

震災フォーラム

第2回『液状化』

兵庫県南部地震とそれに伴う阪神・淡路大震災では、従来の学問上、技術上の蓄積だけでは解明できない種々の現象が生じました。これらの現象や必要な設計、工法などについては、専門家の間でも見解の大きく分かれているところでは、観測された事実・データ等を公にし、諸見解を戦わせて真理の究明にあたるのが、土木学会の緊要な使命であると考えられます。そこで、学会誌では11月号より毎月テーマを設定して、現象の解釈や提案を簡潔にまとめて誌上討論する場を設けることに致しました。各専門分野でのより精密な研究の発表は、学術講演会や学会論文集に委ねなければなりません。学会誌では、ここに出される知見が、各分野での研究の契機となるとともに、各テーマの専門外の土木技術者にも共有され、広い視野からの洞察に資することを目的としています。

(土木学会誌編集委員会)

神戸の埋立土は液体のようになったのだろうか

正会員 基礎地盤コンサルタンツ(株) 技術本部技術部長 森田 悠紀雄 Yukio MORITA

阪神・淡路大震災では、阪神地区の臨海埋立地にて広範囲に大規模な「液状化」が発生したとマスコミは報じている。また、関連学会の報告会などでも、盛んに「液状化」という言葉が氾濫している。

ポートアイランドや六甲アイランドで、本当に埋立土は液体のようになった(液状化)のだろうか。何を根拠に液状化が発生したと言えるのか、筆者は疑問符を投げかけたい。

確かに、多くの埋立地では地表面のクラックから噴砂(礫や泥土を含む)の発生を見た。

噴砂を見れば、液状化が生じたと断定してもよいのだろうか。

土質工学標準用語集(平成2年版)では「液状化」に関して、「飽和した緩い砂が地震などの繰返しせん断力を受けることによって、粒子間のかみ合わせがはずれ、粒子が間隙水の中に浮いた状態となる現象。(後略)」と解説している。他方、たとえば石原(「動土質力学の基礎」1976年)や吉見(「砂地盤の液状化・第二版」1991年)の著書では、上向きの浸透力によって砂がせん断強さを失って吹き上がる「ポイリング」現象も、「液状化」の一種であると解説している。地盤工学会基準にある液状化試験法は前者に対応する試験であろう。

地震によって過剰間隙水圧が上昇したことをもって「液状化」と呼ぶのであれば、神戸の人工島では広範囲に液状化が発生したことになる。しかし、用語集にあるような土粒子が水に浮くような液状化が広範囲に発生したのだろうか。新潟地震などで多く見られた噴砂孔や、地表面の激しい凹凸は、淀川河口の左岸堤防などの一部を除いて、今回の地震ではほとんど見られず、埋立地の噴砂は地表面に発生したクラックや、地下水面以深まで打設された構造物に接する箇所が発生している。

埋立地の地盤高が平均海水面から4~6mと高いことから噴砂孔が発生しなかった可能性もあり、「噴砂孔がないから完全液状化を起こしてない」とはもちろん断定できない。

噴砂の発生を確認できることから、埋立層に過剰間隙水圧が発生したことは事実である。問題は、その過剰間隙水圧がどの程度上昇したかである。液状化試験のように、有効応力がなくなるまで上昇したのだろうか。

最近の遺跡調査では、しばしば地震によって生じたと判断される地割れ跡が発見されており、噴砂跡が発見されて「砂礫層も液状化した」と報じられることがある。

1988年に実施された琵琶湖の針江浜遺跡では、

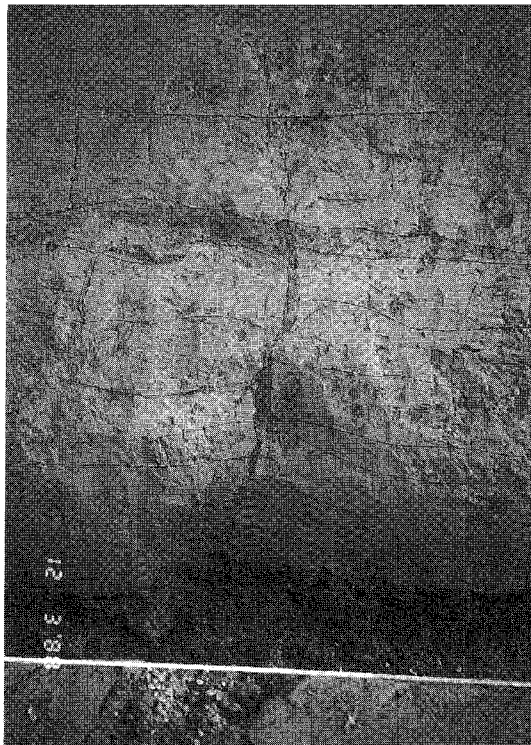


写真-1 針江浜遺跡掘削側面の噴砂跡

粘土層には多くのクラックがあり、そこには噴砂の跡が発見されたと報じられた。写真-1は噴砂跡が確認された掘削側面である。下部の砂礫層(N値≒15)を覆う粘性土層にクラックが発生し、その割れ目に沿って砂が吹き上がり、その当時の湖底面(写真中段付近)にて水平に広がった様子が見受けられる。砂礫層は被圧帯水層であり、それを覆う難帯水層にクラックが発生すると間隙水は

必然的にクラックを通して上昇する。土質工学用語では、これに最適の言葉はないが、敢えて申せば、「パイピング現象」と呼ぶのが妥当であり、「液状化」とは使い分けるべきであると筆者は考える。

今回の地震で多く見られる埋立地の噴砂に関して筆者は以下のようなストーリーを考えてみた。

「緩い締めりの埋立層に大きい力が加わって負のダイレタンシーが発生し、その結果として過剰間隙水圧が一時的に上昇した。しかし、地盤に粘着力があったためか、あるいは、土被り圧が大きかったこともあって過剰間隙水圧の上昇が土粒子を完全に浮き上がらせるまでは至らなかったために“完全液状化”は発生せずに終わった。その後、上昇した過剰間隙水は、地中に発生した割れ目や地中構築物の側面に沿って上昇し、このパイピング現象によって地表面まで噴砂を運ぶことになった」

上述の見解は、埋立地の護岸構造物が大きく変位した原因に関連した見解ではないことを断っておく。

阪神・淡路大震災に関する調査研究が始まったばかりの段階で、地中で何が起こったかを断定することは早計である。ボーリング調査や数値解析的な研究が先行しているようであるが、筆者は現場で地下水面以深まで試掘して、地盤がどのようなものか、目で見る調査を実施することが重要であると考えている。

終わりに、「液状化」という言葉の定義を学会として、もう少し明確にすることを望みたい。

■ 地盤変状は液状化だったのか？

正会員 東洋建設(株) 鳴尾研究所 三宅 達夫 Michio MIYAKE

「液状化」の説明として、土質工学用語事典には「間隙水圧が上昇して有効応力が減少する結果、飽和砂質土がせん断強さを失うことを液状化という」とある。一般の人達にも馴染み深くなったこの言葉は、使う人によってその解釈はまちまちではなかろうか。用語としては、「完全液状化」「不

完全液状化」「側方流動」「軟化」などの用語が乱れ飛んでいる。これらは力学的に個別的な現象ではなく、言葉の氾濫はあらぬ誤解を招く元だと筆者は感じている。マスコミのセンセーショナルな報道により、液状化の発生、即、被害との認識を与えていることも否定できない。液状化の発生は