

能代火力発電所3号機における既設構造物の変状管理を目的とした情報化施工

前田建設工業株式会社 正会員 ○佐藤 友哉・木地 稔・山内 崇寛
東北電力株式会社 法人会員 森 吉之・齋藤 隆矢

1. はじめに

能代火力発電所3号機は出力60万kWの石炭火力として平成32年6月の運転開始に向け建設中である。海から冷却水を取水する3号機循環水ポンプ室は、稼働中の1,2号機循環水ポンプ室に隣接しているため、その構築にあたって、供用中である既設循環水ポンプの運転に影響を与えないように、既設躯体の不同変位量を $\pm 3.1\text{mm}$ 以下という非常に小さな値に抑える必要があった。

本稿は、隣接する既設構造物の変位の抑制を目的として、地下水位低下による沈下量および掘削によるリバウンド量を2次元FEM浸透流解析およびFEM弾性解析を用いて予測し、施工中の動態観測から逆解析による予測解析を行い、工事にフィードバックした情報化施工について報告するものである。

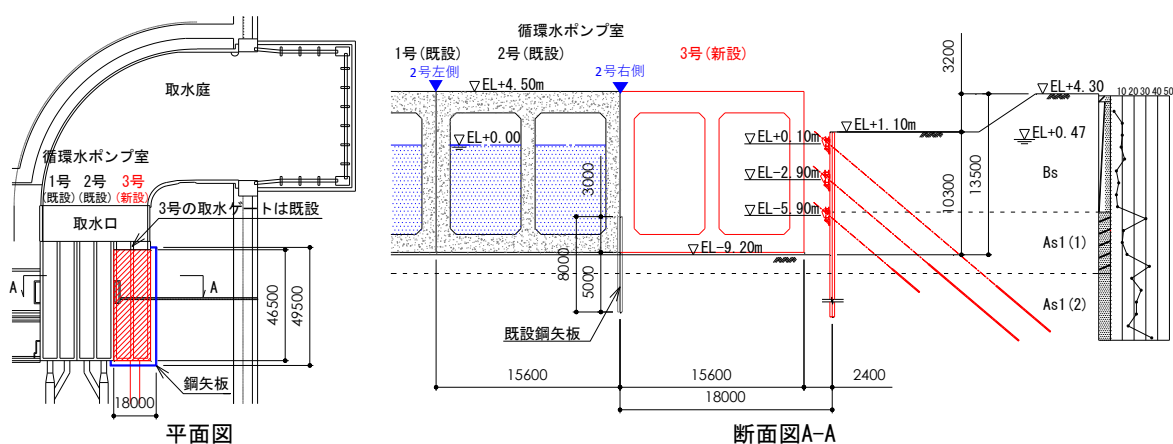


図1 現場概要図

2. 地下水位低下による地盤沈下の影響検討とその対策

地下水位低下に伴う地盤沈下による既設循環水ポンプ室への影響を検討するため、2次元FEM浸透流解析により、無対策の場合(CASE1)と高圧噴射による底版改良を施工した場合(CASE2)について、地下水の低下量と地盤の変位量の影響予測を行った。その結果を表1に示す。無対策では、不同変位量が

表1 地下水位低下量と不同変位量

解析CASE (最終掘削時)	地下水位低下量(m)		沈下量(mm)		不同変位量 (mm) +: 上向き
	2号 左側	2号 右側	2号 左側	2号 右側	
CASE1 無対策	-4.15	-8.11	-37.5	-63.5	-26.0
CASE2 底版改良	-0.13	-0.22	-1.4	-2.4	-1.0

−26mm(沈下)となり管理基準値 $\pm 3.1\text{mm}$ を大幅に超過する結果になった。一方、底版改良を行うことで地下水位低下量が大幅に軽減して不同変位量は−1.0mm(沈下)となり、管理基準値以下に抑制できる結果になった。よって、対策工として高圧噴射攪拌工法(マルチジェット工法)による底版改良を採用した。

底版改良は、図2、3に示す通り下面に凹凸を設けており、掘削底面の安定に必要な揚圧力に対する抵抗力を凸部の周辺摩擦力を考慮することにより、改良長を低減している。一般的な板状改良では10m程度の改良長が必要であったが、底面を凹凸型にすることで3~6mの改良長になり、60%程度のコストダウンと工程短縮を図ることが可能になった。また、底版改良を先行地中梁とすることで、土留支保工は4段の切梁方式から3段のグラウンドアンカー方式に変更することが可能になり、掘削・埋戻の土工と躯体工の施工性が大幅に向上して工程短縮が図ることが可能になった。

キーワード：開削工法、底版改良、リバウンド、情報化施工、2次元FEM弾性解析、2次元FEM浸透流解析
連絡先：〒016-0807 秋田県能代市宇大森山1-6 能代火力作業所 前田・大森JV、TEL：0185-89-8360

