

速報

福岡県西方沖地震調査報告

兵動 正幸*・藤本 睦**・藤井 照久**・若槻 好孝**・中井 真司**・
渡邊 真悟**・伊東 周作***・吉本 憲正*・山田 卓*

Preliminary Report of the 2005 Fukuokaken-Seiho-oki Earthquake

Masayuki HYODO*・Mutsumi FUJIMOTO**・Teruhisa FUJII**・
Yoshitaka WAKATSUKI**・Shinji NAKAI**・Shingo WATANABE**・
Syusaku ITO***・Norimasa YOSHIMOTO* and Suguru YAMADA*

Abstract

Fukuokaken Seiho-oki earthquake ($M_j=7.0$) happened at 10:53 AM on 20th March in 2005. During the earthquake 6 Lower in seismic intensity was monitored in both Fukuoka and Saga Prefectures. Among them the serious damages were observed in Genkai-island and the coast of Hakata bay area. The authors started the site investigation from the next day of the event of earthquake. Collapse of houses due to slope failure of the foundation soil were observed in Genkai-island while liquefaction failures were widely observed in reclaimed lands in the coast of the Hakata bay. The mechanism of the remarkable damage is introduced in the report.

キーワード：福岡県西方沖地震，液状化，擁壁の崩壊，埋立地

Key words：Fukuokaken-Seiho-oki earthquake, Liquefaction, Damage of Retaining wall, Reclaimed land

1. はじめに

平成 17 年 3 月 20 日，午前 10 時 53 分福岡県西方沖地震 ($M_j 7.0$ 暫定) が発生した。この地震によって福岡，佐賀では震度 6 弱が観測され，玄

界島をはじめとして福岡市博多湾沿岸を中心に様々な被害が発生した。そこで，筆者らは本地震によって発生した地盤災害 (宅地崩壊，家屋損壊，液状化被害，斜面崩壊など) の現地調査を地震発生翌

* 山口大学工学部
Department of Civil Engineering, Yamaguchi University
** 復建調査設計株式会社
FUKKEN CO., LTD

*** 基礎地盤コンサルタンツ株式会社
KISO-JIBAN CONSULTANTS CO., LTD

本速報に対する討論は平成 17 年 11 月末日まで受け付ける。

日から実施した。震源に近い玄界島の位置する福岡市西区、福岡市東区志賀島を含む博多湾沿岸までを調査範囲とした。本報告では、地盤災害調査結果、その中でも特に被害の大きかった箇所について被害の状況を速報として紹介する。

2. 地震の概要

本地震の震源地は福岡県西方沖（福岡市の北西約40 km）で、震源深さは約9.0 kmである^{1),2)}。余震の震源域は福岡市内を北西-南東方向に走る警固断層の北方に位置することから、本地震は海域に延びる未知の断層が活動したと考えられる。本地震も新潟県中越地震と同様に、活断層の存在が事前に認定されていない地域で発生している。

3. 震源地付近の地盤の被害 ～玄界島～

3.1 玄界島の地形・地質、社会条件

玄界島は博多港から北西約20 kmに位置する面積1.14 km²、外周4.4 kmの小島である。北西-南東方向にやや伸びた楕円形の島で、中央部は標高218.3 mの比較的平坦な山頂を有する山体となっている。海岸部付近は波浪侵食により急斜面を形成し、平地に乏しい。南東斜面では山頂平坦面は標高160 m付近まで分布し、明瞭な遷急線で標高140~160 mの急斜面に接する。標高120~140 mの間は15~20°の緩斜面となり、下部では再び急斜面をなす。

