

## 液状化発生時における農地の噴砂対策法の立案と検証

木更津工業高等専門学校 学生会員 ○川口勇一郎  
木更津工業高等専門学校 正会員 鬼塚 信弘

## 1. はじめに

液状化対策の研究は一般市民に直接影響の出やすいインフラ施設や建造物が優先とされ、一般市民に直接的な被害の出にくい農地の液状化対策<sup>1)</sup>はおざなりにされがちである。そのため、農地の液状化対策工法は、表土をはぎ取って埋め戻す工法が主流である<sup>2)</sup>。この工法では、噴砂と表土の混合を防ぐことができず、土地によっては、整地した後に塩害が起こる可能性がある。東日本大震災においても、利根川沿い下流域の農地が液状化し、作付けした稲が枯れる被害を受けた<sup>1)</sup>。

本研究では、噴砂を防ぐことに注力し、低コストで行える農地の液状化対策工法を立案し、模型実験を通じて確立を目指すことを目的としている。特に本研究では、静的な状態での水の流れの検証を理論と模型実験の比較により行ったので報告する。

## 2. 農地の液状化対策案

噴砂を防げば塩害は起こらず、その後の被害を軽減できる。低コストを達成するため、液状化対策を噴砂の防止に絞ることと、農地に備わる排水管を活用することが必要だと考えた。考案した液状化対策案は図-1に示す通りである。農地の地下に排水管を、浸透水の排水経路としても使用する方法である。この水田に地震が起こり地下水の過剰間隙水圧が高まると、地下水が地表に向かって浸透する。浸透した水が排水管にたどり着くと、水の浸透しやすい排水管を通り、排水路に排水される。地表に浸透水が到達することなく、間隙水圧を消散できれば噴砂は起こらないという考えである。

## 3. 農地を模擬した模型実験装置の概要

立案した液状化対策工法を確立するために農地の模型実験を行う。図-2に組み立てた模型実験装置(以下模型装置と略す)を示す。ボックスに豊浦砂を入れ農地を再現する。この農地に左上の貯水タンクから水頭差によって過剰間隙水圧を想定した水圧を加

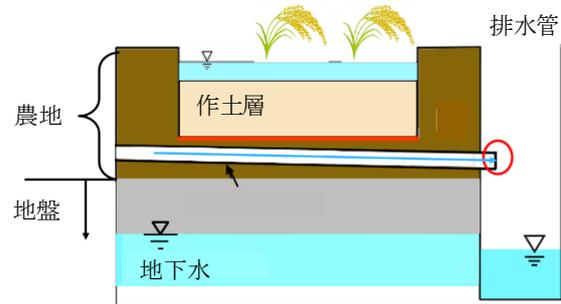


図-1 噴砂対策法

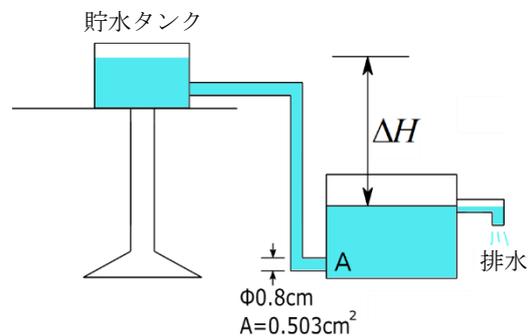


図-2 実験装置概要

圧する。この状態で加振動装置によって地震を起こして液状化した際に、地表に水が噴出することなく排水管から水が排出しきれば成功となる。

模型実験を行う前に模型装置が適切に動作するのか、また、動作を制御できるのかを知るために模型装置を検証する必要がある。検証は大きく分けて静的問題と動的問題の2つに分けられる。静的問題は一定圧力下での水の流れの問題であり、ボックスを水のみで満たしたときの水の流れとボックスに豊浦砂を入れたときの水の流れを確認する。また、動的問題は振動中の水の流れの問題であり、加振動装置による加振力を加えたときの水の流れと加振力と地震力の差異による影響を確認する。

## 4. 模型実験装置の検証

## 4.1 模型装置を水のみで満たした場合

模型装置を水のみで満たしたときの水の流れを計測し、貯水タンクと模型装置の水頭差によって、加圧する圧力を制御できるのか検証を行う。本検証

キーワード 液状化, 農地, 噴砂, 地震

連絡先 〒292-0041 千葉県木更津市清見台東2-11-1 木更津高専 TEL0438-30-4161 E-mail : onizuka@kisarazu.ac.jp

では、圧力を計測するのではなく、排水流量を計測し、圧力へ換算することで補正した。

貯水タンクと模型装置を全て水で満たすと、水の流れは両者の水頭差と損失によって決まる。よって、理論式はオリフィスの流量式に基づいて考え、流量式にホースや排水管などの摩擦損失を考慮した項を加えた。その結果、理論式は次のようになる。

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2g \cdot (\Delta H - H_e)} \quad (1)$$

