

2000 年鳥取県西部地震における境港港湾地域の地盤条件と液状化

飛島建設 正会員 三輪 滋 協和エクシオ ○正会員 綾部 孝之
 飛島建設 正会員 池田隆明 飛島建設 正会員 沼田 淳紀
 飛島建設 正会員 嶋本栄治 大阪工業大学 正会員 長谷川昌弘

1. はじめに

2000 年 10 月 6 日鳥取県西部地震では、境港市港湾地域の埋立地で液状化が発生し、岸壁や建物などに被害をもたらした¹⁾。境港市東部の昭和町は昭和 42 年以降の埋立地であり、多くの地点で液状化が発生した¹⁾²⁾。この埋立地内の港湾強震観測網境港観測点³⁾においても、液状化の影響を受けたと考えられる地震動記録⁴⁾が得られた。地震観測地点周囲の建物も周囲に沈下は見られるものの噴砂は見られなかったこと、埋立地内では噴砂の激しかった地点とそうでない地点が見られたことなどから、埋立地内でも液状化の程度が異なっていたと考えられる。ここでは、昭和町埋立地盤の地盤データと港湾地震動観測点の地震動記録を基に、地盤条件と液状化程度の関係について検討する。

2. 境港港湾地点の地震動と液状化の分布

図-1 に境港市の液状化地点と地震動記録が得られた港湾観測点、境港測候所観測点の位置関係を示す。二つの観測点は約 1.2km の距離にあるが、測候所は旧来の砂州内の比較的締まった砂地盤に、港湾観測点は埋立地盤に位置する。港湾観測点の地震動記録⁴⁾は、測候所の記録に比べ主要動の後半から振幅が減少し 3 秒以上の長周期成分が卓越した波形を示し⁵⁾、液状化の影響を受けたと考えられる記録と考えられる。しかし、観測地点周辺の建物では建物周囲の沈下は見られるものの噴砂は確認されていない。一方で約 70m 離れた道路では大量の噴砂や電柱の沈下、埋設管被害が確認され、かなり激しい液状化が発生したことが推定される。また北側岸壁で地盤改良が行われた地点⁶⁾では被害は見られない。このように、昭和町の埋立地内においても、噴砂が大量に見られた地域とそうでない地域があり²⁾、地点によって液状化の程度に違いがあったと考えられる。

3. 港湾地盤の地盤条件と液状化の関係

図-3 に昭和町埋立地およびさらに新しい埋立地の竹内団地の地盤柱状図を示す²⁾³⁾⁷⁾⁸⁾。図-1 では昭和町埋立地盤の液状化確認地点とあわせて、地盤柱状図の得られている地点を示している。北側の岸壁の一部は液状化対策がなされている⁹⁾ので、その部分の柱状図は除いている。埋立地全体に表層の 11~12m が埋立層、その下に G.L.-40m 付近まで軟弱なシルト・粘土層が続く地盤構成はどの地点もほぼ同様あり、この埋立地ではある程度の広がりの中でこのような地盤構成であると推定される。一方、埋立層は、緩い砂が卓越する地点、比較的締まった砂が卓越する地点、シルト層が卓越する竹内団地と同様に細粒分が卓越する地点などに分けることができる。図-3 には、図-1 に示すような液状化による噴砂が確認された地点、液状化による噴砂が確認されなかった地点、細粒分の卓越した噴砂が確認された地点、および竹内団地に分けて N 値分布を示している。液状化が確認されていない地点の埋立層の N 値は、液状化が確認された地点の埋立層の N 値に比べて相対的に大きく平均して N=15 程度の値を示す。港湾観測点は周囲では、建物周辺の地盤の沈下は見られたが、噴砂は確認されておらず、この地点では液状化は埋立層の一部で限定的に発生したものと考えられる。港湾観測点の地盤モデルで有効応力解析を実施した結果⁵⁾では、過剰間隙水圧が有効上載圧にまで達して液状化した層厚は表層部の 2m 程度であり、観測地点近傍では液状化は埋立層の一部で限定的に発生し、激しい液状化にはいたらなかったと考えられ、ごく近傍で噴砂などが観察されなかった事実と調和的である。一方、噴砂が激しかった地点はやはり表層埋立層の N 値が 5 程度と低

