

原位置試験によるエアスパーキング工法の最適設計手法に関する検討

大成建設（株）土木技術研究所

正会員 ○高畑 陽

大成建設（株）土木技術研究所

正会員 藤原 靖

大成建設（株）エコロジー本部

正会員 有山 元茂

1. 研究の背景および目的

土壌・地下水に存在する汚染物質を掘削することなく浄化を行う原位置浄化工法は、オンサイト工法と比較して敷地等を確保する制約条件が少ないだけでなく、汚染物質の大気中への拡散を抑えて臭気等の発生を防止することも可能な浄化方法である。エアスパーキング工法は、汚染範囲に適当な間隔で空気供給井戸（スパーキング井戸）を構築し、飽和層に存在する揮発性汚染物質の濃度低減を目的とする原位置浄化工法である。本工法は、飽和層中に気泡が拡散する時に汚染物質の気化を促進させる効果だけでなく、地下水中に溶存酸素を供給して汚染物質の好氣的微生物分解を促進させる効果があり、近年、国内でも急速に普及している浄化方法である。

エアスパーキング工法による浄化設計を行う際、実施サイトの土質状況に応じた最適なスパーキング井戸設置計画を行うことは、エアが供給されないことで浄化の進行しないデッドスペースを未然に防ぐと共に、スパーキング井戸を効率的に配置してコストを小さく抑えるために重要である。米国環境省（EPA）は、スパーキング井戸の最適設置方法を決定するためには観測井における井戸内圧力変動の測定が必要であることを示している¹⁾。しかしながら、スパーキング工法の実施に際して、原位置試験の結果に基づいて設計されたスパーキング井戸の有効性について報告した事例は少ない。

本報では、エアスパーキング工法を用いてベンゼン汚染サイトを浄化する際に事前に実施した原位置試験の結果とそれに基づくスパーキング井戸の最適設計手法について報告すると共に、浄化期間中における地下水中のベンゼン濃度を観測し、スパーキング井戸設計手法の整合性について検証することを目的とした。

2. 試験浄化サイトの概要

エアスパーキング工法による試験浄化工事は、10m角のシートパイルで囲まれた工場跡地で実施した。本試験浄化サイトにおける土質柱状図とベンゼン溶出量測定結果を図-1に示す。試験サイトの地表面はアスファルトで覆われており、その直下に約50cmのレキ層が存在した。地表下2mまでは黒色呈した砂・シルトであり油分が確認された。地表下2.0mから7.4mまでは細砂が多い砂層であり、7.4m以深には不透水層（粘土層）が存在した。調査を実施した6地点でベンゼンは観測され、汚染源付近のGL-1.9m地点では高濃度でベンゼンが存在しており、GL-2.9m、-3.9m、-4.9m地点においても環境基準値を超えるベンゼンが確認された。

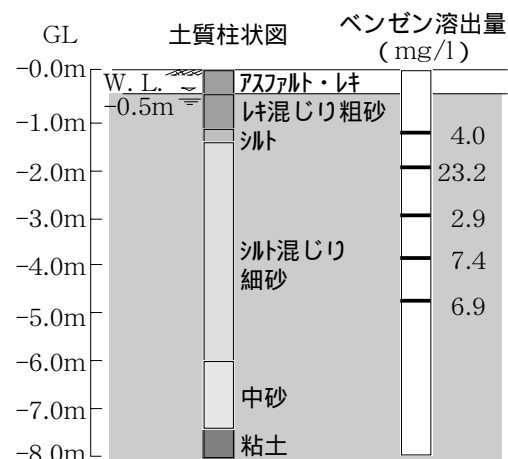


図-1 試験サイトの土質柱状図およびベンゼン溶出量（6地点平均値）

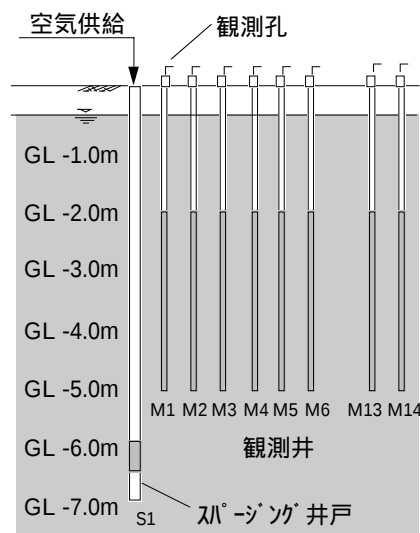


図-2 試験に使用したスパーキング井および観測井の断面図

キーワード：原位置浄化工法、エアスパーキング、スパーキング影響範囲、スパーキング流量、ベンゼン

連絡先：〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1

大成建設（株）技術センター 土木技術研究所 生物環境研究室

TEL: 045-814-7226 FAX: 045-814-7257 e-mail: yoh.takahata@sakura.taisei.co.jp

3. スパージング影響範囲試験の実施方法

不透水層の位置から、スパージング井戸は全長7m（スクリーン位置GL-6.0～-6.5m）のSGP管を使用した（図-2）。また、観測井は全長5m（スクリーン位置GL-2.0～-5.0m）のVP管を使用した（図-2）。スパージング影響範囲試験には、試験浄化サイトの中央に設置したスパージング井戸（S1）とS1井から0.5m～4.5mの距離に設置した16本の観測井（M1～M16）を使用した（図-3）。S1井から一定流量の空気を20分間供給後、空気供給を続けたまま各観測井の管内圧力を測定した。各観測井の管内圧力はスパージング井戸から供給された空気量に比例して圧力が上昇するため、各観測井におけるスパージングによる影響度を把握することが可能である。本試験ではS1井における空気供給量を50、100、150、200L/minに変化させたときの各観測井の井戸内圧力を測定し、スパージング影響範囲を求めた。

