

III-A 144 1995年兵庫県南部地震の液状化地点における掘削調査と砂脈の物理的性質

飛島建設 技術研究所 正会員 沼田 淳紀  
 飛島建設 技術研究所 正会員 森 伸一郎  
 国立環境研究所 正会員 陶野 郁雄  
 日本大学 文理学部 遠藤 邦彦

1. はじめに

噴砂と砂脈・液状化層の物理的性質の一致性等を検討する目的で、1995年兵庫県南部地震で液状化した地点において、地震後約1年経過した1996年3月に掘削調査を行った。今回の調査では液状化層への到達を明瞭にはできなかったが、砂脈の状況を調査することができた。ここでは調査の一部について報告する。

2. 調査位置と周囲の状況

掘削調査地点は、神戸市灘区の海岸埋立地である。調査位置を図-1に、調査位置の拡大図を図-2に示す。図-2には、現地調査に基づき1996年3月時点における亀裂状況、噴砂の分布状況も示した。調査地点の南側に位置する岸壁は、海側へ傾斜し約3.2m（亀裂幅の累計）海側へ移動し、岸壁の背後は1m以上沈下し水没していた。背後地には岸壁に平行な亀裂が幾筋も生じていた。噴砂は、岸壁付近では地表面に認められず、岸壁から20m以上離れた地点で認められた。

トレンチ掘削は、図-2に示すT1～T3の3地点で行った。T1とT3はトレンチ面の一部が亀裂に沿うように、T2は亀裂を横断するように掘削を行った。T1とT2地点には地表面に噴砂が堆積していたが、T3地点には堆積していない。トレンチ深さは、深いところで2.4mであり、液状化層と考えられる層も認められたが、明瞭には液状化層を断定できなかった。3つのトレンチではいずれも表層に鉄屑層が1.0～1.2m程度あり、特にT1とT3の掘削にはブレーカを必要とするほどの強度を持っていた。地下水位は、潮の干満の影響を直接受け1日に1m程度（おおよそGL-1m～-2m）変化した。

3. 砂脈断面状況

図-2に示したT3の矢印部分の砂脈の断面図を図-3に示す。

砂脈は、上端面から10cmにラミナが認められる砂層があり、その下位に粗礫が堆積していた。その下位には上から粘土、シルト、砂と明らかに土粒子が分級した層があった。この深さまでは灰色系の色調であるが、その下位（GL-120cm以深）には茶色系のまさ土質の砂層がGL-150～160cm程度まであり、直径数cm程度の礫も認められた。さらにその下位には灰色系の粗砂が堆積していた。このように、深度により色調が異なったり、粒径の分級が不連続であったり、粘土やシルトが堆積している砂脈は、T1やT2のトレンチの砂脈内でも認められた。

砂脈の上部15cmまでの砂層と礫層は、その下位が粘土となり分級が不連続になること、上部の砂層にはラミナが認められることから、粘土層の上面を境にそれより下位が堆積した後に堆積した二

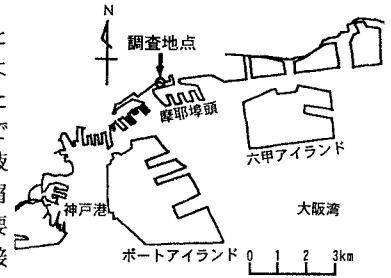


図-1 調査位置

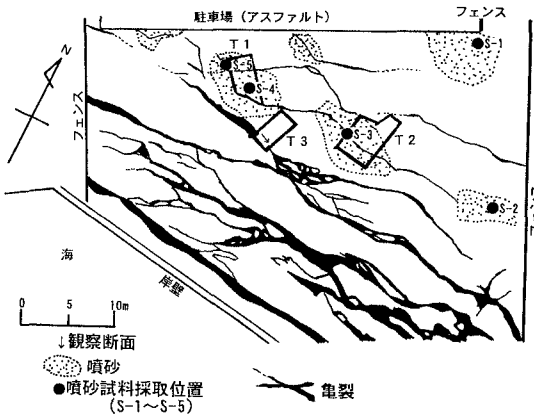
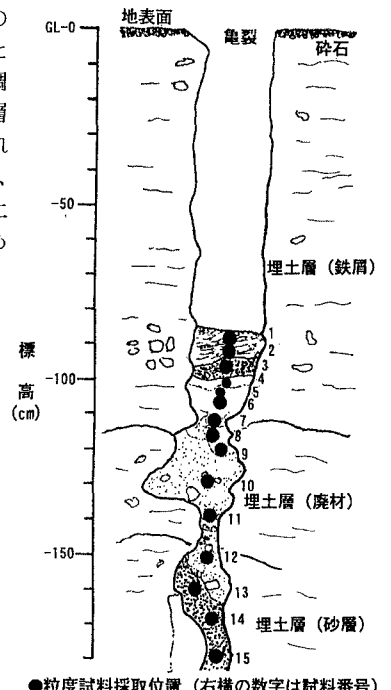


