

福岡県西方沖地震調査速報

地盤工学会調査委員会

1. はじめに

2005年3月20日(日)午前10時53分頃、福岡県西方沖(福岡市の北西約27 kmの玄界灘)を震源とする地震が発生した。震源の深さは9 km, M7.0(気象庁)と発表された。この地震により、最大で震度6弱の揺れを記録し、福岡市を中心とした九州北部地域において甚大な被害が発生した。消防庁、福岡県、福岡市の調べでは、4月28日現在人的被害は死者が1名(福岡県)、負傷者が福岡県1069名、佐賀県15名、長崎県2名、山口県1名の1088名である。住家被害も福岡県に集中し、全壊129棟の内128棟、半壊207棟の内206棟、一部破損8345棟の内8199棟が福岡県である。この中で、全壊129棟の内105棟が玄界島における被害となっている。また、福岡県内では630箇所を超える道路被害、50箇所を超える崖崩れ、36箇所の港湾・漁港の被害が発生した。

地盤工学会では、このような状況の中、調査委員会(委員長:善功企九州大学教授・西部地区自然災害資料センター長)を組織し、地震発生直後から調査活動を行ってきている。その調査結果は地盤工学会のHP(URL: <http://www.jiban.or.jp/saigai/sokuho-kyusyu.html>)に第4報までアップロードされている。

本報は、今までに実施した調査から、地震動、玄界島の小・中学校の地盤被害と急傾斜地の擁壁被害、西浦地区と志賀島における斜面災害、福岡市沿岸域の液状化被害と港湾施設の被害などについて、その状況および想定される被災原因等を地盤工学的な視点から速報として報告するものである。まだ十分な考察や検討ができていない部分もあるが、現段階での速報的な調査報告であることをご理解いただきたい。口絵写真-1には、今回報告をする主たる調査地点や範囲の概略を示している。巻末の表-1に、調査委員会のメンバーをまとめている。

2. 地震動および地殻変動の概要

2.1 地震概要

気象庁の報道発表資料によると、地震(本震)の概要は下記のようにになっている。

時間: 2005年3月20日10時53分

震源地: 福岡県西方沖(33.90°N, 130.20°E)

深さ: 9 km

規模: M7(暫定)

2.2 震度分布

震度分布が図-1に示されている。注目すべき点としては、震度6弱の福岡市と佐賀県みやき町との間には

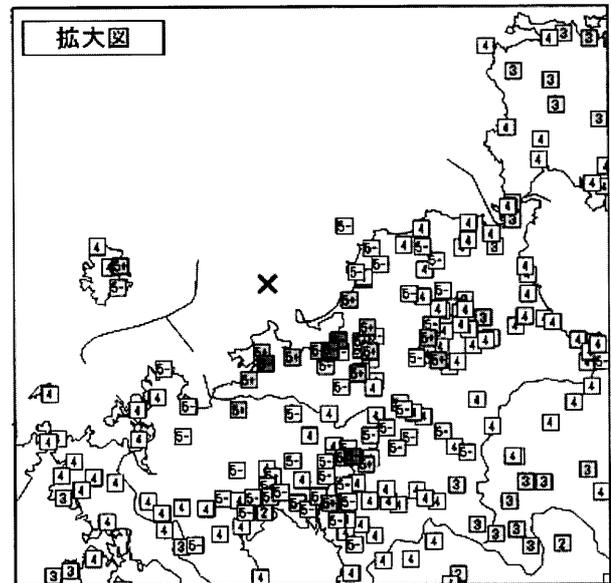


図-1 震度分布(気象庁資料)より加筆

震度4の幅広い地域が存在し、地盤の地震への応答特性が現れていると考えられる。

2.3 地震動分布

独立行政法人防災科学技術研究所より発表した強震観測網(K-NET)データは、九州地方震源付近の最大加速度が下記のように示されている: 平戸355 Gal, 鎮西329 Gal, 唐津316 Gal, 福岡276 Gal, 飯塚265 Gal, 前原260 Gal, 久留米239 Gal, 玄海228 Gal, 行橋213 Gal, 松浦205 Gal。地震動はそれほど大きくない。ただし、福岡市中央区にある(株)建設技術研究所の建物で設置されている地震計の記録により、地面で489 Galの最大加速度が観測された。

2.4 地震による地殻変動

国土地理院より、電子基準点(GPS連続観測点)の3月20日15時までのデータを解析した結果、電子基準点「福岡」が南西へ約17 cm, 電子基準点「前原」が南へ約9 cm移動していることなど、福岡県地方を中心に地殻変動が認められた。