$C$ : 損失係数      $H_e$ : 損失水頭

水頭差を変化させながら排水流量を計測し、(1)式の損失係数  $C$  と損失水頭  $H_e$  を求める。計測した流量（黒点）及び損失を考慮しない理論流量（破線）は、図-3 に示す。理論流量と計測流量には大きな開きがあったため損失項を求めた。その結果、本模型装置の補正式  $Q$  は

$$Q = 0.5225 \cdot A \cdot \sqrt{2g \cdot (\Delta H - 0.104)} \quad (2)$$

となる

#### 4.2 模型装置を土で満たした場合

間隙水が地表に浸透する速度を把握するため、模型装置に土を敷き詰め水の流れを計測し、浸透水圧と浸透速度の関係を検証した。土は液状化しやすい層を作るため、土の厚さを 20cm、相対密度 40%程度になるように締め固めた。また、浸透水圧は貯水タンクと模型装置の水頭差によって制御し、次の式で算出した。

$$P = \gamma_w \cdot \Delta H' \quad (3)$$

浸透水圧を加圧し間隙水が砂を浸透する時間を計測し、砂の厚さを割ることで浸透速度とした。その結果を図-4 示す。浸透水圧の小さい領域では、浸透水圧と浸透速度には比例関係が認められ、以下の式で表せることがわかった。

$$V = 0.118 \cdot P + 0.0137 [cm/s] \quad (4)$$

(4)式を用いることで液状化した土の間隙水圧が求まれば、浸透速度が求まる。つまり、排水にかけてよい時間が求められ、その時間内に間隙水を排水できる排水管を設置することで液状化を防ぐことができると考えられる。また、浸透水圧の大きい領域は、浸透速度が一定の値に近づいていくことが分かる。これは流速が早く、水の流れが乱流になりダルシー則が成り立たなくなったためと考えられる。しかし、乱流状態の流速の把握は困難であり、安全側となることから(4)式を用いることが妥当である。

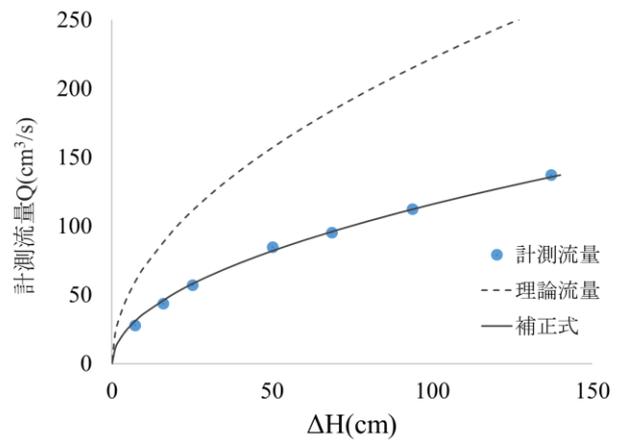


図-3 流量計測結果

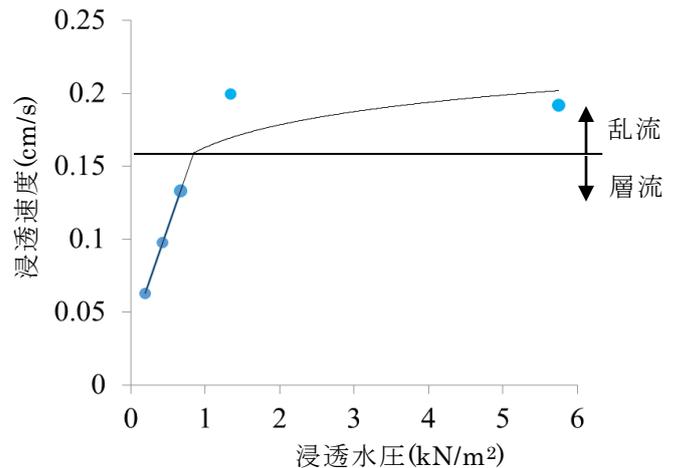


図-4 浸透速度計測結果

#### 5. まとめ

本研究では、農地の利点である併設された排水路を活かし、噴砂の防止に注力することで、低コストで行える液状化対策工法を立案した。また、対策案を確立するために、模型実験装置を作製し、模型実験装置の検証を行った。装置を水で満たした検証から(2)式が得られ、模型装置と貯水タンクの水頭差によって浸透水圧を制御できることを示した。また、豊浦砂の浸透水圧と浸透速度の関係を示し、間隙水圧から浸透速度を求められることを示した。これらの結果より、排水管による間隙水の排水実験が実施できることが示され、今回立案した液状化対策工法の模型実験の実施に前進した。

#### 参考文献

- 1) 浅野勇, 他, 平成 23 年(2011 年)東北太平洋沖地震による利根川下流沿岸域の用排水路等の被害と特徴, 農林工学研究所 213 号 pp.145~173, 2012 年 5 月
- 2) 千葉県農林水産部農林水産政策課, 農地液状化状況 <http://www.maff.go.jp/j/heya/tenzi/1303/pdf/tiba01.pdf>, 2016 年 12 月 8 日参照