

1. 研究目的

発電所の調圧水槽は、負荷急変時の導水路内の急激な圧力変動の緩和、水量の一時的な供給、貯留を目的として設計される。また、水室型の調圧水槽は、利用水深が大きく地形や地質条件から大きな主調圧水槽の設置が困難な場合に採用される。調圧水槽の設計条件としては、全負荷遮断と負荷急増が基本的なものである。現在、管路の1次元非定常流の運動方程式により設計をおこなっている。負荷遮断時に吸収する水量が比較的小さい場合は、上部水室における水位上昇が比較的緩やかであり1次元の取り扱いで問題ない。しかしながら、調整水量が大きい場合は、上部水室に水が流れ込む現象となり厳密な意味で1次元現象による扱いでは十分でない。本研究の目的は、調圧水槽の上部水室における水位上昇時の水理特性に関して、3次元の流動解析により検討をおこなったものである。

2. 解析手法

2. 1 解析方法

流れの基礎式は、非圧縮性を仮定した連続式と運動量式からなる。乱流モデルは、渦粘性型のRNGモデルを用いた。離散化は、解析領域を3次元の差分メッシュ(コントロールボリューム)に分割し、それぞれの状態量(FVM)を解いた。基礎方程式の差分解法は、SOLA法(HSMAC法)でおこなった。時間積分は、陰解法ADI法を用いた。計算は、調圧水槽と上部水室の接合部における流入量の変化によって、水室内水位の非定常解析を行った。なお、直交格子、障害物および水面は、流体堆積率(VOF法)と開口率で各コントロールボリュームを定義するFAVOR手法を用いた。

2. 2 解析内容

解析は、Y水力発電所の調圧水槽と上部水室の設計案(図-1)をもとにおこなった。解析対象は、長さ50m、幅5.5m、高さ約10mの領域である。なお、調圧水槽の開口部は、1.955m×5.5mである。解析領域とモデルを、図-2に示す。解析格子は、x方向に250セル、y方向に15セル、z方向に41セルの合計153,750セル分割とした。流入条件として、調圧水槽と上部水室の接合部に流速指定の境界をあたえた。なお、壁についてはすべり無し(剛壁条件、壁面条件として、壁関数をべき乗則(1/7乗則)で与えた。

上記の解析に加えて、解析方法の違いによる上部水室の水理特性の変化をみるために、管路の1次元非定常流の運動方程式による解析も実施している。この解析結果は、流入条件としても使用した。

3. 解析結果と考察

調圧水槽と上部水室の接合部からの流入水は、速い流速で

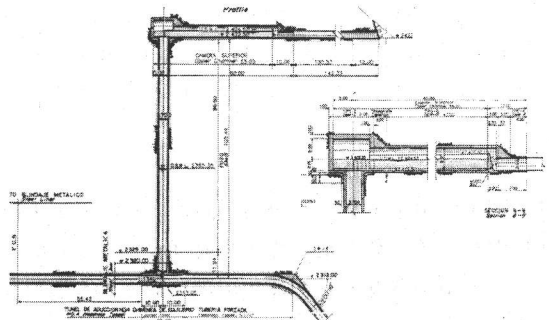


図-1 Y発電所調圧水槽

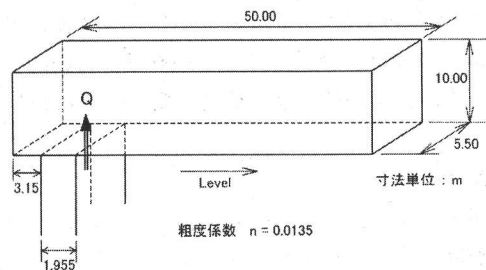


図-2 解析領域とモデル

キーワード：調圧水槽，管路1次元非定常解析，3次元流動解析，VOF法
 連絡先：電源開発(株)茅ヶ崎研究センター環境水理G 0467-87-1211 (代表)

水室底部を覆うように流入し、水室端部に至り、水流力が位置エネルギーにかわり最初の段波が発生する。図-3に水室における流入水の挙動の鳥瞰図を示す。図-4には、段波後の流速ベクトルとコンターをしめす。これ以降、段波の進行と反射が繰り返されるとともに、流入水の増減が加わることによって、平均水位が上昇し低下する水位変化がみられる。図-5に水室中央部の水位変化と流速コンター図をしめす。全負荷遮断の約30秒後に上部水室の最高水位をしめし、徐々に水位が低下し210秒後に水の底部標高以下に水位がさがる。

