

地下タンク底版下湧水量に影響を及ぼす要因とその定量的評価

東京ガス (株) 岩崎 淳 清水建設 (株) 正会員 ○高坂 信章
 清水建設 (株) 正会員 伊藤 健二 清水建設 (株) 正会員 佐甲はるみ

1. はじめに

1987年に完成し稼働している東京ガス袖ヶ浦 LNG 基地 LPG 地下式貯槽（以下、地下タンクと記す）は、建設後、33年が経過している。この地下タンクは底版下碎石層から湧水を排水し、底版に水圧がかからないような減圧底版型式となっている。現在、実測湧水量は $0.6\text{m}^3/\text{d}$ で工事着工前に実施した浸透流解析値に比べて約 1/40 である。どのような要因によりこの差が生じているのか、影響が大きな因子については実際の透水性はどの程度か、を軸対称浸透流解析および室内土質試験を実施して評価した。

2. 地盤と構造物の概要

地盤と構造物の概要を図-1に示す。地下タンクは内径約 65m の円形で GL-17.1m まで掘削し構築した。底版下に碎石層を設け、ここから湧水を排水する構造となっている。地下水位は GL-3.0m であり、底版下付近には透水性の高い洪積砂層 Ds1 が存在する。この層を遮断する目的で壁長 34.5m の RC 地中連続壁（以下連壁と記す）を難透水層とみなされる洪積粘性土層 Dc2 層に貫入し湧水量を減じる構造となっている。

3. 軸対称浸透流解析によるパラメトリックスタディ

地下タンクの湧水状況を再現するために有限要素法による定常軸対称浸透流解析を行った。解析モデルを図-2に示す。既往解析で設定したパラメータを基本に、湧水量への影響が想定される4要因を選定し、表-1に示す範囲でパラメトリックスタディ

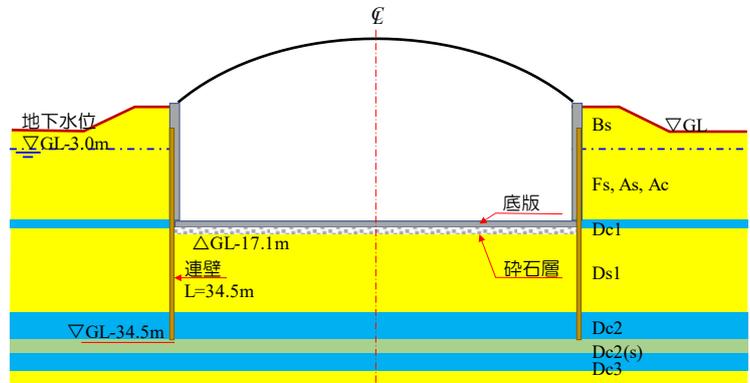


図-1 地盤と構造物の概要

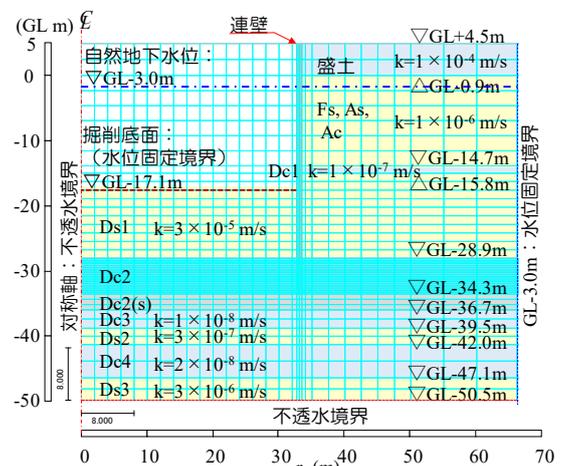


図-2 軸対称浸透流解析モデル概要

表-1 パラメトリックスタディ条件

項目	記号	単位	基本値	変化範囲
Dc2透水係数	k_c	m/s	1×10^{-8}	$1 \times 10^{-9} \sim 1 \times 10^{-7}$
Dc2(s)透水係数	k_{cs}	m/s	1×10^{-6}	$1 \times 10^{-8} \sim 1 \times 10^{-6}$
連壁透水係数	k_w	m/s	2×10^{-9}	$2 \times 10^{-11} \sim 2 \times 10^{-9}$
影響圏半径	R	m	66	66~1000