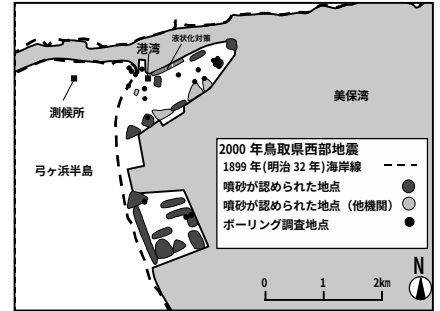


図-1 境港市の液状化地点と観測地点

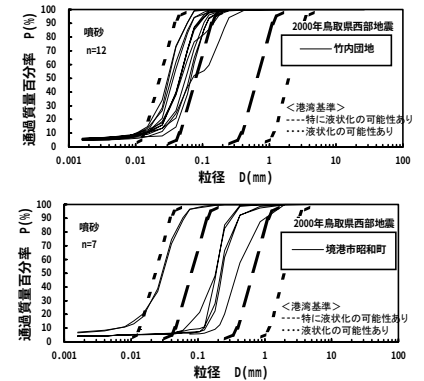


図-2 粒径加積曲線 (竹内団地,昭和町)

く、これが液状化程度の違いとなって現れたものと考えられる。図-2に昭和町の噴砂の粒径加積曲線を竹内団地の噴砂とあわせて示す。北部の噴砂は均等係数の小さなきれいな砂であり細粒分含有率は多くても10%以下である。液状化した地点は緩い均等粒径の埋立砂層が液状化したと考えられる。一方、埋立地の南部では細粒分の多い竹内団地の噴砂に似た粒度分布の噴砂が見られる。細粒分を多く含む噴砂が確認された地点では、表層埋立層は、ほ

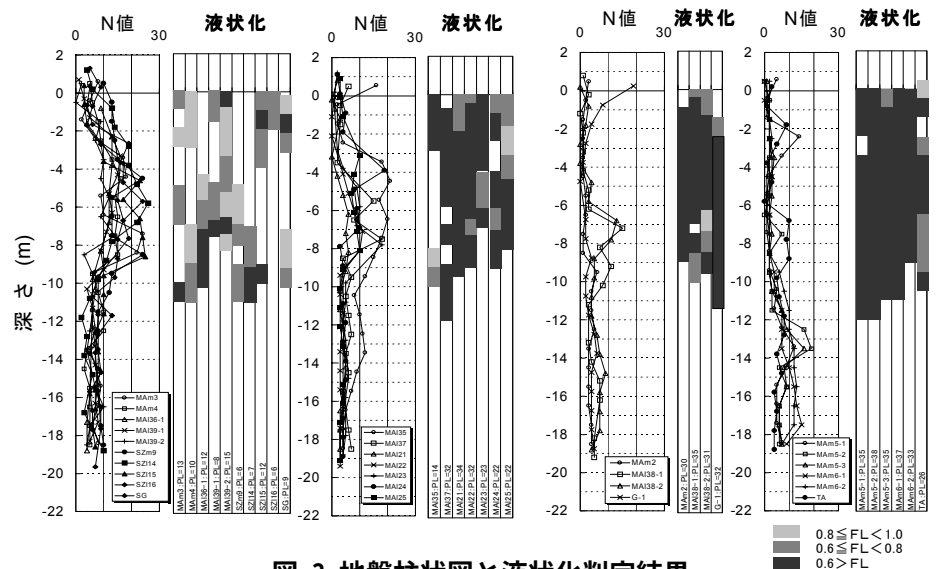


図-3 地盤柱状図と液状化判定結果

とんどがN値0～2程度の軟弱なシルトで構成されている。竹内団地でもその層厚がやや厚くなるもののやはりN値0～2程度の軟弱シルトにより埋立層が構成されている。均等係数は小さく、細粒分含有率は50%以上であるが、粘土分含有率は10%以下で、NPである。このように埋立地の噴砂は細粒分が卓越する場合が多く、それは噴出過程で分級したものではなく、液状化した地盤と同じ粒度組成をもつものであることが既往の地震被害調査および分析において指摘されてきた⁹⁾¹⁰⁾が、今回の地震においても、広範囲に顕著な現象として現れたものと解釈できる。

