

地盤内における溶解物質移動解析

新潟大学 非会員 ○猪狩澄玲 新潟大学 正会員 金澤伸一

1. 研究背景・目的

東北地方太平洋沖地震によって発生した津波は、岩手県陸前高田市気仙沼町の高田松原に直撃し、約7万本の松の木をなぎ倒し壊滅させた。しかし、高田松原の西端近くに立っていた一本の松が津波に耐えて、立ったままの状態が残った。一本松は、震災復興の希望の象徴として、「奇跡の一本松」などと呼ばれるようになり、現在ではモニュメントとなっている。震災後、この木を保護する活動が続けられたものの、津波により海水や油、化学物質が根本の土壌にしみ込んでいたため、塩害により根が腐り枯死と判断された。復興を象徴するモニュメントとして残すことになったため、保存作業を行ったが、約1億5000万円という多額の費用が投じられた。被災地では瓦礫処理すら進んでいない状況であるとともに、保存作業には多額の費用がかかることと試算されたことから、賛否両論が巻き起こった。また、塩害による砂漠化が世界中で深刻な問題となっている。砂漠化に直面している国は100か国以上にもなり、毎年6万km²が砂漠化している。このため、塩害対策は津波による被災地域や日本のみならず、世界中で急務となっている。

そこで本研究では、奇跡の一本松をモニュメントとしてではなく、自然状態でより経済的に保存する可能性を、再生シミュレーションを用いて模索する。また、塩害に対する種々の抑制対策を講じ、長期的な耐塩害対策を検討する。

2. 研究方法

数値解析によって塩害地盤内部の浸透変動を解析的に表現する。本研究では、移流拡散方程式を考慮した土/水/空気連成有限要素解析プログラム(DACSAR-MP)を用いて、実際に行われた一本松保護のタイムラインに沿って再現解析を行い、それによって得られた結果から、塩害地盤の浄化手法の検討を行う。除塩対策は、2011年6月5日から進められ、止水矢板の打設工事を行った地盤に、14日間で計4tの真水が矢板の内側から注入された。また、それと同時期に矢板の内側からポンプアップが行われ、計130日間続けられた。

表-1に解析で用いる材料定数、図-1に水分特性曲線を示す。図-2に解析で用いる気象条件¹⁾を示す。気象条件としては、気象データが豊富な仙台市の降雨量と蒸発量のデータを用い、震災後から一本松の保護が行われた期間(2011年3月から2011年10月)までのデータを使用した。図-3に塩害地盤の解析領域を示す。解析領域は松を中心に左右対称のため右側半分のみとする。また、左側は非排水境界、右側とシルト層の下側は排水境界である。また、シルト層の下側と右側6mは濃度境界とした。変位境界は塩害地盤の下端を鉛直・

表-1 材料定数

物質	k_w (m/day)	A_D	B_D	A_W	B_W	S_{r0}	D (m ² /day)
シルト	0.24	-29.3	6.7	-9.86	2.7	0.30	0.0024
砂	2.25	-16.5	7.0	-11.4	7.0	0.22	0.0225
矢板	2.4×10^{-10}	-16.5	7.0	-11.4	7.0	0.22	10×10^{-12}

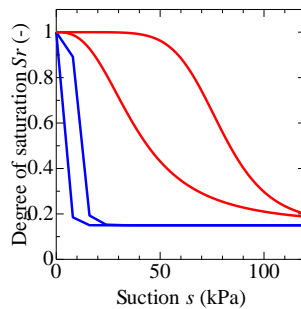


図-1 水分特性曲線

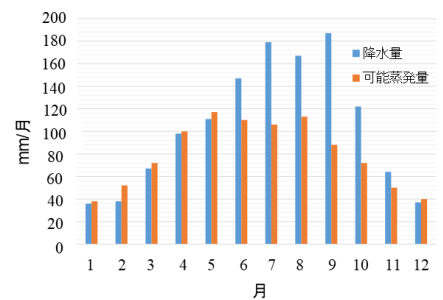


図-2 気象条件

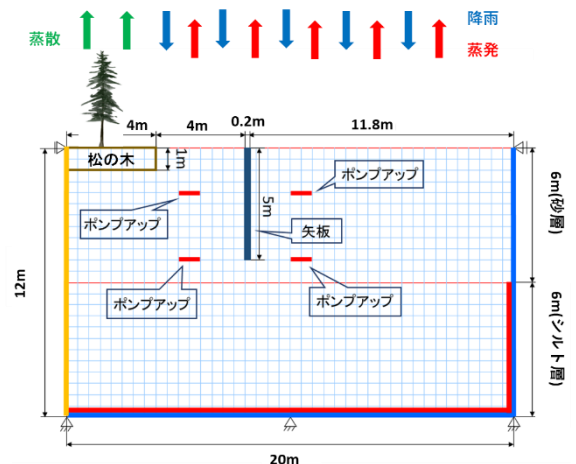


図-3 解析領域と各境界条件

水平固定し、平面ひずみ解析を行う。

また一本松保護の際は、矢板の内側からポンプアップを行ったため、地表面から 2m 地点でのポンプアップを再現する。同じ領域で真水の注入をしながらポンプアップを行うことにより、塩分をより広範囲に拡散してしまう可能性があると考えたため、本研究では矢板の外側からもポンプアップを行う。