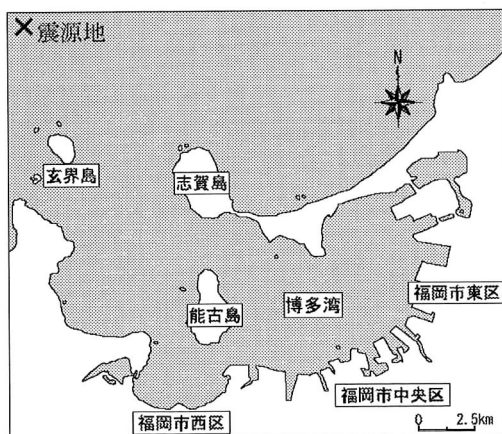


図1 震源地付近の案内図

玄界島の地質は白亜紀の花崗岩類とそれをキャップブロック状に覆う新第三紀~第四紀の玄武岩溶岩より構成され、これらの境界は標高120~140 m付近と考えられる。玄武岩は地表部付近では粘性土状に風化し、花崗岩類はまさ土状に風化している。山腹~山裾部分の地表には崖錐堆積物が分布している。崖錐堆積物は源岩の影響を強く受け、標高100 m以上では粘性土からなり、山裾部では砂分も含まれている。また、崖錐堆積物中には多くの玄武岩の転石が混入している。

島の人口は約700人で、すべての住民が島の南東斜面および斜面下のわずかな平地に居住している。漁港施設、学校、公民館や郵便局等の公共施設もすべてこの一帯に位置している。斜面部の宅地は標高50~60 m付近までに分布し、多くは玄武岩転石を材料とした石積みにより造成されている。居住域の背後は、標高120 m付近まで畑地として利用されている。

3.2 玄界島の被害概要

玄界島においては居住域における被害が特に顕著で、倒壊や屋根の崩落等の家屋被害、石積み崩壊や宅盤沈下などの宅地被害により大部分の民家が危険な状態にさらされている（写真1、2）。海岸付近の平地部では液状化や側方流動による漁港施設や建築物の被害もみられる。また、山地部の玄武岩分布域では頂部平坦面との遷急線付近での崩壊（写真3）や山頂付近の平坦面での地すべりの亀裂（写真4）等の被害が確認される。次に、宅盤の被害を中心に玄界島の被害状況を報告する。

3.3 石積み擁壁の分類

玄界島における斜面地の宅地擁壁は大きく分けて、石積み擁壁とコンクリート擁壁に区分される。今回の地震においては、石積み擁壁の被害が大きかった。そこで、被災を受けた計69箇所の石積み擁壁について、現地調査を実施した。被災を受けた石積み擁壁は図2のように、①空石積み擁壁、②練石積み擁壁、③不明（崩壊が激しく判断不明）の3種類に分類される。ここに、空石積み擁壁とは、雑石を積んだだけで間詰めがないもので、練



写真1 玄界島の宅地被害状況



写真3 遷急線付近にみられる崩壊(玄武岩の節理に沿った崩壊)



写真2 玄界島の家屋倒壊状況

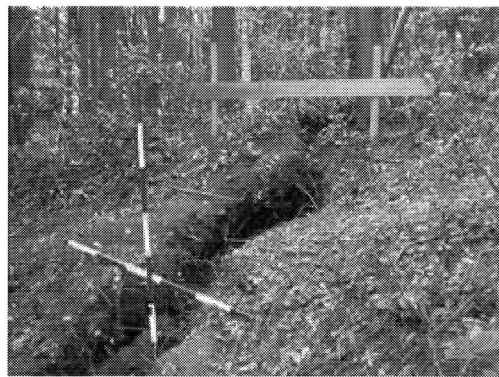


写真4 山頂平坦面の開口亀裂(強風化玄武岩領域の小規模地すべりと考えられる)

石積み擁壁とは、積まれた雑石の間をコンクリートで間詰めしているものを指している。練石積み擁壁には、施工時からコンクリートで固めたものと、空石積みに後から充填したものとの2種類があるが、明確な区分が難しいものもあり、今回の調査では一括した。

3.4 崩壊形態

石積み擁壁の崩壊形態を図3に、崩壊形態の分類を図4に示す。今回の地震において、石積み擁壁は、(ア)基礎地盤を含む崩壊、(イ)基礎地盤を含まない崩壊、(ウ)部分崩壊、(エ)石積みの抜け出し、(オ)クラック、(カ)はらみだしの崩壊形態に分類される。