また、この地殻変動から推定される断層モデルは、長さ約30 km, 幅約20 kmの断層が約0.6 m滑ったと推定され、余震域ともほぼ対応する。ただし、この断層運動から導かれるモーメントマグニチュードは約6.6となった。

2.5 過去の地震

福岡市周辺では、1898年にM6.0, 1929年にM5.1の地震が、また壱岐周辺では1700年にM7の地震が発生

していた。

3. 斜面崩壊の概要と特色

3.1 玄界島の斜面被害

調査を実施した斜面は、南に開く港の集落からは北東方向に位置している。地形的には、島の背骨的な山体（最高峰の標高218.3 m）が北北西-南南東に延びているが、そのちょうど南南東の端の斜面に当たる。地形的な特徴として、海岸から標高50 m 前後までは急傾斜面なのだが、遷急線があり、そこから標高70 m までは一旦なだらかな斜面となる。この面に小学校、中学校のほか、若宮神社、玄界島公園、配水施設などの公共施設がある。斜面は標高70 m からは、また勾配が急になり標高110 m ぐらいまで急斜面が続く。その上位は玄武岩のメサ状のゆるやかな地形となっている。

地質は花崗岩が深層風化し、ほとんどが「まさ土」になっている。この原因は、キャップロックとして分布している玄武岩中に貯留された地下水によって常時風化が進み、深層風化を受けていることが考えられる。その玄武岩と花崗岩との境界付近は、常時湿った状態で湿地を好む植生が分布している。

斜面の変状は、図-2 に示すように、この玄武岩より下方斜面で認められるが、顕著な変状は標高70 m より下方の急斜面に集中している。

顕著な変状の一つとして、小・中学校グラウンドに発生したクラックがあげられる（口絵写真-2）。

これは図-3 に示すようにグラウンド端に設けられたブロック積み擁壁に平行して3~5条のクラックおよび段差が発生している。

また、斜面末端ではグラウンドアンカー頭部の破損や擁壁の押し出し、斜面の小崩壊が観察できる（口絵写真-3~6）。

標高110 m より下方斜面は、元々集中豪雨や長雨で小崩壊を繰り返していた斜面であり、今回の地震動によって玄武岩のゆるみや花崗岩表層部のクラックが観察され、地下水が更に浸透しやすくなっているため、今後の梅雨期の長雨等によっては、規模の大きな崩壊を誘発することが懸念される。今後、この斜面では、詳細な調査解析やモニタリングを行い、崩壊発生の有無を検討する必要がある。

3.2 志賀島での斜面被害

(1) 志賀島循環線西側（弘地区）の斜面災害

循環線は、片切り・片盛りの形で建設されている。山側斜面では凸～直線斜面で2箇所を表層崩壊が発生している。地震動により風化部（まさ土）が表層崩壊を起こしたもので同時に樹木等がずれ落ちている。崩壊深さは30 cm 以下である。

この地区の志賀島型花崗閃緑岩の風化作用は、深層風化型ではなく、表面から浅いところに堅岩が認められる。まさ土は、シルト混じりの粗粒砂である（一部鬼まさ状…ハンマーで容易に潰せる状態）。崩壊跡には、節理が発達した褐色化した風化岩が現れている。

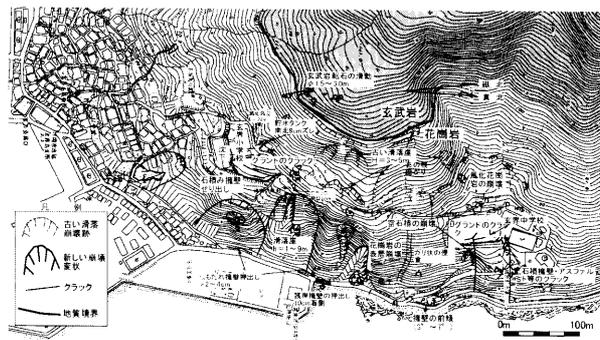


図-2 斜面の変状分布図

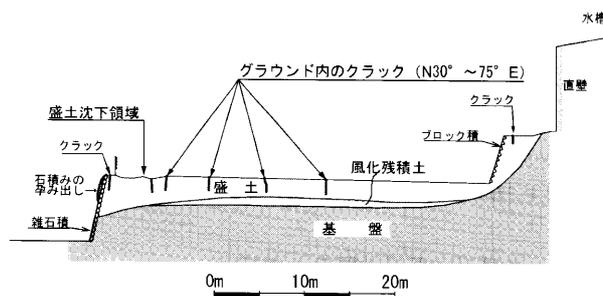


図-3 小学校グラウンド断面図

循環線で志賀島先端部との連絡路として緊急に道路復旧を行う必要があったため、道路面に崩落した土砂・樹木等を除去し、斜面に残留する不安定風化殻を整形した後、モルタル吹付け等による法面保護工が実施された（口絵写真-7）。

