

2005 年福岡県西方沖地震での液状化被害 に関する調査報告

永瀬英生¹・廣岡明彦²・安福規之³・平松浩三⁴・橋村賢次⁵

¹九州工業大学工学部教授 (〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1)

E-mail:nagase@civil.kyutech.ac.jp

²九州工業大学工学部助教授 (〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1)

E-mail:ahirooka@civil.kyutech.ac.jp

³九州大学大学院工学研究院助教授 (〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1)

E-mail:yasufuku@civil.kyushu-u.ac.jp

⁴前九州大学大学院工学研究院助手 現(株)ウエスコ岡山支社地盤調査部係長 (〒700-0033 岡山市島田本町 2-5-35)

E-mail:k-hiramatsu@wesco.co.jp

⁵日本地研(株)技術開発部次長 (〒816-0094 福岡市博多区諸岡 5-25-25)

E-mail:hasimura@chiken.co.jp

2005 年福岡県西方沖地震では、博多湾の沿岸域を中心として、主に埋立地において地盤の液状化が発生した。これによって、岸壁のはらみだし、道路の隆起、地盤の流動などの被害が生じている。本報告では、液状化発生地点の分布と噴砂の粒度特性について明らかにするとともに、液状化による構造物被害の概要についてまとめている。また、本地震で見られた液状化による構造物被害の原因や液状化被害の特徴について、明らかになっている範囲内で指摘している。

Key Words : *liquefaction, site investigation, sand boil, grain size distribution curve*

1. はじめに

2005 年 3 月 20 日に発生した福岡県西方沖地震では、博多湾の沿岸域を中心として、主に埋立地において地盤の液状化が発生した。現地調査の結果、液状化の程度はそれほど激しくはないが、本地震によって、液状化を起因とする岸壁のはらみだし、道路の隆起、地盤の流動などの被害が生じている。

以下では、液状化発生地点の分布と噴砂の粒度特性について明らかにするとともに、液状化による構造物被害の概要についてまとめる。また、構造物被害については、原因の明らかになっていることについても言及することとする。ただし、まだ十分な検討ができていない点については、今後必要と考えられる調査・研究についても指摘したい。

2. 液状化発生地点の分布と噴砂の粒度特性

液状化発生の有無についての判断は、地震後、地表面上に分布する噴砂跡の存在が確認できるか否かによるものとし、ここでは噴砂跡を確認できた地点を液状化発生地点とし整理することを試みた。図-1 は、博多湾の沿岸域を中心として今回の地震で液状化の発生が確認された地点を丸印でプロットしたものである。これらのプロットに際しては、土木学会および地盤工学会地震被害合同調査で確認した液状化発生地点に参考文献 1) のデータを追加している。なお、この図には博多湾の埋立て経過についても年代別にハッチングで示している。図-2 は、福岡市中心部で実施した内陸部での液状化調査域を示したものである。この踏査においては、地震発生後数日経