図3、図4より、石積み部全体が崩壊するよう

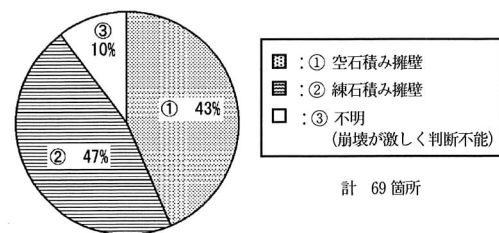


図2 石積み擁壁の構造形式

な崩壊形態((ア)および(イ))が崩壊の34%を占め、(ウ)の部分崩壊とあわせると50%になる。このことより全体的に中規模～大規模な被害が多かったことがわかる。

3.5 擁壁別の崩壊形態

石積み擁壁の崩壊形態を、(a) 空石積み擁壁、(b) 練石積み擁壁ごとに分類してまとめたものを図5、図6に示す。(a) 空石積み擁壁では、部分的な崩壊も含め、擁壁としての機能を失うような中規模～大規模の崩壊が半分以上を占めるのに対して、(b) 練石積み擁壁では、クラックやはらみだしなど、比較的小規模な被害が半分以上を占めている。これは、練石積み擁壁の間詰めコンクリートが擁壁の耐力を高めたことから、大きな破壊に至らなかったものと考えられる。

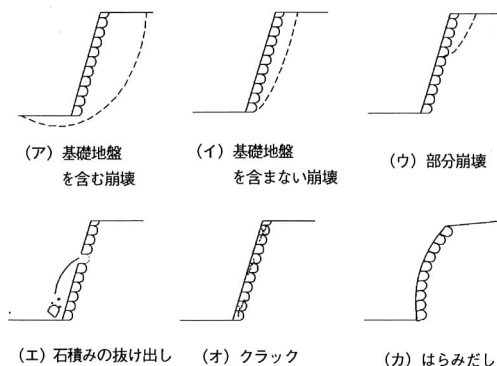


図3 石積み擁壁の崩壊形態

3.6 崩壊形態の平面分布

崩壊形態の平面的な分布状況を図7に示す。

図7より被害の規模が大きい箇所（太実線で囲まれた範囲）が住宅地の中央付近に集中している傾向が認められる。これらの被害規模の差異は、擁壁の規模、擁壁裏込め土（盛土）の性状、地山の性状などに支配されているものと考えられ、今後の調査により明らかにされるものと期待する。

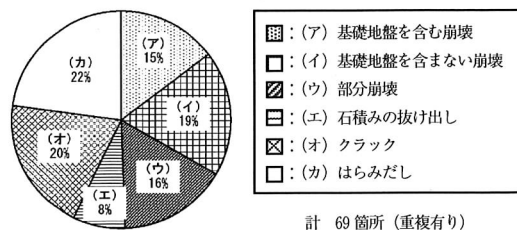


図4 石積み擁壁の崩壊形態の分類

3.7 被害の特徴

今回の石積み擁壁の崩壊には次のような特徴がある。

- ①石積み擁壁は斜面地（約15°～35°）に分布しており、石積み自体の構造も含めて不安定な状態であった。
- ②斜面地の元々の地盤は、花崗岩の地山ではなく、未固結の崖錐堆積物が分布していたものと推定され、その上に擁壁が設置されている。
- ③被災した擁壁は、全体的に擁壁の機能を失うような崩壊が多く、宅盤にも変状が及んでいる。
- ④石積みの構造形式は、空石積みが40%以上であり、大規模な崩壊もこの形式で多数発生した。
- ⑤練り石積み擁壁の被災は、比較的小規模であり、この事実は今後の斜面地擁壁の強化に参考となるものである。
- ⑥石積み擁壁以外のコンクリート擁壁あるいは法枠工などの被災も軽微であった。
- ⑦石積み擁壁の上部にはブロック扉が設置されていた所が多いが、ほとんどが変状し、一部は倒壊

