

地下水解析におけるモデル領域の分割化について - 倉敷国家石油ガス備蓄基地 -

清水建設株式会社 正会員 山田俊子・正会員 西 琢郎

1. はじめに

平成25年3月に竣工した岡山県の倉敷国家石油ガス備蓄基地は、水封式地下岩盤貯槽方式により常温高圧のLPGを地下深部に貯蔵する施設である。その建設は、地下水挙動の調査・計測と、解析的検討による評価を踏まえた情報化設計・施工により行われた¹⁾。このうち地下水の挙動評価では、対象とする領域を広域から局所としたものまで様々なモデルの併用による解析的検討が実施された。本論文では、貯槽近傍を対象とした地下水解析のモデル化において、水封式地下岩盤貯槽方式に特有な地下水流動場を考慮した領域分割を行うことにより、詳細な局所モデルの構築を可能とし、解析精度を確保した結果を報告する。加えて、領域分割結果の検証から本基地の水封機能について論じる。

2. 水封式地下岩盤貯槽の構造

倉敷基地の構造概要を図1に示す。水封式地下岩盤

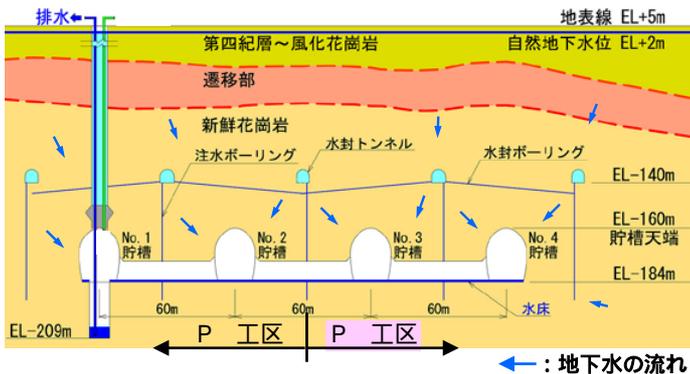


図1 倉敷基地の構造概要

貯槽は、岩盤中に掘削された貯槽の貯蔵圧力より高い周辺地下水圧によって貯蔵物を封じ込める施設である。そのため、所定の水圧を作用させた水封施設から、より低い貯蔵圧力の貯槽に向かう地下水の流れが卓越するように設計されている(図中青矢印)。また、貯槽では発生する湧水を常に排水して内圧を一定に保持し、LPGの安定した貯蔵が行われる。

3. 地下水流動を考慮した局所モデルの解析領域設定
建設工事を対象とした地下水解析モデルの領域境界は、工事の影響が及ばない位置や分水界などの自然地下水境界に設定することが一般的である。一方、当基地は水封施設と貯槽だけでも平面方向に800m×240m、深度方向には80mにわたる広範な領域を占めるうえに、水封ボーリング(90mm)が約5m間隔で三次元的に貯槽を取り囲むように密に配置されている。これらを踏まえて基地全体をFEMによって精度良くモデル化しようとする場合、節点・要素数は膨大となり、モデル作成時の取り扱いや情報化施工に対応した適時迅速な解析実施が困難となることが懸念された。

そこで、前節で述べた水封式地下岩盤貯槽の構造上の特性から、貯槽周辺の地下水流動場は貯槽軸方向への流れよりも水封施設から貯槽へ向かう地下水流が大きく卓越することに着目し、施設領域全体を平面方向について図2に示すような水封トンネルの中心線を境界としたブロックに分割した。その上で、貯槽掘削時の周辺間隙水圧の応答状況などの分析を

