

III—35

阪神・淡路大震災における液状化現象についての一考察

秋田大学 学生員 ○福岡政弘
” 正員 及川 洋

1. はじめに

1995年1月の阪神・淡路大地震では、神戸の臨海埋立地およびポートアイランド、六甲アイランドの二つの人工島で広範囲にわたって地盤災害が発生した。この状況はマスコミをはじめ関連学会の報告会などでも「地盤の液状化」と言う表現を用いて発表された。

液状化は今日まで、それが最初に大きく問題となった新潟地震(1964年)の液状化との比較で論議されてきた。新潟地震の液状化は均質な中粒砂層に発生し、これが液状化を起こす土質材料の定説となっていた。しかし、今回の地震では、それまでは液状化するはずがないと思われていた粒径2mm以上の礫分を多量に含むマサ土の埋立地盤でも発生した。また、これまでの知識だけでは説明しきれないような種々の現象も生じた。そのため、今回の地震における地盤災害は従来の定説を越えた液状化現象に起因しているのではないかという推測や、基本的には従来の液状化メカニズムの範疇の現象とする考えなど、意見の分かれている状態である。もちろん、その解明は今後の調査、研究にまたねばならず、安易な推測や結論を出せる状態にはないが、ここではこれまでに報告されている多くの研究者のリポートを通して、今回の地震の液状化現象について若干の検討を試みたい。

なお、本文でいう液状化現象とは、繰り返し応力等による過剰間隙水圧の上昇に起因した地盤の支持力（有効応力）の低下（軟弱化）現象だけではなく、上向きの浸透水流の発生に起因した地盤構成材料のボイリングを伴った現象を液状化とし、ボイリング現象を伴わないものは除外している。

2. 今回の地震における液状化現象の特異性

今回の地震における地盤の液状化現象を検討する上では、先ずもって、それが過去の地震における液状化現象とどのように違うのかを明らかにしておく必要がある。これまでの調査、報告によれば、それらは次のように要約されよう。

- (1) 液状化材料の特異性：ポートアイランドの埋立土（マサ土）は平均粒径が0.2mm～8mmと相当大きく、かつ、礫分含有量が15～65%、シルト分含有量3～35%と粒度配合が良好で、一般的には締め固まり易く、静的には安定した材料であることが知られている¹⁾。これらは現行の基準では液状化の検討を要しない材料として取り扱われてきた。
- (2) 積砂孔・積砂丘の特異性：積砂孔からの積砂というよりは、地表面に発生した地割れ（クラック）からの積砂が多く見られている²⁾。また、噴水量が異常に多かったこともあってか、過去の地震で多く見られたようないわゆる富士山のような形の積砂丘はあまり報告されていない。
- (3) 積石現象：直径20cm以上の礫も噴出している³⁾。
- (4) 異常な沈下量：積砂、積石の土量に比べて沈下量が極めて大きい⁴⁾。現時点では最大70cmの地盤沈下が報告されている⁵⁾。
- (5) 異常な噴水量：ポートアイランドでは津波かと思われるほどの異常な量の水で、その約50%が覆われた⁶⁾。
- (5) 浮き上がり現象の特異性：過去の地震の際に多く見られたマンホール等の構造物の浮き上がり現象

は殆ど認められていない。確認できたのは、深さ 7m の貯水槽が約 80 cm 地表面に突出した一例のみである⁷⁾。

- (6) 液状化発生の時間的遅れ：今回の地震での液状化は空が明るくなってから、つまり05時46分の本震のかなり後になって多く目撃されている⁸⁾。

3. 今回の地震における液状化現象の考察

ここでは、上記した特異性のうち、液状化発生の時間的遅れに注目して今回の液状化現象を検討してみる。

1983年の日本海中部地震の際には、「電線は大きくゆれて地面には細かい亀裂が入り、そこから水がにじみ出るようになり、地面がブヨブヨになった」という報告例⁹⁾が示すように、一般に、地震と液状化の間にはそれほど大きな時間差はない。しかし、今回の液状化は地震動が治まってしばらくした後に多く目撃されているという⁸⁾。小野³⁾のレポートにも、地震発生から3～4分後に「ザー」という音響とともに外周道路は洪水状態になったという住民談が報告されている。もちろん、本震終了から最初の液状化現象発生までの時間を測定した人はいないであろうから、本当にタイム・ラグがあったのか、また、それが正確にどの程度だったのかなどは知る由もないが、もし、十分なタイム・ラグがあったとするならば、前記した液状化現象の特異性のいくつかはある程度説明できそうである。すなわち、粒度配合も良かったマサ土による埋立土は本震では液状化を起こさず、むしろ、正のダイレイタンスによって緩詰め状態になった。また、その時に発生したサクシオンによって、膨らんだ間隙には多量の水を吸水し、かなり軟弱な状態になった。その際、本震の大きさからして、地表面には地割れ(クラック)やそれに類するものが並行して同時に発生した。このような状態の地盤に対して、震度4の余震が4回(05時49分、05時52分、07時38分、08時58分)襲い、これによって地盤はボイリングを伴う液状化を起こしたという推測である。もちろん、本震は高速道路の橋脚さえ押し曲げるほどの激震であったから、それだけでマサ土が液状化することは十分考えられる。しかし、本震で液状化したとすると、多量の噴水現象のもととなった水はどこから来たのかという疑問と、タイム・ラグ現象が上手く説明できないもどかしさが残る。一方、上記したような余震で液状化したと仮定しても、噴出土砂量に比べて沈下量がなぜ極端に大きかったのか、あるいは巨大な噴石が生ずる程のボイリングがあったのに、なぜマンホール等の地中構造物の浮き上がり例が極端に少なかったのかなどは上手く説明できない。今回の地震による地盤災害が本当にボイリングを伴う液状化のみに起因したものを含めて、謎の多い現象である。

参考文献

- 1) 石原研而・安田進・原田健二：阪神淡路大震災特集(第4回)－土質特性と地盤の挙動－、土木学会誌、Vol.80, No.7, pp.50-53,1995.
- 2) 森田悠紀雄：阪神淡路大震災特集(第9回)、土木学会誌、Vol.80, No.12, pp.33-34,1995.
- 3) 小野諭：阪神淡路大震災特集(第9回)、土木学会誌、Vol.80, No.12, p.35,1995.
- 4) 高橋嘉樹：阪神淡路大震災特集(第9回)、土木学会誌、Vol.80, No.12, p.35,1995.
- 5) 森本徹：港湾地区における液状化被害の特徴、地盤から見た阪神大震災緊急報告会資料、全国地質調査業協会連合会、pp.96-105, 1995.
- 6) 岡二三生：阪神淡路大震災特集(第9回)、土木学会誌、Vol.80, No.12, pp.39-40,1995.
- 7) 三宅達夫：阪神淡路大震災特集(第9回)、土木学会誌、Vol.80, No.12, pp.34-35,1995.
- 8) 浅岡顕：阪神淡路大震災特集(第9回)、土木学会誌、Vol.80, No.12, pp41-42,1995.
- 9) 日本海中部地震被害調査報告書：(株)応用地質調査事務所、1984.