

III-45

日本海中部地震で発生した巨大噴砂孔に関する調査解析

中央開発(株)技術調査室	正会員	中村 裕昭
環境庁国立公害研究所	正会員	陶野 郁雄
清水建設(株)技術研究所		社本 康広

1. はじめに

日本海中部地震(1983年5月26日, $M=7.7$)によって、青森・秋田両県の広範囲な地域の砂地盤で液状化災害が発生した。その中でも、青森県西津軽郡車力村富港(津軽半島十三湖の南側)では、直径が4~7mにも及ぶ巨大な噴砂孔が幾つも現れ、顕著な液状化現象として注目された。この巨大噴砂孔(直径7m)について、地下水面の液状化層の状況を直接観察し、液状化あるいは噴砂孔の発生要因とそのメカニズムを解明する目的で、1985年11月に発掘調査を実施した。また、噴砂孔内並びに周辺地盤で、ボーリング・S波検層・ブロックサンプリング試料の動的室内試験を行い、その結果を用いてシミュレーション解析を実施した。本報文では、発掘調査で得られた知見とシミュレーション解析結果の概要を報告する。

2. 発掘調査の方法と結果

発掘調査は、巨大噴砂孔のはば4分の1が中に入るように、長さ10mの鋼矢板で5.6m四方に締め切った内部を釜場で排水処理しながら、機械掘り(バックホー)及び手掘りを併用して、堆積層を乱さないように留意して、噴砂孔及びその周囲を徐々に掘り下げ、液状化層の噴砂孔内外の地盤の様子、孔壁の状態等を直視観察した。その結果、以下に列挙するように、液状化の発生メカニズムを考える上で、非常に示唆に富む状況が確認された(文献1)~4)を参照)。



写真-1 噴砂孔と砂脈(G.L.-1.2m面)、砂脈を噴砂孔が切っている。

- ① 表層の0.5~1.0m程度は、難透水性の風化火山灰土(ローム)からなる耕作土(客土)で被覆されている。
- ② ロームの下位、G.L.-8m付近迄、新砂丘砂層(D_y 層)が分布し、N値は10回前後でバラツキ、粒径が良く揃っている。この D_y 層が液状化層である。
- ③ G.L.-8m付近に地層境界があり、この下位には古砂丘砂層(D_o 層)が分布し、剛性比の大きい境界面となっている。
- ④ 発掘深度1.45m面では、直径6mの噴砂孔壁並びに南北に伸びる砂脈(サンドダイク)が確認された。この砂脈は、噴砂孔壁によって明瞭に切られている(写真-1を参照)。
- ⑤ 発掘深度2.60m面では、ほぼ全面で砂の堆積構造が乱れ、数10cm程度と推定される薄い擾乱帯が形成されていた。即ち、この深度で広範囲に液状化の影響を受けている。擾乱帯は砂脈により切られていることが予想されたが確認することはできなかった。
- ⑥ 発掘深度3.50m面では、直径3mと縮小した噴砂孔壁が明瞭に確認され、この深度で、 D_y 層の全面液状化ではないことが判る。また噴砂砂の供給源は、更に下方にあるものと判断される。

3. 液状化のシミュレーション解析

巨大噴砂孔が発生した地盤を対象に、一次元質点系有効応力解析プログラムにより地震応答解析を行った地盤モデルは表-1に示した通りであるが、間隙水圧上昇モデル、各パラメーターの意味、解析手法の詳細については、文献5)を参照して下さい。基盤入力地震動としては、運輸省第一港湾建設局・秋田港工事々務所の強震計で観測された加速度記録(1983.5.28, 12:00, EW成分, $A_{max}=205.4gal$)を、最大振幅150

gal に縮尺して使用した。図-1に加速度応答波形を、図-2にはせん断ひずみとせん断応力の応答波形を何れも有効応力解析結果で示した。これより、地震が起こって25秒以降に第3層（G.L. -2.75m付近）で液状化が発生していることが判る。初期液状化の深度及び時間をシミュレーションするには、間隙水圧を考慮した応答解析を実施する必要がある。それが有効な耐震設計へとつながるものと考えられる。