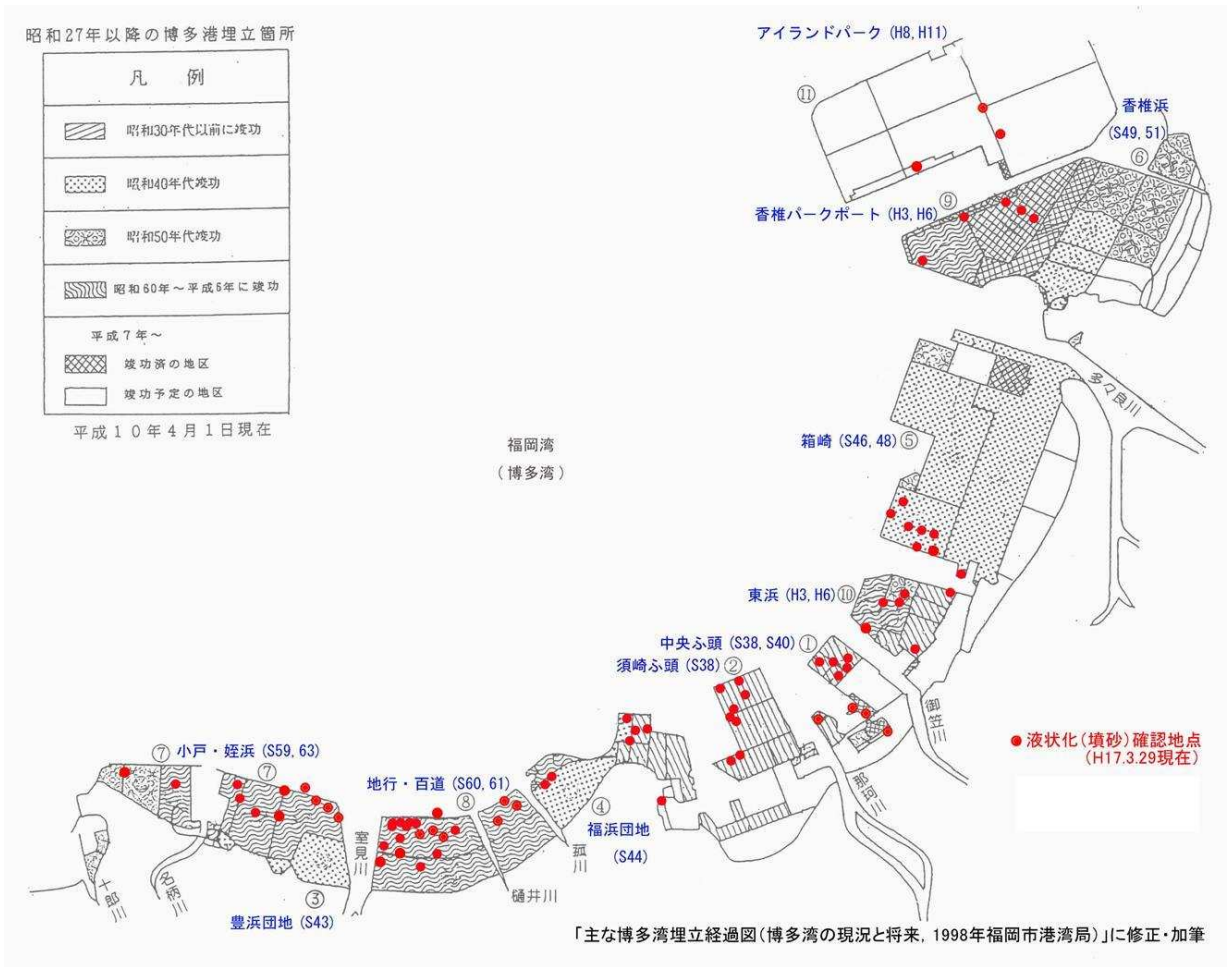


図-1 博多湾の沿岸域での液状化発生地点の分布図

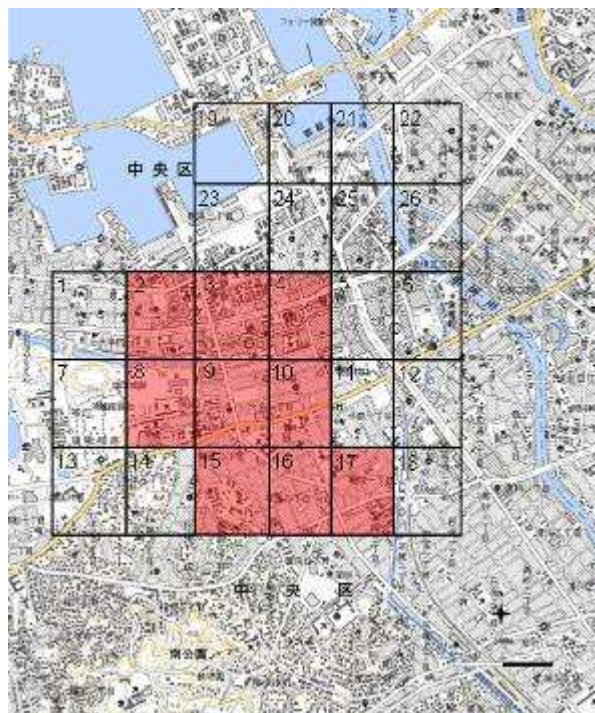


図-2 福岡市中心内陸部で実施した液状化踏査域(赤く塗られた領域)

