

参考 2

1. 目的

リチャージ特性評価試験の再現解析を行い、中粒砂岩層の水理物性の評価を行う。具体的には、不圧帯水層の非定常挙動を規定する不飽和透水特性に着目したパラメータスタディを行い、本施工におけるリチャージ計画策定等に役立てる。

2. リチャージ特性評価試験による中粒砂岩層の透水係数

図-1 にリチャージ特性評価試験の概要を、図-2 にリチャージ試験結果を示す。図-3 は3孔注水時のRW1の注入量の時間変化の詳細である。

リチャージ特性評価試験における1孔揚水・注水試験結果からティームの式やノイマンの方法によって算出した透水係数は、 3×10^{-3} cm/sec $\sim 5 \times 10^{-3}$ cm/sec であり、これまで中粒砂岩層の透水係数としていた 3.0×10^{-3} cm/sec はリチャージに関して保守的な設定値であり、これを用いることは妥当である事が分かった。

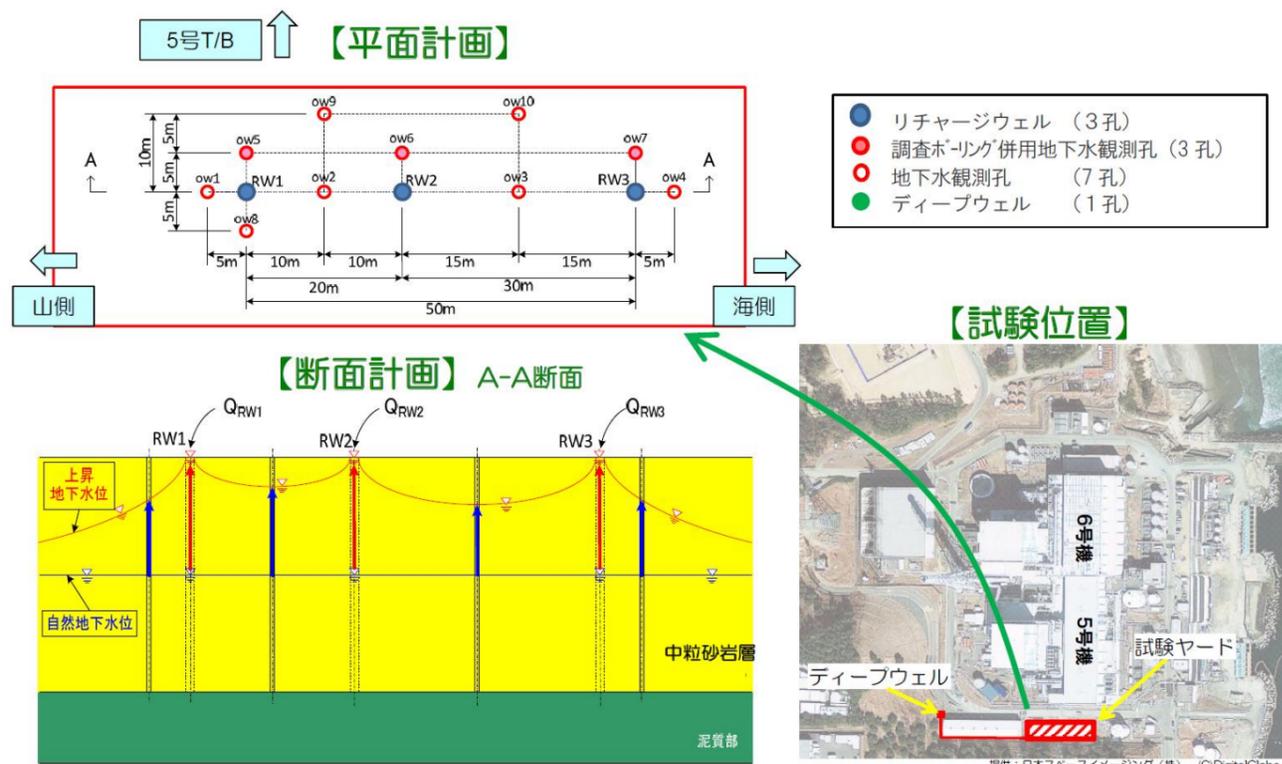


図-1 リチャージ特性評価試験概要

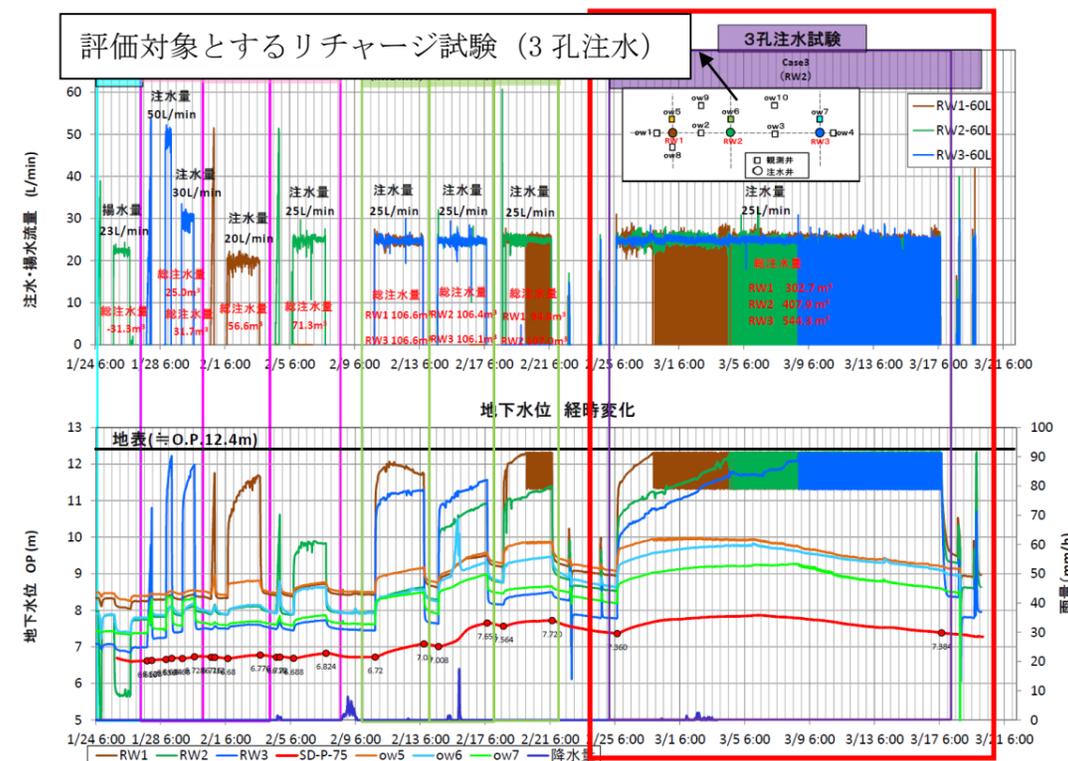


図-2 リチャージ試験結果

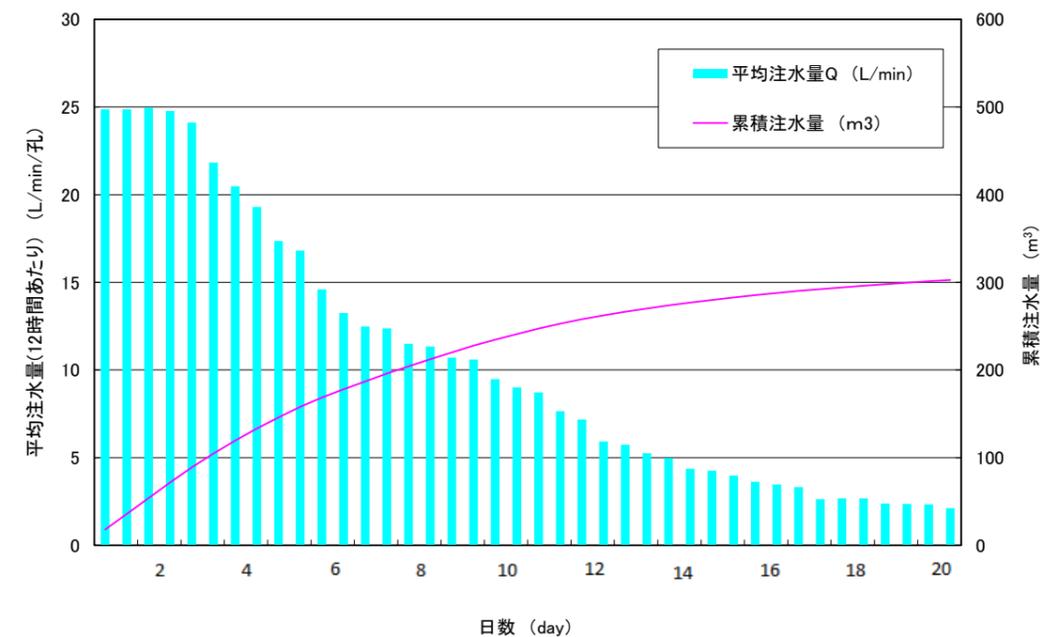


図-3 1分あたりの注入量(RW1)の変化

3. 解析条件と解析ケース

