

# 液状化に係わる被害のメカニズムと名称を考える委員会

液状化 地震被害 地震

関東学院大学 国際会員 吉田望

## 1. はじめに

液状化は、1964年のアラスカ地震、新潟地震で大きな被害が発生したことから、注目を浴びるようになり、液状化に関する研究もこれらの地震を契機として本格的にはじまった。その後も、地震のたびに液状化被害が発生している。これは、地盤は人工物ではないので加工することが難しいこと、また、埋立地などでは十分な液状化対策を行わずに作られることも多いなどが原因と考えられる。最近では液状化という用語は広く一般に知られる用語となっている。

例えば、北米では過剰間隙水圧が発生して生じる被害をすべて液状化としている<sup>1)</sup>。確かに、一般向けには液状化が原因で被害が発生したという表現は分かり易い。液状化による被害といっても色々なものがある。例えば、1983年日本海中部地震を契機として発見され数 m におよぶ大きな地盤の水平変位を発生される現象（後に、液状化に伴う流動と呼ばれるようになった<sup>2)</sup>）、構造物直下の地盤のように有効応力が 0 にはならない現象、液状化層の上部に水が貯まる現象、最近では、2018年北海道胆振東部地震の際の札幌市里塚の被害、2018年インドネシア・スラウェシ島地震による大規模な流動被害などを見ると過剰間隙水圧が上昇したということはあるかもしれないが、被害のメカニズムは異なるように思える。工学者として、なるべく発言が正しく受け取られるようにするには、これら異なる被害のメカニズムに対して異なる名称を付けるのがよいと考えられる。

本委員会では、被害に着目し、そのメカニズムを整理・分類し、必要があれば、それぞれの被害のメカニズムにたいして分かり易い名称を付けることを目的として発足したものである。なお、コロナによる外出自粛の影響などもあり、半年ほど委員会が開催できない時期があり、今期は十分な活動ができていない。

## 2. 委員会構成

本委員会は、委員長・吉田望（関東学院大学）、幹事・平松登史樹（基礎地盤コンサルタンツ）および石川敬祐（東京電機大学）、顧問・石原研而（中央大学）をはじめ、全体で 18 名の委員と 1 名のオブザーバーで構成されている。委員とその所属は、次の通りである。

加藤一紀（大林組）、石川明（清水建設）、笹岡里衣（鹿島建設）、大矢陽介（海上・港湾・航空技術研究所）、沢津橋雅裕（電力中央研究所）、安達夏紀（竹中工務店）、清田隆（東京大学）、三上武子（基礎地盤コンサルタンツ）、安田進（東京電機大学）、菊本統（横浜国立大学）、原田健二（不動テトラ）、飛田善雄（東北学院大学）、澤田純男（京都大学）、加藤謙吾（佐藤工業）

## 3. 活動報告

前述のように、コロナによる外出自粛の影響で、今期は 10 月 6 日に 1 回委員会を開催したのみである。前回支部大会以降の委員会の活動は次の通りである。

### ○第 3 回委員会（2020 年 1 月 29 日）

話題提供：二つの関連する発表があった

Effect of liquefaction duration on progressive failure of sandy ground under 2-D biased load of structure （石川明委員）

礫質土の動的挙動に関する検討 （笹岡里衣委員）

委員会活動：各自で文献調査などにより各種の液状化のメカニズムに関連した事例を集める

### ○第 4 回委員会（2020 年 10 月 6 日）

話題提供：二つの関連する発表があった

北米における液状化による流動の設計法 （加藤謙吾委員）

盛土を支持する岩ずり埋立地盤の液状化特性に関する遠心力模型実験 （加藤一紀委員、沢津橋雅裕委員）

委員会活動：液状化のメカニズムを記述した図書等の調査、および液状化メカニズムに関する調査の途中経過報告

#### 4. 液状化の定義（メカニズム）に関する調査

ここでは、まず、液状化がなぜ発生するかという、液状化の定義の調査結果を示す。これは、液状化に関するメカニズムのうちでも最もキーとなる用語用語である。調査したのは、92 の図書、設計指針、報告書などである。スペースの都合で、対象図書等はここでは省略し、委員会報告で紹介する予定である。なお、設計指針などでは液状化は既知の現象として捉えていて、定義が無いものも多く、これらは調査数には入れていない。これらによれば液状化の定義は表 1 に示す 4 つにわけることができる。