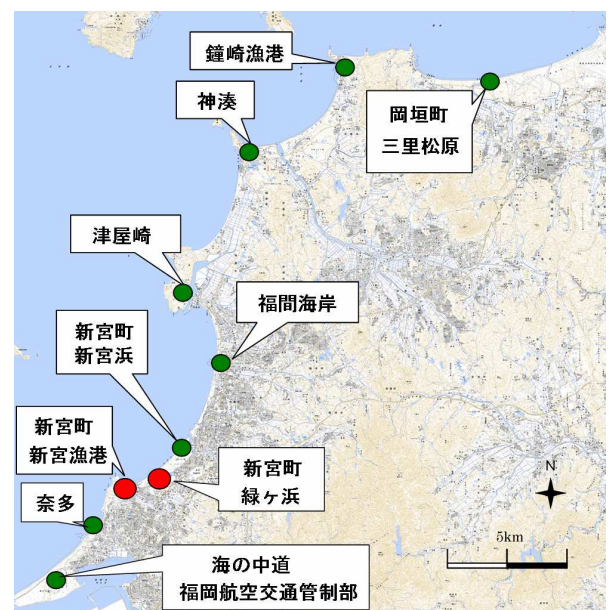


図-3 福岡市東部周辺で踏査を実施した地点と液状化発生地点(赤丸の地点でのみ噴砂跡を確認, 緑丸の地点では噴砂跡を確認できず)

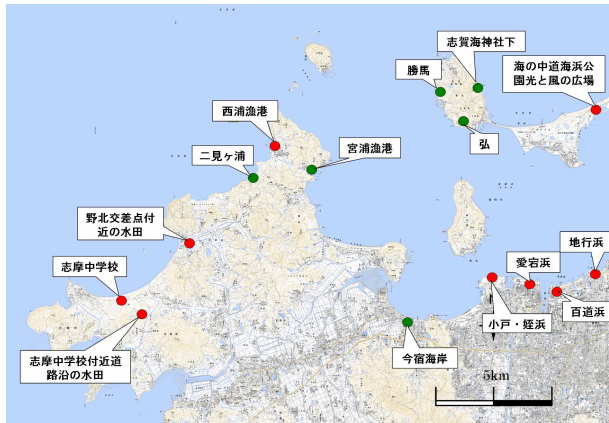


図-4 福岡市西部周辺で踏査を実施した地点と液状化発生地点（赤丸の地点でのみ噴砂跡を確認、緑丸の地点では噴砂跡を確認できず）

過してから実施したものの、噴砂跡やその他の液状化の痕跡を発見することはできなかった。また、図-3は福岡市東部周辺で踏査を実施した調査地点（緑丸、赤丸）と液状化（噴砂跡）が確認された地点（赤丸）を示したものであり、図-4は福岡市西部周辺で踏査を実施した調査地点（緑丸、赤丸）について同様に示したものである。

以上より、液状化発生地点の多くがほぼ埋立地に集中していることが分かる。しかしながら、それらの地点は、埋立地内でも全域に分布しているのではなく、点在している。これより、2000年鳥取県西部地震などの過去の地震における液状化発生状況と比較すると、今回の地震における液状化の程度はそれほど激しくはないと判断される。ただし、現在までの調査において、東方では新宮漁港の埋立地、西方では糸島郡志摩町の中学校校庭、北方では海の中道海浜公園でそれぞれ液状化したことも確認されている。これから聞き取り調査等によって液状化発生の範囲は広がる可能性も否定できない。なお、各地で観測された噴砂跡の様子を写真-1～10に示す。

今回の地震で液状化した地点では、港湾や道路等の構造物が大きい被害を受けているところは少なく、多くは道路の目地が開いたり、道路面に小さいクラックや段差が生じたり、建物と道路の間で段差が生じたりといった軽微な被害が多い。

埋立地の液状化については、埋立履歴等に関する調査を行って液状化発生との関連を検討し、今のところは次のことが明らかになっている。

- 1) 一般に埋立年数が長くなるほど、液状化が発生しにくくなることが知られているが、そのような傾向は認められていない。
- 2) 博多湾の東側にある箱崎埠頭では、航路浚渫で得られた土砂が埋立に用いられているため、場所によって細粒分の多いところと少ないところがあり、