リチャージ特性評価試験の再現解析は、3孔注入試験を対象とした。中粒砂岩層の透水係数を $3 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ 、リチャージによる水位上昇量を 5m と仮定した場合の影響圏半径は、Seichert (ジハルト) の式から約 85m になるため、解析領域はリチャージウェルと観測井の範囲 (50m×15m) を中心に影響圏を十分にカバーできる 250m×250m の領域を解析モデル範囲とした (図-4、図-5 参照)。

表-1 は解析用物性値であり、前述の通り、中粒砂岩層の透水係数は本リチャージ特性評価試験で評価した値である。

表-1 解析用物性値

土層名	透水係数 [cm/sec]		比貯留係数 [1/cm]
	水平	鉛直	
埋戻し土	2.8×10^{-3}	2.8×10^{-3}	2.9×10^{-6}
中粒砂岩層	3.0×10^{-3}	3.0×10^{-3}	2.9×10^{-6}
泥岩	1.1×10^{-6}	1.1×10^{-6}	4.5×10^{-7}
互層	1.0×10^{-3}	1.1×10^{-6}	5.8×10^{-7}
建屋	1.0×10^{-6}	1.0×10^{-6}	2.9×10^{-6}

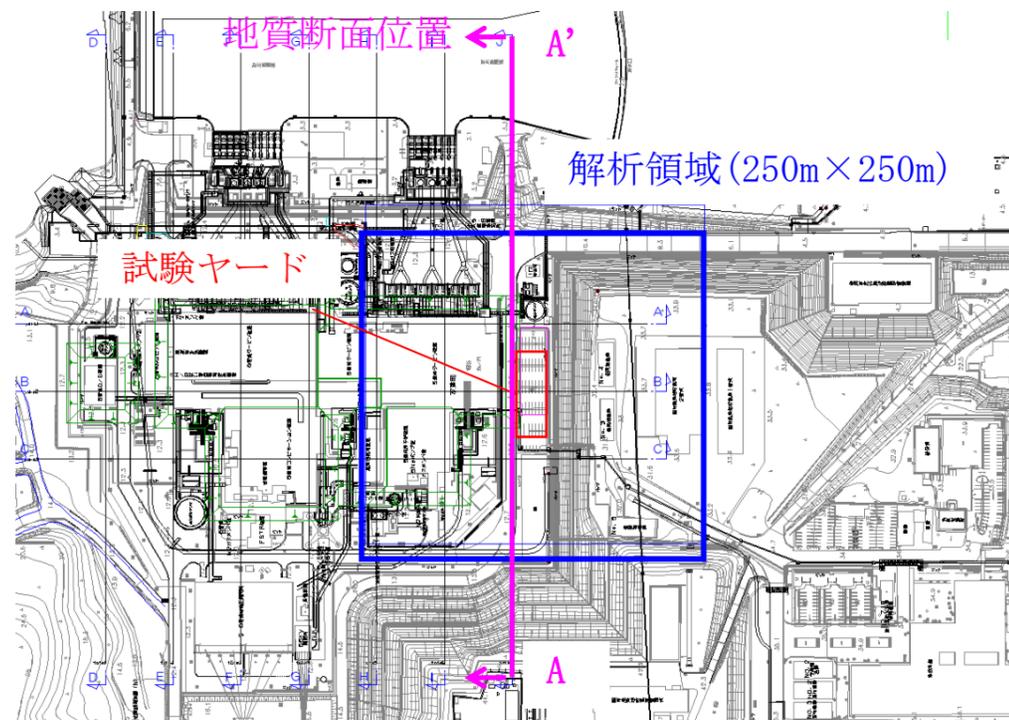


図-4 解析領域

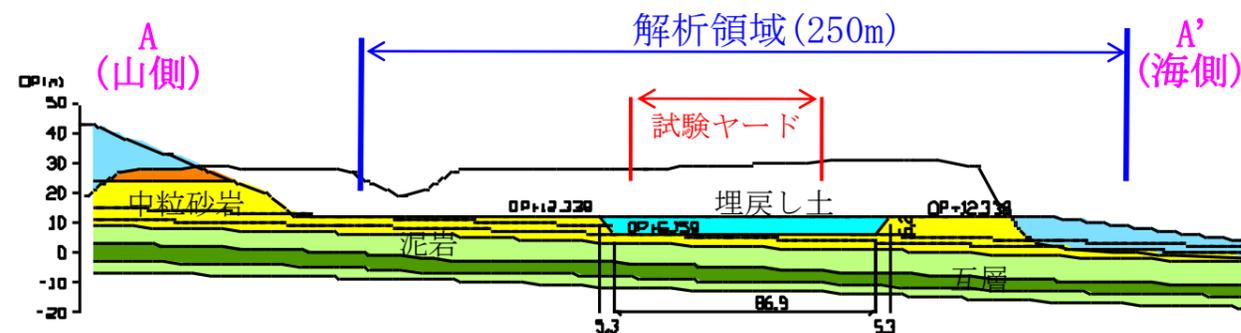
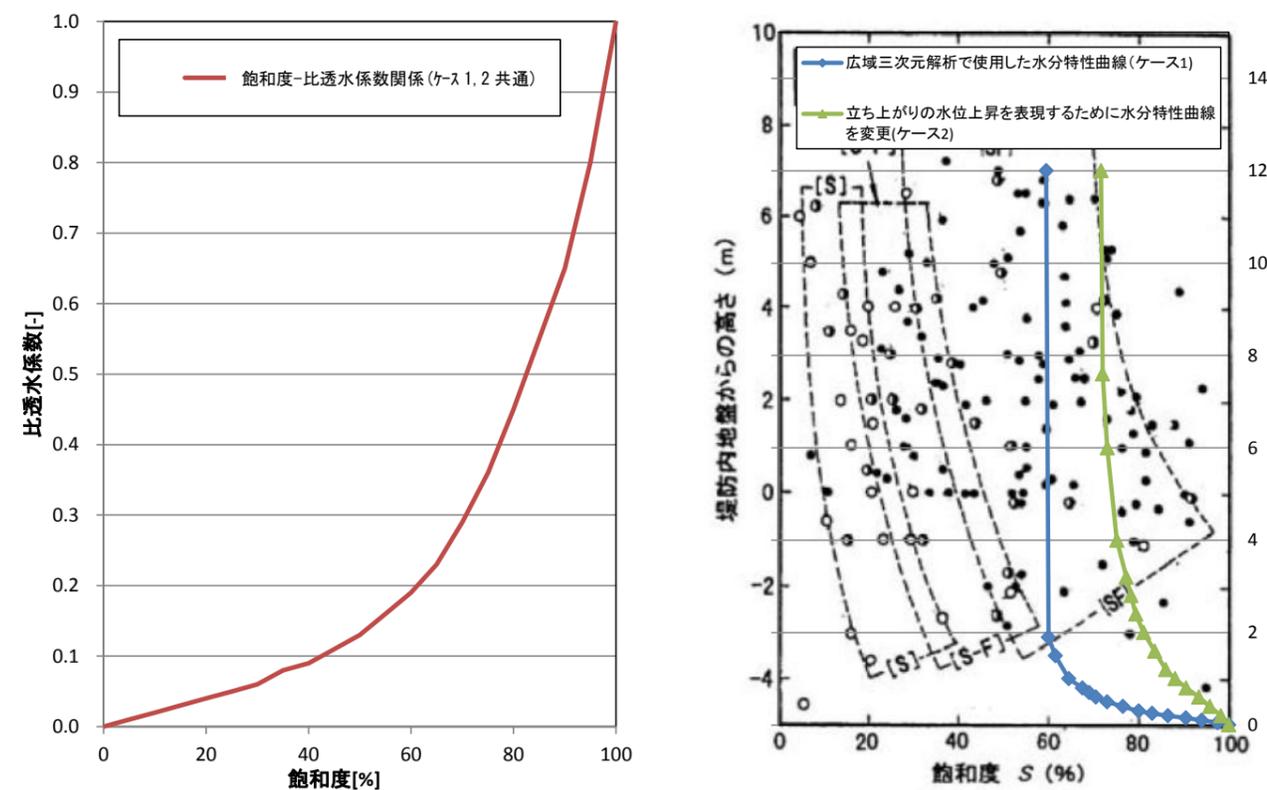