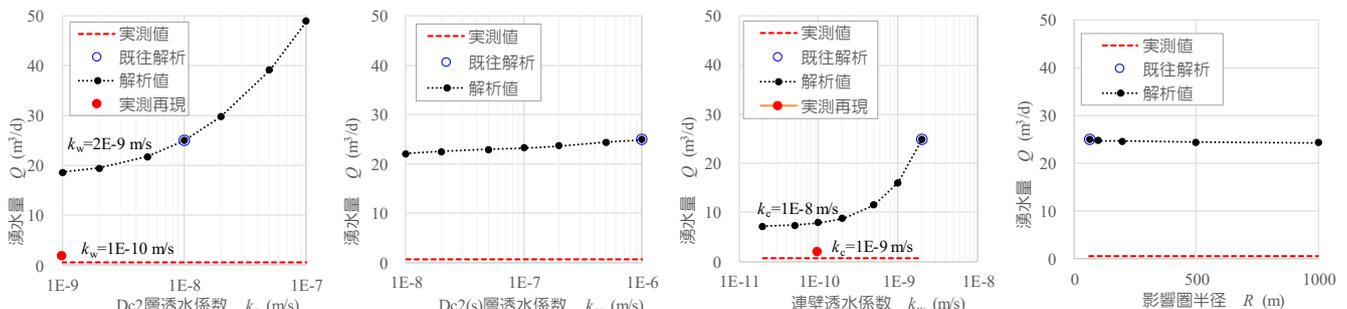


図-3 パラメトリックスタディ解析結果

キーワード：地下タンク、湧水量、透水係数、粒度試験、透水試験、浸透流解析

連絡先：〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 16-1 清水建設株式会社土木技術本部基盤技術部

を実施した。解析結果を図-3に示す。湧水量に及ぼす影響は Dc2 層透水係数 k_c 、連壁透水係数 k_w が大きく、Dc2 層の下に存在する Dc2(s)層の透水係数 k_{cs} や、影響圏半径 R は影響が小さい。この結果を反映し、実測値を再現するために Dc2 層透水係数、連壁透水係数として一般的に想定される下限値相当 $k_c=1 \times 10^{-9}$ m/s、 $k_w=1 \times 10^{-10}$ m/s を入力したケース（実測再現モデル）では湧水量が $1.8 \text{ m}^3/\text{d}$ となり、実測値のほぼ3倍となった。

4. Dc2 層土質試験結果

湧水量への影響が大きい Dc2 層の透水係数を評価するために、新たにボーリング、サンプリングを行い層厚 5.4m の Dc2 層に対し 7 供試体の室内透水試験、25 試料の粒度試験を行った。粒度試験結果として得られた D_{20} 、 D_{50} の深度方向分布を図-4に示す。粒度試験結果 D_{20} 、 D_{50} と透水試験により得られた透

水係数 k の関係を図-5に示す。 D_{20} と k は良好な相関を示しており、相関式により算出される透水係数は参考として示した Creager の関係式の 1/3 程度の値となる。今回の透水試験は乱れの少ない試料に対し、鉛直方向浸透を対象に実施したことがこの差の原因と考えられる。 D_{50} と k も粗粒分が多い 2 供試体を除くとよい相関がみられる。細粒分が主体の試料に対しては D_{50} から透水係数が推定できることが示唆される。得られた相関式からの推定値および透水試験結果を図-6に透水係数深度方向分布として示す。Dc2 層最下部に 1.5m 程度の厚さで透水係数 10^{-10} m/s オーダーの非常に透水性が低い部分が存在する。

5. Dc2 層土質試験結果にもとづく浸透流解析

透水試験および粒度試験により推定した Dc2 層の透水係数（図-6緑点線）を浸透流解析に入力して湧水量を算定した。この解析では連壁の透水係数を $k_w=1 \times 10^{-10}$ m/s とした。解析結果として得られた全水頭コンタを図-7に示す。ほとんどの水頭損失が透水係数 10^{-10} m/s オーダーの Dc2 層低透水ゾーンで生じる。湧水量は $1.4 \text{ m}^3/\text{d}$ で実測値の 2.3 倍となった。実測値を再現するために連壁の透水係数を変化させ湧水量を算定した結果を図-8に示す。連壁の透水係数が $k_w=1 \times 10^{-11}$ m/s のとき実測値と整合する結果となった。