このため、液状化発生地点も特に点在したのではないかと考えられる。

- 3) アイランドシティでは、旧仮護岸跡や岸壁背後の一部で液状化の発生が見られたが、埋立地の大部分は液状化していない。この人工島内には航路浚渫等による細粒分を多く含む土が埋め立てられているためにこのような液状化の発生状況であったと考えられる。

- 4) 愛宕浜の一箇所で、住宅地内の歩道下から大量の噴砂・噴水が生じている。その原因は、そこが埋立時における、鋼矢板等による土捨場の締切りおよび余水吐の位置に当たるため、埋立方法等に関係するのではないかと考えられる。

このように、液状化発生の状況は個々の埋立地で異なっており、埋立履歴、埋立方法、埋立材の種類等に影響を受けているものと考えられる。これについては、今後さらに埋立の変遷について調査を行うとともに、液状化解析を実施して、個々の埋立地に対して明らかにする必要がある。



写真-1 百道浜 RKB 会館駐車場での噴砂跡



写真-2 百道浜 Panasonic 駐車場での噴砂跡



写真-3 ヤフードーム裏シーサイドももち海浜公園駐車場で噴砂跡



写真-7 アイランドシティでの噴砂跡



写真-4 荒津コスモ石油前で噴砂跡



写真-8 海の中道公園内での噴砂跡



写真-5 中央埠頭イベントバスでの噴砂跡



写真-9 志摩中学校グラウンドでの噴砂跡



写真-6 中央埠頭7号岸壁の背後での噴砂跡



写真-10 志摩町野北の水田での噴砂跡

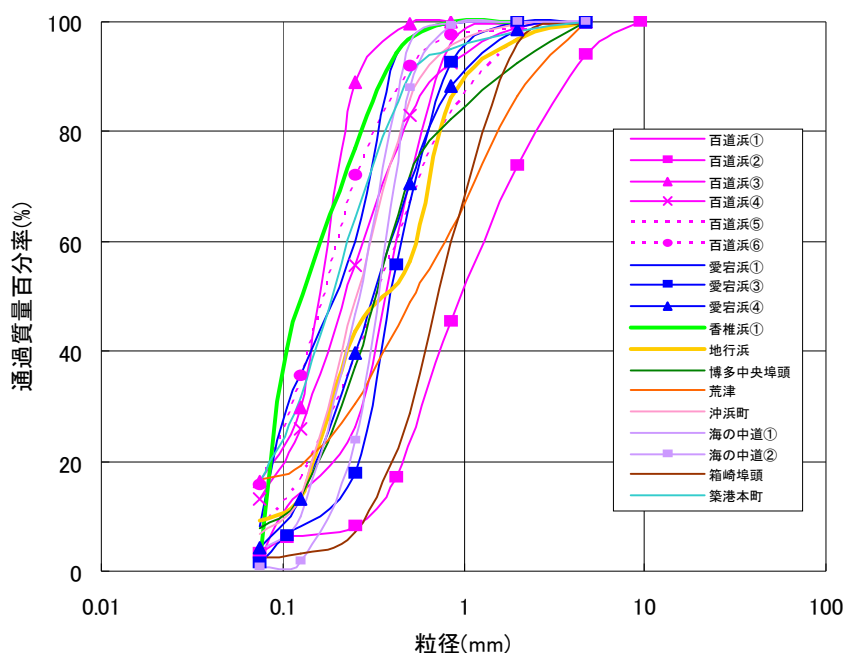


図-5 填砂の粒径加積曲線

図-5 には、いくつかの液状化発生地点で採取した噴砂の粒径加積曲線を示している。噴砂の粒度特性については、現在までに、愛宕浜や百道浜といった西側の埋立地で採取した試料について多く調べている。図-5 の結果では、平均粒径 $D_{50}=0.08\sim1.06\text{mm}$ 、均等係数 $U_c=2.4\sim7.1$ となっており、今回調査した噴砂試料は、一部の試料（百道浜②、荒津、箱崎埠頭）を除外すれば、比較的粒度の良い中砂から粒径のそろった細砂に分類される。なお、各埋立地で採取した噴砂には色や臭いなどの違いも認められている。今後、液状化発生と埋立材の種類の関連についても調べる必要がある。

