

実効雨量モデルによる水封式岩盤タンク周辺の水理地質状況分析

清水建設(株) 正会員 ○本多 眞

日本地下石油備蓄(株) 非会員 城代邦宏

(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構 非会員 塩見晃也

1. はじめに

水封式岩盤タンクにおいて、水封機能の状態を監視しその健全性を確保することは、タンクの維持管理において極めて重要な課題である。著者らは、水封機能の健全性を判定するための簡易な指標の一つとして、実効雨量モデルによる簡易な統計モデルを提案した^{1),2)}。水封機能を監視するために設けた水位観測孔などの地下水関連データの挙動は、通常操業時には主として降雨の影響を受けて変動している。このため実効雨量との相関性を利用して局所線形回帰モデルによる判定手法を提案した。観測孔毎に求められる実効雨量のパラメータは、周辺の水理地質環境によって影響を受けることがわかっており、本報告ではパラメータの分布と水理地質状況との関係を分析することで、地下水環境の把握を試みた。

2. 実効雨量モデル

実効雨量とは、過去の雨量の影響を考慮した積算雨量であり、雨の影響を強く受ける土砂災害に対する管理基準等に利用されている指標である³⁾。実効雨量 $R(t)$ は式(1)で定義される。

$$R(t) = r(t) + \sum_{k=1}^n (0.5)^{k/T} \cdot r(t-k) \quad (1)$$

ここで $R(t)$ ：時刻 t における実効雨量、 $r(t)$ ：時刻 t における降雨量、 T ：半減期、 n ：累積時刻ステップ数である。このうち半減期 T および累積時刻ステップ数 n は、一般的には雨量の浸透に関わる地質条件に起因して変化するパラメータと考えられている。

降雨の影響を受けて変動している観測孔内水位に対して、相関性が最も高くなる実効雨量を求めることで、降雨の影響を分析すると共に、変動に起因する水理地質条件との関係を検討する。その際には位相差ラグ L も考慮して、合わせて3つのパラメータを最適化する。

3. 実効雨量パラメータの感度分析

各パラメータが観測データとの相関性に与える影響度を評価した。菊間基地における2005年4月～2008年3月の1日毎の観測孔水位データを用いて、事前に最適な実効雨量を求め(図1参照)、それぞれのパラメータの相関係数に対する感度分析を行った。図2の3つのグラフにW-7孔水位を例として、他のパラメータを最適値に固定した上での相関係数との関係を示した。この結果から累積日数 n は相関係数に対する感度が低いことがわかる。この傾向は他の観測孔でも同様で、特に半減期 T が小さい時には、式(1)において係数 $(0.5)^{k/T}$ が小さな値になるため累積効果は小さくなる。このことから実効雨量モデルにおいて降雨の積算効果は、半減期 T のみで評価できると考えられた。

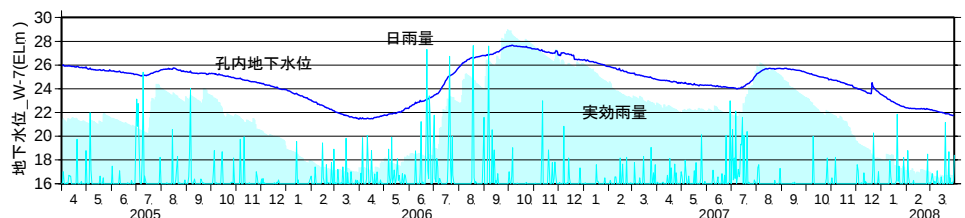


図1 最適な実効雨量と孔内水位の関係 (W-7孔水位の例)