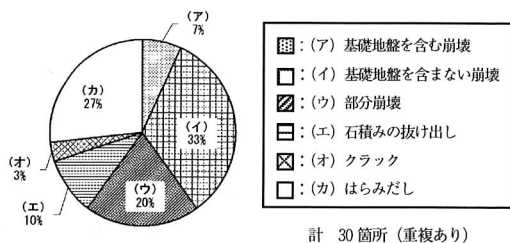


図5 (a) 空石積み擁壁の崩壊形態の分類

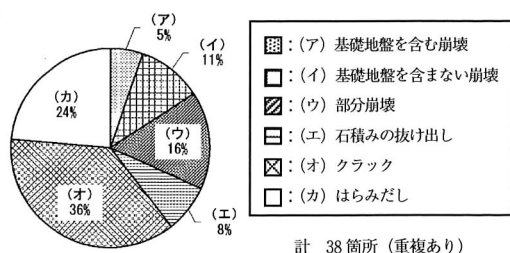


図6 (b) 練石積み擁壁の崩壊形態の分類

している。

⑧被災擁壁の平面分布を見ると、住宅地に擁壁の崩壊が集中しており、標高 100 m~140 m の畑地にある石積み擁壁は、空石積み擁壁も含めて大きな被害は受けていない。

4. 博多湾沿岸埋立地の液状化被害

本地震は、博多湾沿岸部一帯の埋立地において液状化被害をもたらした。図 8 に博多湾沿岸部一帯の液状化発生地点を示した。

また、被害調査の際に西浦漁港、百道地区福岡タワー前および市立図書館前、中央埠頭、海の中道カモ池周辺、アイランドシティにおいて採取した噴砂試料の粒度試験結果を図 9 に示した。いずれの試料も粒度分布の良い砂質土であり、博多湾沿岸は非常に液状化しやすい地盤材料で埋立てられていることがわかる。

図 10 に博多湾埋立地の代表的な柱状図を示した。博多湾の埋立は浚渫土砂を使用しており、埋立地の地盤はアイランドシティ地区が粘性土、箱崎埠頭、須崎埠頭、百道地区が比較的緩い砂質土となっている。

液状化被害はほとんどの埋立地でみられ、護岸の変状、地盤の亀裂・沈下を起し、一部の護岸が使用不能になった。被害の特徴は以下の通りである。

百道地区では沿岸部に近い駐車場や公園内において所々で噴砂が噴出し、10 cm 程度の周辺地盤の沈下が見られた。また、内陸部の杭基礎が打たれた構造物への被害は軽微であったが、人口海浜であるシーサイドももち海浜公園では栈橋が落ちるなどの大きな被害が認められた。

一方、護岸部では、液状化に伴う顕著な側方流動が中央埠頭先端部、須崎埠頭東側で発生した。中央埠頭先端部は護岸が約 1 m せり出し、約 1.2 m 沈下し、背後埋立地に液状化跡が多くみられた(写真 5)。須崎埠頭東側では、護岸が約 0.5 m せり出し、道路に液状化跡、背後約 40 m の範囲に多くの亀裂がみられた(写真 6)。本地震における護岸の被害は、兵庫県南部地震の六甲アイランドやポートアイランド地区の護岸被害と同様に、護

