

建屋直下への土壌浄化薬剤注入法に関する数値解析予測

(株)大林組

フェロー ○西田憲司

正会員 鈴木和明

正会員 三浦俊彦

正會員 日笠山徹巳

(株)大阪防水建設社

正会員 大島 浩

石原産業(株)

正会員 平井恭正

1. はじめに

稼働中の工場建屋直下に存在する汚染土壌・地下水を対策するため、筆者らは自在ボーリングを用いて、建屋直下に水平井戸、あるいは斜め井戸を設置し、汚染物質無害化薬剤の注入方法を検討してきた¹⁾。ここでは、重金属汚染現場における原位置不溶化、汚染地下水の無害化を想定し、実地盤での現場実証試験²⁾に関して、数値解析でシミュレートを試みている。

2. 試驗概要

試験概要の断面図を図-1に示す。透水係数 1.0×10^{-4} m/s、自然地下水位 GL-0.7 m の礫質地盤に GL-3 m へ長さ 7 m の水平井戸を設置した。水平区間は薬剤注入井となり、開口率 15% の有孔管を設けた。それ以外の区間は無孔管としている。水平井戸から平面的に 0.5 m 離れた位置に、注入状況把握のための観測井を設けた。観測井は、水平井戸に対して上位、下位にのみ有孔管を設ける仕様とした。

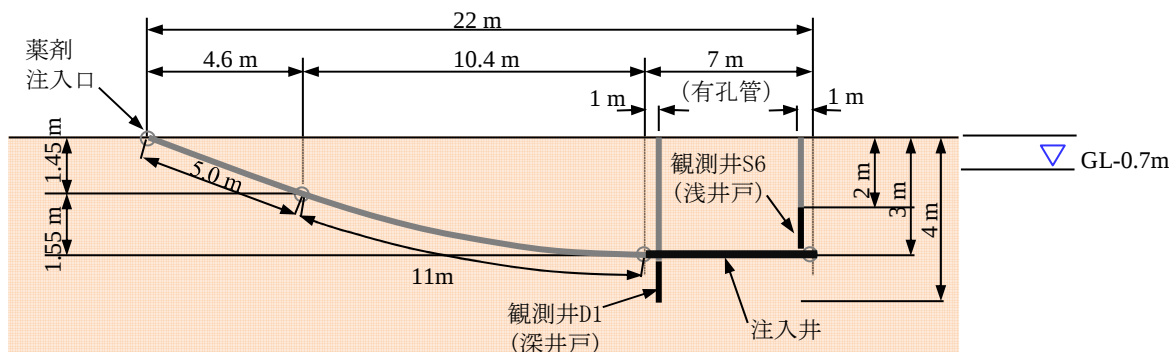
注入薬剤は、砒素に強い吸着力を有する微細酸化鉄粒子をスラリー化した薬剤（以下、薬剤と呼称する）³⁾を適用した。薬剤は、注入井の地表面位置から、濃度 23.6 g/L で自然浸透によって注入した。試験中、注入井や配管内目詰まりに起因する流量減少もなく、注入口から薬剤が溢れることはなかった。また、注入時において、観測井水位の大きな変動も確認されなかった。

3. 数値解析による予測

本技術における設計手法確立を目的とし、種々の条件での薬剤注入状況を予測する手法として、数値解析によるシミュレーションを試みた。利用した解析コードは Dtransu 2D・EL⁴⁾である。本コードは溶液を対象としているが、酸化鉄スラリーの地盤浸透を密度流としてシミュレート可能と考えた。

4. 解析条件

図-2に解析条件を示す。解析領域は地下水位以深とし、帯水層底 GL-7 m とした。水平井戸は、解析上は地盤の一種とし、透水係数 $k = 1.0 \times 10^{-9}$ m/s を与えた。その他のパラメータは、地盤、水平井戸共通とし、分散長は $\alpha_L = 10 \alpha_T = 1.0$ m、有孔間隙率 0.3、また分子拡散係数は 1×10^{-9} m²/s とした。



図一1 水平井戸による薬剤注入試験概要（断面図）

キーワード 原位置，不溶化，酸化鉄，水平井戸，地下水，数値解析

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 (株)大林組 TEL03-5769-1054

境界条件は、領域左右端を全水頭 6.3 m で規定し、水平井戸の左端節点に全水頭 7 m、規定濃度 1.0 を与えている。初期濃度は全節点濃度ゼロとした。スラリーは注入濃度を考慮して密度比 1.018 とした。

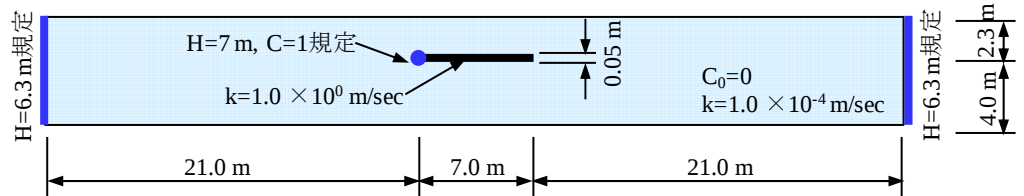


図-2 解析モデル

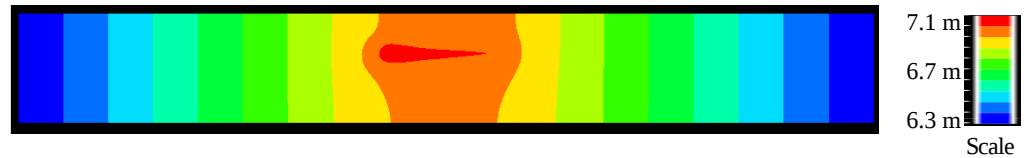


図-3 全水頭分布 (t = 10hr)