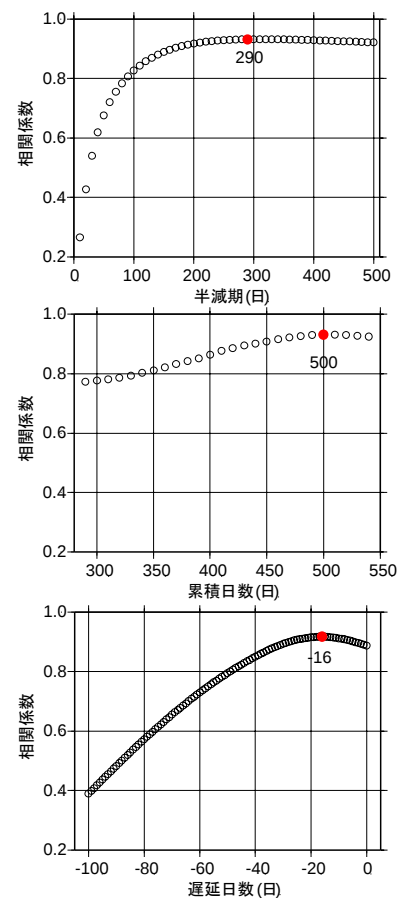


図2 実効雨量パラメータの感度分析 (W-7孔水位の例)

キーワード：水封岩盤タンク、維持管理、実効雨量、地下水環境

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 清水建設(株) 技術研究所総合解析技術センター TEL 03-3820-8316

4. 実効雨量パラメータによる水理地質状況の分析

菊間基地の14孔の観測孔地下水位変動に対して求めた実効雨量から周辺の水理地質状況の分析を試みた。実効雨量との相関性は、一部の観測孔を除いて非常に強いことが最大相関係数の分布図(図3a)からわかる。これは地下水位の変動が降雨の変動と連動していることを示している。相関性の低い5孔(W-3, 6, 8, 9, 10)は、潮位の影響や注水試験の影響等の降雨以外の変動要因が含まれ、実効雨量のみで表すことができないことから今回の分析から除いた。図3b)は相関性の低い5孔を除いて実効雨量の半減期を示した分布図であり、北東～南西方向に値の大きい領域が分布しているのがわかる。半減期は過去の雨の影響の継続時間を示すもので、地盤の貯留効果に関係すると考えられる。図中には主な亀裂帯を重ね描いているが、粘土を伴う角礫状破碎帯(N40E系)と亀裂帯(N60～70E系)が、半減期の大きい領域と概ね重なることから、亀裂帯が貯留効果の大きい水理構造として影響していることが考えられる。また図4a)は、半減期と風化層厚の関係を示しており、概ね風化層が厚くなると半減期が大きくなる傾向が認められ、風化層が貯留効果を高めていると考えられる。

一方で遅延日数も、同様の北東～南西方向に遅延の大きな領域が分布しており、亀裂帯との関係が地下水流動の遅延を生じている可能性がある(図3c)。遅延日数は、降雨が浸透して地下水面までに到達する時間と考えることができる。地下水面の地表からの深さとの関係を示したグラフ(図4b))を見ると明瞭な負の相関が認められ、亀裂帯の影響などで地下水位が低いことが、降雨に対する水位応答の時間差を大きくしているものと考えられる。

5. おわりに

水封機能監視を目的とした地下水位観測データと実効雨量のパラメータによる分析から、水理地質状況をある程度推定でき、地下水環境変化の評価に有効な指標となることがわかった。

今後は、浸透流解析モデルによる検証を行い、水理地質条件の変化に伴う実効雨量パラメータの変化について定量的な把握を試みる所存である。

参考文献

- 1) 城代・植出・本多・長谷川・小島・小川：地下石油岩盤タンクにおける水封機能の健全性評価手法に関する研究。土木学会論文集C, Vol. 63 No. 2, pp. 624-634, 2007.
- 2) 城代：水封式岩盤タンクの保全点検システムに関する研究。博士論文(横国大), 2008.
- 3) 鈴木・小橋：がけ崩れ発生と降雨の関係について、新砂防, Vol. 121, pp. 16-26, 1981.