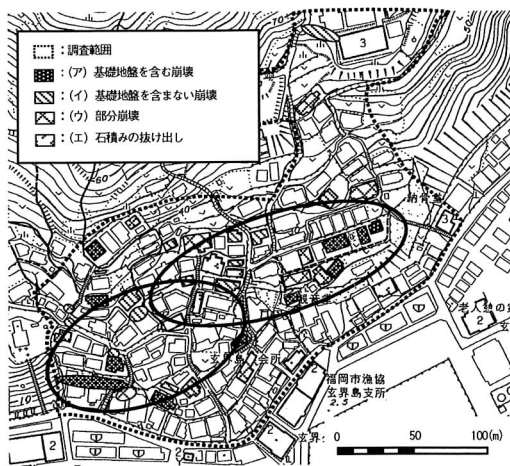


図 7 崩壊形態の平面分布状況

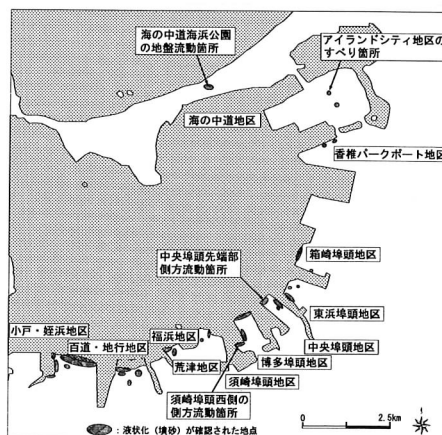


図 8 液状化被害箇所

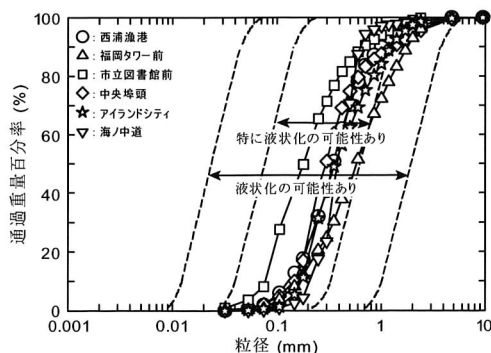


図 9 噴砂試料の粒度試験結果

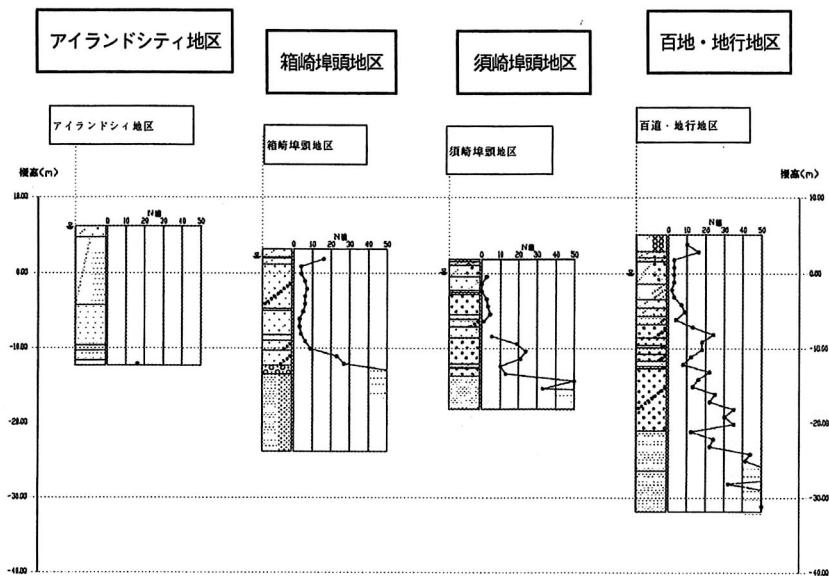


図 10 柱状図

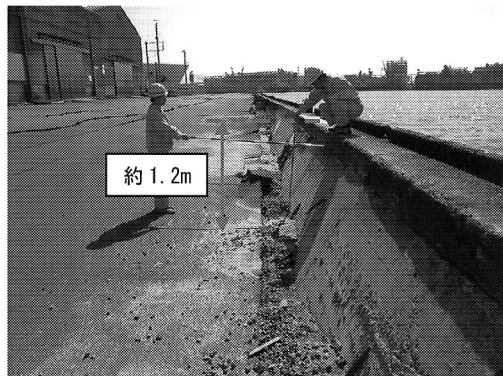


写真 5 中央埠頭の護岸のせり出し

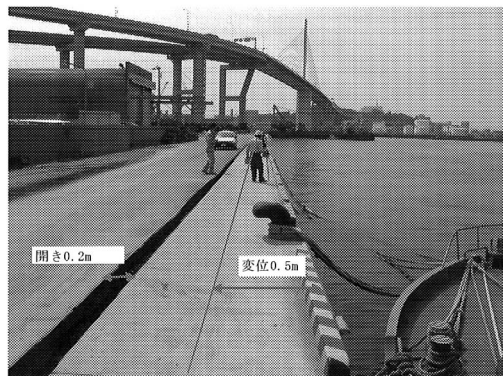


写真 6 須崎埠頭の亀裂状況

岸下部の砂地盤の液状化や護岸裏込め材の地震時土圧の増大などが原因であると考えられるが、その規模は兵庫県南部地震に比べて軽微であり、岸壁近傍の倉庫の倒壊や積み上げられた資材の転倒等は見られなかった。