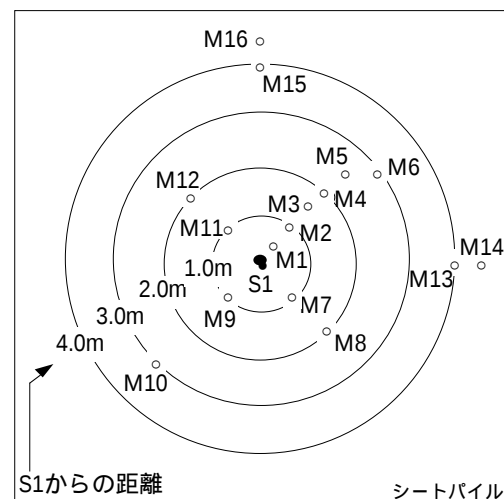


図-3 スパージング井戸および観測井の設置平面図

4. 試験結果

スパージング影響範囲試験による、スパージング井戸からの距離と観測井内の圧力上昇の関係を図-4に示す。この結果、S1井から3m以内に位置する観測井ではスパージング流量の上昇と共に観測井内の圧力上昇が確認されたが、S1井から4mに位置する観測井ではスパージング流量と観測井内の圧力上昇に明確な相関は認められず、圧力上昇も2kPa以下と小さかった。したがって、本試験浄化サイトにおけるスパージング影響範囲は3m以上、4m未満であることが確認できた。

一方、スパージング流量を50L/min、100L/min、150L/minと上昇させたときには、スパージング流量と観測井の圧力上昇に相関が認められた。しかしながら、スパージング流量を200L/minに上昇させたときには、150L/minと比較して観測井内の圧力上昇はほとんど観測されなかった。したがって、本試験浄化サイトにおける最も効率的なスパージング流量は150L/minであると考えられた。

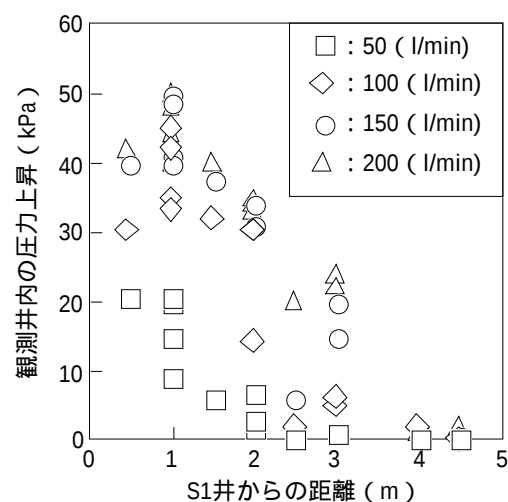


図-4 スパージング影響範囲試験

5. スパージング井戸設計手法の整合性

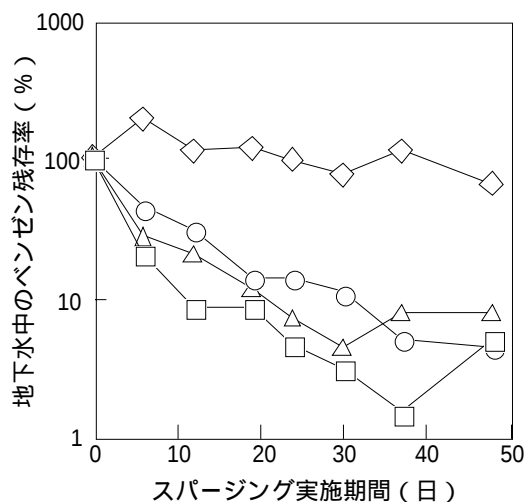
スパージング影響範囲試験の結果から、スパージング流量を150L/min、スパージング井戸間隔を4.2m（影響半径3mの $\sqrt{2}$ 倍）として、エアスパージング工法を実施した。浄化期間中の各観測井におけるベンゼン濃度の残存率を図-5に示す。これより、スパージング井戸に近い観測井ではベンゼンの減少速度が大きいことが示された。また、本試験浄化サイトで各スパージング井戸から最も遠くに位置し、デッドスペースになる可能性が高いS1から4mの地点にある観測井（M13およびM15）においてもベンゼン濃度の平均値は漸減傾向を示し、浄化試験サイトの全域でベンゼンの除去効果が確認された。したがって、原位置試験の結果から求めたスパージング井戸の設置間隔は整合性が高く、本試験浄化サイトにおける最適設計であると考えられた。

6. まとめ

最適なスパージング井戸設置間隔と空気供給量の決定には、複数の観測井を用いて井戸内の圧力変化を測定する原位置試験が有効であることが実証された。

7. 参考文献

EPA 510-B-94-003, Chapter , Air Sparging



□ : S1からの1m地点にある観測井の平均値
○ : S1からの2m地点にある観測井の平均値
△ : S1からの3m地点にある観測井の平均値
◇ : S1からの4m地点にある観測井の平均値

図-5 スパージング工法実施期間中における地下水中のベンゼン濃度残存率