

補強部材の施工履歴が及ぼす耐震評価への影響検討

前田建設工業(株) ○正会員 田中 孝治 正会員 伊藤 陽平
東北電力(株) 正会員 菊地 裕

1. はじめに

女川原子力発電所施設における耐震補強設計では、地中構造物に作用する地震時土圧に抵抗するため、増厚工法による補強を採用している。増厚工法の施工は既設部材と補強部材の一体化を図るため、既設部材のコンクリート表面をチップングし骨材を剥き出しにしてジベル筋を設置し、主筋については定着長確保を行っている。準拠指針は鉄道構造物等設計標準・同解説（開削トンネル）平成13年3月を採用している。同指針において構造解析の方法は施工時から完成まで、順を追って設計を行う一体計算法、施工時の設計と本体構造物完成後の設計を各々個別に行う分離計算法の2種類が記載されており、使用実績は後者が圧倒的に多くなっている。

今回取り上げる2号機海水ポンプ室においては、増厚工法の補強形状が複雑となっており、断面高さは既設壁厚と同等以上の箇所が存在する。そのため、施工時に発生する残留応力が設計に影響を与える可能性がある。よって本稿では、施工履歴を考慮した常時解析と考慮しない常時解析を行い、解析結果を分析し耐震評価への影響の有無を確認する。なお、評価用地震動は基準地震動を採用している。

2. 耐震補強概要

2号機海水ポンプ室の耐震補強は、曲げ補強として増厚、補強梁、耐震壁の追加、せん断補強として増厚、あと施工せん断補強工法を実施している。本稿はそのうち増厚の設計について記述する。補強部材については図1、2に示す。

3. 解析方法

施工履歴の影響を確認するにあたり比較する2つの解析方法を以下に示す。

構造解析は非線形ソリッド要素を用いた三次元静的材料非線形解析(解析コード:COM3)により行う。

- ・ case1 : 分離計算法の考え方に準拠した補強後の状態で行う常時解析(施工履歴を考慮しない)

- ・ case2 : 一体計算法の考え方に準拠した補強前と補強後の2段階で分けて行う常時解析(施工履歴を考慮する)

4. 評価方法

評価方法は、コンクリートや主筋に発生する圧縮ひずみ及び主筋ひずみを比較することで残留応力の影響を把握し、耐震評価への影響も併せて確認する。

なお、ひずみに着目した理由は以下の通りである。側壁部、底版部等に対し新設した補強部材による影響は、自重増加に伴う周辺部材への応力変化が想定される。

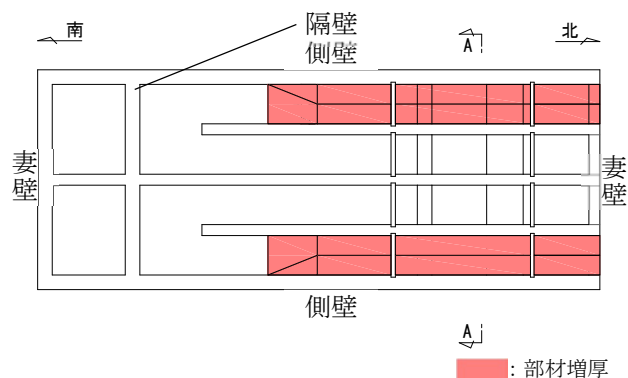


図1 耐震補強の平面図

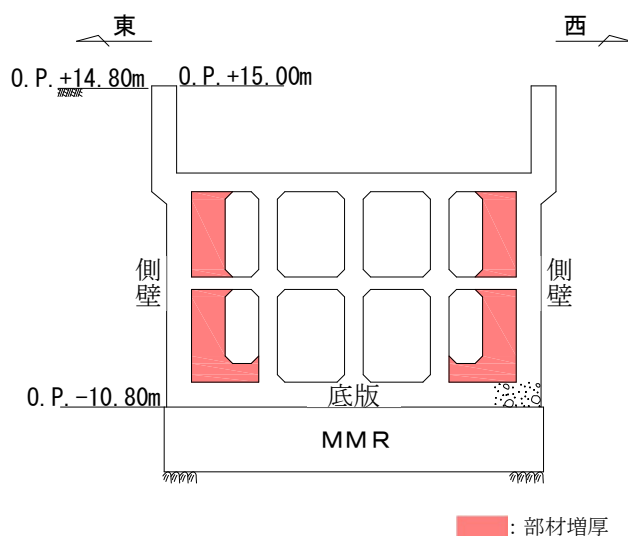


図2 耐震補強の断面図

キーワード 原子力発電所, 耐震設計, COM3, 増厚工法, 施工履歴考慮, 残留応力

連絡先 〒102-8151 東京都千代田区富士見 2-10-2 前田建設工業(株) TEL: 03-5276-5551

具体的には補強された部材に発生する軸力と曲げモーメントへの影響が大きいと考えられるため、曲げ・軸力系の破壊に対する指標であるコンクリートの圧縮ひずみ及び主筋ひずみに着目して評価することとした。

