

## 女川原子力発電所 軽油タンク基礎地下ピット化工事の設計・施工について

東北電力(株)女川原子力発電所

正会員 ○菊地 慶太

東北電力(株)土木建築部

正会員 堀見 慎吾

東北電力(株)女川原子力発電所

正会員 伊達 政直

## 1. はじめに

東北地方太平洋沖地震に伴う福島第一原子力発電所の事故をふまえ、平成25年7月に「深層防護」を基本とした実用発電用原子炉に係る新規制基準（以下、新規制基準）が施行された。新規制基準では、地震・津波の評価の厳格化に加え、火山・竜巻・森林火災といった自然現象等に係る想定的大幅な引き上げと防護対策の強化を要求している。本稿では、新規制基準への対応の一環として、既設の非常用ディーゼル発電機用軽油タンク基礎の地下ピット化および耐震補強を実施したことから、その計画、設計および施工概要について報告する。

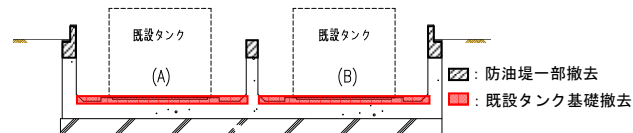


図-1 断面図（既設）

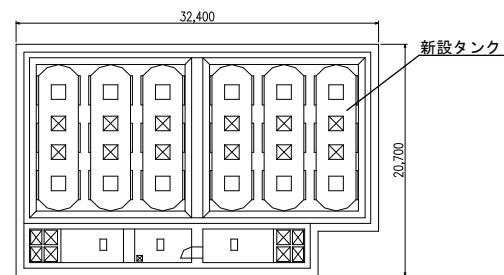


図-2 平面図（地下化後）

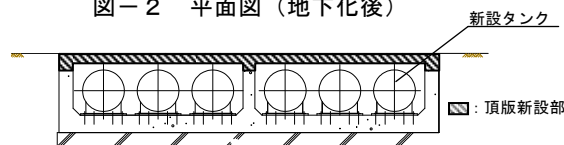


図-3 断面図（地下化後）

## 2. 要求性能と地下ピット化計画

既設タンクは屋外貯蔵式（330kl×2基）であり、基礎は半地下式の防油堤構造（RC造）である。（図-1）

新規制基準にて要求される耐震性能の強化と竜巻防護について、工程短縮、工事費低減、環境負荷低減の観点から検討を行なった結果、既設防油堤を有効活用し頂版を追加することで地下ピット化する計画とした。（図-2、3）なお、タンクは円筒縦置き型（330kl×2基）から、円筒横置き型（110kl×6基）に変更した。

## 3. 設計概要

## (1) 評価用地震動

新規制基準施行後、新たな知見を基に策定した基準地震動  $S_s$  を用いた。

## (2) 構造設計

構造設計は図-4のフローに基づき実施した。入力地震動の算定は一次元波動論に基づく地震応答解析によるものとし、地震時増分土圧および慣性力は、構造物-地盤連成の二次元動的 FEM モデルを用い、周波数応答解析により算出した。

設計対象設備は、三次元の不静定構造物であり、構造解析は各面部材を面内及び面外剛性を有するシェル要素によりモデル化し、部材に生じる応答を算出した。

今回、材料（コンクリート及び鉄筋）の非線形性を考慮可能な非線形シェル要素を適用することで、梁部材に対するファイバー要素と同様に各部材の断面内に生じる応力やひずみを直接算出し、照査・設計の指標とした。（図-5）

