

地盤改良の耐震性向上効果が 検証される

危機管理技術研究センター 地震防災研究室 室長 日下部 毅明 主任研究官 上原 浩明
危機管理技術研究センター 地震災害研究官 松尾 修



1. はじめに

2003年には3つの大きな地震が発生しました。このうち7月26日宮城県北部の地震で、河川堤防の地震対策として行われていた地盤改良の耐震効果を示す貴重な記録が得られましたので以下に紹介します。

2. 現地の概要

1) 河川堤防と地盤改良

図-1に位置図を示します。仙台市の東北方向に位置する鳴瀬川の河口より700mほど上流の右岸堤防です。堤防の断面を図-2に示します。図-2は堤内側の半分のみを図示しています。堤防の高さは約7mであり、途中に広い小段が設けられた比較的敷幅の広い堤防です。

さて、河川堤防については従来、耐震設計・対策は行われていませんでした。しかし、1995年兵庫県南部地震で、淀川の河口部の堤防が大きく沈下（最大3m）したことから、1995年度（平成7年度）から耐震強化事業が開始されました。

河川堤防においてはそれ自身の被害を食い止めることが耐震強化の目的ではなく、河川堤防が地震により壊れてもその後（緊急復旧に要する期間）に生じる可能性のある洪水により越流させない、というのがその基本的な考え方です。このため、対象は、河川水位の変動が大きい感潮区間で、かつ地盤高が低い区間とされています。鳴瀬川についてもまず耐震診断が行われ、その結果、図-1に示す地点では、基礎地盤の砂層（図-2参照）が液状化して堤防に許容値を超える被害が生じる可能性があると考えられ、耐震対策を行うことが決められました。この場合、砂層の液状化が被害の原因なので、対策工法としては液状化対策の一つである締固め工法が選定され、図-2中に四角で囲んだ領域が地盤改良されました。砂の液状化は、3つの素因、すなわち砂質土である、地下水で飽和している、緩い、に加え、地震動が誘因となって生じる現象です。締固め工法は素因を解消すべく、地盤に砂杭を打ち込んで締め固めるもので、これにより液状化の発生が抑制され、地盤の強度低下を防ごうとするものです。なお、この地点では1996年度（平成8年度）に延長300mが改良されました。



図-1 中下観測所位置図

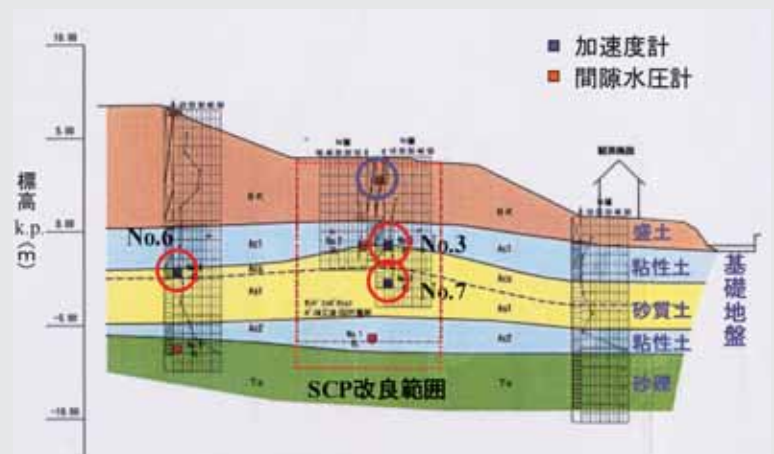


図-2 中下観測所付近堤防断面図及び間隙水圧計、強震計機器配置図

2) 強震観測

河川堤防の液状化対策の設計・施工法については旧土木研究所で提案された手法¹⁾が用いられています。その有効性を実証的に検証することを目的として、強震観測機器が同時に設置されました。図-2に示すように、地中および堤体表面部に加速度計、砂層の中に間隙水圧計が配置されました。

3. 観測記録

7月26日には前震(0:13)、本震(7:13)、余震と3回も大きな揺れを生じました。ここでは前震と本震での記録を図-3に示します。

図で、上段が地盤改良実施箇所の堤防小段の表面部(地表より1m下方)での応答加速度、下段が砂層中の間隙水圧の記録です。いずれの地震も300~400gal程度の最大加速度が生じています。注目すべきは間隙水圧の記録であり、まず前震での記録を見ると、締固め地盤改良されていない部分の過剰間隙水圧(計器番号No.6)の上昇量に比べて、改良された部分(No.3と7)の上昇量はかなり抑制されていることがわかります。液状化現象の本質はこの過剰間隙水圧の上昇であり、過剰間隙水圧比が1になると液状化