図-5 地質断面



(a) 飽和度-比透水係数関係

(b) 水分特性曲線

図-6 不飽和透水特性

不飽和透水特性は、広域三次元地下水解析で用いている図-6 (a) の飽和度-比透水係数関係並びに図-6 (b) の水分特性曲線 (「河川堤防の構造検討の手引 (財団法人国土技術研究センター)」記載の砂質土 (SF) の値) を基本ケース (ケース 1) とし、リチャージ開始直後の立ち上がりの水位上昇を表現するため、水位上昇速度に影響を及ぼす水分特性曲線を変化水位上昇速度が速くなるように変化した (水分特性曲線の勾配である比水分容量をより小さくする) ケース (ケース 2) の解析を実施した。

4. 解析モデル

図-7～図-9 はリチャージ特性評価試験の解析モデル図である。図-10 は境界条件である。

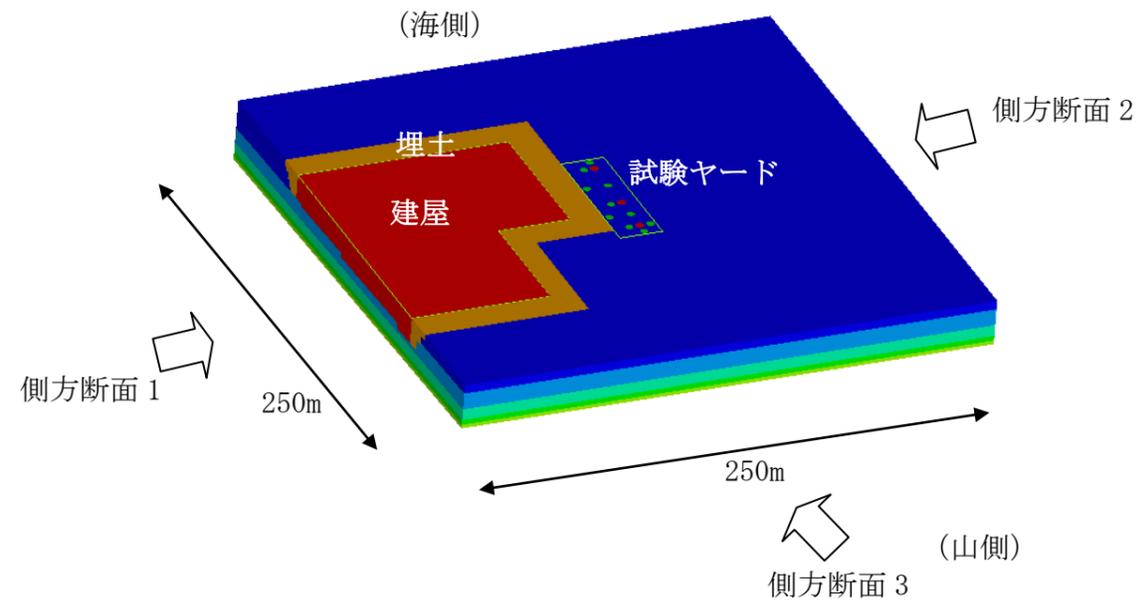


図-7 解析モデル全体図

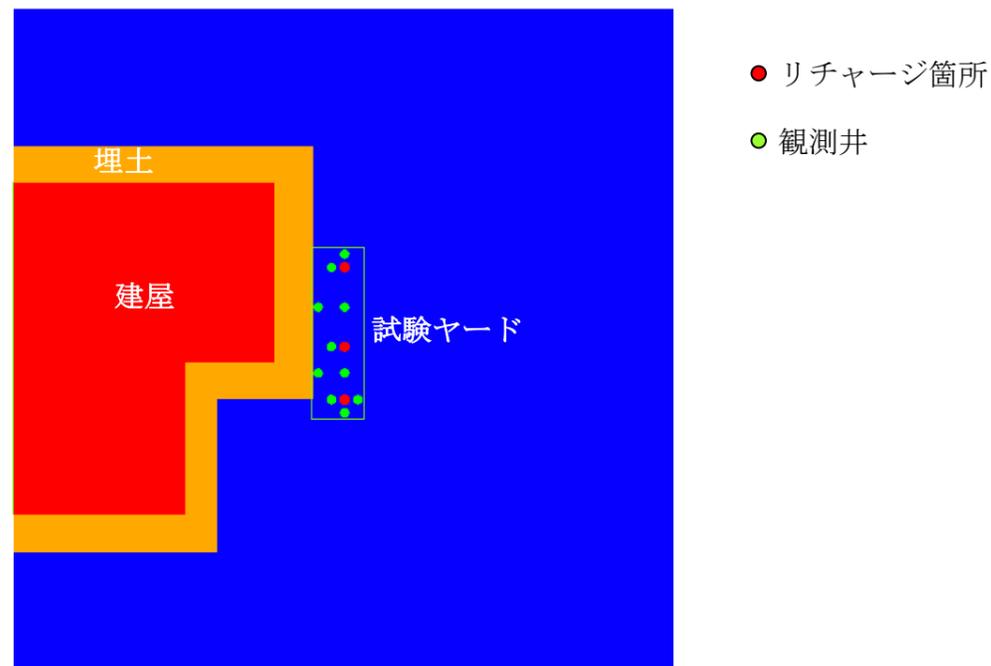


図-8 リチャージ試験ヤード近傍の拡大

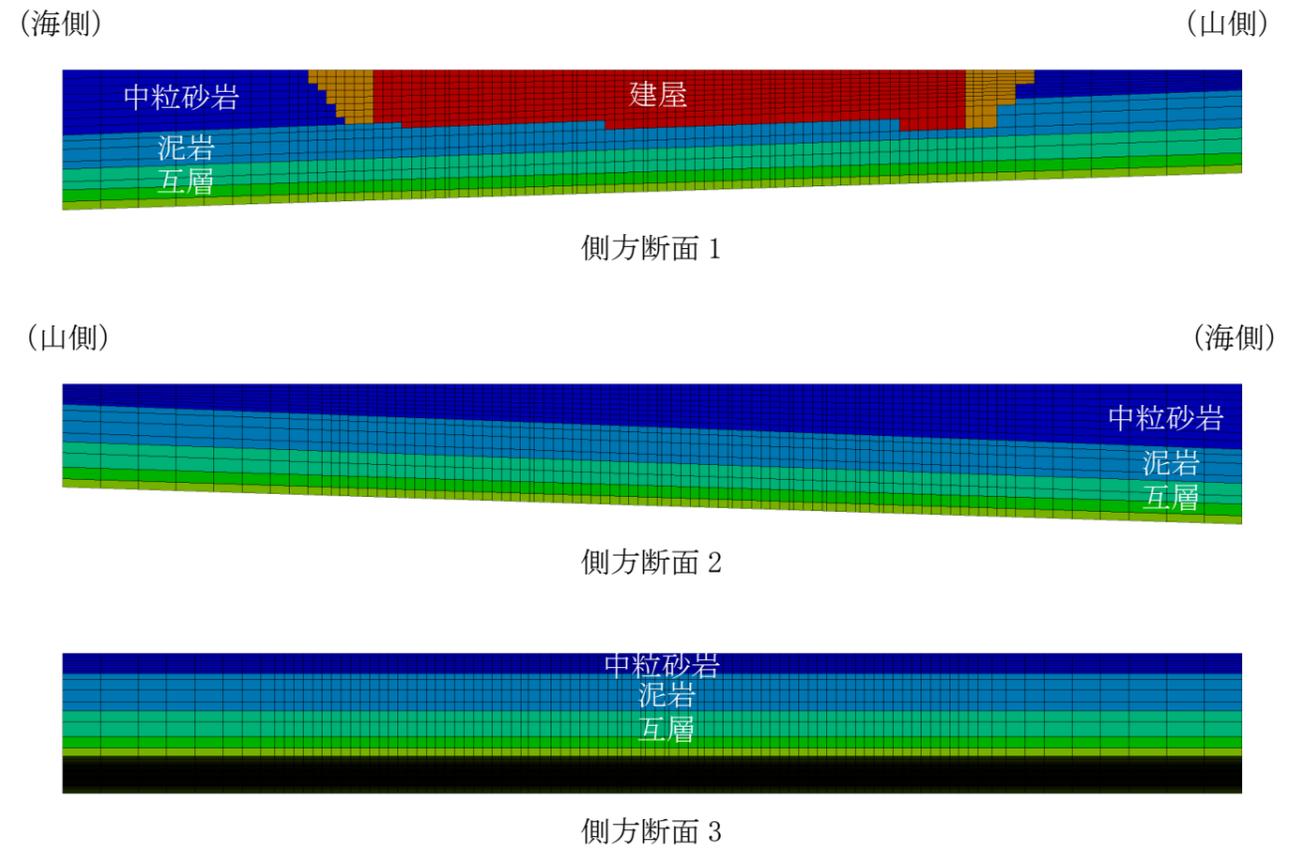
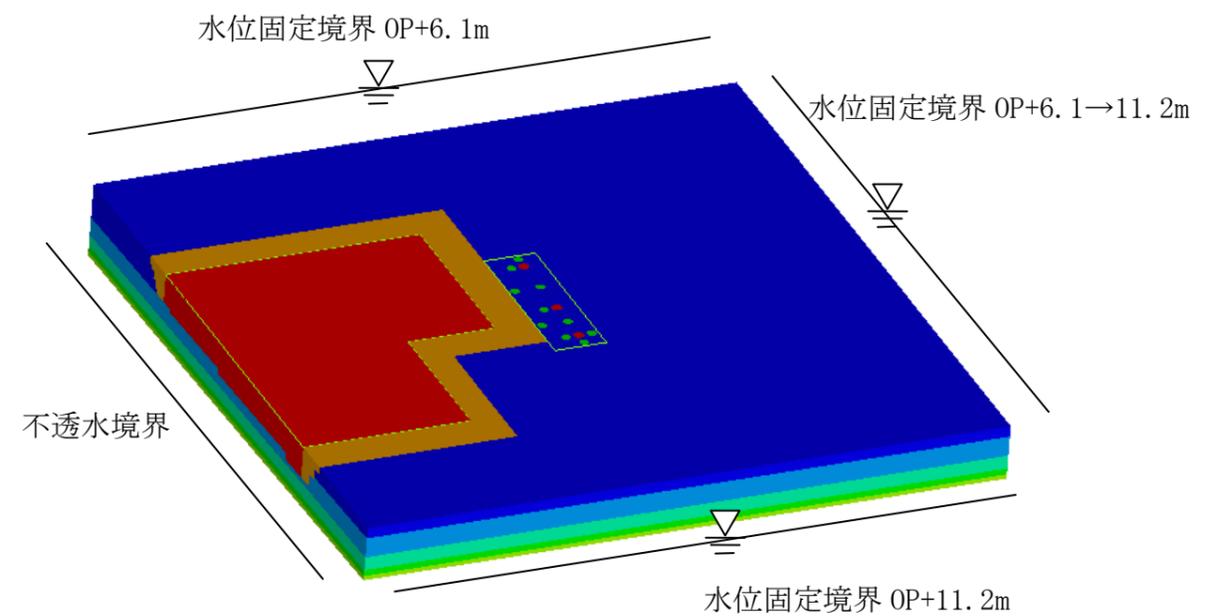


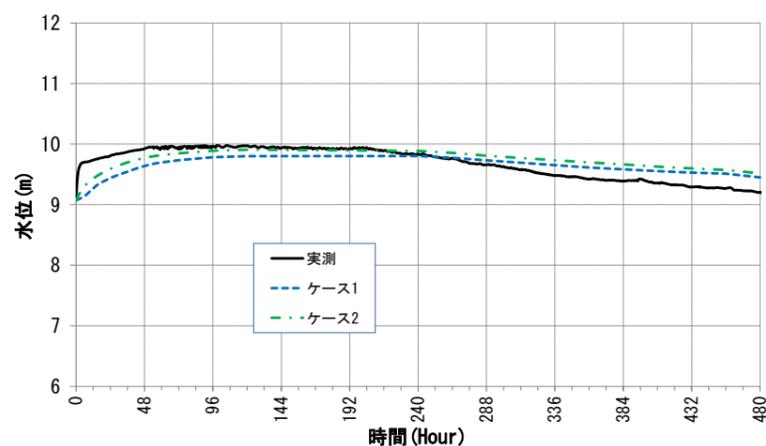
図-9 側方断面図



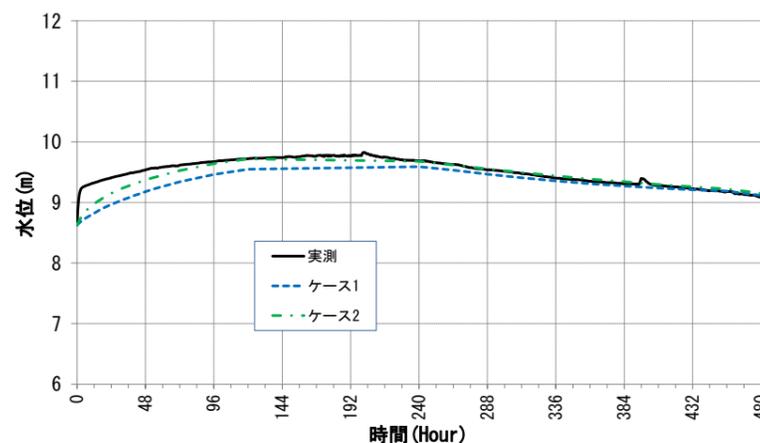
モデル境界の固定水位は試験開始前のリチャージ断面の水位が整合するように設定した

図-10 境界条件

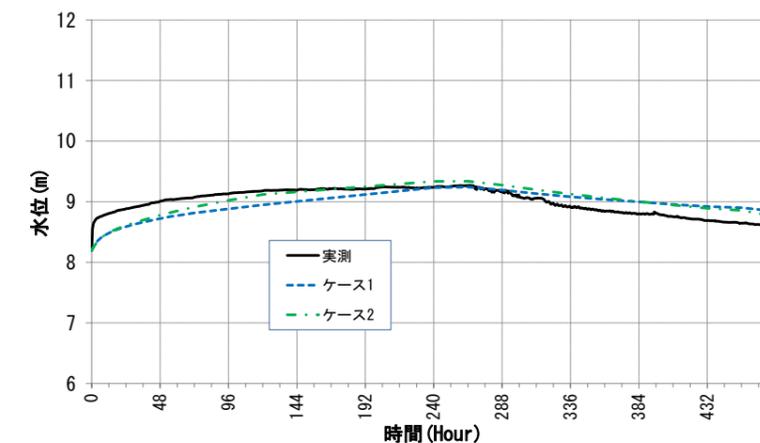
5. 解析結果 (OW1、OW4~OW7 での計測値と実測値の比較)