3. 液状化被害の概要

(1) 岸壁・護岸の被害

博多湾の港湾施設の中で、埋立地の周囲にある岸壁・護岸構造物がいくつかの箇所では液状化による被害を受けている。被害の大きい岸壁は中央埠頭、博多埠頭、須崎埠頭など、警固断層の推定位置に比較的近いところに集中していると推察される。

中央埠頭の先端部にある 7 号岸壁（-5.5m）での被害状況を写真-11、12 に示す。この箇所では、岸壁が海側に最大 1m 程度はらみだし、背後にあるエプロン部が 1.2m 程度沈下する甚大な被害が発生している。本岸壁は L 型ブロック式岸壁であり、この

構造物のすぐ背後では、写真-6 に示したように、噴砂跡が確認されている。これらのことから、本岸壁の被害は、主に地震時の慣性力と背後地盤の液状化により生じたものと考えられる。なお、地震後の観測では、被害を受けた岸壁に開口亀裂が生じているため、そこから背後の埋立土が波浪により吸い出され、背後地盤の沈下が次第に増大していることが確認されている。今後、陥没等の 2 次災害の危険があるため、早急に応急対策を行う必要がある（写真-13、14）。このような現象は他のいくつかの被災岸壁でも同様に確認されている。

中央埠頭の付け根に位置するイベントバースでも大きな被害が発生している。写真-15、16 にイベントバースの被害状況を示す。この箇所は 20～60m の幅で海側に突き出ている突堤であるため、両側の岸壁（-4m）が海側に 20cm 程度はらみだし、突堤の地盤では沈下とともに、多数の陥没が生じている。陥没していない部分も地下に空洞があって今後陥没する可能性があるため、危険な状態にあると考えられる。本岸壁も L 型形式であり、突堤の背後地盤では噴砂跡が確認されているため、本被害は本埠頭の先端部と同様の原因で生じたものと思われる。なお、突堤の背後地盤では地表面がなだらかに傾斜しているため、斜面上方から海に向かって液状化に伴う地盤の流動現象が発生していたが、これについては後述することとする。

箱崎埠頭においては、6 号岸壁（-7.5m）で背後に

30～50cm の段差が生じている。この被害状況を写真-17, 18 に示す。本岸壁は控え矢板形式であり、表面はコンクリートスラブが施工されている。背後地盤では液状化が発生していることから、岸壁構造物、すなわち主矢板および控え矢板が一体となって海側に押し出され、スラブ面と背後地盤との間に段差が大きく生じたものと考えられる。ここでは暗渠配水管が破断する被害も認められた。このように、本岸壁の被害はL型岸壁の被害とは明らかに異なっており、構造形式による被害の相違が認められた。

その他の埠頭については、博多埠頭の先端部（サンセットパーク）などにおいても岸壁が被害を受けており、その背後地盤では液状化発生が確認されている。この被害状況を写真-19 に示す。

アイランドシティでは、西側に位置する B4 仮護岸の一部が崩壊し、埋立土砂が海中に流出する被害が生じている。写真-20 はその崩壊現場を示したものである。この原因については、今のところ明らかではないが、①崩壊箇所は以前仮護岸の開口部であったため、B4 仮護岸の中では脆弱な部分であったこと、②築堤部に発生したクラックに埋立地内からの水が入り、堤体が侵食されたこと、③仮護岸に埋立土の動圧力が作用したこと、④上部盛土の基礎であり、護岸の本体である盛砂部で過剰間隙水圧が発生し、強度が低下して盛土全体が海側に向けてすべりまたは流動破壊を起こしたこと、等が考えられる。



写真-11 中央埠頭 7 号岸壁の被害状況



写真-12 中央埠頭 7 号岸壁の被害状況



写真-13 中央埠頭 7 号岸壁の被害状況
(200/3/21 撮影)



写真-14 中央埠頭 7 号岸壁の被害状況
(2005/3/26 撮影)