表 1 液状化の定義

番号	メカニズム	数
①	ダイレイタンスーにより、体積が減少→非排水なので、体積が減少できない→（荷重を支えるために）過剰間隙水圧が発生→有効応力が減少	66
②	粒子間のかみ合わせが外れる→粒子が間隙水中に浮き、有効応力が減少→全応力を支えるために過剰間隙水圧が発生する。	22
③	クイックサンド、ポイリング	3
④	上向き浸透流	3

表に示すように、①を採用しているものが圧倒的に多い。これは、液状化研究の先駆者である Seed の論文<sup>3)</sup>によるところが大きいと考えられる。彼は、次の様に書いている。

The cause of liquefaction of sands has been understood, in a qualitative way, for many years. If a saturated sand is subjected to ground vibrations, it tends to compact and decrease in volume; if drainage is unable to occur, the tendency to decrease in volume results in an increase in pore-water pressure, and if the pore-water pressure builds to the point at which it is equal to the overburden pressure, the effective stress becomes zero, the sand loses its strength completely, and it develops a liquefied state.

しかし、この説明ではなぜ過剰間隙水圧が発生するのが十分説明されていない。著者の一人は、「負のダイレイタンスーにより体積が減少しようとして水に圧縮力を加えるため、間隙水圧が増加。その反力として土骨格は水から引張力を受け有効応力が減少する。」というメカニズムを考えたことがある<sup>4)</sup>。

一方、②は砂が粒状体であるという捉え方である。液状化のメカニズムの説明でも、砂粒子が間隙水の中に浮いているような説明図が多く用いられるが、これと対応している。このように考えると、②のメカニズムがより実際に近いと考えられる。しかしながら、連続体の考えではこのメカニズムは説明できない。

すなわち、①、②の違いは、連続体と捉えるか、粒状体と捉えるかの違いと考えられる。連続体として捉えてしまうと、粒子が間隙水中に浮くというような現象は考慮できない。なお、よく液状化のメカニズムとして現れる土粒子が間隙水に浮いているようなポンチ絵は間違いで、粒子がそれほど大きく動くわけではない。ただし、粒子間応力が減少してくるので、粒子間に力が作用しなくなる<sup>5)</sup>という意味では、間違いではない。

なお、調査に際してもう一つ気になったのは、メカニズムの部分は引用文献なく記述されているものが大部分であった。これは、液状化のメカニズムが文献を引用するまでもなく常識という事であろうが、必ずしも、引用文献なしで説明してよいとは考えられない。

#### 5. まとめ

液状化に係わる被害のメカニズムと名称を考える委員会の本年度の活動を紹介した。コロナによる外出自粛の影響で少し遅れているところがあるので、ピッチをあげたいと考えている。

#### 参考文献

- 1) Committee on earthquake Engineering, Commission on Engineering and Technical Systems, National Research Council: Liquefaction of soils during earthquakes, National Academy Press, 1985
- 2) 安田進：講座をはじめに於て、講座：液状化に伴う地盤の流動と構造物への影響、土と基礎、Vol. 47, No. 5, pp.53-54, 1999
- 3) Seed, H.B. and Lee, K.L.: Liquefaction of saturated sands during cyclic loading, Proc, ASCE, Vol. 92, No. SM6, pp. 105-134, 1966
- 4) 吉田望：砂地盤の液状化、知っておきたい地盤の被害—現象、メカニズムと対策—、地盤工学会、pp.107-151, 2003
- 5) 吉田望、永瀬英生、三浦均也（1999）：講座・液状化に伴う地盤の流動と構造物への影響、地盤の流動化に伴う発生のメカニズムと解析法（その1）、土と基礎、Vol. 47, No. 8, pp.47-52