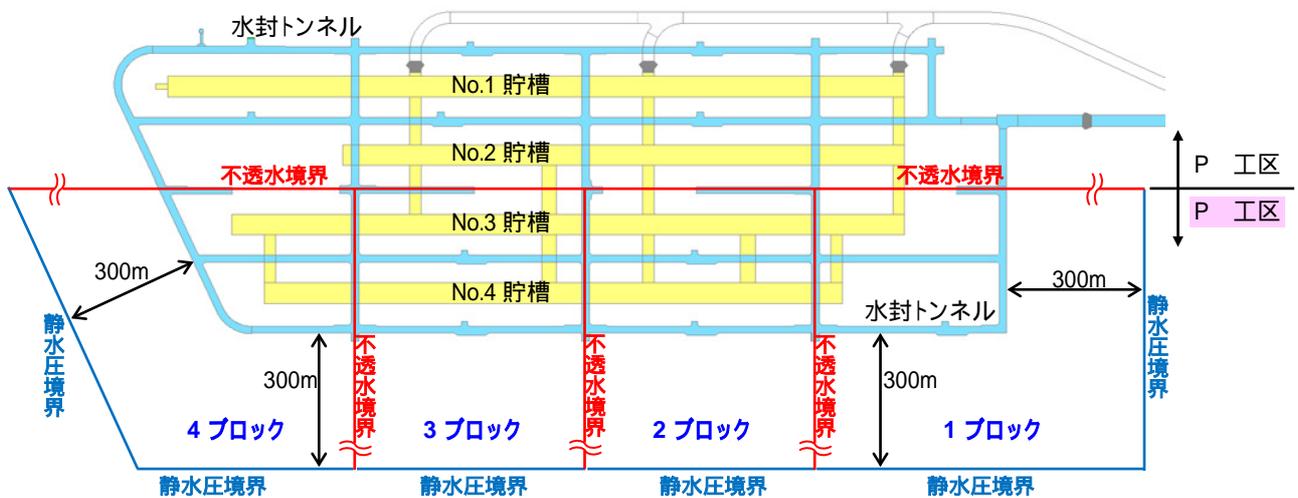


図2 四つの局所モデルの解析領域の設定(平面図)

キーワード: 水封式地下岩盤貯槽, 地下水挙動, 解析領域

連絡先: 〒104-8370 東京都中央区京橋 2-16-1 清水建設(株)土木技術本部 バックエンド技術部 TEL(03)3561-3919

行った．その結果，各ブロック間を流動する卓越した地下水流はないことが推定できたため，詳細な施工実績データがあるP 工区を対象として各ブロックに応じた四つの局所モデルを構築した．平面方向のモデル境界面は，ブロック間では卓越した流れはないことから不透水条件，他は水封トンネルより300m 遠方までを解析領域とし，領域の端部境界は静水圧条件とした．深度方向については，地表からEL.-500m までを解析領域とした．

このモデル領域設定により，四つの解析モデルの節点数を最大でも約 60 万程度に抑えつつ，貯槽周辺の詳細なモデル化を行うことができた．解析ステップは複数の施工段階を設定し，各々のステップに対応する水頭固定境界条件を水封施設および貯槽に付与し，三次元定常地下水解析を実施した．

4．局所モデル解析領域設定の妥当性検証

図 3 に解析結果の一例として，貯槽掘削完了時における全水頭コンタを示す．全水頭コンタは領域の境界面付近でも概ね連続性が確保されていることが分かる．図中，で示しているのは水圧計（全 74 箇所）であり，全解析ステップにおける水圧計の解析値が計測値を 10m 以上上回ることなく再現性を確保した（図 4）．これは，貯槽周辺では距離約 20m で最大水頭差約 150m が発生するという動水勾配が極端に大きな条件下にあるため，十分に評価しうる精度である．また，貯槽湧水量についても，全解析ステップにおいて各ブロックでの解析値と計測値の差が計測値の±10%以内となる結果を得た．水圧分布および水収支の解析結果から，本解析で実施した領域分割が地下水挙動検討に対して及ぼす影響は小

さく，評価の大きな支障とはならなかったと考えられる．

これらの結果をもとに，本基地の水封機能について翻って考察する．本解析では，大胆な領域分割を行った解析モデルを用いても，複数の水圧場条件の下で再現性の高い結果が得られた．すなわち，地山の不均質性の存在にも係わらず，水封施設が強力に機能しているために，水封施設から貯槽に向かう地下水の流動場が，施工中も安定して形成されていたと言えよう．

5．おわりに

倉敷国家石油ガス備蓄基地を対象とした地下水解析において，水封式地下岩盤貯槽方式の特性から形成される地下水流動場を考慮してモデル領域の設定を行った．解析領域の分割により，個々の局所モデルにおいて施設構造物や地質構造をより詳細に表現するモデルの構築が可能となり，複数の施工段階で十分な解析精度が確保できたことを確認した．