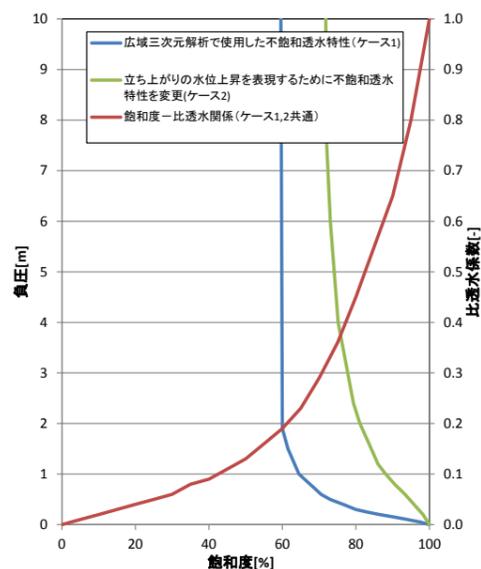
観測井 OW5 における実測と解析の比較



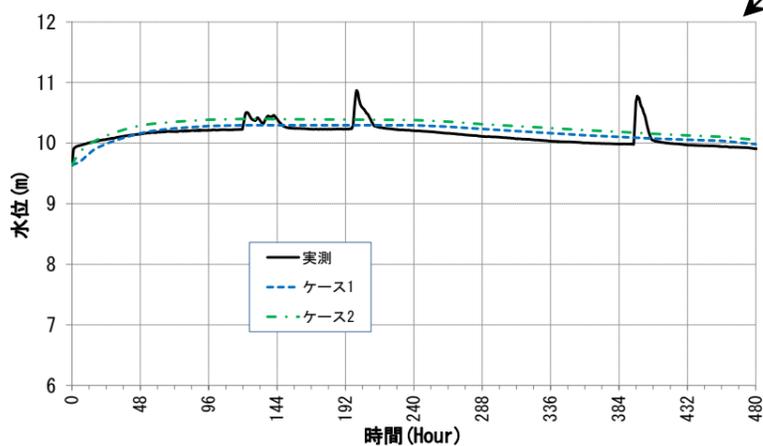
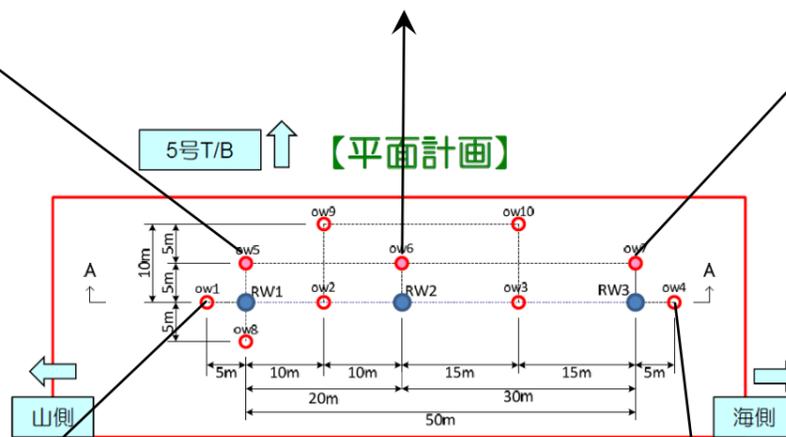
観測井 OW6 における実測と解析の比較



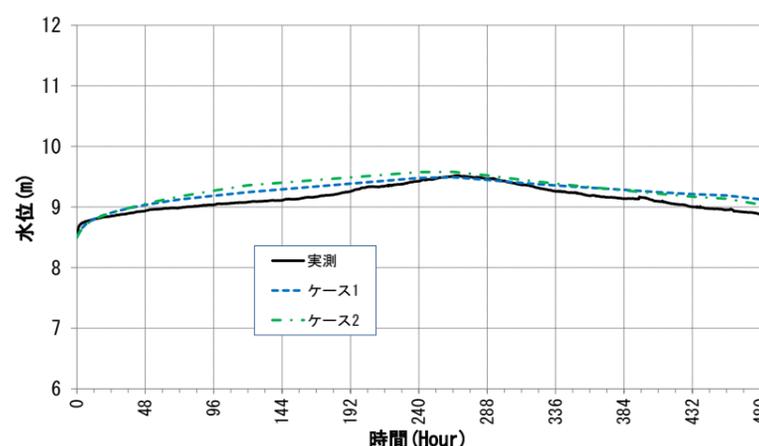
観測井 OW7 における実測と解析の比較



不飽和透水特性



観測井 OW1 における実測と解析の比較



観測井 OW4 における実測と解析の比較

まとめ

- ・広域三次元地下水解析で用いている水分特性曲線並びに飽和度-比透水係数関係による解析 (ケース1) は実測の水位変化 (リチャージによる水位上昇と注入量低下による水位低下) を概ね表現できている。
- ・リチャージ開始時の急な水位上昇を表現するために、水分特性曲線における比水分容量を小さくした解析 (ケース2) を実施した。その結果、リチャージ開始時の水位上昇傾向は実際にやや近くなるものの、水位のピーク値は実測値よりもやや高くなる結果となった。
- ・ケース1の水分特性曲線はケース2に比べリチャージによる水位上昇がやや緩慢になるため、リチャージによる建屋周辺水位維持の観点からケース1による解析は保守的評価になると言える。このため、今後のリチャージ等の検討で用いる不飽和透水特性はケース1とする。

図-10 観測井における地下水位計測結果と解析結果の比較

6. 準三次元解析における建屋壁の透水係数と地盤の有効間隙率の設定について

リチャージの数量、配置の解析的検討は準三次元非定常浸透流解析により効率的に行うが、その準三次元解析の結果はケース1の不飽和透水特性を用いた三次元解析結果と整合している必要がある。そのため、図-13に示すように準三次元解析の建屋壁の透水係数は、三次元解析による建屋内流入量の初期値と整合するように、また準三次元解析の中粒砂岩層の有効間隙率は、図-14に示すように三次元解析結果による建屋内流入量の経時変化と整合するように設定した。なお、準三次元解析との整合を図るために用いた三次元解析結果は、狭域三次元浸透流解析モデル(H25モデル)における最適ケースに基づく凍土壁を考慮した非定常解析結果(4辺同時施工、フェーシングなし、建屋内水位は1~4号機:0P+2m、その他建屋内水位:0P+3m)である。

