

# 地盤内の水を減らすことによる液状化の防ぎ方

班員 楠 皓介 高木 裕太朗 坊城 真智 森田 隆太郎  
担当教諭 山本 一博

キーワード：液状化現象、珪藻土、吸水性ポリマー、地盤改良

Polymer and diatomaceous earth can prevent liquefaction, and experiments with polymer showed that liquefaction can be prevented by reducing water by 30 ml. Therefore, liquefaction can be prevented by reducing water in the ground, and liquefaction is considered to occur when the percentage of water in the ground is 25% or more.

## 1 はじめに

2024年の能登半島地震では、石川県内灘町や新潟県新潟市など各地で液状化が発生した。



図1 能登半島地震の被害の様子

その被害を目にして現在の液状化対策を調べてみたところ、工事費が高く(80~1000万)、工事期間も長いことがわかった。そこで、本研究ではそれらの問題点を解決する新たな地盤改良方法を開発することを目的とした。実験を行うにあたり、担当教諭の山本先生に助言をいただき吸水性があり能登半島に多く分布する珪藻土、少量で多くの水を吸収できる吸水性ポリマー(ポリアクリル酸ナトリウム)を使用した。珪藻土とは、植物性プランクトンの殻が硬く積み重なったものである。特徴としては、 $0.1 \sim 1\mu\text{m}$ の孔がある多孔質であるため、水を吸収することができる。吸水性ポリマーは、網目状の構造をしており、その網目に自重の200~1000倍の水を吸収することができる。本実験では、珪藻土は珠洲市のもの、吸水性ポリマーは子ども用オムツに入っているものを使用した。

## 液状化現象とは

通常の状態の地盤は、砂などの粒子同士が地盤が地震で揺れることで、砂の粒同士の結合がゆるみ地下の水が溢れ、地盤が下がることで水が地盤の表面に現れる現象である。

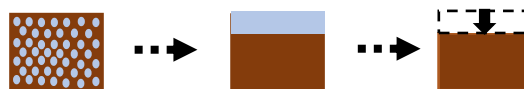


図2 液状化現象の様子

## 2 実験方法

本研究では、砂の表面に水が現れることを液状化と定義した。

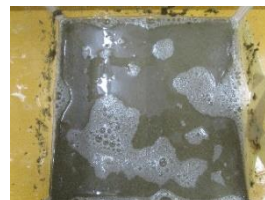


図3 本実験での液状化の様子

また11m四方、深さ2.75mの砂地盤を55分の一に縮小したモデルを元に実験を行った。

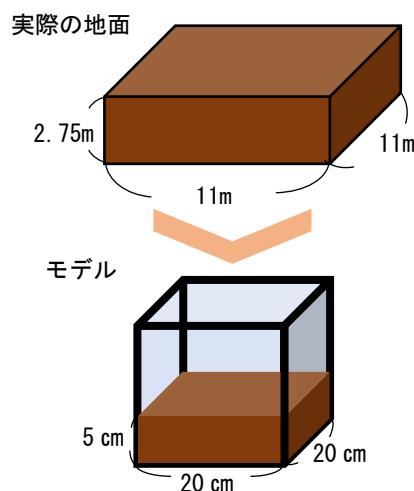


図4 本実験で使用するモデルのスケーリング

## 予備実験

縦横高さ 20cm の水槽に 2400g の砂を 5cm の高さまで入れ、800g の水を加えた。参考文献(1)より巨大地震の振幅は 2～3m であることがわかったため、本実験では振幅が 2.45m と想定し、55 分の 1 にスケーリングすることでモデル実験の振幅を 4.5 cm とした。水槽を板の上に置き、板の端が印の位置に重なったときに 1 回とカウントし、1 分間の回数を計測した。震度 5 強を想定して、板上には iPad を置き、加速度計測アプリ (Sonic Tool) を用いて加速度を計測した。そこで加速度が 200gal になるよう調整し、1 分間に 150 回振動すると 200gal となることがわかった。このあとの実験は全てメトロノームの音に合わせて手動で板を振動させている。