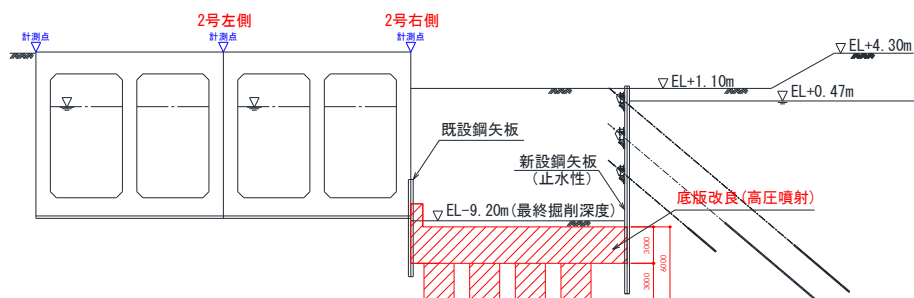


図2 底版改良断面図

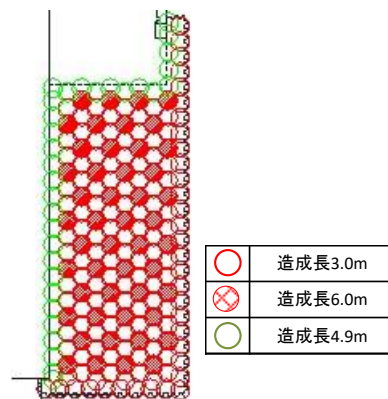


図3 底版改良配孔図

3. リバウンドによる地盤隆起の影響検討と情報化施工

地下水位低下による地盤沈下の他に、掘削時のリバウンドに伴う地盤隆起による既設循環水ポンプ室への影響を検討するため、2次元 FEM 弾性解析を行った。さらに、この解析結果（当初モデル）を元に現場で実施する動態観測の結果を逆解析でフィッティングすることで、予測精度を向上させながら施工にフィードバックする情報化施工を実施した。

動態観測による実測値と当初モデルおよび逆解析モデル（3次掘削時）の予測解析の結果を表2に示す。逆解析による予測解析は、現場揚水試験後、2次掘削終了後、3次掘削時の合計3回実施した。その結果、逆解析のフィッティングにより、リバウンド量を含めた不同変位量の予測精度を向上させて、不同変位量は1mm程度の高い精度で予測できた。また、当初モデルについてもリバウンド量は多少異なるものの不同変位量については1mm程度の高い精度で予測できた。

なお、不同変位量が最大になる最終掘削時において、+（隆起）側に管理基準値を超過することが予測されたので、対策として地下水位低下により強制的に躯体を沈下させる工法（リリーフウェル）を実施した。しかし、2号機に埋設されている既設鋼矢板と底版改良が一体化されて抵抗になったため、躯体が沈下しなかったため、不同変位量を管理基準値以内に収めることが困難と予測された。そのため、発電所運転側と協議して、循環水ポンプ本体の安定運転に支障のない振動値(150 μ mp-p以下)を管理指標に加え、ポンプ本体の振動を計測しながら施工を継続して、最終掘削を終えることができた。なお、不同変位量は、最終掘削時に最大+5.8mmに達したが、躯体構築の進捗と共に上載荷重が増えてリバウンド量が減少し、躯体完了時に+1.4mmとなり、予測通り管理基準値以内に収束した。

4. おわりに

本工事では、底版改良の機能と品質を確保したまま、底版改良の形状を凹凸型に変更して大幅なコストダウンと工程短縮を図ることができた。また、高精度の予測解析から対策工や計測工を実施して、既存設備に影響を与えず施工することができた。本工事の取り組み事例が同類工事の参考になれば幸いである。



写真1 施工状況（最終掘削時）

表2 リバウンド量と不同変位量

解析ステップ	実測値 (mm)			解析値 (mm)					
				当初モデル			逆解析モデル (3次掘削時)		
	2号左側	2号右側	不同変位量	2号左側	2号右側	不同変位量	2号左側	2号右側	不同変位量
(1) 盤下げ完了時	1.5	3.0	1.5	0.3	3.1	2.8	-		
(2) 2号機定検(水抜き)	3.2	3.8	0.7	2.2	2.9	0.7			
(3) 現場揚水試験	0.3	0.4	0.1	0.2	1.1	0.9			
(a) 初期状態(盤下げ時) ※1)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-		
(b) 1次掘削完了時	0.3	0.7	0.4	0.3	1.5	1.2			
(c) 2次掘削完了時	1.3	3.5	2.2	0.7	3.6	2.9			
(d) 3次掘削時 (EL-4.0m)	1.2	4.0	2.8	-			1.2	4.0	2.8
(e) 3次掘削完了時	1.4	4.5	3.0	1.0	5.4	4.4	1.8	6.2	4.3
(f) 最終掘削完了時	4.8	10.6	5.8	1.1	6.3	5.2	2.1	7.1	5.0
(g) 躯体構築完了時	0.1	1.5	1.4	-0.2	0.1	0.3	0.2	0.7	0.5
(h) 埋戻完了時	-			0.6	-1.2	-1.8	-0.2	-0.6	-0.4

※1) 初期状態は2号機定期点検によりポンプの傾きを修正したためゼロセットしている