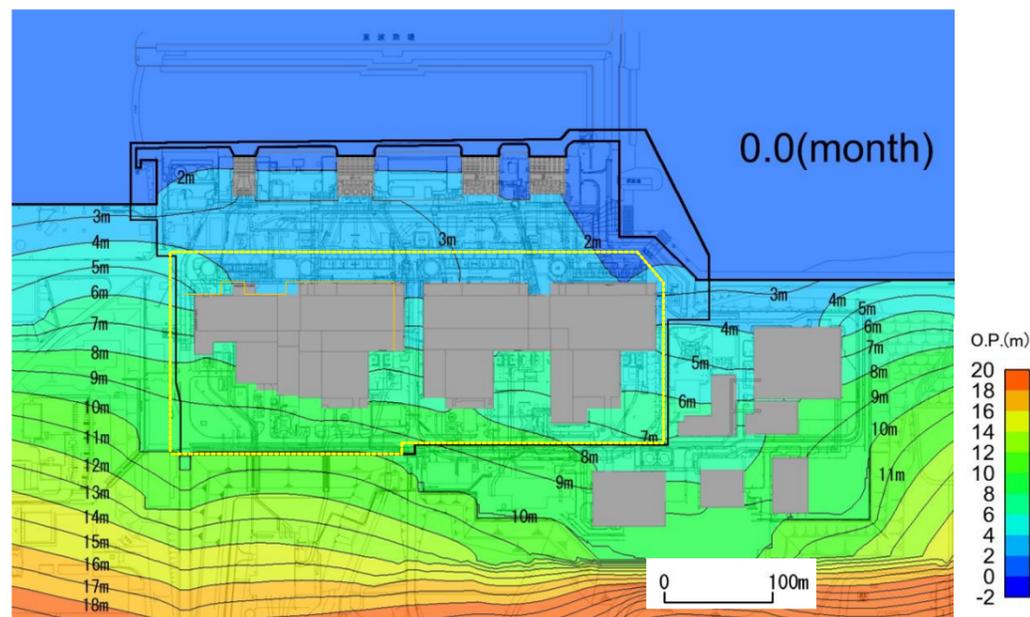


図-11 狭域三次元非定常浸透流解析での初期水位分布

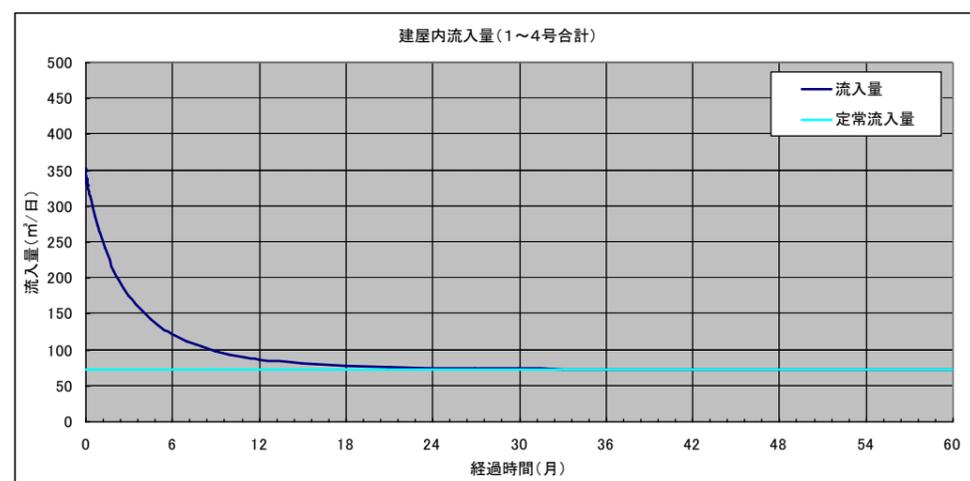


図-12 狭域三次元非定常浸透流解析での建屋内流入量の経時変化

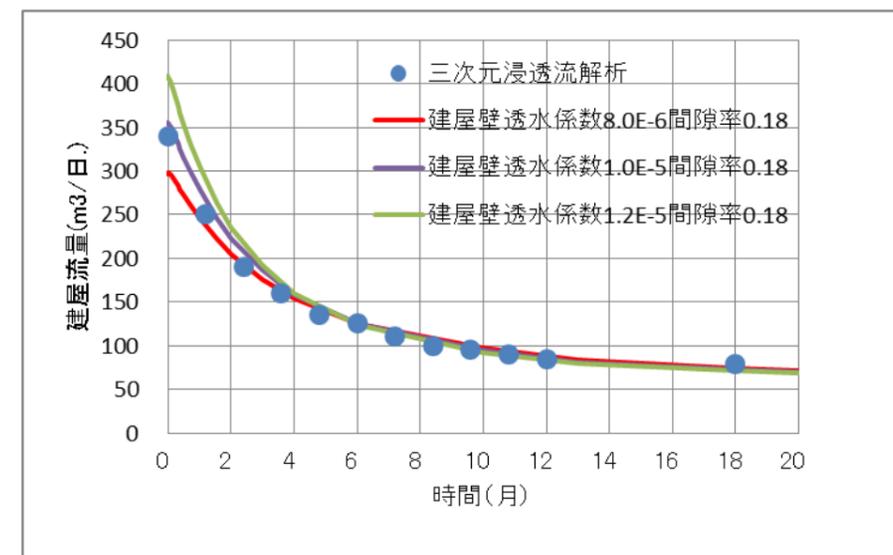