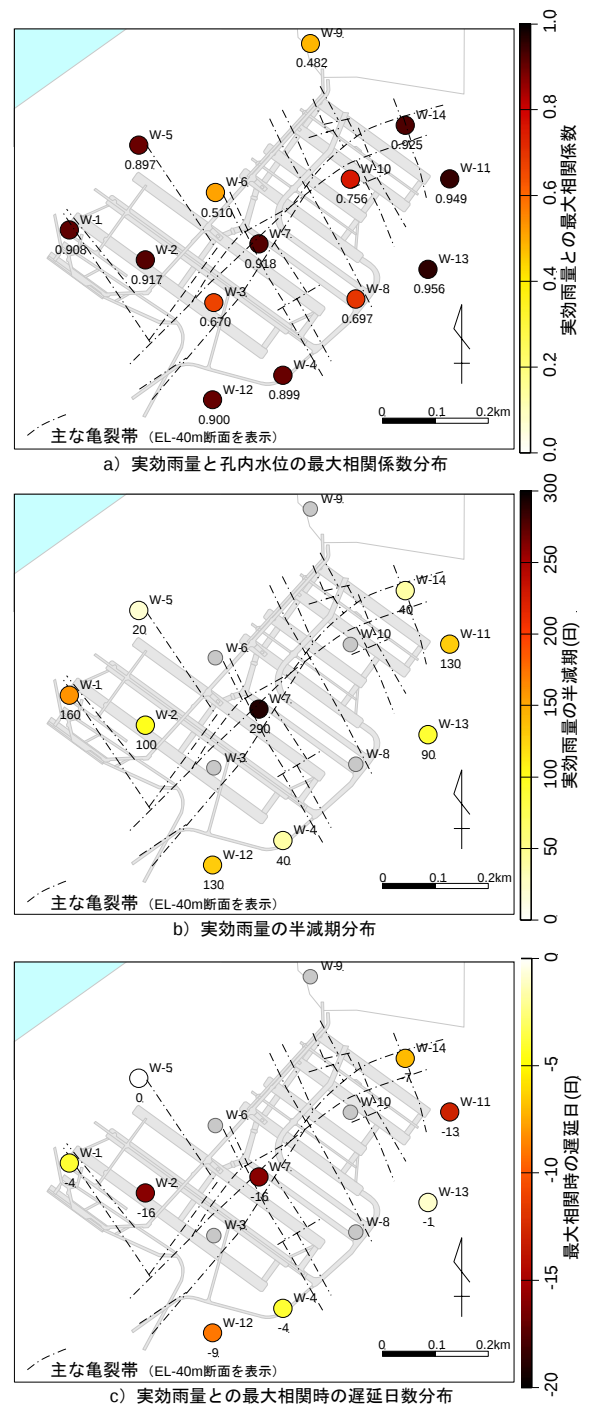


図3 地下水位変動を表す実効雨量パラメータの分布

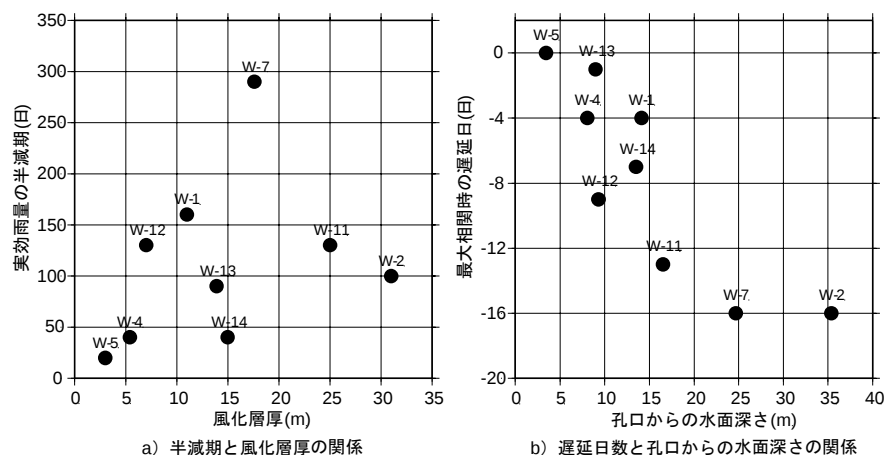


図4 半減期と風化層厚および遅延日数と水面深さの関係