5. 海の中道海浜公園の地盤流動

5.1 地盤変状

図 11, 12 に海の中道海浜公園内における「光と

風の広場」(カモ池周辺)の平面図と、最も地盤変状が大きかった A-A' 断面を示す。当該地域では、液状化に伴う地盤流動の被害が大きく、ハンディージオスライサー³⁾、簡易動的コーン貫入試験、粒度試験を実施した。

地盤変状は、図 11 に示す点線で囲まれた区域で地盤がカモ池の水際に平行な地割れを伴い数日にわたって大きく流動した(写真 7)。A-A' 断面では最大 2.8 m の地割れが生じ、その中には噴砂

が分布していた(写真8)。また、流動化は、カモ池周辺全域の地盤で起こったわけではないようで、限られた範囲で地割れが分布していた。これは、埋土された領域の詳細な地盤調査を実施しないと明確とはならないが、旧地盤面と深い関係があるものと考えられる。

5.2 調査結果

図12中には、地割れ内で行った簡易動的コーン貫入試験結果も示しているが、No.1, 2では地下水位線からGL-2m程度の深さまでの間はNd値が小さく、特に地下水面との境界付近では自沈する場合もあり、液状化が著しかったものと想定される。一方、図11に示す変状のないNo.3でも簡易動的コーン貫入試験を実施した結果、地下水位以深のNd値は13以上と大きく、液状化

せず、流動化も認められなかった。

また、No.1地点では、地表面より1mまでの



写真7 海の中道海浜公園の地盤流動

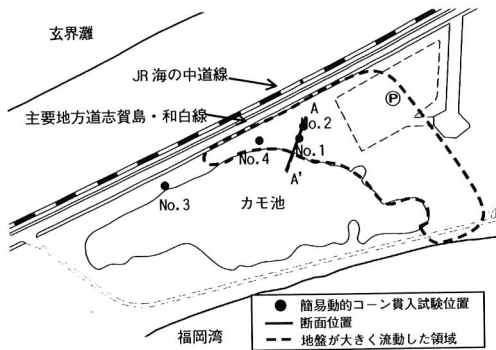


図11 調査位置平面図(海の中道海浜公園)



写真8 地割れ幅 2.80m(海の中道海浜公園)

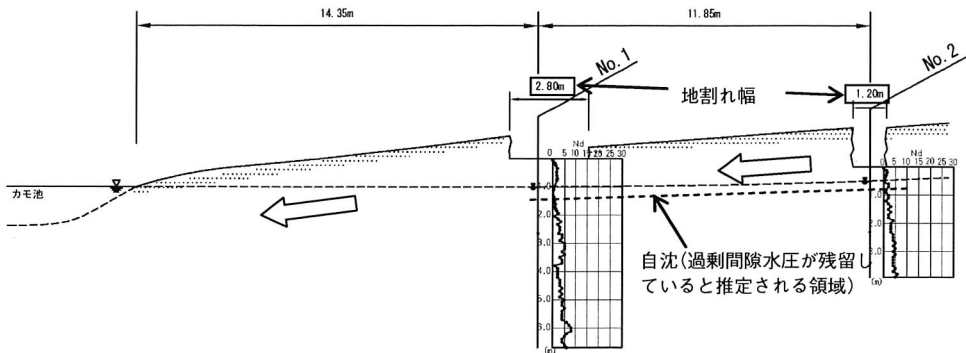


図12 A-A' 断面(光と風の広場)

