

III-208

1987年12月17日千葉県東方沖地震における液状化による噴砂の粒度特性

飛鳥建設㈱ 正会員 ○森 伸一郎 滝本 幸夫 正会員 長谷川昌弘

1. はじめに

1987年12月17日11時08分に発生した千葉県東方沖の深さ58kmに震源をもつ $M_J=6.7$ の地震では、主に千葉県の広い範囲にわたり液状化が生じた。しかし液状化の規模としては小さく、直接それによる被害はほとんど見られなかった。我々が現地調査で噴砂を確認した液状化発生地点は30地点である。¹⁾文献1で物理試験結果についてはすでに報告したので、ここでは、噴砂の採取位置を明らかにしたうえで噴砂の粒度特性について報告する。

2. 液状化発生地点

我々が、確認した液状化発生地点を他機関の調査結果^{2) 3)}と併せて図-1に示した。液状化はほとんどが沖積低地で発生し、地形的には海岸埋立地が圧倒的に多く、砂丘、河川堤防、後背地等がそれに続いている。

3. 噴砂の調査と試料の採取

調査において多くの噴砂の試料を採取した。噴砂試料の採取に当たっては、図-2に示すように、原則として噴砂口に近い噴砂丘中腹部から採取した。また、噴砂丘のひろがり径($D1$, $D2$)と高さ(H)および噴砂口の径($d1$, $d2$)と深さ(h)を測定した。1, 2は長径短径に対応する。ほとんどの噴砂が $H=1\sim15\text{cm}$ 、 $D1=0.3\sim20\text{m}$ であり、特に噴砂量の少ないものについては、採取時に地表の砂が混入しないよう細心の注意を払った。地表の砂やれきが微量でも混入すれば粒度特性が大きく異なるからである。試料は採取後速やかにビニール袋に入れ密封した。なお、噴砂は21地域から92試料採取した。

4. 噴砂の採取位置による粒度特性の違い

4つの噴砂地点において、噴砂口の内外あるいは噴砂丘の内外で試料を採取した。図-3に、我々が確認した内最大の直径深さを持つ市原市八幡海岸の噴砂の、噴砂口の内部と外部（噴砂丘中腹部）とから採取した試料の粒径分布を示す。内部の試料は外部のそれに比べて細粒分が極めて多く、粘土分が約20%もある。これは、噴砂口の内部の表面近くから採取したものであり、噴出終了後の砂の混濁水中での沈澱の際、細粒分ほど遅く沈降したためであると考えられる。

さらに、図-4、図-5にそれぞれ袖ヶ浦町南袖北部、木更津市新田の噴砂の噴砂口の内部と外部とから採取した試料の粒径分布を示す。先の例とは異なり、まったく差異はない。また、図-6に袖ヶ浦町南袖南部の噴砂の噴砂丘の内側（噴

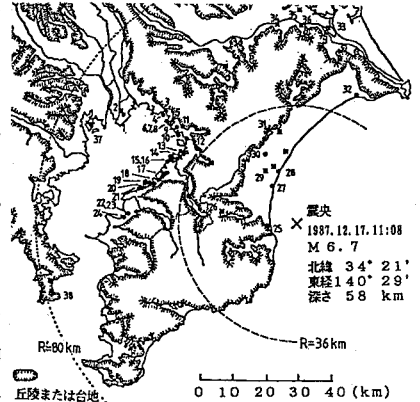


図-1 液状化発生地点

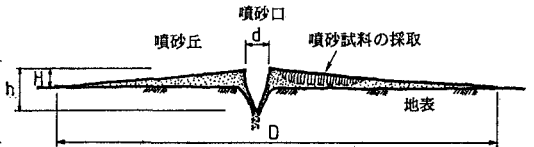


図-2 噴砂試料の採取位置（原則）

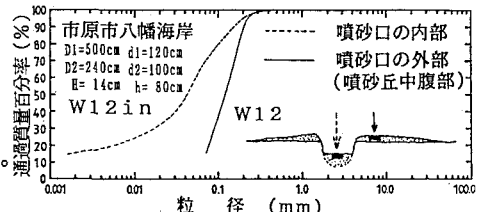


図-3 噴砂口の内部と外部の粒径分布の比較

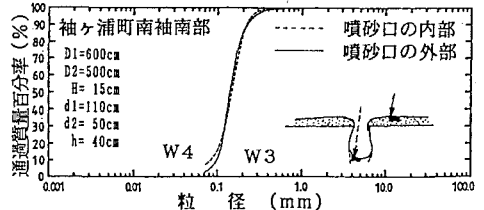


図-4 噴砂口の内部と外部の粒径分布の比較

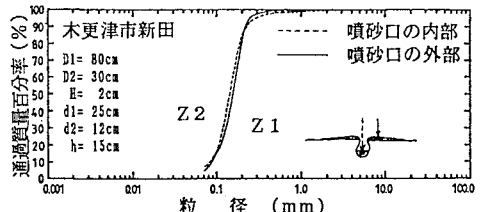


図-5 噴砂口の内部と外部の粒径分布の比較

砂口より10cm）と外側（噴砂口より200 cm）とから採取した試料の粒径分布を示す。この例でも採取位置による粒度特性の違いは見られない。

このような調査例としては、1968年十勝沖地震の際の函館市七重浜での調査⁴⁾などがあるが、今回の調査からは、大きな噴砂口内部に沈澱した砂試料を除けば、試料採取位置による粒度特性の違いはないと言える。