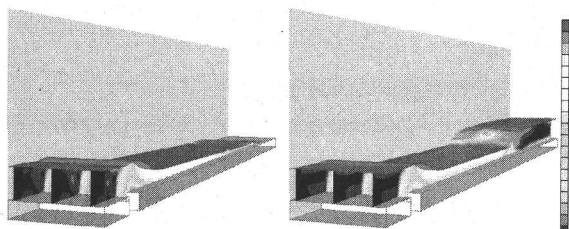


図-3 上部水室内の流入水の挙動

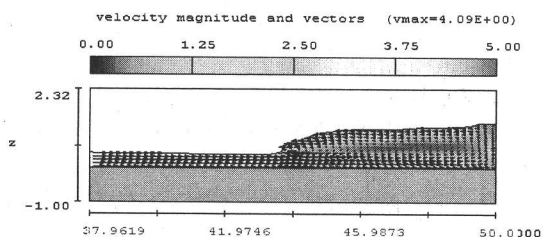


図-4 上部水室端部の段波

一方、管路の1次元非定常流の運動方程式による解析の結果を図-7にしめす。全負荷遮断の約30秒後に上部水室に流入がはじまる。そして、102秒後に最高水位2.02mとなり、徐々に水位が低下し210秒後に水室の底部標高以下に水位低下している。図-6には、3次元解析による水室端部の水位変化を示す。この解析結果かによる最高水位は105秒後に最高水位2.02mと

4. 結論

本研究で、得られた知見を以下のとおりである。

- (1) これまでの管路の1次元非定常流の運動方程式による解析によって、水室における水位変化の概略の現象は再現可能である。
- (2) しかしながら、上部水室内では、1次元解析結果のように一様に水位上昇するわけではない。平均的な水位上昇とともに、段波の進行と反射が繰り返された振動が発生する現象となる。
- (3) 特に、水室における最高水位を問題にした経済設計をおこなう場合は、水室内で発生する段波による影響は無視できず注意が必要である。

今後、機会があれば水理模型実験による検証が望まれるとともに、3次元解析における境界条件の設定等の検討が必要である。

参考文献

C.W.Hirt and J.M.Sicilian : A Porosity Technique for the Definition of Obstacles in Rectangular Cell meshes, Proc. Fourth International Conf. Ship hydro., 1985.

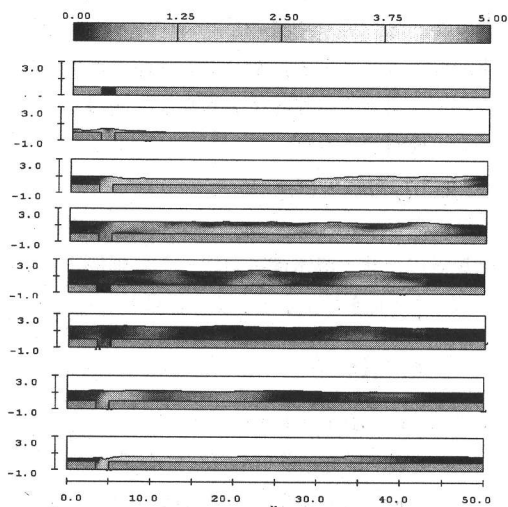


図-5 上部水室における水位変動

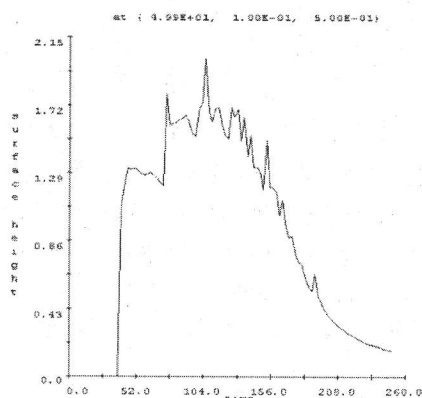


図-6 上部水室端部における水位