ということになります。

また、本震では水圧の上昇量はより大きくなっています。しかし、改良部分と改良されていない部分の違いは前震の場合と同様です。なお、本震の記録のうちNo.6は頭打ちとなってしまいました。これは計測器の測定レンジの設定が狭かったことによるものであり、実際には過剰間隙水圧比0.8程度まで達しているのではないかと推測されます。

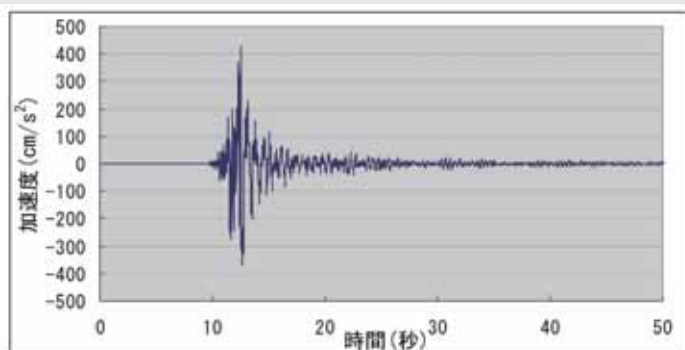
4. 記録の意義と今後の活用

上記の結果は、締固め地盤改良により間隙水圧の上昇、すなわち液状化の発生が抑制された、ということを示しています。ちなみに、締固め改良地盤でこのような実記録が得られたのは、おそらく世界で初めての事例と思われます。このような貴重な記録なので、締固め地盤改良の液状化抑制効果、堤防の耐震対策効果について定量的な検証をすべく解析を進めていく考えです。

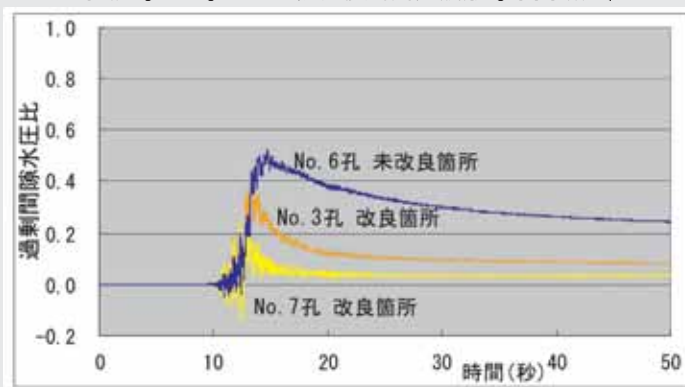
【参考文献】

- 1) 松尾修、島津多賀夫：河川堤防液状化対策工法設計施工マニュアル(案) 土木研究所資料第3513号、1997.10

(a) 前震

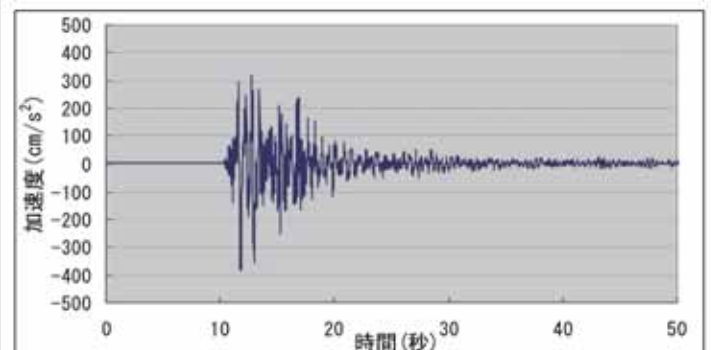


前震(0:13)による加速度時刻歴波形(東西成分)

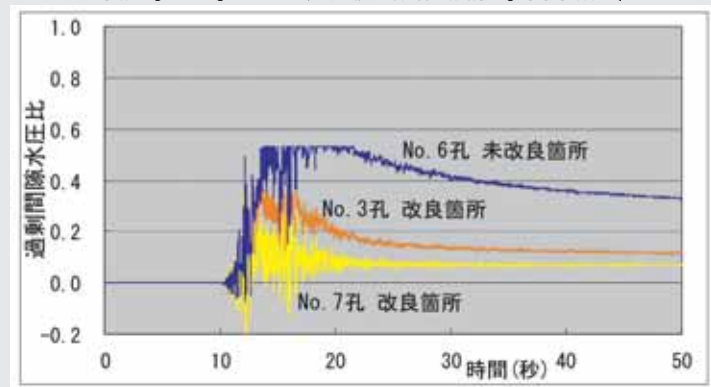


前震(0:13)による過剰間隙水圧比時刻歴図

(b) 本震



本震(7:13)による加速度時刻歴波形(東西成分)



本震(7:13)による過剰間隙水圧比時刻歴図

図-3 中下観測所で観測された前震(0:13)、本震(7:13)による時刻歴加速度及び時刻歴間隙水圧記録