図-2 調査位置拡大図



●粒度試料採取位置（右横の数字は試料番号）  
 図-3 砂脈の断面図（T3東面）

次堆積物と考えられる。この堆積時期は、下位に粘土質の堆積物が認められることから、下位の砂脈が堆積してから少なくとも数時間以上の時間を経てから堆積したものと考えられる。

4. 砂脈内の物理的性質

調査時点で地表に堆積していた噴砂の粒度組成を図-4に示す。噴砂は、地震後1年以上の経過を考慮し、表層約3cm程度を取り除き採取した。

図-3に示した砂脈内の各位置における粒度組成を図-5～図-7に示す。それぞれの試料番号のかわりには、土粒子の密度も示した。土粒子の密度は、上部から1～2が2.76～2.78、3が2.85、4～9が2.74～2.75、10～12が12を除けば2.72～2.73、13～15が2.76の5グループに分けることができ、色調と良く対応している。

粒度組成は、4～9、10～12、13～15のグループで上位に位置するほど細くなっている。

地震後に確認できる砂脈は、地盤の液状化によって砂が噴出し、地震後間隙水圧の消散とともに噴出が止まった最終過程での堆積状態を示している。このため、砂の構成物質が同一であれば粒径の大きなものほど下位に堆積すると考えられる。このような堆積過程の特性を加え合わせても、図-3に示した砂脈を5グループに分けると説明がしやすい。前述のように上端面から15cmは、それより下位が堆積した後にある程度の時間を経て二次的に堆積したと考えられる。それより下位の一次堆積したと考えられる層については、3グループに分けられるが、4～9の土粒子の密度および色調が13～15に比較的近似していること、4～9に比較して下位の13～15の粒度組成が粗いことから、現段階では4～9と13～15は同一の供給層からの噴出物で、亀裂内に堆積する際に分級したものと考えられる。異なった層から供給された10～12の砂層にこの層が流入してきた等が考えられ、2つの層が液状化し噴出してきた可能性が考えられる。

噴砂の粒度組成は、11に最も近いが、土粒子の密度は砂脈内のどの密度とも異なり、噴砂と物理的性質が同一の試料は図-3の砂脈内には存在しない。砂脈は、砂の噴出が停止した後の堆積であるので、また、T3トレンチには噴砂が生じていないので、噴砂の物理的性質と砂脈内とが一致する必然性はないと考える。液状化層と噴砂が一致しているかどうかについては今後の課題である。

5. まとめ

1995年兵庫県南部地震で生じた砂脈の物理的性質を調べ、以下のことがわかった。

- (1) 砂脈の上部には二次堆積物が堆積していた。
- (2) 砂脈内の同一のグループ内では、上位に堆積するほど粒度組成は細粒になる。
- (3) 一次堆積したと考えられる砂脈内も3グループに分けることができ、その内の2つのグループは同一の供給層から噴出したものと考えられる。
- (4) 地表面に堆積していた噴砂と、物理的性質が同一の砂は砂脈内には認められなかった。

<参考文献>

1) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説，pp.203～209,1988.6

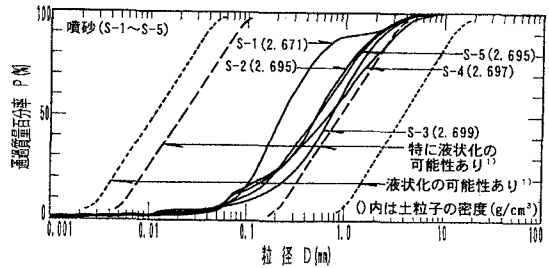


図-4 噴砂の粒度組成

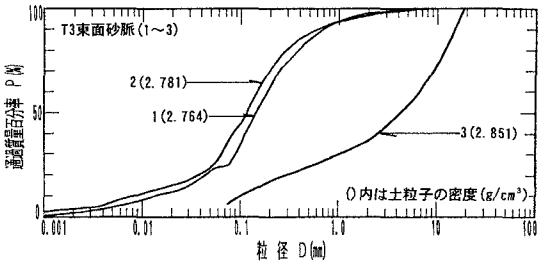


図-5 砂脈の粒度組成 (1～3)

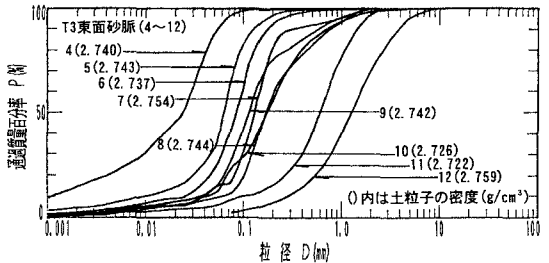


図-6 砂脈の粒度組成 (4～12)

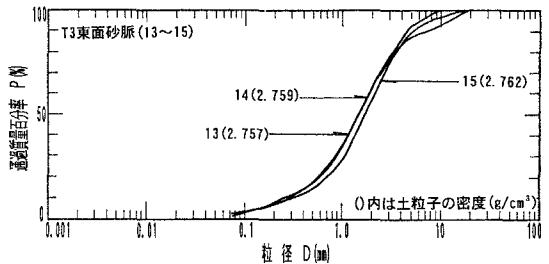


図-7 砂脈の粒度組成 (13～15)