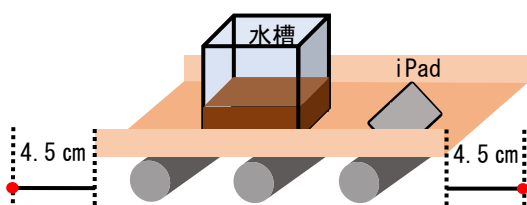


図5 実験の模式図



図6 実験器具の様子

## 吸水性ポリマーの最大吸水量

本実験では吸水性ポリマー10g に 100mL ずつ水を入れて攪拌を続けると、2800mL まで吸収した。吸収できる水の最大量を 2700mL とし、吸水性ポリマー1g が吸収できる水の最大量を 270mL とした。



図7 10gの吸水性ポリマーに2700mlの水を加えた様子

## 実験1

総重量が 2400 g になるように調整しつつ、珪藻土の量が 0g、100g、200g の3つの条件で混合し、水槽を振動させた。

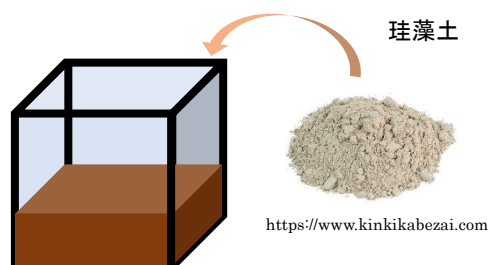


図8 実験1の方法

## 実験2

総重量が2400gになるように調整しつつ、吸水性ポリマーの量が0g、1g、2gの3つの条件で混合し、水槽を混合させた。また追加で吸水性ポリマーが0.1g、0.50g、0.75gの条件でも実験を行っている。

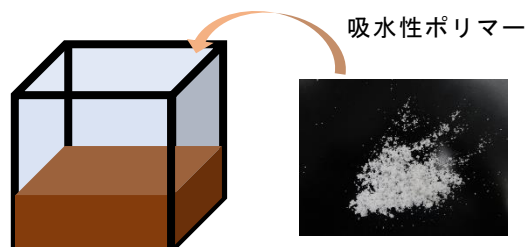


図9 実験2の方法

## 3 実験結果

### 実験1

珪藻土を100g入れた条件では液状化はあったが、200g入れた条件では液状化は起こらなかった。



図10 珪藻土200g

表1 珪藻土の結果

珪藻土	0 g	100g	200g
	×	×	●

×液状化した ●液状化しない

## 実験2

ポリマーを1g加え振動させたとき、液状化は起こらなかった。ポリマー2gを加え、振動させたときも、液状化は起こらなかった。そこでポリマーの量をさらに減らして実験を行った。すると0.1gでも液状化を止めることができた。



図11 吸水性ポリマー0.1gを入れて混合させたときの様子

表2 ポリマーを入れた量と液状化の発生の有無

ポリマー	0g	1g	2g
	×	●	●

ポリマー	0.10g	0.50g	0.75g
	●	●	●

＋液状化した ●液状化しない

## 4 実験3 砂と水の総量と水の割合による液状化発生の有無

### 方法

実験2より吸水性ポリマーは0.1gでも液状化を防ぐことができることが分かった。つまり水800mLのうち、27mL吸水することで液状化を防ぐことができる。そこで砂2400gに750mL加えて振動させ、800mL入れたときと比較した。

## 結果

水800mLでは液状化は起き、水750mLでは液状化は起きなかった。そのため本実験の条件において地盤に対して水の占める質量の割合が25%以上のとき液状化は起きるとわかった。

## 5 実験4 実際の工事での現実的な地盤改良方法の考案

実際のスケールで地盤改良を行う際、本実験の方法のように土を混ぜることは大変である。そのため、地盤に穴をあけて液状化を防ぐ方法について実験した。

### 方法

地盤に直径0.5cmの穴をストローであけ、その中に吸水性ポリマー合計で1g、0.1gを入れた。最初は、地盤の中心に1つ穴をあけ、穴の数を1、4、9個と穴をあけた。