5. 噴砂試料の粒度特性

図-7にすべての噴砂試料の粒径加積曲線を示す。全体的にシルト分の多いことがわかる。今度の地震における噴砂の粒径分布の範囲を他の地震と比較したものを図-8に示す。1983年日本海中部地震の範囲は文献5と6を基に描いた。他の2地震と比較して、今度の地震における噴砂には細粒分の多いことが特徴的である。また、均等係数も大半は2~4であり均一な砂である。新潟地震の噴砂の範囲⁷⁾と併せて示す。海岸埋立地の噴砂には全般的にシルト分が多く、粒径の大きなものでも新潟地震の噴砂のほぼ下限に等しく、小さいものでは場所により異なるが細粒分が20~97%もある。細粒分が35%以上あるものは9地点20試料に及ぶ。千葉市高洲、市原市姉崎、袖ヶ浦町中袖、木更津市塩浜ではシルトに分類されるもの ($D_{50} \leq 0.074\text{mm}$) もある。

一般に、細粒土は液状化しにくいと言われているが、低塑性の細粒土は液状化強度が低いという研究結果⁸⁾⁹⁾から判断すると、噴砂が液状化層の特性と一致するかどうかの議論は残されているものの、海岸埋立地においては、噴砂の感触がいずれもさらさらとしており、液状化層が細粒土であったとしても低塑性であるために液状化し易かったものであると推察される。

また、粘土分含有率の液状化に及ぼす影響については解明されていない。そこで、噴砂の粘土分含有率について見てみる。図-9に沈降分析を実施した試料の細粒分含有率と粘土分含有率の関係を示す。やや右上がりの相関があるようであるが明瞭ではない。いずれの試料も粘土分は10%以下であり、ほとんど4~8%の範囲である。

今後は、噴砂と液状化層の関連を調査し、埋立地の細粒分を多く含む砂の粒度特性、コンシステンシー特性、液状化特性を研究する必要があると考えている。

最後になりましたが、調査に当たり現地では多くの方々にお世話になった。当社技術研究所の境野典夫氏、佐野公彦氏には土質試験で協力を頂いた。記して感謝致します。

参考文献 1987年12月17日千葉県東方沖地震における液状化による噴砂の粒度特性

- 1) 森伸一郎, 滝本孝夫, 長谷川昌弘: 1987年12月17日千葉県東方沖地震における液状化調査, 第23回土質工学研究発表会講演概要集, 1988. 6.
- 2) 栗林栄一, 龍岡文夫, 吉田精一: 明治以降の本邦の地盤液状化履歴, 土木研究所要報第30号, 1974. 12.
- 3) 佐々木康: 千葉県東方沖の地震 (62.12.17) の調査速報, 土木技術資料, Vol. 30, No. 1, 1988. 1., pp47~55
- 4) 土質学会地震調査委員会: 1968年十勝沖地震による地震被害調査概報, 土と基礎, Vol. 16, No. 9, 1968.
- 5) 土木学会日本海中部地震被害調査委員会: 1983年日本海中部地震被害調査報告書, 1986. 10.
- 6) 応用地質調査事務所: 1983年5月26日日本海中部地震被害調査報告, 1984. 1.
- 7) Seed, H.B., Idriss, I.M.: Analysis of Soil Liquefaction; Niigata Earthquake, J. of Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol. 93, No. SM3, 1967
- 8) 古閑潤一, 石原研而, 藤井光久: 細粒分を含む砂の三軸液状化試験, 第21回土質工学研究発表会講演概要集, pp. 595~596, 1986. 6.
- 9) 石原研而, 川瀬泰裕, 安部友則: 低塑性シルトの液状化強度特性, 第14回土質工学研究発表会講演概要集, pp. 645~648, 1979. 6.

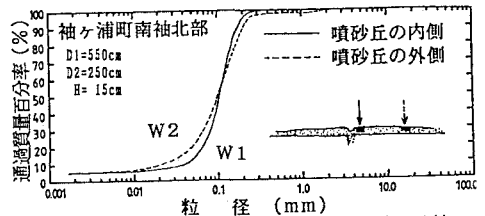


図-6 噴砂丘の内側と外側の粒径分布の比較

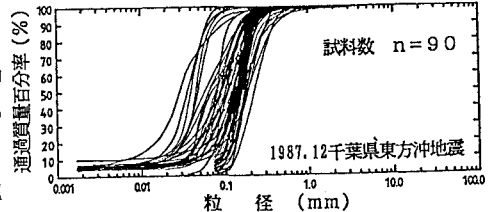


図-7 噴砂全試料の粒径加積曲線

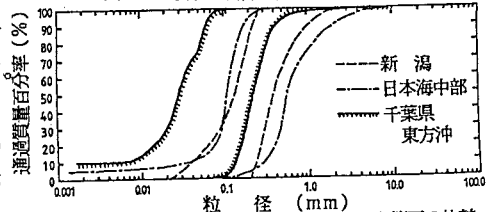


図-8 各地震における噴砂の粒径分布範囲の比較

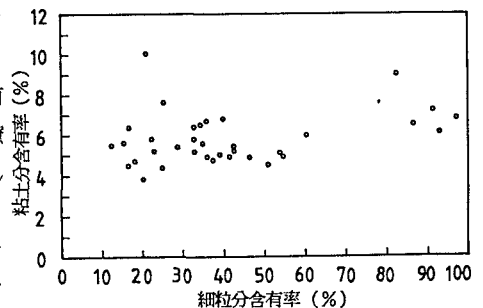


図-9 噴砂の細粒分含有率と粘土分含有率の関係