

III-318

地震で液状化したシルト質浚渫埋立地盤の地震後の地下水挙動

飛島建設㈱ 正会員 ○ 森 伸一郎
正会員 沼田 淳紀

1. はじめに

1993年7月12日夜に発生した北海道南西沖地震 ($M_s=7.8$) において、函館市では臨海埋立地の多くの地点で液状化が起り、北埠頭を中心とする函館港湾地域の北部の浚渫埋立地盤ではシルト質砂～シルトに分類される細粒分の多い埋立土層が液状化した¹⁾²⁾。ここでは、地震後の噴砂丘の連続観察結果と地下水位と間隙水圧の計測結果を基に、液状化したシルト質地盤の地震後の地下水の挙動と今後の問題を議論する。

2. 函館市北埠頭におけるシルト質地盤の液状化

被害の大きかった函館港湾地域の内の一つである北埠頭では、昭和44年に建設されたセメントサイロが沈下・傾斜するという大きな被害があり¹⁾³⁾、北埠頭周辺の背後地では多くの地点で多量の噴砂が認められた。筆者らは、地震の直後より、この被災サイロの緊急対策の1つとして、地盤と構造物の地震後の挙動を把握するため各種計測を実施した。

地震直後にボーリング調査と深さ方向に1m間隔以内で粒度試験を実施した。図-1に地盤柱状図を示す。図-2に、浚渫埋立土層 (Bk層)、緩い暗灰色沖積砂層 (As1層)、締まった緑灰色沖積砂層 (As2層) の土層内試料の粒径加積曲線の範囲を示す。噴砂と浚渫埋立土層 (Bk層) の粒度の一致性から、地表に噴出したのはGL-7m以浅の浚渫埋立土層の土であると考えられている²⁾。

3. 液状化したシルト質地盤の地震後の地下水挙動

3.1 現地観察 噴出した土の堆積状態の乱されていない堆積物を噴砂丘、土や水を噴出した出口を噴砂口と呼んでいる。この地域における噴砂丘を詳細に調べ、地震直後から1週間観察した結果、北埠頭背後の埋立地盤では、一部で地震翌日の朝まで土 (シルト) の噴出が続いたり、多くは3日間、最も長いもので5日間にわたり噴砂口から間断なく水が湧き出していた。これは地震時の液状化により発生した過剰間隙水圧が消散するために、上向きの浸透流が生じ圧密が進行していたためであると考えた。

3.2 地下水位と間隙水圧の推移 図-3に2深度における間隙水圧の計測結果を示す。Bk層内の-3mと-5mでは本震による過剰間隙水圧が残留しており、地震後20日～25日によりやうく消散し終えた様子を読み取れる。また、これらの記録を外挿すると、地下水位を8月4日～7日の4日間を平常時の値と仮定したときの初期有効上載圧に達するのは、地震後3日～5日となる。すなわち、地震後3日～5日の間5m以浅の土層は液状化状態にあったこととなり、またこのことは、前述の噴砂口からの湧水の事実を裏付けけるものである。As1層内の-9mとBk層と

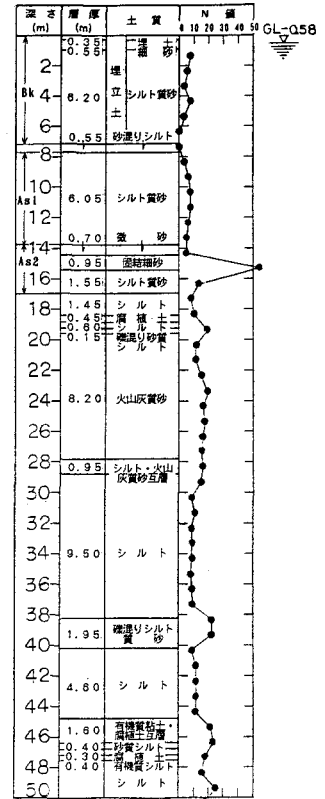


図-1 地盤柱状図

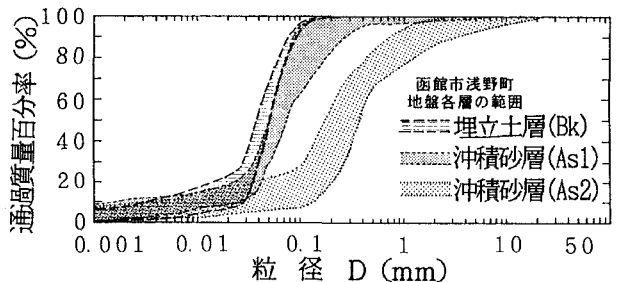


図-2 土層内試料の粒径加積曲線の範囲

As1層の間のシルト層内の-7mでは、目立った変化は見られなかった。

図-4に2地点の地下水位の計測結果と降雨量を併せて示す。地下水位は降雨の影響が大きい、これを除けば、計測開始時点では地下水位は地表面近くまであったこと、元の地下水位に回復するのは地震後20日～25日であることがわかる。