6. おわりに

結論を以下にまとめる。①連壁の根入れ層となる難透水層 (Dc2) および連壁の透水係数が湧水量に大きく影響する。②Dc2 層は複雑な層構成をなし深度方向に透水性が変化する。鉛直方向流れが主体の地下タンク湧水においては Dc2 層中の低透水ゾーンが湧水量を支配する。③実測湧水量を再現できる連壁の透水係数として $k_w=1 \times 10^{-11}$ m/s が推定される。

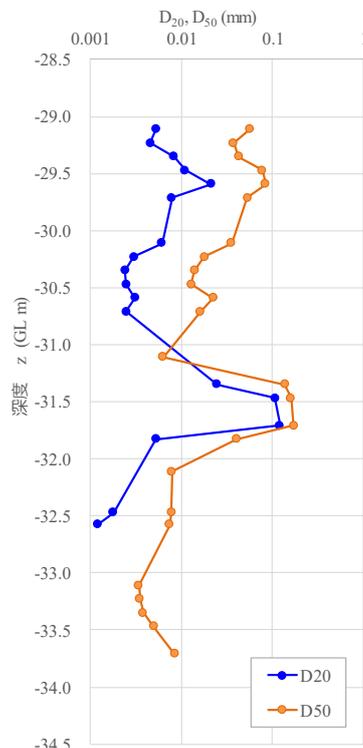


図-4 粒度試験結果深度方向分布

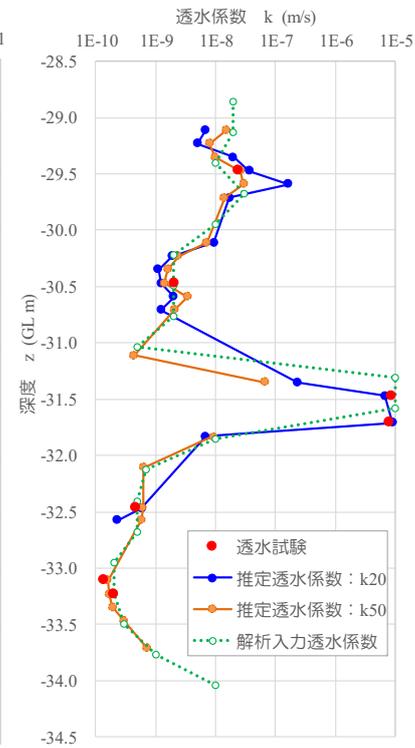


図-6 透水係数深度方向分布

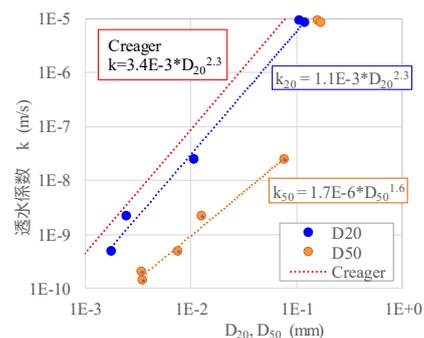


図-5 粒度試験と透水試験の関係

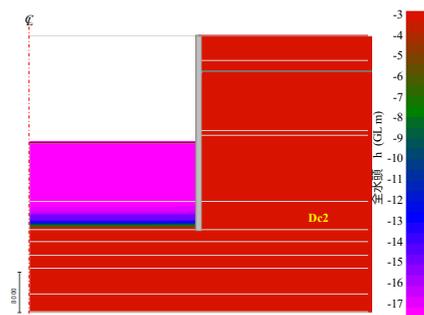


図-7 解析結果 全水頭コンタ

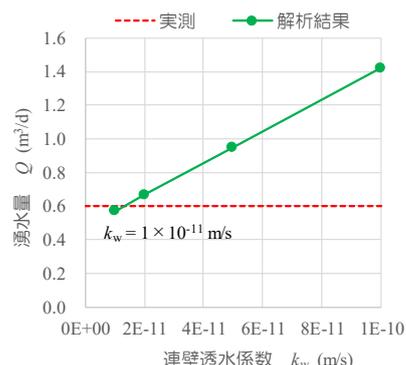


図-8 連壁透水係数による湧水量変化