3. 結果および考察

図-4 に 2m 地点で矢板の内側からポンプアップを行った解析結果を示す。真水の注入とポンプアップを実施したが、塩分濃度が下がることなく根系周辺に上昇していることが確認できる。また、右側に全水頭の分布を示す。解析領域の右側から左上に向かって値が低くなっている。水の流れは、全水頭の値が高いところから低いところに向かって流れるため、塩分も地盤内水分とともに地表面に向かって上がっていると考えられる。この結果が示す通り、矢板の内側から真水の注入と共にポンプアップを行ったことにより、塩分を除去するどころか拡散させてしまった。

また、図-5 の解析も同様に、全水頭の変化を見ると、解析領域の右側と下側から、地表面に向かって値が低くなっており、塩分も矢板外側付近から地表面に向かって上昇している。矢板の内側からポンプアップを行った場合の結果と比較すると、矢板の内側からポンプアップを行った場合より地盤内部の全水頭の差は小さくなっている。また、砂層の塩分濃度も少し低下したことが分かる。しかし、塩分を完全に浄化することはできなかった。

4. おわりに

一本松の保護における塩分の浄化手法は、塩分の拡散を助長させてしまい適切ではなかったことが分かった。また、矢板の外側からポンプアップを行うことで砂層の塩分濃度は若干低下したものの、地盤中から塩分を取り除くことはできなかった。

今後の展望として、真水の注入を断続的に注入したり、透水性の高い砂を敷設したり、矢板をシルト層まで延長したりすることで塩分を浄化することができるか検討を行う。真水の注入に関しては、一本松の保護活動では、14 日間で計 4t の真水を注入したため、同様の量の真水を断続的に注入し、塩分を浄化することができるか検討していく。

塩害による砂漠化は世界中で深刻な問題となっており、砂漠化に直面している国は 100 か国以上にもなる。塩害対策は津波により被害を受けた被災地域や日本のみならず、世界中で急務となっているため、塩分の浄化手法を引き続き検討していきたい。

5. 参考文献

1) 気象庁: Japan Meteorological Agency: <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>.

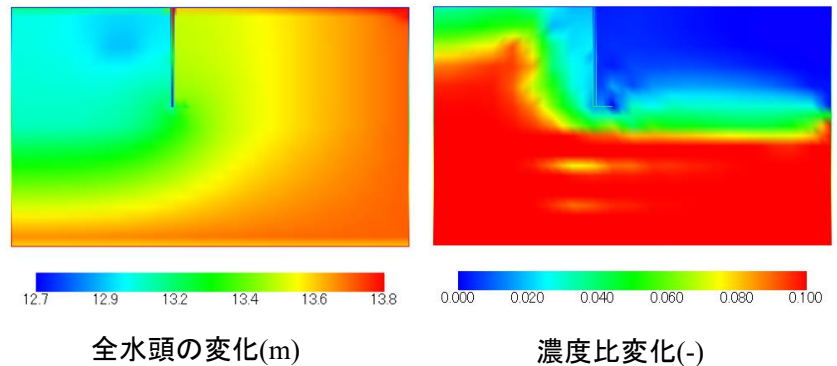


図-4 矢板の内側からポンプアップを行った結果

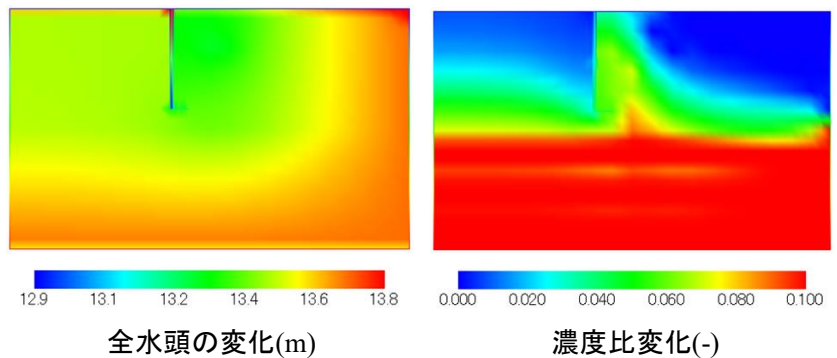


図-5 矢板の外側からポンプアップを行った結果