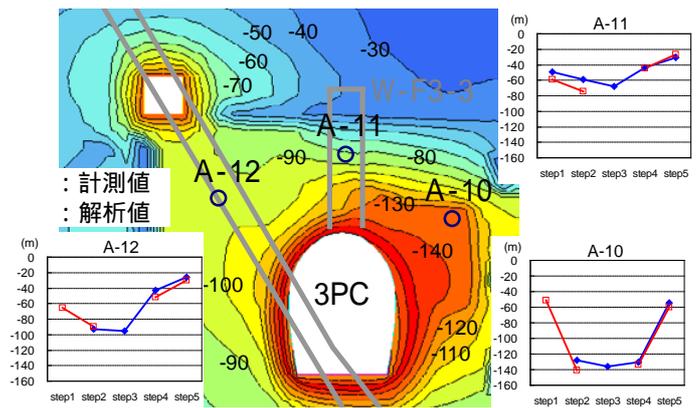


図 4 全掘削完了時の全水頭分布解析結果及び計測値 (横軸:step1~5 は水封稼動~気密試験段階,縦軸:全水頭 m)

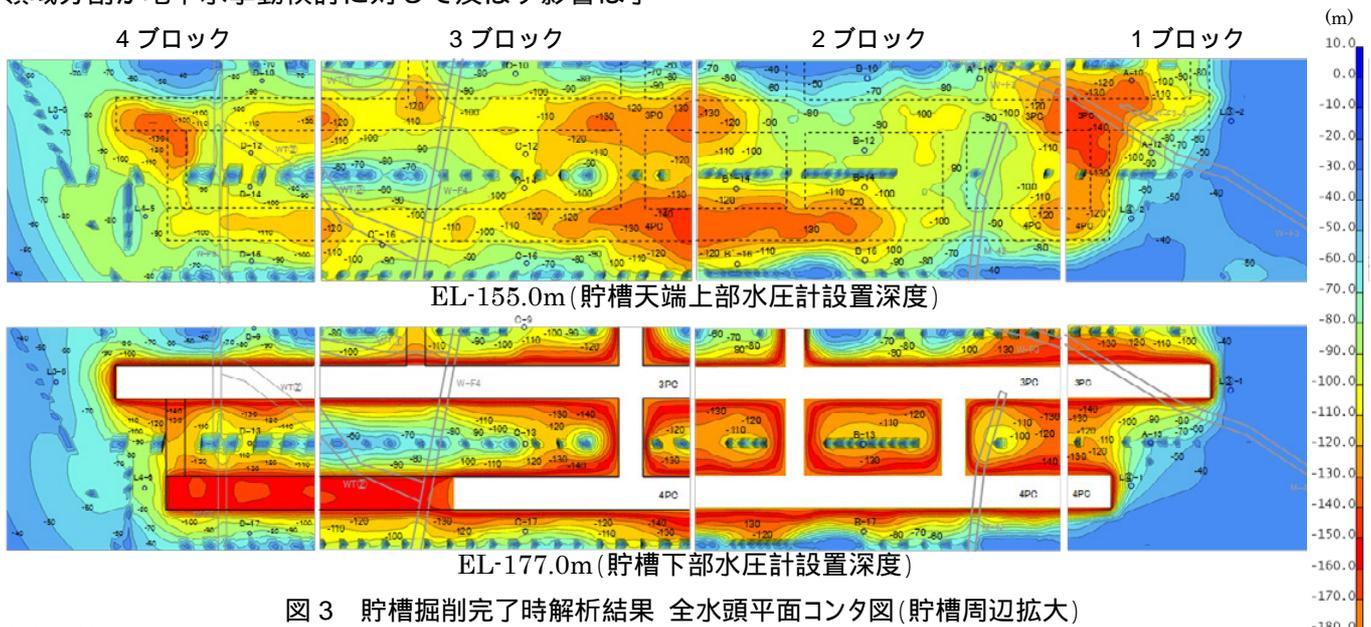


図 3 貯槽掘削完了時解析結果 全水頭平面コンタ図(貯槽周辺拡大)

参考文献

1)前島俊雄：我が国初のLPG 地下岩盤貯槽の建設，土木技術，Vol.67,No.11,pp.103-108, 2012.