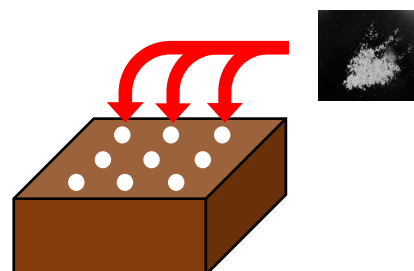


図12 実際の工事を想定した地盤改良法

## 結果

表3 ポリマー1gを入れたときの穴の数と液状化の発生の有無

穴の数	1個	4個	9個
	●	●	●

表4 ポリマー0.1gを入れたときの穴の数と液状化の発生の有無

穴の数	1個	4個	9個
	×	×	×

＋液状化した ●液状化しない

## 6 考察

地盤に対して、水を 25%以上加えると液状化は起き、加える量が 25%未満では液状化は起きなかった。そのため地盤に対して水が 25%未満の状態にすれば、液状化を防ぐことができると考えた。

### 実験 1 にかかる費用

珪藻土、吸水性ポリマーの場合のいずれも 1 m<sup>3</sup> 当たり 1.2 トンの砂を使用している。実際のスケールで液状化を止めるには、珪藻土は 16.4 トンが必要である。また、珪藻土は 1 kg で 600 円掛かるため 1000 万円ほどの費用が掛かると考えられる。

### 実験 2 にかかる費用

実際のスケールで液状化を止めるには、ポリアクリル酸ナトリウムは 0.016 トンが必要である。また、吸水性ポリマーは 1 kg で 6500 円掛かるため 10 万円ほどの費用が掛かると考えられる。

### 本研究と現状の地盤改良法との比較

吸水性ポリマーを利用して地盤改良をする場合、地盤に少量混入するだけで液状化を止めることができる。吸水性ポリマーは珪藻土に比べ吸水量が多いため、工事費用が安く済むと考えられる。それに対して、現状の地盤改良法であるセメントで地盤内に支柱を作る柱状改良工法、地盤にモルタルを注入して地盤内の密度を高める方法などでは、費用は 80 万～1000 万円ほどかかり、工事の期間は 1～10 週間ほどかかる。このように、費用と手間、期間の面から吸水性ポリマーを地盤に混入させる方法は新たな地盤改良法として有効であると考えられる。

表 5 費用と質量の比較

	珪藻土	ポリマー	現在の方法
費用	1000 万円	10 万円	80～1000 万円
質量	16.4 トン	0.016 トン	-

## 7 今後の課題

費用計算の面では珪藻土があまり売られてなく、

壁材としての金額で計算したが、実際は山で掘れるため、より精密な計算が必要であると考えている。また、能登地方の地盤は珪藻土であることが多く、珪藻土の割合が高いときは逆に液状化が起きやすいのではないかを調べていきたい。

実験 2 でポリマーが 0.1 g の時液状化を防げていたにもかかわらず実験 4 で防げなかったため、これからの実験では適切な穴の数や混合するポリマーの量を調べていきたい。

また、実際に液状化現象が起こる場所は、常に水が流れてきているような地形であることが多いと分かったため、その状況を再現したモデル実験をしたい。

## 8 参考文献

- (1) 国立研究開発法人防災科学技術研究所. “9.1地震計の原理.” 防災科研. [https://www.hinet.bosai.go.jp/about\\_earthquake/sec9.1.html](https://www.hinet.bosai.go.jp/about_earthquake/sec9.1.html), (2024-08-23).
- (2) 菅沼史. “戸建て住宅を建てるとき、敷地は何坪くらい必要？平均は？.” コーセーホーム. 2023-05-01. <https://kosei-house.co.jp/blog/7142>, (2024-08-20).
- (3) 北陸地方整備局企画部企画課. “液状化Q&A.” 国土交通省北陸地方整備局. <https://www.hrr.mlit.go.jp/ekijoka/toyama/Q&A.pdf>, (2024-09-04).
- (4) 埼玉県. “建築物の液状化対策について.” 埼玉県. <https://www.pref.saitama.lg.jp/a1106/ekijyouka-taisaku.html>, (2024-10-16).
- (5) 近畿壁材工業. “珪藻土 珪藻土壁やバスマットの原料に使われる原料、珪藻土そのものをパウダー状に粉碎し10kg袋で販売.” 近畿壁材. [https://www.kinkikabezai.com/products/tuchikabe/p\\_tuchikabe-16454/](https://www.kinkikabezai.com/products/tuchikabe/p_tuchikabe-16454/), (2024-10-16).
- (6) 能登珪藻土研究会. “能登はほとんどが珪藻土.” 能登珪藻土研究会. <http://www.noto.or.jp/index.php>, (2024-11-13)