

VI-4

浸透流解析に基づく

女川原子力発電所第3号機地下水排水設備の設計施工について

東北電力株式会社 正会員 ○田中 正生
東北電力株式会社 沼舘 治

1. はじめに

地下水排水設備は、建屋設計の合理化を図るために主要建屋周辺の地下水位を下げ、主要建屋に作用する揚圧力を低減させる設備である。図-1に示すように各建屋基礎版底面での湧水を基礎版下に敷設するサブドレン（有孔塩ビ管φ100mm）により集水し、これを建屋周囲に設置する集水管により揚水井戸に導き排水するものである。今回は、サブドレンの配置ピッチや集水管の管径を決定するために実施した有限要素法による2次元定常浸透流解析結果と設計施工への反映方法について報告する。

2. 浸透流解析の概要

浸透流解析を行い、建屋基礎版底面に作用する揚圧力および湧水量を求めた。

(1) 解析断面

解析断面は、建屋周辺の地形を考慮して、動水勾配が最大となる（地盤の最高点を通る）断面とし、図-1に示すように各建屋の直交2方向を含む3断面とした。

モデル化領域は、主要建屋周辺の地下水の流れを的確に模擬できる範囲とし、鉛直方向は不透水層まで、水平方向は鉛直方向の約3倍とした。図-2に例として、A-A断面の解析モデル図を示す。

(2) 解析用透水係数

解析用透水係数については、地質調査結果等に基づき、表-1のとおり設定した。

a. 埋戻土・盛土

埋戻土・盛土の粒径曲線の20%粒径 $O.P.=150.0$ から Creager の方法を用いて設定した。

b. 岩盤

透水試験（ルジオン試験）結果をもとに透水係数 $k=5.0 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ を境界として2層（岩盤Ⅰ，岩盤Ⅱ）に区分した。揚圧力解析時において、岩盤Ⅰは透水係数が小さい方が解析結果が安全側になることと透水試験値の

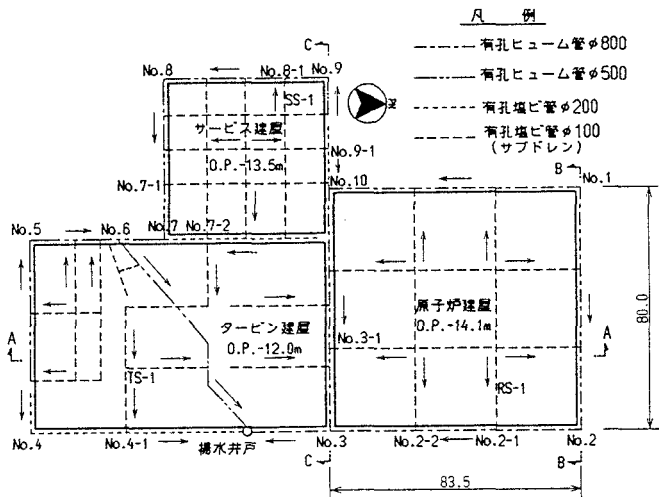


図-1 地下水排水設備平面図

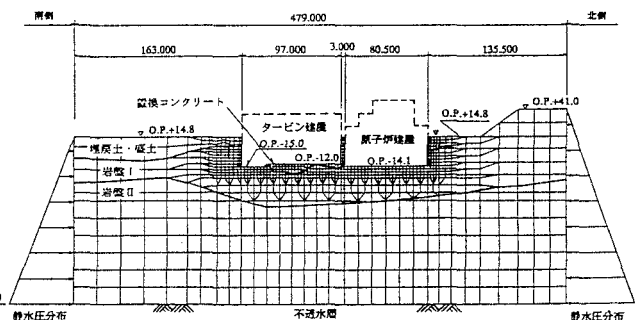


図-2 A-A断面モデル図

表-1 透水係数（単位:cm/s）

	透水試験平均値	揚圧力解析時	湧水量解析時
埋戻土・盛土	—	3.0×10^{-3}	3.0×10^{-3}
岩盤Ⅰ	1.0×10^{-4}	2.0×10^{-5}	6.0×10^{-4}
岩盤Ⅱ	1.0×10^{-5}	1.0×10^{-5}	3.0×10^{-5}
置換コンクリート	—	1.0×10^{-9}	1.0×10^{-9}