有限要素分割は節点数 9,593, 要素数 9,360 とし、現場試験での注入時間に合わせ 17.3 hr 解析した。

5. 解析結果

密度流による浸透非定常解析であるため、全水頭分布は少しずつ変化するが、概要は図-3に示すとおりである。水平井戸の左側（注入口側）だ

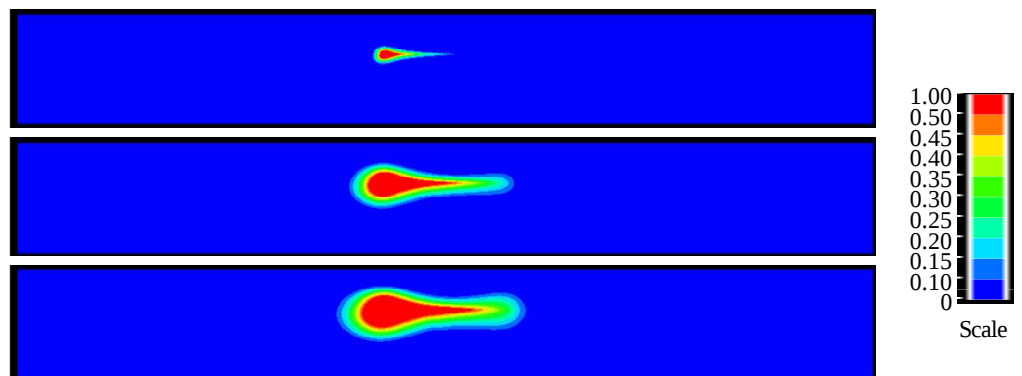


図-4 比濃度分布 (上から t = 1, 10, 17.3hr)

け全水頭値が高くなっている。この赤い範囲は時間経過とともに拡大されていくが、それは水平井戸の付近だけであった。こうした傾向は、試験時において観測井水位に変化が見られなかった事実と整合性が取れている。

図-4には t=1, 10, 17.3 hr における比濃度分布をそれぞれ示す。時間経過とともに、水平井戸周りに薬剤が浸透していく状況がシミュレートされている。

図-5には、観測井における薬剤濃度、すなわち主成分の Fe, Mn 濃度について、比濃度を算出してプロットした。同図には観測井戸ストレーナに相当する節点における比濃度も示し、試験結果との比較をしている。有孔管が注入位置より深い箇所にある観測井 D1（図中の赤線）について、初期段階では誤差が生じているが、最終段階では解析解と試験結果がほぼ一致している。しかし、有孔管を浅い位置に設置した観測井 S6 については解析解と試験結果に一致が見られない。

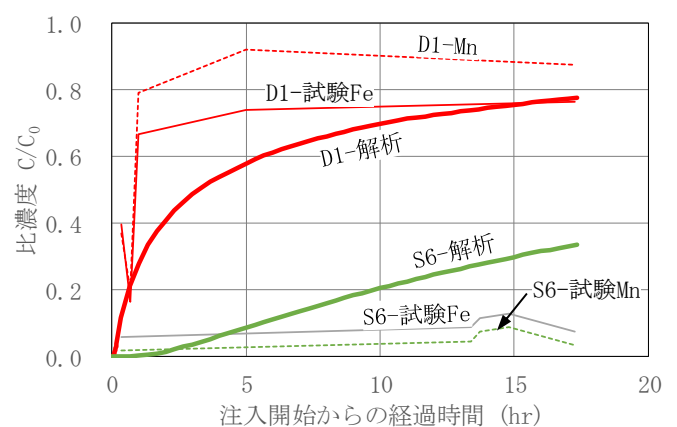


図-5 観測位置における比濃度時間変化

6. おわりに

ここでは、現場試験に関し数値解析でシミュレートすることを試みた。今回は予測解析の第一歩として、実現象が三次元に対し断面二次元解析している。入力すべき分散長も一般値を適用しており、試験結果との誤差が生じたものとする。ただ、濃度分布図を見ると試験結果でも確認されたとおり、水平井戸周りでも注入口側に多く薬剤が浸透する傾向をシミュレートできていることを確認した。

参考文献 1) 西田憲司, 他: 土木学会第 71 回年次学術講演会, VII-036, 2016. 2) 西田憲司, 他: 土木学会第 72 回年次学術講演会, VII-167, 2017. 3) 土光政伸, 他: 第 20 回地下水・土壤汚染とその防止対策に関する研究集会, S1-04, 2015. 4) 西垣誠, 他: 土木学会論文集, No. 511/III-30, pp. 135~144, 1995.