図-13 建屋壁透水係数と建屋内流入量の関係

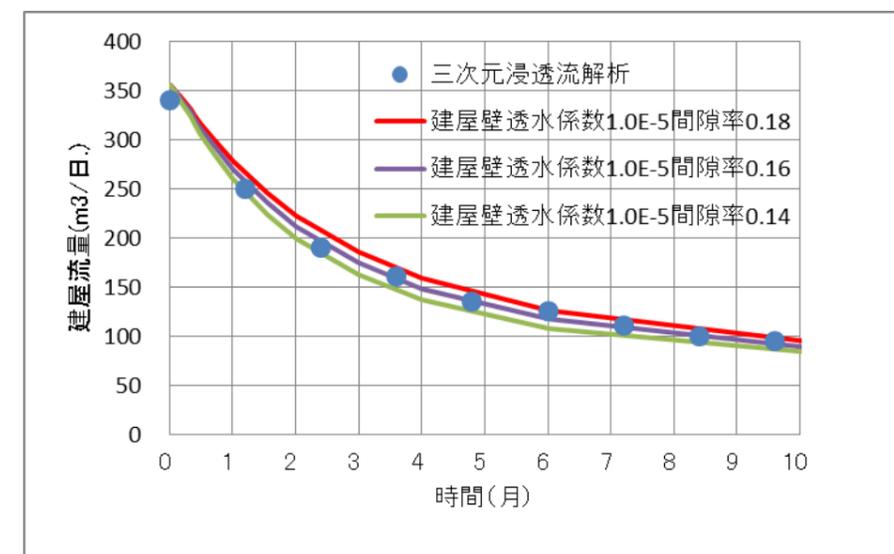
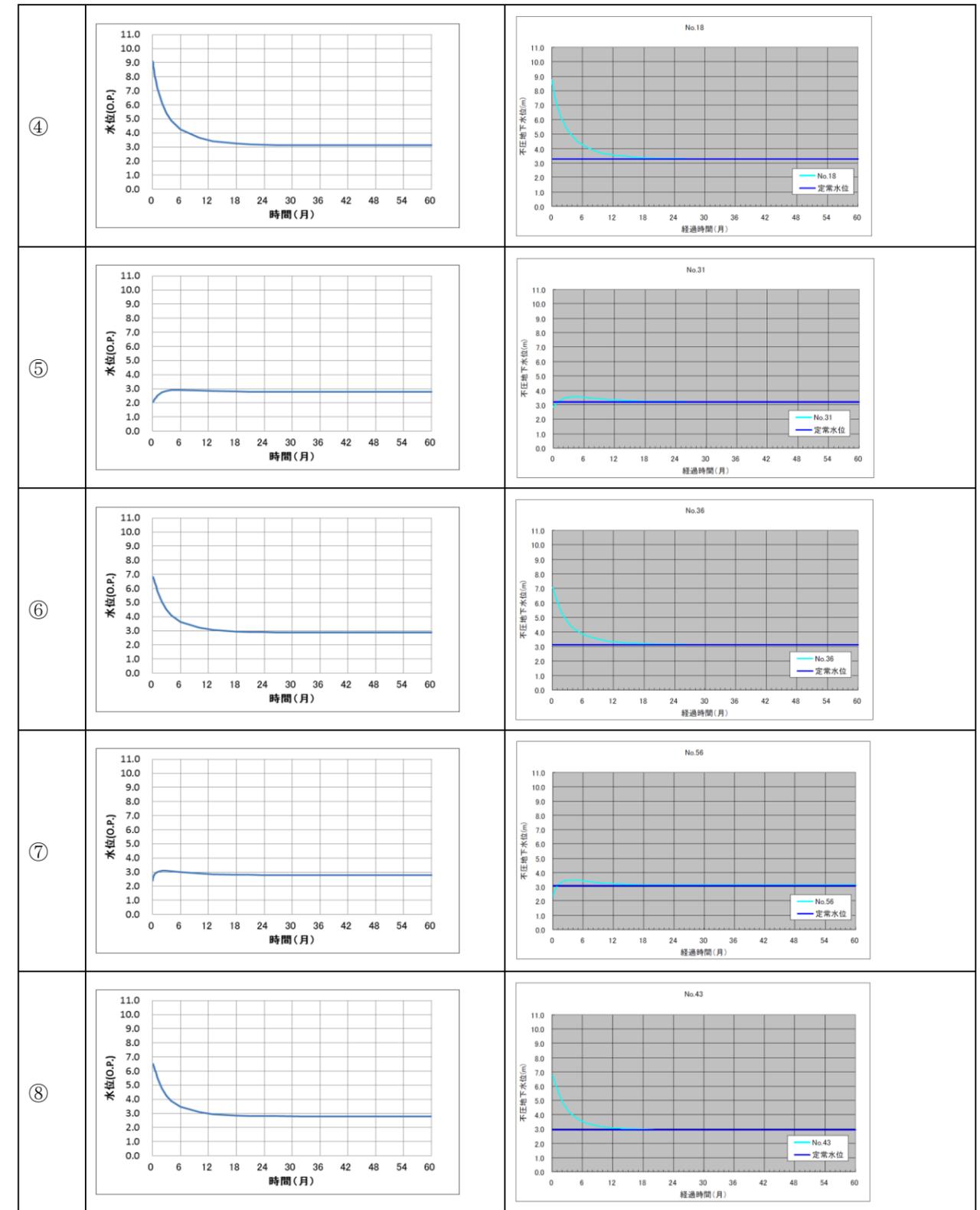
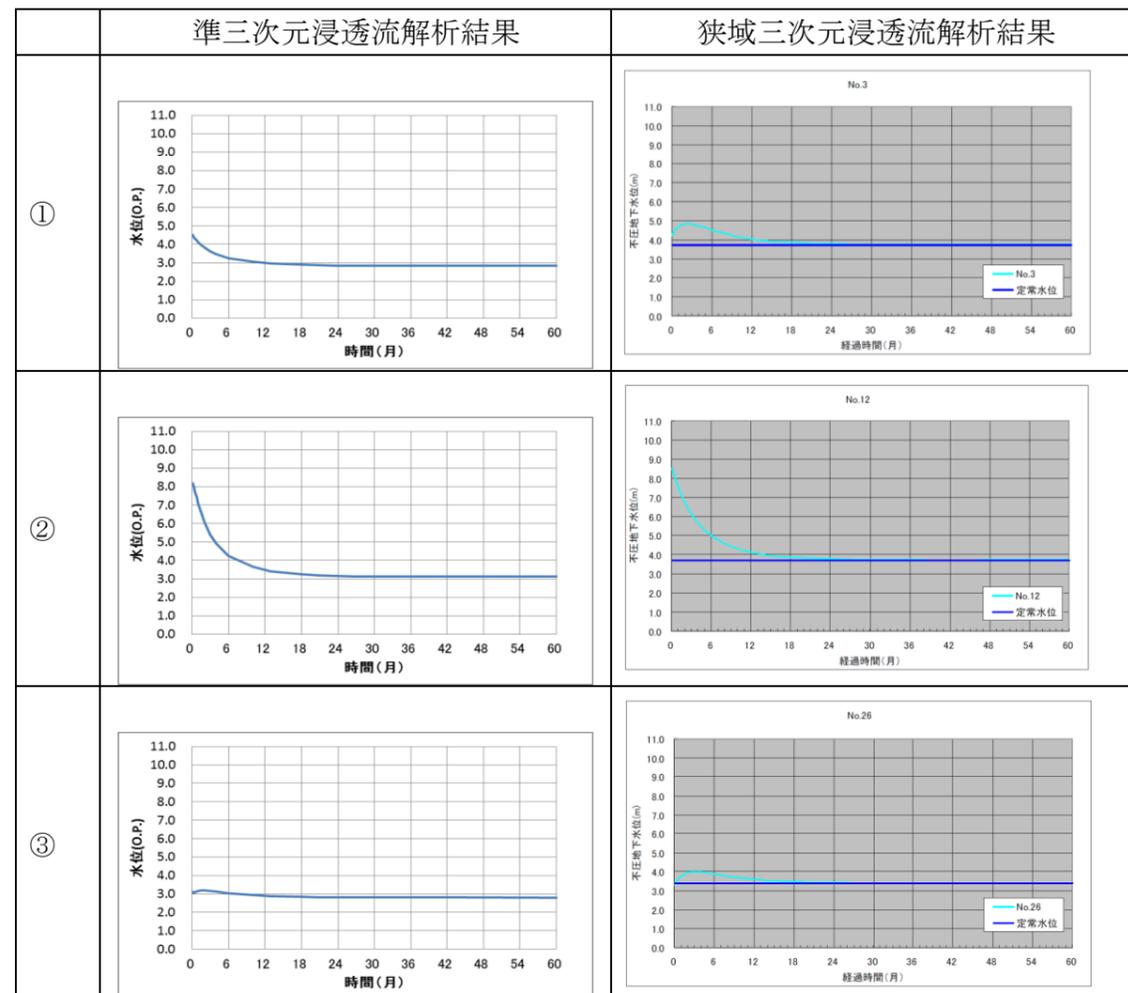
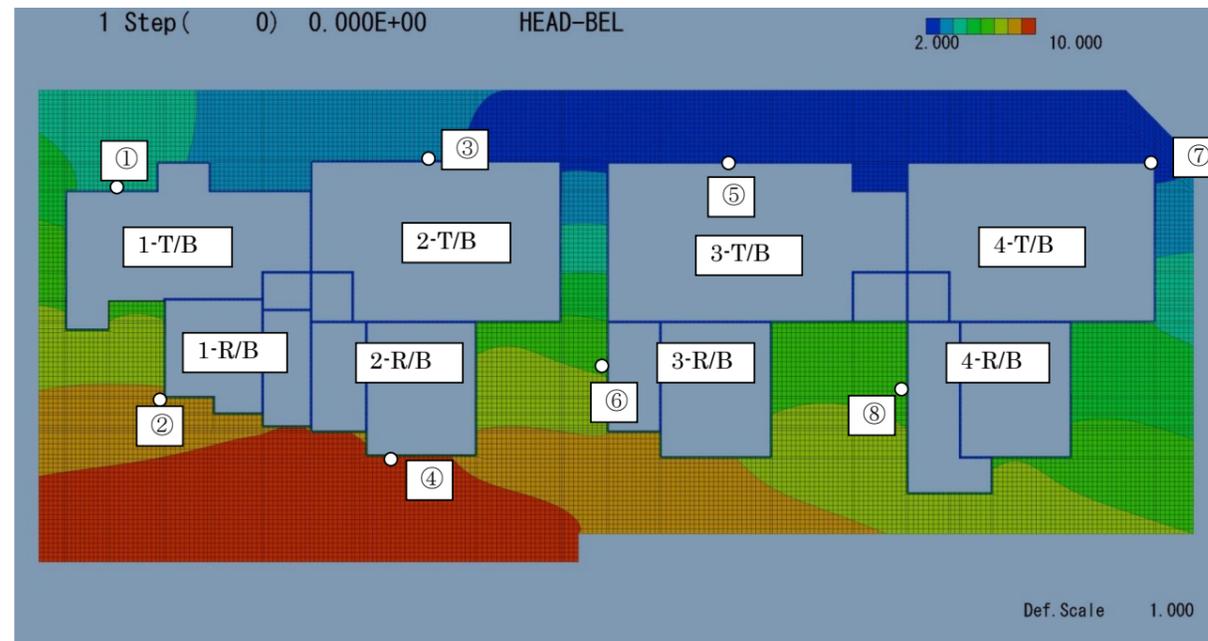