バラツキを考慮して透水試験平均値から1σ(標準偏差)を減じた値とした。岩盤Ⅱは透水試験の平均値とした。湧水量解析時では、透水係数が大きい方が解析結果が安全側になることから岩盤Ⅰ、岩盤Ⅱとも透水試験の平均値に1σを加えた値とした。

c. 置換コンクリート
コンクリートの標準値とした。

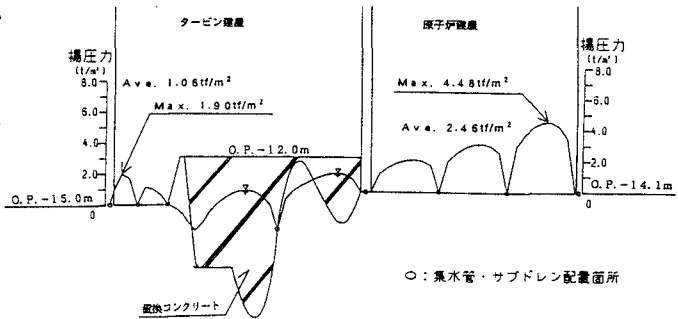


図-3 A-A断面揚圧力分布図

3. サブドレンの配置

設計揚圧力を表-2のように定めており、これを満足するようにサブドレンを配置した。まず、岩盤Ⅰおよび岩盤Ⅱの透水係数として透水試験の平均値を用いて解析し、サブドレンの配置の目安をつけた。次に、表-2の揚圧力解析時の透水係数を用い、サブドレンの本数及び配置間隔を変えて解析を行い、設計揚圧力を満足するようにサブドレンの配置を図-1のとおりとした。

表-2 解析結果 (単位: tf/m²)

	設計揚圧力		解析結果	
	最大値	平均値	最大値	平均値
原子炉建屋(A-A断面)	6.00	3.00	4.48	2.46
原子炉建屋(B-B断面)			3.38	2.32
タービン建屋(A-A断面)	3.00	1.50	1.90	1.06
タービン建屋(C-C断面)			1.97	1.07
サービス建屋(C-C断面)	2.40	1.20	1.29	0.86

A-A断面の揚圧力分布図を図-3に示す。原子炉建屋基礎版に作用する平均揚圧力は2.46tf/m²以下となり、原子炉建屋の設計条件である平均値3.0tf/m²以下を満足する。

4. 集水管の管径

集水管の管種は、計画では施工性を考慮して、原子炉建屋廻り是有孔ヒューム管φ800mm、タービン建屋およびサービス建屋廻り是有孔ヒューム管φ500mmとした。また、流量の少ないタービン建屋廻りの一部の区間を塩ビ管φ200mmとした。表-3に示すように、湧水量解析より、区間湧水量および集水管累計流量を求め、各管種の流下能力が満足することを確認した。

表-3 集水管およびサブドレン流下能力検討結果 (一部抜粋)

検討測点	管種類	上流側測点	水路長 (m)	1m当り湧水量 (L/min/m)	区間湧水量 (L/min)	集水管累計流量 (L/min)	管径 (mm)	勾配	流下能力(満流) (L/min)
No.2-1	サブドレン	RS-1	40.000	1.256	50.240	—	100	0.001	126
No.3	集水管	No.2-2	28.333	1.743	49.384	746.2	800	0.001	25,242
No.3	集水管	No.3-1	20.000	0.000	0.000	669.4	800	0.001	25,242
No.10	集水管	No.9-1	20.000	6.465	129.300	138.9	200	0.089	7,632
No.8-1	サブドレン	SS-1	26.500	1.256	33.284	—	100	0.001	126
No.7	集水管	No.7-1	18.000	4.331	77.958	700.6	500	0.001	7,020
No.7	集水管	No.7-2	14.000	0.404	5.656	54.0	200	0.001	810
No.6	集水管	No.7	15.000	4.130	61.950	816.5	500	0.095	70,191
No.6	集水管	No.5	6.500	4.130	26.845	448.1	500	0.001	7,020
No.4-1	サブドレン	TS-1	45.000	2.760	124.200	—	100	0.002	180
揚水井戸	集水管	No.4-1	40.530	2.105	85.316	349.4	200	0.001	810

5. おわりに

浸透流解析は、動水勾配(解析断面)と透水係数の設定が大きな要素であるが、いかに適切な透水係数を設定するかがテーマであった。よって、解析結果が安全側となるように試験結果のバラツキを考慮して、揚圧力算定時と湧水量算定時の岩盤の透水係数をそれぞれ設定して解析を行い、集水管及びサブドレンの効率的な配置を行うことができた。