4. 港湾地盤の液状化判定

前述のように埋立地内では埋立層下端までは同様な地盤構成であり、ほぼ同様な地震動が作用したのと考えた。港湾観測点の観測記録や有効応力解析結果の最大加速度が約300cm/s²であることから、この値を用いてそれぞれの地点の液状化判定を実施した。またあわせて液状化指数PL¹¹⁾も求めた。液状化判定の方法は建築基礎構造設計指針の方法¹²⁾にしたがい、せん断応力の繰り返し回数を規定するマグニチュードはM=7.3とした。図-3に液状判定結果をあわせて示す。液状化が確認された地点では液状化層厚が厚く、かつFL値も0.6程度以下の層が厚く存在する場合がほとんどである。また、液状化指数PLもほとんど20以上である。このような激しい液状化の判定結果は、地表への砂の噴出が多く見られたことと調和的である。一方、噴砂が確認されていない地点では、液状化した可能性のある層厚が比較的薄く、また表層部に非液状化層が存在する場合が多い。またFL値も0.6以上がほとんどで、PLも15以下である。昭和町南部や竹内団地のシルトは、粘土分含有率が低く非塑性なシルトであることから液状化の検討対象とし細粒分によるN値増加は9以下(細粒分30%相当)とした。その結果、激しい液状化の発生が予測されたが、これは細粒分の多い噴砂の大量の噴出と調和的である。以上のように、鳥取県西部地震の際に、近接したあるいは同じ埋立地盤であっても、地点により液状化の程度が異なったことは、埋立地盤の土質やN値に表れる地盤条件、埋立年代といった地盤情報からの判定と良い対応を示した。この地点の場合、FL<0.6の層が厚く、PL≥20の地点ではかなりの噴砂が見られ、ほとんどの層でFL>0.6で、PL≤15では沈下があっても噴砂は見られないという区分ができた。

5. まとめ

鳥取県西部地震の際に、境港市昭和町埋立地盤において地点により液状化の程度が異なったことは、表層埋立層のN値に表れる地盤条件や埋立年代といった地盤情報と調和的であった。

謝辞：本検討では港湾技術研究所境港観測地点および気象庁境港観測所の観測記録を使用させていただきました。記して感謝いたします。またデータ分析では鈴木重良氏の協力を得ました。記して謝意を表します。

参考文献：1) 飛鳥建設株式会社技術研究所：2000年10月6日鳥取県西部地震被害調査報告書 2000.10. 2) 嶋本栄治, 沼田淳紀, 染谷昇, 三輪滋, 池田隆明, 大野孝二：2000年鳥取県西部地震における液状化, 第36回地盤工学研究発表会(投稿中) 2001.6. 3) 一井康二, 佐藤幸博, 佐藤陽子, 星野裕子, 井合進：港湾地域強震観測地点資料(その6), 港湾技研資料 No.0935 1999.6. 4) 港湾技術研究所：http://www.phri.go.jp/etc/internetph/title.htm 5) 三輪滋, 池田隆明, 綾部孝之, 長谷川昌弘：2000年鳥取県西部地震における境港市における境港港湾地盤の地震時挙動の検討, 第36回地盤工学研究発表会(投稿中) 2001.6. 6) 片岡真二, 白石修章, 中山拓：中国地方の土質工学的諸問題 2. 中国地方の埋立工事, 土と基礎, 38-3(386), pp. 54-58, 1990. 3. 7) 中国地方基礎地盤研究会：山陰臨海平野地盤図 '95, 1999.11. 8) 株式会社ジオトップ：平成12年(2000年)鳥取県西部地震 節杭を用いた建物の調査報告書, 2000.12. 9) 森伸一郎, 沼田淳紀, 境野典夫, 長谷川昌弘：埋立地の液状化で生じた噴砂の諸特性, 土と基礎, 1993.3. 10) 森伸一郎, 沼田淳紀：1993年北海道南西沖地震におけるシルト質浅埋立土層の液状化, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1409-1410, 1994.9. 11) 岩崎敏男, 龍岡文夫, 常田賢一, 安田進：地震時地盤液状化の程度の予測について, 土と基礎, Vol.28, No.4, pp.23-29, 1980. 12) 日本建築学会：建築基礎構造設計指針, 1982.