

気泡の流れがクイックサンド発生条件に及ぼす影響

東北学院大学工学部環境建設工学科学生会員 ○嶺岸海斗，本木智大

東北学院大学工学部環境建設工学科フェロー会員 飛田善雄

1. 序論

地震時の天然ガスの上昇が液状化現象に大きな影響を及ぼすという指摘がある。この現象に興味を持ち、気泡の流れが地盤にどう影響するのか、簡単な模型実験を行った。小さな水槽を利用し、仕切り板の両側の水位差を与える簡易的な装置でクイックサンド実験を行った。模型砂地盤の下部から気泡を上昇させ、クイックサンドが発生する条件に対する影響を実験した。

砂地盤の密度、空気発生量の影響、浸透力の大きさに着目して、気泡上昇の影響に関する考察を行った。

2. 液状化現象と被害報告

地震動に伴う液状化現象による被害が多数報告されている。液状化の歴史は古く、方丈記でも記されており、それから約 800 年が経つ。それ以前も、それ以後も液状化は自然現象の一つとして認識されてはいたものの、研究の対象とはならなかった。

昭和 39(1964)年の新潟地震で新潟市の信濃川河口から約 6~7km までの範囲で液状化が発生したが、区域によってその被害に違いがあった。注目すべき事例として、地盤条件がほぼ同じと判断されるのに、液状化被害に大きな差があった区域があった。市中心部に近い住宅地では、ガス採取による地盤沈下が懸念されたために、ガス採取が行われていなかった。しかし、その周辺部ではガス採取が実施された。ガス採取が行われなかった地区は、液状化現象の発生が激しく、地下水や土砂の噴出だけでなくガスも噴出し、液状化発生区域周辺がガス臭いという報告もあった。

地震時の天然ガス噴出による火事の発生がもたらす被害の可能性はこれまでも指摘されていた。しかし、天然ガスの上昇が液状化発生を容易にするという指摘はこれまでない。気泡の上昇が飽和砂地盤の力学的安定性に影響を与えるかどうかの手がかりを得るために、簡単な実験を行うこととした。

3. 気泡上昇がクイックサンドの発生条件に与える影響

気泡の運動が飽和砂地盤の力学的安定性に及ぼす影響を理解するために、2次元流れのクイックサンド実験を簡易な装置を用いて行った。実験観察により確認できる挙動や実験データの傾向から、クイックサンド発生条件に与える影響、どのようなメカニズムで力学的安定性に影響を与えるのかを考察した。

4. 模型作成と実験内容

本研究の実験模型の概要を示す。模型作成時に用意したのは水槽、矢板代わりのアクリル板、エアーポンプである。それぞれ市販のもので小規模の簡単な装置とした。また、空気量を調節するため水の入ったメスシリンダーに 10 秒間空気を送り空気量を計測した。本実験では 384ml/min と 36ml/min に調節し、一定の空気量を放出させ実験を行う。模型の概要を図-1、空気量計測の概要を図-2 に示す。⇒図面に寸法を入れる

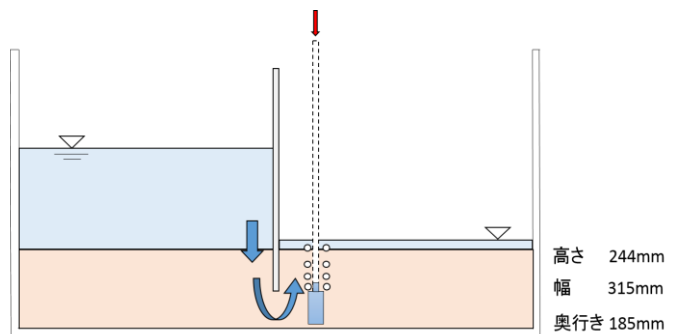


図-1 実験模型の断面図

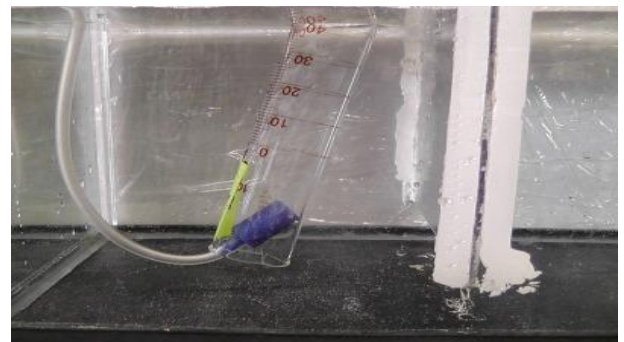


図-2 空気量の計測写真

キーワード：気泡、クイックサンド、液状化、天然ガス

東北学院大学 〒985-8537 多賀城市中央一丁目 13-1, Tel : 022-368-7396

エアポンプを使わず、水位差のみでクイックサンドを発生させる実験を行った。緩い砂地盤($e=0.85$)と密な砂地盤($e=0.65$)を作成し、水位差を与えクイックサンドを発生させ、発生時の水位差を測り破壊時の動水勾配を求める。これらのデータをもとに、クイックサンド発生時の水位差から 80~20%まで、20%きざみで水位を設定し、その水位差を保ったまま、水の流れが上向きとなる下流側から気泡を上昇させ、クイックサンド発生に及ぼす気泡上昇の影響について実験した。