図-14 建屋内流入量の間隙率による変化と狭域三次元解析結果との比較

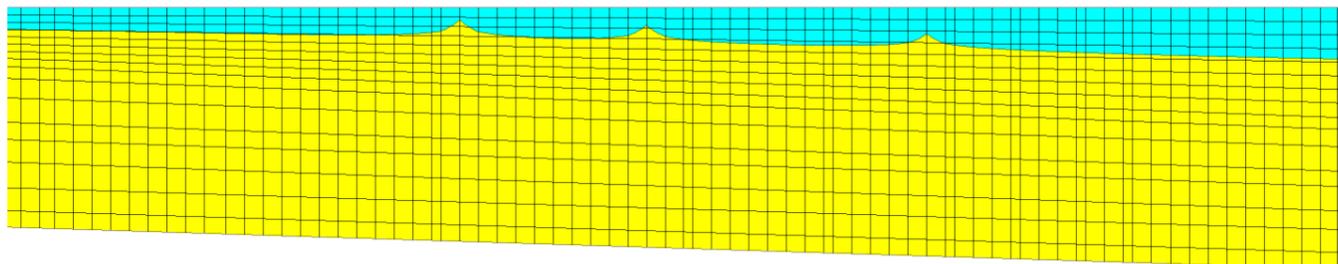
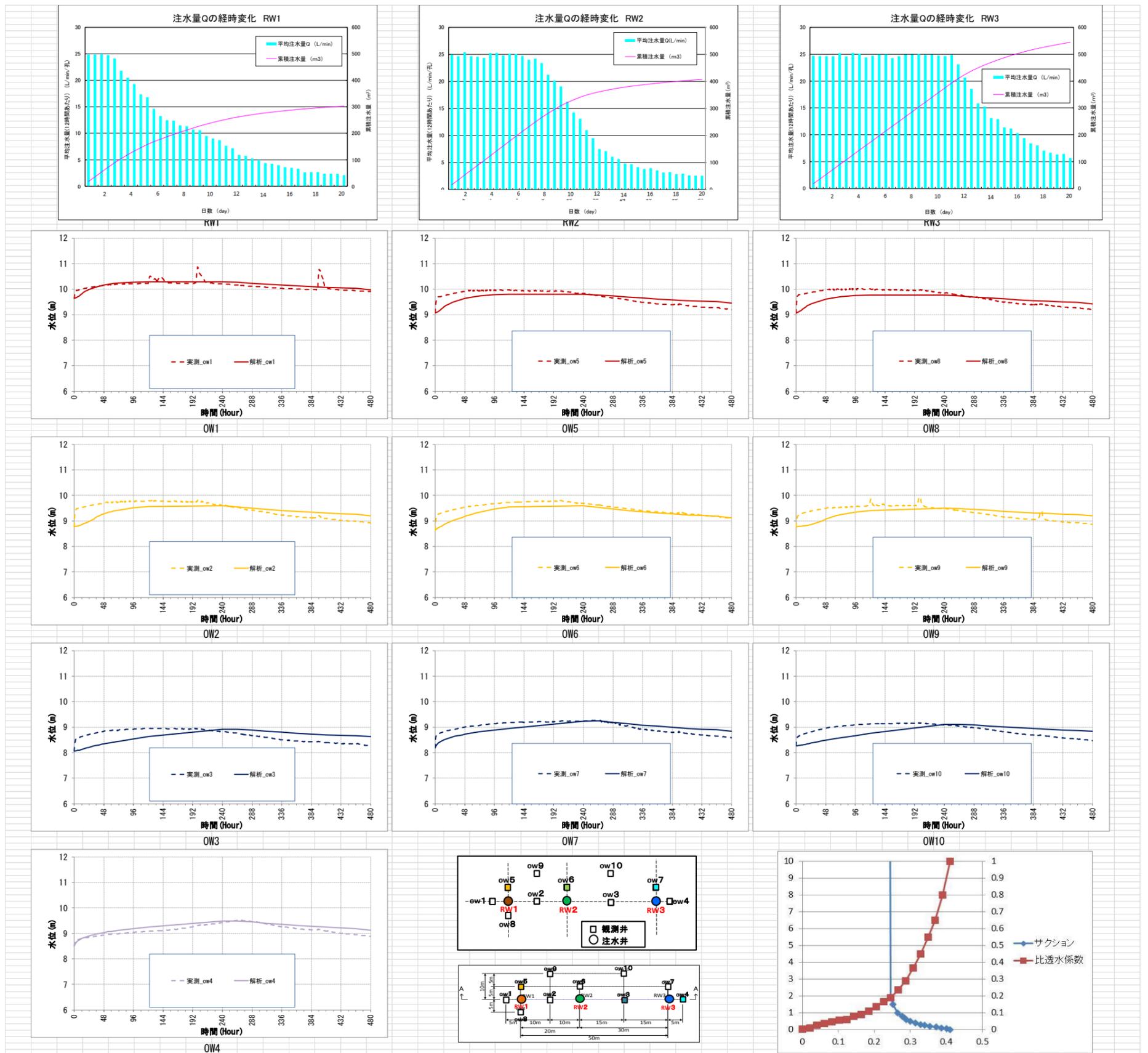
以上の結果に基づき、建屋壁の透水係数を $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 、中粒砂岩層の有効間隙率を 0.16 とした。
(中粒砂岩層の透水係数は $3 \times 10^{-3} \text{cm/s}$)