写真-15 中央埠頭イントバースの被害状況



写真-16 中央埠頭イベントバースの被害状況



写真-17 箱崎埠頭 6 号岸壁の段差



写真-20 アイランドシティ B4 仮護岸の崩壊



写真-18 箱崎埠頭 6 号岸壁の被害状況



写真-21 アイランドシティ中央の交差点での道路の隆起



写真-19 博多埠頭先端部サンセットパークの被害状況



写真-22 アイランドシティ中央の交差点での道路の隆起

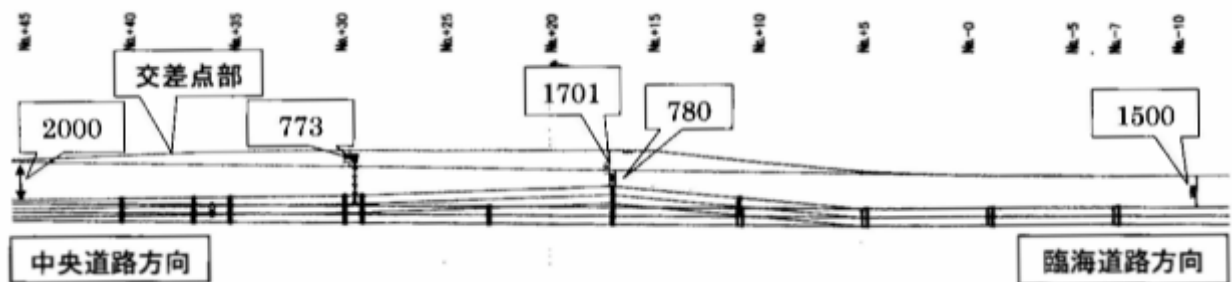


図-6 埋設管の被害状況

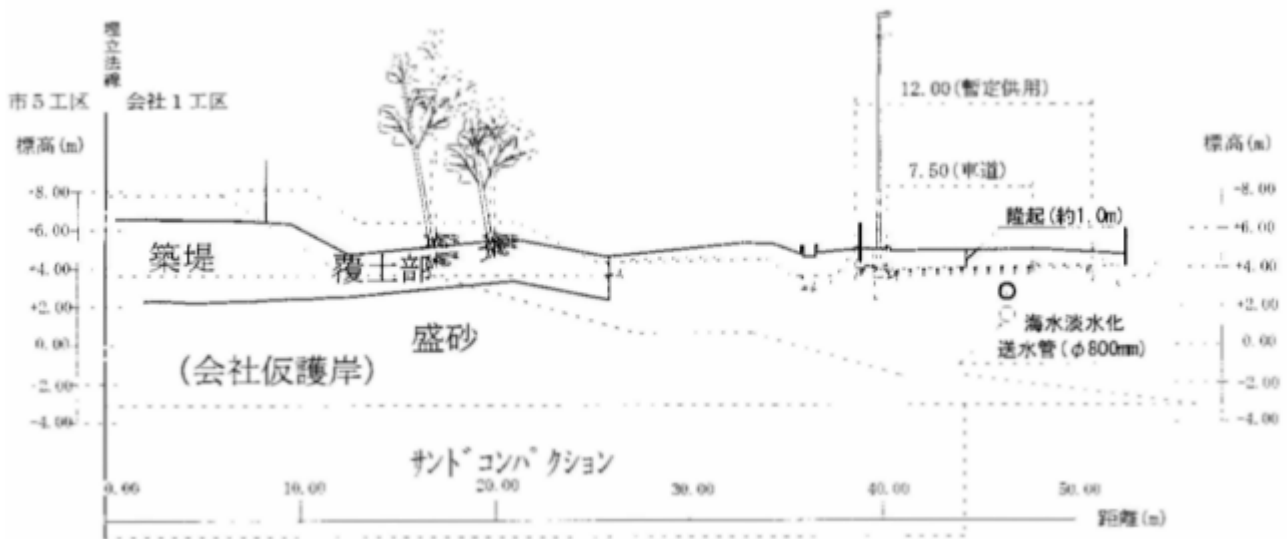


図-7 道路隆起を起こした地盤の断面形状

(2) 道路の被害

アイランドシティのほぼ中央部で、中央道路と臨港道路の交差点付近において、道路が局部的に1m程度隆起する被害が発生している。写真-21, 22にその被害状況を示す。この箇所は埋立過程において旧A1仮護岸が配置されたところであり、現在その地中には直径80cmの埋設管（海水淡水化送水管）が、臨港道路から中央道路に左折するように湾曲した後、旧仮護岸の盛砂上部を横切るように設置されている。この道路隆起により埋設管も一部1m程度真上に移動していた。図-6は道路隆起による埋設管の被害状況を示したものである。