5. 実験結果の概要

いずれの条件でも、ある程度の水位差がある場合には、下流から気泡を継続して発生させると、クイックサンドが発生した。実験結果をグラフにし、図-3 に示した。

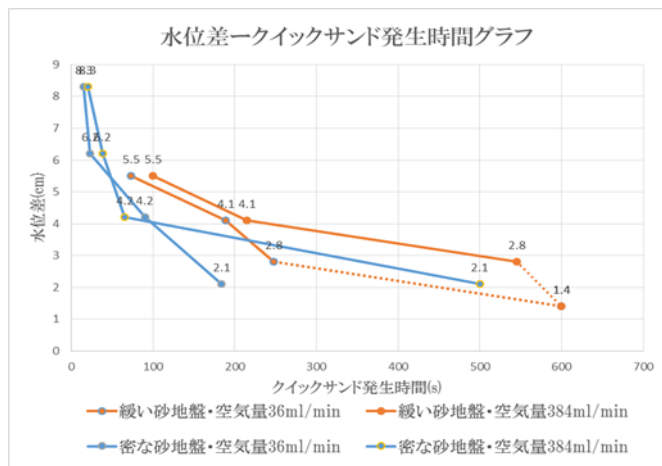


図-3 気泡上昇によるクイックサンド実験データ

図-3 の結果より、実験結果の概要は次のようにまとめることができる。

1) 地盤の密度の影響

緩い砂地盤 ($e=0.85$)と密な砂地盤($e=0.65$)に対して実験を行い、下流から気泡を放出してからクイックサンド発生までの時間による関係を比較した。

緩い砂地盤の場合、水位差が小さい場合には、下流から連続して気泡を上昇させ、しばらくすると上流側でゆっくりと砂地盤の引き込み現象が起こる。上流側の砂地盤が矢板の根入れ先までゆっくり引き込まれ、最終的にクイックサンドが起こった。

密な砂地盤の場合、下流から気泡を上昇させてすぐ、上流側で引き込み現象が発生した。急激に矢板の根入れ先まで一気に引き込まれ、クイックサンドが起こった。

このように、破壊のパターンに砂地盤の密度は影響を与えた。これは、密度が高いと継続している水位差が

高く、浸透力が大きいためと考えられる。

2) 水位差の影響

水位差が気泡上昇時のクイックサンド発生にどんな影響を与えているかまとめる。

どちらの密度でも、水位差が大きい場合は、下流から気泡上昇させると簡単にクイックサンドが発生した。逆に水位差が小さい場合、密度によって多少変化はあるが、水位差が大きい時よりクイックサンド発生まで時間がかかる。また、確認のために、水位差 0cm を条件に実験を行ったところ、気泡上昇させても、密緩どちらも、クイックサンドが起こらない事も分かった。

6. クイックサンド発生に及ぼす気泡の影響に関する考察

気泡の上向き流れが浸透力と同じ方向に力が作用した場合、クイックサンド発生を容易にすることが分かった。水位差が小さい時は水の流れによる浸透力も弱くなるため、クイックサンドが発生する時間が遅れ、緩慢なクイックサンドが起こる傾向がみられる。

この実験の範囲内では、水と気泡が同じ方向に流れる場合、水だけの場合と比較してクイックサンドの発生を容易にするといえる。さらに、動水勾配がない場合に、気泡の上昇だけではクイックサンドは発生しないので、クイックサンド現象は主として浸透力が原因で発生すると考えられる。気泡の上昇が与える影響はあくまで浸透力の働きをアシストする役割をもつものと言える。しかし、動水勾配が小さくてもクイックサンドが発生することを考えると、気泡の上昇が飽和砂地盤の力学的安定性、すなわち液状化の発生を容易にする可能性は否定できないといえる。

5. 結論

ガスの上昇により液状化現象が発生しやすくなるとの指摘を受けて、飽和砂地盤の力学的安定性に及ぼす影響を確認するために、クイックサンド発生におよぼす気泡の上昇の影響を簡単な装置で実施した。本実験の範囲内では、定性的には、気泡の上昇は、クイックサンド発生に影響があるという結果となった。

6. 参考文献

- 堀江博(2017)「地より火出る『地下ガスによる液状化現象と地震火災』 迷宮入り科学解明とパラダイムシフト」 pp.15-190,高文研出版
- e コミュニティプラットホーム(2014)
「1964 年新潟地震オープンデータ特設サイト」
<<http://ecom-plat.jp/19640616-niigata-eq/index.php?gid=10011>>(2014~2016)