なお確認のため、建屋壁透水係数 1×10^{-5} (cm/s)、中粒砂岩層の有効間隙率 0.16 のケースの準三次元解析と三次元解析における下図各位置での水位の経時変化を比較した。



各位置 (①～⑧) における水位の経時変化は準三次元解析と三次元解析で概ね整合していることが確認できた。

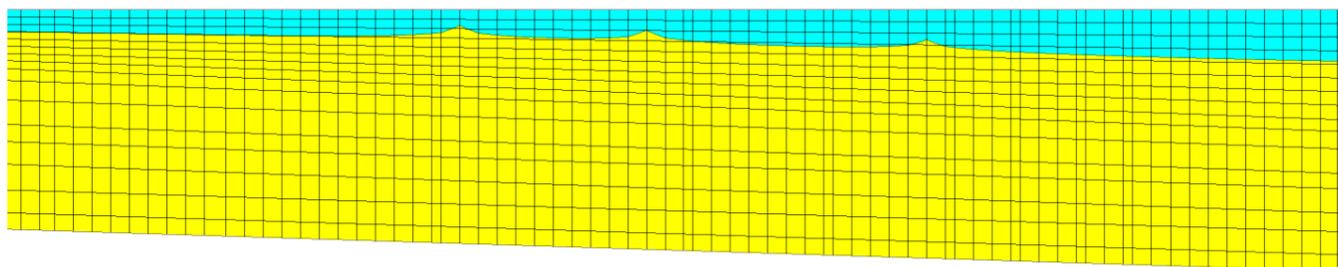
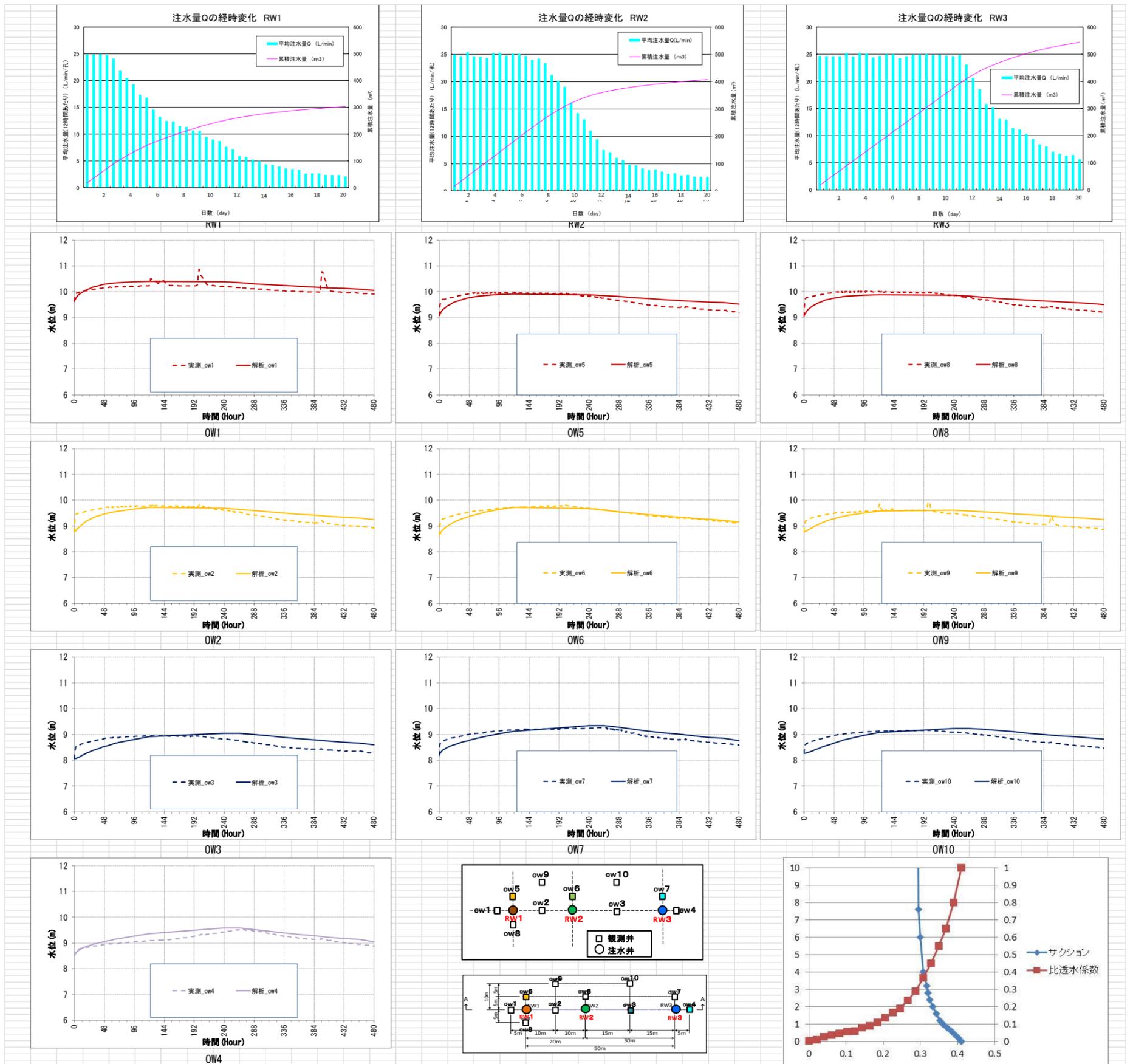
[付録] 広域三次元解析で使した不飽和透水特性を用いた解析(ケース 1)



24時間後の地下水位分布 (RW断面の地下水位分布)

ケース 1 (基本ケース)

[付録] 立ち上がりの水位上昇を表現するために不飽和透水特性を変えた解析 (ケース 2)



24時間後の地下水位分布 (RW断面の地下水位分布)

ケース 2 (比水分容量がより小さい水分特性曲線を用いたケース)