試料が採取できるハンディージオスライサーによる地盤状況の確認も合わせて行った(写真9)。これによれば、GL-0.0~0.5 mが噴砂、GL-0.5~0.9 mが礫を混入した旧表土、GL-0.9~1.0 mが液状化したものと考えられる砂質土が分布していた。なお、砂質土層は採取時に含水比が高く表面に水が浮いている様な状況であり、過剰間隙水圧が残留していた可能性がある。ハンディージオスライサーで採取した試料の物理特性を把握するために行った粒度試験の結果を表1および図13に示す。

なお、表中の記号と図中の記号は一致する。また、同図には、港湾の施設の技術上の基準・同解説⁴⁾に示されている均等係数(Uc)が3.5未満の場合の「特に液状化の可能性あり」および「液状化の可能性あり」の範囲もあわせて掲載している。表1および図13より、GL-5、35 cmの噴砂と

GL-95 cmの砂質土の粒度特性は、平均粒径が0.34~0.38 mm、均等係数は1.9~2.2、細粒分含有率が1~4%と非常に類似しており、GL-90 cm以深の砂質土層が噴砂した可能性が高い。また、両層の粒度分布は、「特に液状化の可能性あり」の範囲内におさまっている。一方、旧表土は礫分および細粒分がともに多く、他の試料よりは、粒度分布が良い状態にある。上記より、当地盤では地震動によって、拘束圧の低い地表面付近の砂質土層が液状化し、この層の過剰間隙水圧の消散が上部の透水性の小さな旧表土層により妨げられ、長期にわたって残留したことにより、カモ池方向に継続的に流動した可能性がある。

6. アイランドシティ地区のすべり

図14、図15にアイランドシティ地区の被害状況を示した。

被害は埋立地内道路横に高さ約5 m、3段の埋立仮護岸盛土で発生した。亀裂は盛土天端部から道路方向にかけて連続してみられ、盛土天端部で約1 mの沈下、道路で約1 m隆起し、盛土下部では液状化跡がみられた。当地区の埋立は浚渫粘土で造成されており、基礎地盤が軟弱であるために盛土天端、道路端部を通過する円弧状のすべり

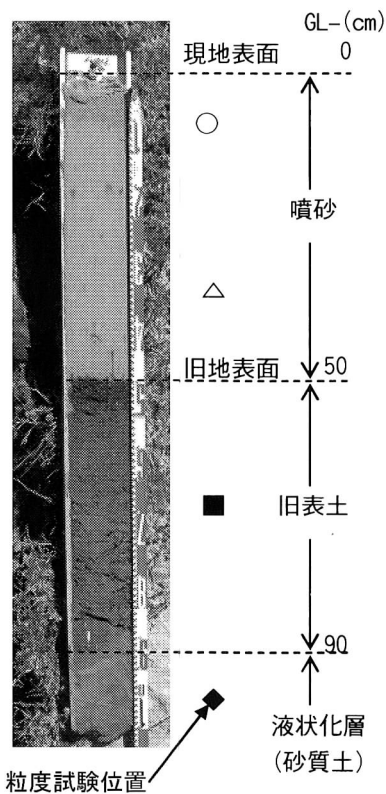


写真9 ハンディージオスライサーによる地盤状況

表1 採取試料の粒度試験結果

土層名	試験深度 GL-(cm)	最大粒径 D _{max} (mm)	平均粒径 D ₅₀ (mm)	均等係数 U _c	細粒分含有率 F ₂₀ (%)	土質分類	記号
噴砂	5	9.5	0.347	1.9	1	(SP)	○
	35	4.75	0.342	1.8	1	(SP)	△
旧表土	65	19	0.730	—	17	(SF6)	■
砂質土	95	9.5	0.382	2.2	4	(SP)	◆