3.3 余震による過剰間隙水圧の発生 8月8日の最大余震では、残念ながら地震動は観測できなかった⁴⁾が、間隙水圧などは計測できた。余震の際には、-3m、-5m、-7m、-9mのどの深度でも間隙水圧の上昇が見られた。-7mと-9mでは小さかったが、-3mと-5mでは、

図-3に示した通り過剰間隙水圧比でそれぞれ0.15と0.20まで上昇した。

3.4 観測と計測結果のまとめ すなわち、透水係数の小さいシルト質砂の土層が一旦液状化すると、液状化した状態が数日間続くことがあることを意味している。また、間隙水圧が地震前の状態に回復するのに地震後20日～25日を要した。この間の地下水位は地表面付近にあり、本震前の地下水位に比べて高くなる。

4. シルト質地盤の液状化に関する今後の課題

本震で液状化した後の残留間隙水圧の高いときや地下水位が高いときに大きな余震が来ると本震で被災した構造物では、さらに被害の度合いが増大する可能性が大きくなると考えられる。一般に、土質条件と地下水位条件が変わらなければ、外力となる地震力について余震時は本震時より小さくなると考えられるので、砂地盤の液状化検討において余震時の検討は行われない。しかし、地下水位は液状化の発生要因として重要なものであり、液状化判定の結果を左右するものであることを考えると、シルト質地盤においては、本震時に液状化の可能性がある場合、地下水位の上昇を考慮した余震時の液状化の検討や残留過剰間隙水圧を考慮した液状化の検討が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 森伸一郎、沼田淳紀、三輪滋、柴田登：1993年北海道南西沖地震における液状化調査、土質工学会北海道支部技術報告集第34号、1994.2、pp.64～73
- 2) 森伸一郎、沼田淳紀：1993年北海道南西沖地震における函館市の臨海埋立地の液状化、第29回土質工学研究発表会、1994.6、(投稿中)
- 3) 森伸一郎、沼田淳紀、三輪滋：1993年北海道南西沖地震における液状化の特徴、第29回土質工学研究発表会、1994.6、(投稿中)
- 4) 三輪滋、森伸一郎、関宝琪：函館市臨海埋立地盤における1993年北海道南西沖地震の余震観測、土質工学会北海道支部技術報告集第34号、1994.2、pp.120～129

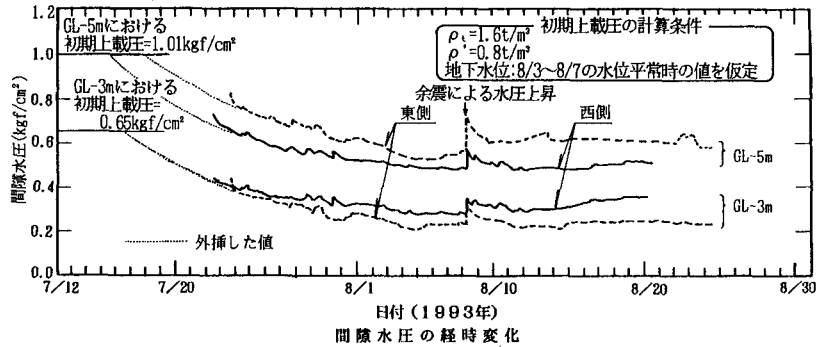


図-3 間隙水圧の経時変化

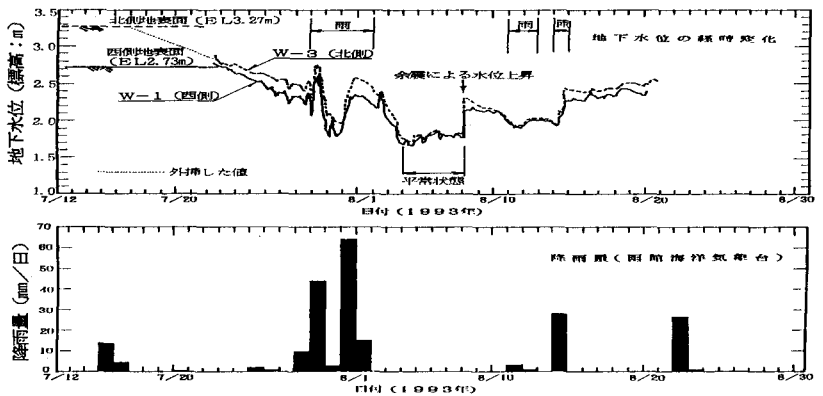


図-4 地下水位の経時変化と降雨量