による24mm程度の予測値と比べると進行は抑えられている結果となった。これは水酸化カルシウムが減少したものの、圧縮強度試験の結果のとおり、細孔構造が改善され物質透過性が抑えられた結果が表れたものと考えられる。



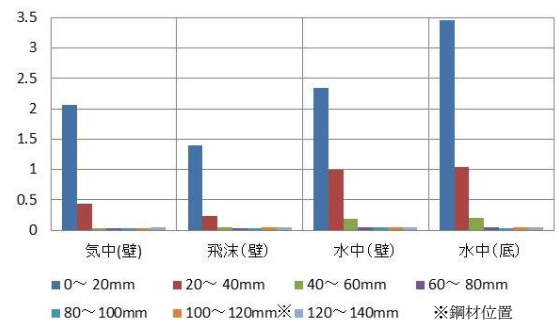
図－4 中性化試験結果 単位(mm)

## （３）塩化物イオン濃度試験（JIS A 1154）

塩化物イオン濃度の測定は、コンクリート表面から鋼材位置以深の140mmまで20mm間隔でカットした試料を用い実施した。試験結果（平均）を図－5に示す。

無塗装部である気中（壁）においては、比較的低い飛沫の影響を受けやすい環境にあるが、鋼材位置における塩化物イオン濃度の予測式<sup>1)</sup>による $0.59 \text{ kg/m}^3$ （17年）に対し調査結果は $0.04 \text{ kg/m}^3$ であり、初期値( $0.02 \text{ kg/m}^3$ )と同等であった。なお、自明ながら鋼材腐食発生限界濃度の予測式<sup>1)</sup>による $1.67 \text{ kg/m}^3$ も十分に下回るものであった。

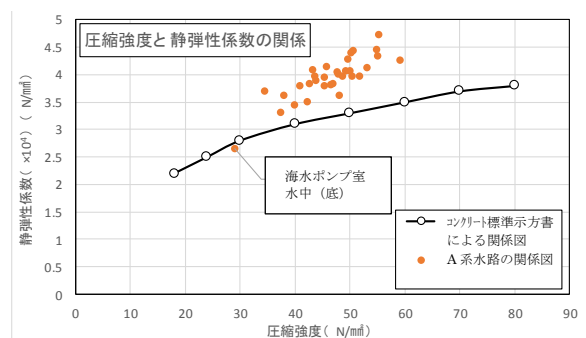
また、塩化物イオンはコンクリート表面付近に留まっており中性化同様に改善された細孔構造により浸透が抑制されている可能性が示唆される。これについては、今後、継続的な監視を行い物質透過性に関するデータを蓄積する必要がある。



図－5 塩化物イオン濃度試験 単位( $\text{kg/m}^3$ )

## （４）静弾性係数試験（JIS A 1149）

試験結果をコンクリート標準示方書に示される圧縮強度と静弾性係数の平均的な関係図<sup>1)</sup>にプロットして確認した結果、ほぼ全調査点で圧縮強度に対する平均的な静弾性係数を上回る値を示し、堅固で健全な状態であることを確認した。取水A系で確認した結果を図－6に示す。



## 4. おわりに

今回、コンクリート材齢15～17年の材料を用いて、長期耐久性への影響評価を実施した結果、フライアッシュの微粉末効果とポズラン反応により、細孔構造が改善されたことで、長期強度の高まり、中性化および塩化物イオンの浸透抑制、圧縮強度に対する平均的な静弾性係数を上回る結果となり健全性が確保されていることを確認できた。

今後も定期的に健全度調査を実施し、設備の維持管理に努めていくこととする。

## 参考文献

- 1) コンクリート標準示方書（設計編），土木学会，2012.12