表-1 応答解析用地盤モデル

地層番号	深度 Z (m)	地層区分	湿潤密度 γ_s (t/m ³)	S波速度 V (m/s)	基準せん断歪 $\gamma_{0.01}$ ($\times 10^{-4}$)	最大減衰定数 $\Delta \gamma_{max}$ (%)	初期液状化強度 R_{L0}	相対密度 D_r (%)
①	1.00	ローム	1.6	130	1.70	30	0.265	63
②	2.75		2.0	130	2.90	30	0.265	63
③	4.50	新砂丘砂層 (D _r)	2.0	160	4.00	25	0.305	78
④	5.75				4.62			
⑤	8.00	古砂丘砂層 (D _r)	2.0	230	5.20	25	0.305	78
⑥	9.75				4.00			
⑦	11.50		2.0	190	4.15	25	0.305	78
⑧	12.00				4.34			
⑨	14.50		2.0	250	4.44	25	0.305	78
⑩	17.25				5.03			
⑪	20.00	山田野層	2.0	300	5.44	25	0.305	78
⑫	23.00				5.80			
⑬	28.00				6.50			

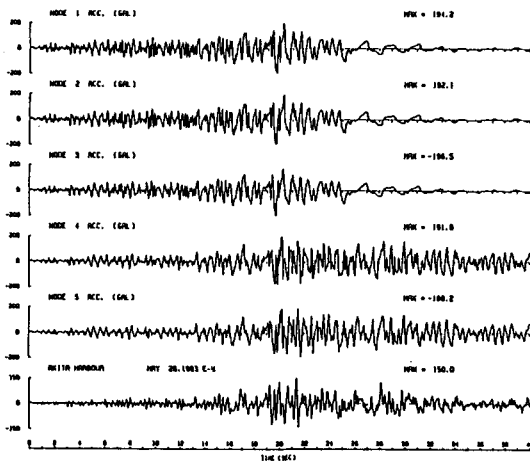


図-1 加速度応答波形（有効応力）

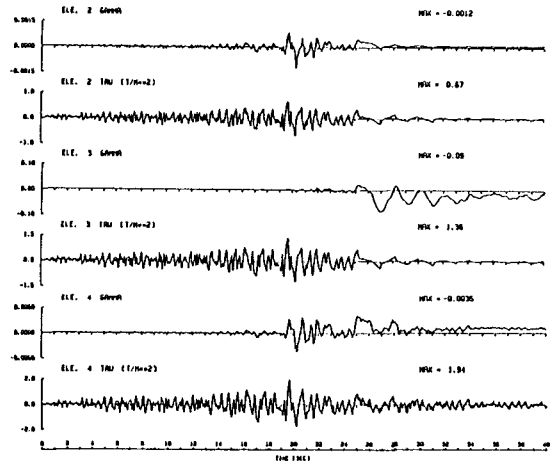


図-2 せん断ひずみ・せん断応力応答波形（有効応力）

4. あとがき

発掘調査で得た知見をまとめると、当初液状化層と考えていた層厚7mを有する新砂丘砂層の全面液状化ではなかったこと。G.L. -2.6 m付近に広範囲に乱れた（液状化）擾乱帯が存在したこと。噴砂砂の供給源は、新砂丘砂層の下部でかなり深い所からきている可能性が高いこと。そして、擾乱帯・砂脈噴砂孔の關係が、噴砂孔形成のメカニズム解明の鍵となるであろうことである。有効応力に基づく地震応答解析の結果によると、G.L. -2.75m付近で液状化が発生している。これは、発掘調査による観察結果とも一致している。

今後、蓄積したデータの分析と検証を更にすすめ、地質学的手法を取り入れた液状化発生メカニズムの解明と、液状化予測調査解析手法の開発をすすめていきたい。

当発掘調査は、日本大学の遠藤邦彦助教授、千葉達朗氏はじめ多くの方々との共同研究の成果である。また、両先生には、地質学的考察を進める上で貴重な御助言を戴きました。末筆ながら感謝の意を表します。

<参考文献>

- 1) 陶野 他 (1985) : 第20回土質工学研究発表会, p.p.123 ~ 124
- 2) 徳丸 他 (1986) : 第21回土質工学研究発表会, p.p.103 ~ 104
- 3) 千葉 他 (1986) : 第21回土質工学研究発表会, p.p.105 ~ 106
- 4) 陶野 他 (1986) : 日本第四紀学会1986年大会, p.p. 91 ~ 92
- 5) 社本康広 (1986) : 第1回地盤工学における数値解析法シンポジウム, p.p. 65 ~ 72