5. 評価結果

表1に case1 と case2 のコンクリートの最大圧縮ひずみと最大主筋ひずみの結果を評価部材ごとに示す。図4には代表として側壁エリアのひずみ分布図を示す。

表1より、case1 と case2 の結果を比較すると施工履歴を考慮した case2 の方が、ひずみが大きく出る傾向がみられた。

図4の通り、補強部材を新設した箇所付近でよくみられ、施工履歴を考慮することで補強前の段階で発生した部材応力に自重増加に伴う発生応力が付加される形で応力状態が変化したためと考えられる。

次に、耐震評価に対する影響について整理を行う。

表2に地震時の結果を示す。耐震評価は地震時荷重作用時の影響を踏まえた評価となるが、地震時の応答値と比較すると常時解析の応答値は施工履歴の有無によらず十分に小さいといえる。よって、施工履歴考慮の有無による差異は常時では確認されるものの耐震評価に対する影響としては僅少である。

6. おわりに

本稿で示した補強部材による残留応力は基準地震動の地震力による発生応力より十分に小さく、耐震評価への影響は僅少であることから、施工履歴を考慮しない設計方法を用いることは2号機海水ポンプ室において妥当であることがわかった。

7. 参考文献

1)コンクリート標準示方書[構造性能照査編]
(土木会，2002 年制定)

2) コンクリート標準示方書[設計編]
(土木学会，2017 年制定)

3) 鉄道構造物等設計標準・同解説（開削トンネル）
(鉄道総合技術研究所 平成 13 年 3 月)

4) 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル
(土木学会 原子力土木委員会，2005 年 6 月)

5) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1－1987（社団法人 日本電気協会 電気技術基準調査委員会）

表 1 コンクリート常時ひずみ(上:圧縮,下:主筋)

評価部材	発生ひずみ(圧縮)		発生ひずみの差 $\epsilon_{d2} - \epsilon_{d1}$
	case1 施工履歴を考慮しない ϵ_{d1}	case2 施工履歴を考慮する ϵ_{d2}	
底版	112 μ	173 μ	61 μ
中床版	74 μ	168 μ	94 μ
側壁	140 μ	204 μ	64 μ
隔壁	126 μ	194 μ	68 μ
導流壁	153 μ	183 μ	30 μ
妻壁	156 μ	167 μ	11 μ

評価部材	発生ひずみ(主筋)		発生ひずみの差 $\epsilon_{d2} - \epsilon_{d1}$
	case1 施工履歴を考慮しない ϵ_{d1}	case2 施工履歴を考慮する ϵ_{d2}	
底版	36 μ	48 μ	12 μ
中床版	38 μ	94 μ	56 μ
側壁	66 μ	48 μ	-18 μ
隔壁	40 μ	84 μ	44 μ
導流壁	20 μ	34 μ	14 μ
妻壁	36 μ	56 μ	20 μ

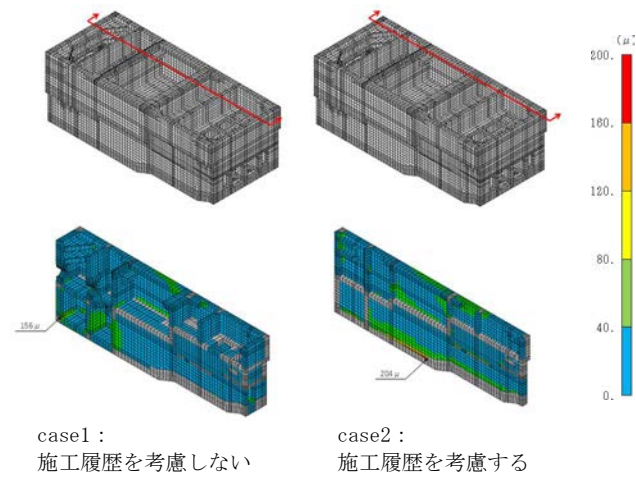


図 4 圧縮ひずみ分布図(側壁)

表 2 コンクリート地震時ひずみ(上:圧縮,下:主筋)

評価部材	照査用ひずみ ϵ_d	限界ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
底版	687 μ	2000 μ	0.35
中床版	639 μ	2000 μ	0.32
側壁	826 μ	2000 μ	0.42
隔壁	1695 μ	2000 μ	0.85
導流壁	230 μ	2000 μ	0.12
妻壁	191 μ	2000 μ	0.10

評価部材	照査用ひずみ ϵ_d	限界ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
底版	1318 μ	1725 μ	0.77
中床版	1200 μ	1725 μ	0.70
側壁	1490 μ	1725 μ	0.87
隔壁	1359 μ	1725 μ	0.79
導流壁	191 μ	1725 μ	0.12
妻壁	83 μ	1725 μ	0.05