(2) 志賀島循環線東側の岩盤崩壊

今回の地震で崩壊している東側の周回道路は、急斜面が直接海に接する海岸を通る区間に当たる。この崩壊区間は、以前から小崩壊・落石を繰り返していた斜面である。既存の対策としては、待ち受ける「重力式擁壁+落石防止柵工」および岩盤突出部にモルタル吹付け工が施工されていた。

余震が続き十分な現地踏査ができていないが、道路、海岸からの目視観察および航空写真の判読から、志賀島型花崗閃緑岩に暗緑色の閃緑岩が貫入しているゾーンではないかと推察される。落石の中に閃緑岩、花崗岩のほか超塩基性岩の岩種も見られる。

ここでは、花崗閃緑岩（まさ土化）の強風化部および閃緑岩（多亀裂性）の弱風化部が地震動によって表層崩壊および岩盤崩壊を起こしている。崩壊頭部には花崗閃緑岩の強風化部が認められる。厚さは場所により変化しているが、道路に落石が崩落している箇所付近では10 m 前後あり、更に北側の斜面では20 m 以上に及ぶものが確認できる。黄褐色～灰褐色で節理面が発達し岩質も脆弱化した岩盤である。航空写真によると、この風化の進む花崗閃緑岩では、表層に形成されていたまさ土の部分が流れ落ちているのが認められる。ただし、下からの目視では、圧倒的に多く崩落している閃緑岩礫主体の崩土のために隠れている。

閃緑岩の弱風化部は、岩片自体は非常に硬質であるが

ニュース

不規則な亀裂が発達しており、全体としては、緑灰色の多亀裂性岩盤となっている。弱風化部の多亀裂性岩盤は凸形の斜面をなしており、日常的に落石の危険があり、モルタル吹付け工が施工されていた。地震時のモルタル吹付け工の老朽化程度が不明だが、今回の崩壊で、モルタル吹付け自体も剥離・崩落しており、吹付け工の一部が岩盤に付着残留するのが認められる。道路を埋める崩土は、主に閃緑岩の人頭大～径1m程度の角礫からなっている。崩壊跡に残留する岩盤凸部に隣接する起点側および終点側岩盤がそれぞれ崩落し2筋の落石堆を形成している。

目視観察していた3月27日、ちょうど余震（震度1程度）に遭遇したが、突出岩盤の終点側の一部が大きく崩落するのが確認された。

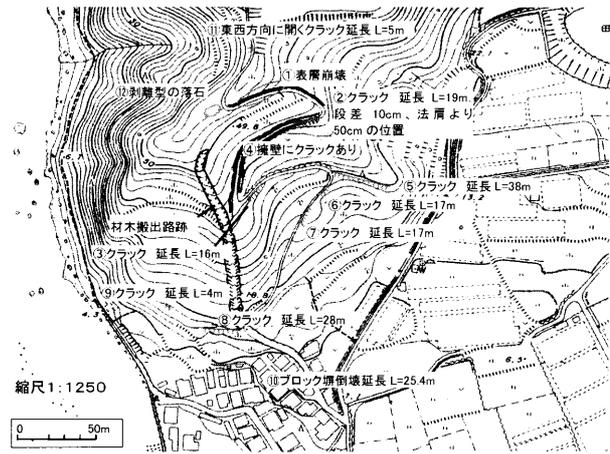
余震が続く4月1日撮影の航空写真と地震直後の写真とを比べると、崩壊が周辺に拡大し、崩土量が約3倍程度に増加していることがわかった（口絵写真—8と9）。

3.3 糸島半島西浦地区の斜面被害

西浦地区では、民家裏のコンクリートブロック塀が延長25mで倒壊し、民家に倒れかかっている。この地盤災害が最も規模が大きい。民家に隣接する裏斜面は、南向きの山体（細尾根の標高56m）に連なる緩斜面の裾部に当たり、段々畑として利用されている。民家に隣接する畑地と、更に一段高い平坦面に、それぞれ連続するクラックが発生しており、山裾に近い方のクラックの延長は28mに及んでいる。地質は花崗岩の風化残積土（まさ土）で、地山の露頭では砂粒が粗くハンマーで容易に掘れる程度の強さを持っている。畑地の土質はシルト混じりの粗粒砂（人工的な土地改変）であり、現在、サンプリングをした試料を用いて土質試験を実施中である。この民家裏の擁壁の転倒崩壊は、地震時の土圧によるものか、隣接の畑地に生じているクラックを頭部とする円弧すべりか、について現在検討を加えている。