臨港道路と平行な旧A1仮護岸沿いでは、電柱がランダムな方向に傾斜するとともに、噴砂跡が隆起箇所を含む前後200m区間で確認されており、N値10未満の飽和した砂層である盛砂が液状化を起こしていたと考えられる。図-7は旧A1仮護岸の延長方向に平行な断面を示したものである。破線は地震前、実線は地震により変形した後の地盤の断面形状をそれぞれ示している。図から明らかなように、旧A1仮護岸と直角方向には会社1工区の仮護岸があり、地震時に旧A1仮護岸の盛砂が液状化して会社仮護岸の盛土荷重を支えられなくなり、液状化した盛砂部が流動的破壊を起こして中央道路まで押されて、道路面を隆起させたものと考えられる。

その他の道路の被害としては、いくつかの埋立地で路面が波打っているところがあった。

(3) 液状化に伴う地盤の流動

このタイプの被害に分類されるものとして、2つの例を紹介する。一つは、海の中道海浜公園内にある「光と風の広場」において、液状化に伴う地盤の

流動と見られる現象が発生している。写真-23, 24にその被害状況を示す。この広場では、カモ池という池に向ってなだらかに傾斜した地盤において、池に平行な地割れが多数発生し、また、多くの地点で噴砂跡が認められている。簡単な測量により測定した流動量は6m程度で、流動が起こった範囲は池の縁から斜面上方に向って70m程度であった。また、被災範囲は長さ250m程度で、最大亀裂深さは1.4m程度であった。このような被害形態から、本斜面地は液状化に伴う地盤の流動で大きく変位したものと推察される。ただし、本広場の造成履歴や地盤のデータ、噴砂の物理特性等を調べ、液状化層および非液状化層に関する検討を行い、本被害のメカニズムを明確にする必要がある。

もう一つの例は、中央埠頭のイベントバースのすぐ背後で地盤の流動と見られる被害が発生している。写真-25, 26はその被害状況を示したものである。この箇所でも、地盤が緩やかに海側に傾斜しており、その斜面地に地割れが多数生じている。また、多くの地点で液状化の発生も確認している。これについても、今後詳細な調査を行い、被害のメカニズムを明らかにする必要がある。

(4) その他の液状化被害

その他の液状化被害としては、荒津の埋立地内にある小型石油タンクと海の中道海浜公園の「光と風の広場」の入口付近にあるトイレがそれぞれ周辺地盤の液状化により不同沈下していた。また、マンホールなどの地中構造物が浮き上がった事例も報告されている²⁾。



写真-23 海の中道海浜公園（光と風の広場）内での地盤の流動



写真-25 中央埠頭イベントバースでの地盤の流動



写真-24 海の中道海浜公園（光と風の広場）内での地盤の流動



写真-26 中央埠頭イベントバースでの地盤の流動

4. 今後の調査研究方針

上記のとおり、これまでの調査ではまだ十分に検討がなされていないため、不明確な点が多く残されている。今後は、それらを明らかにするために、以下のような調査研究を実施することが必要である。

- 1) 沿岸域の地盤情報（ボーリングデータなど）について資料収集を行い、液状化発生地点との関連性について照査・解析（液状化判定など）を実施する。
- 2) 液状化発生地点で採取した噴砂試料を用いて物理試験などを実施し、液状化試料の物理的特性について照査を行う。

- 3) 埋立地で液状化被害が集中しているため、博多湾における埋立の変遷について調査を行い、液状化発生地点との関連性について照査を実施する。

参考文献

- 1) 基礎地盤コンサルタンツ株式会社（2005）：平成17年（2005年）福岡県西方沖地震調査報告書
- 2) 安田進（2005）：福岡県沖の地震による液状化被害の調査速報

(2005.6.13 受付)

Report on Site Investigation of Damages to Structures due to Liquefaction Induced by the 2005 Fukuokaken Seiho-oki Earthquake

During the 2005 Fukuokaken Seiho-oki Earthquake, liquefaction of ground occurred mainly in reclaimed lands in Hakata Bay area. In this paper, the distribution of liquefied sites and the characteristics of grain size distribution of boiled sands on the ground surface are clarified and the outline of damages to structures due to liquefaction is summarized, including the reasons of some of the damages.