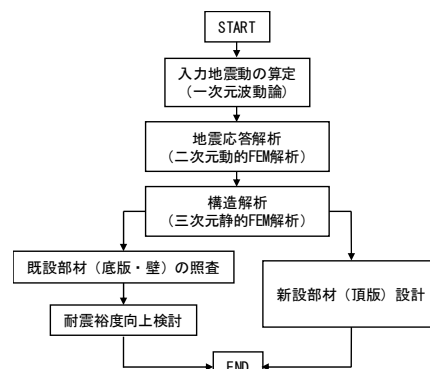


図-4 設計フロー図

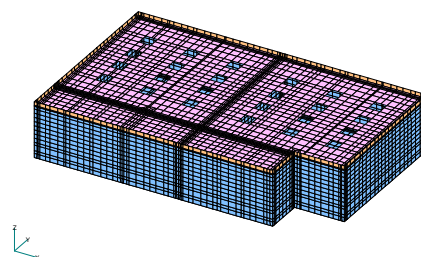


図-5 構造解析モデル

キーワード 原子力発電所、軽油タンク基礎、既設活用、竜巻、後施工せん断補強

連絡先 〒986-2293 宮城県牡鹿郡女川町塚浜字前田1番 東北電力(株)女川原子力発電所 TEL 0225-53-3111

### (3) 耐震裕度向上検討

評価用地震動が建設時の地震動と比較し増大していることから、既設の底版および壁部材については、耐震性向上のため、せん断補強を検討した。手法は、後施工せん断補強とし、工法は、適用できる鉄筋径の範囲が広い(D13~D32)セラミックキャップバー(CCb)工法<sup>1)</sup>を採用した。CCbは、ねじ鉄筋の両端にセラミックからなる定着体を取付けたものであり、CCbを既存のRC構造物に挿入することで、せん断耐力を向上させるものである。CCbの配置は、コンクリート標準示方書(設計編,2012)および道路橋示方書(V耐震設計編,2012年3月)等に基づき以下のとおりとした。

- a. 鉄筋径は、主鉄筋より呼び径の小さいものを使用する。
- b. 配置間隔は部材厚の1/2以下とする。
- c. せん断補強筋の鉄筋量の上限はコンクリート標準示方書(設計編, 2012年)に準拠する。

表-1にCCbの数量一覧を示す。

表-1 CCb数量一覧

| 部 材 | CCb |         | 備 考   |
|-----|-----|---------|-------|
|     | 鉄筋径 | 本数      |       |
| 底 版 | D25 | 約 1,730 | 下向き施工 |
| 外 壁 | D22 | 約 370   | 横向き施工 |
| 中 壁 | D16 | 約 1,780 | 横向き施工 |
| 計   |     | 約 3,880 |       |

### 4. 施工概要

施工は、既設タンク基礎撤去→側壁の部分撤去→CCbによる後施工せん断補強→新設タンク設置および頂版構築の順序で実施した。以下に、各工種の工法および施工上の課題への対応事例を示す。

#### (1) 撤去工事

##### a. 既設タンク基礎撤去

既設タンク基礎撤去は、ブレーカーによるはつりを基本とし、残置鉄筋近傍については、鉄筋損傷防止、コンクリートのマイクロクラック発生防止のために、ウォータージェット(以下、WJ)を採用し、工事費低減と品質確保を図った。

##### b. 側壁の部分撤去

側壁の部分撤去は、ワイヤーソーとブレーカーを併用し、底版同様、残置鉄筋近傍は、WJを使用することにより、工事費低減および品質確保を図った。

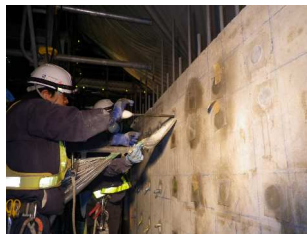
### (2) 後施工せん断補強(CCb)

CCbによる後施工せん断補強は、既存構造物をコアドリル等で削孔→孔内にCCbを挿入→グラウトによる固定の順序で実施する。(写真-1)

CCbの施工については、削孔による既設の鉄筋損傷防止を図るため、先行して鉄筋探査を実施した。グラウト材については、下向き施工箇所(底版)は、通常のグラウト材、横向き施工箇所(側壁)は、充填性を確保するため、可塑性グラウト材を使用した。

### (3) 頂版構築

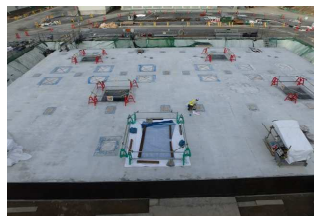
頂版構築は、工程短縮を図るため、タンク設置と並行する計画とし、頂版型枠は、タンクとの干渉を避けるため、タンクピット内に支保工を必要としないデッキプレートを採用した。(青塔工法)(写真-2)



(a) CCb 施工

(b) CCb 設置完了

写真-1 CCb 施工状況<sup>2)</sup>



(a) 側壁撤去

(b) 頂版構築

写真-2 軽油タンク基礎地下ピット化施工状況<sup>2)</sup>

### 5. おわりに

本稿では、新規規制基準対応の一環として実施した軽油タンク基礎地下ピット化工事の計画、設計および施工概要を報告した。平成29年4月時点で、本工事は概ね完了し、付帯工事を実施中である。既設設備の有効利用という技術的な困難や、厳しい工程を乗り越え、無事故・無災害で工事を実施して頂いた施工会社の皆様に深く感謝申し上げる。

#### 【参考文献】

- 1) (一財) 土木研究センター, 建設技術審査証明報告書「セラミックキャップバー(CCb)」, 2014.8
- 2) 佐藤達也, 保坂俊輔, 伊達政直, 門脇和彦, 既設タンクの地下ピット化による竜巻等への対処事例について, 土木学会東北支部, 2017.3