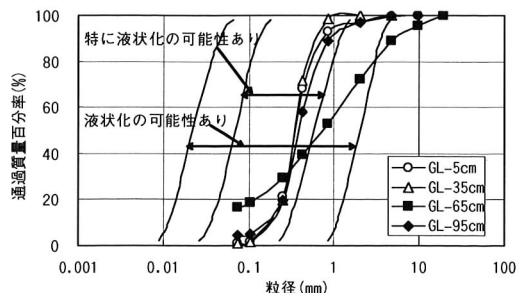


図13 粒度試験結果

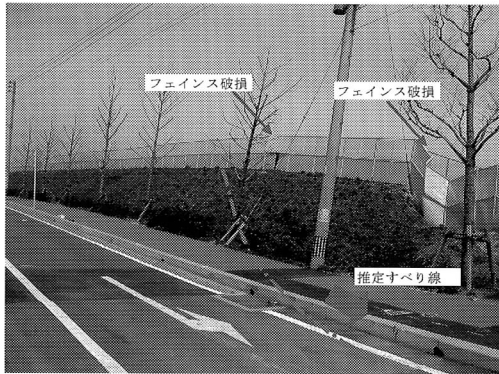


写真10 アイランドシティ地区の被害状況

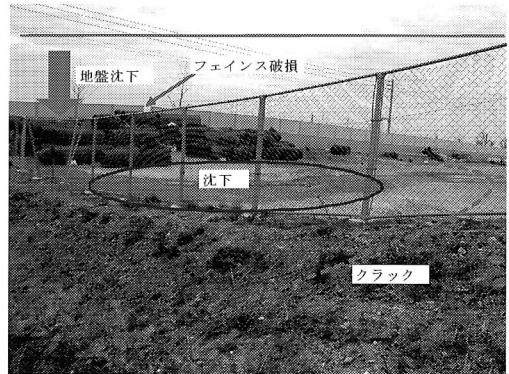


写真11 アイランドシティ地区の被害状況

破壊が生じたと推測される(写真10, 11)。

7. まとめ

今回の地震および被害の特徴を以下にまとめた。

- (1) 震源地に近い玄界島では、居住域における被害が顕著で、倒壊や屋根の崩落等の家屋被害、石積み崩壊や宅盤沈下などの宅地被害により多くの民家が危険な状態にさらされている。
- (2) 博多湾沿岸部一帯の埋立地においては、液状化の被害が顕著で、護岸の変状、地盤の亀裂・沈下を起し、一部の護岸では使用不能になるような大きな被害が認められた。

謝 辞

本調査の実施にあたり、国営海の中道海浜公園事務所及び、福岡県、福岡市の関係各位に、多大なご協力、ご配慮頂いたことを厚く御礼申し上げます。

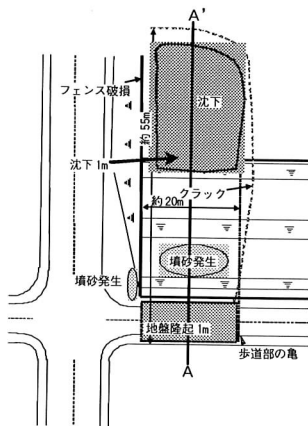


図14 アイランドシティ地区の被害状況

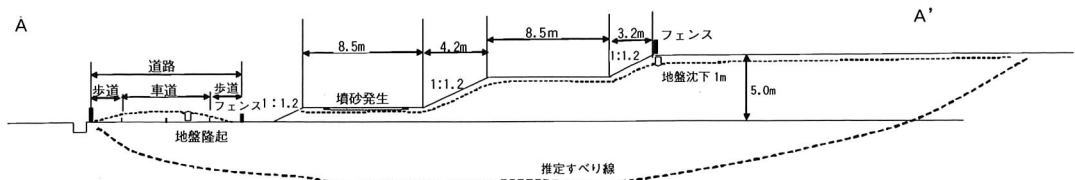


図15 アイランドシティ地区の被害状況

参考文献

- 1) 気象庁ホームページ： http://www.jma.go.jp/JMA_HP/jma/index.html
- 2) 独立行政法人防災科学技術研究所ホームページ：
<http://www.bosai.go.jp/japanese/earthquake/index.html>
- 3) 高田圭太・中田 高・宮城豊彦・原口 強・西谷義数：沖積層調査のための小型ジオスライサーの開発，地質ニュース，579，2002.
- 4) (社)日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説，1999.

(投稿受理：平成17年5月3日)