緩斜面を登る林道沿いには、路面または路肩付近に開口したクラックや段差が発生した箇所が多く認められる。盛土が地震動によって切り盛り境よりズレを生じているものであり、崩壊したのり面の向きに特徴はない。盛土材料は周辺のまさ土であり、林道建設時に片切り片盛りで作られ、盛土勾配が1:1.0よりきつく、のり高も3mより高い箇所に多くクラックや段差が発生している。

民家裏の畑地より上の緩斜面に地すべり性の動きがないかを調査したが、尾根筋に分布する多亀裂性の弱風化花崗岩の剥離型落石と深く削られた木場道（上から伐採木を搬出する際に作られた道）沿いに、小崩壊や落石が認められる程度で、崩壊方向もまちまちであり、規模の大きな崩壊の徴候も発見できていない。花崗岩の風化したまさ土からなる山であり、深層風化が進んでいるものの、地すべり性の地形は認められない（段差地形はあるが一時果樹園として人工的に改変された地形である）。



図—4 西浦地区の調査平面図

4. 急傾斜地擁壁および宅地地盤の被害の概要

4.1 被害状況（口絵写真—10, 11）

玄界島では急傾斜地に宅地が造成され、狭隘な宅地に家屋が建てられている。このような立地条件の中での擁壁と宅地の被害が甚大であった。地盤工学会では、急傾斜地に構築された玄界島の宅地擁壁や法面工について、215箇所の被害調査を実施した。

(1) 宅地擁壁

玄界島の遠見山山頂部には、約百万年前にアルカリ玄武岩が噴出しており、いわゆるキャップロックを形成している。玄界島の宅地擁壁の特徴は、ほとんどが海岸や斜面から回収した玄武岩円礫や角礫（礫径500mm前後）を積み上げた雑石積み擁壁であるということである。また、これら擁壁（写真—1）には玄武岩礫を積み上げただけの空石積み方式とコンクリートで間詰めした練石積み方式とがあり、最大5m高さの箇所もある。高さ、背面の地盤および基礎地盤等によって崩壊や変状の度合いが異なっているが、ほとんどに変状が発生している。特に、空石積み擁壁では被害規模も大きく、80%程度に崩壊およびはらみ出しが発生している（口絵写真—12, 13）。

(2) 公共施設の擁壁および法面工（口絵写真—14）

公共施設では重力式コンクリート擁壁やコンクリートブロック積み擁壁等が施工されている。これらは、比較的損傷が少ない。一定の基準をもって設計・施工された公共構造物では被害が少ない傾向である。また、少ない例ではあるが、ジオテキスタイルを用いた補強盛土壁が2例あった。この補強盛土壁では、補強材の露出部が部分的に破断し、はらみ出しが見受けられた。

法面工は、急傾斜崩壊対策事業として施工されている。吹付け法砕工とアンカー付き擁壁工の2箇所について現地調査を行った。いずれも地震動により背面の不安定土塊と一緒に法面工全体が前方に押し出されている。法面の崩壊までには至っていないが、変位が進行中であるため今後の観測と対策が必要である（口絵写真—15）。

4.2 被害の特色

玄界島の急傾斜地はおおむね南向きである。地震動は



写真-1 空積み擁壁（左）と練り積み擁壁（右）

北西-南東の断層面に沿った横ずれ地震で発生したため、南面の擁壁や法面の被害が顕著である。宅地擁壁の東-西面では、南側主働崩壊面に沿った開口亀裂が発生したりしている。

宅地の地盤はまさ土が主体であり、崩壊部には未風化の花崗岩は見受けられない。盛土・切土境界が明確ではないが、擁壁背面は盛土であると想定され、擁壁の崩壊面で地盤を観察するとかなりルーズである。

今回の震災調査箇所における急傾斜地擁壁の種類や被災状況をまとめると、図-5および図-6に示す結果となる。先にも述べたとおり、宅地擁壁のほとんどは玄武岩礫の石積みであるため地震動に対する擁壁としての機能が不足したのは明らかである。また、これらの擁壁と家屋が近接しているため、擁壁の変状に比例して家屋の被害も大きい（口絵写真-16, 17）。

なお、この急傾斜地宅地の今後の復興計画については、調査結果を踏まえた様々な観点から検討されるべきであると考えられる。

5. 液状化と港湾施設の被害概要

博多湾の沿岸域を中心にして、地盤の液状化が発生し、それによる構造物の被害が認められている。ここでは、液状化発生地点の分布と液状化被害の概要についてまとめるとともに、港湾施設の被害についてもその概要を示す。

5.1 液状化発生地点の分布

地震後の踏査により、地表面上に分布する噴砂跡の存在が確認できた箇所を地盤の液状化が明らかに発生した場所であるとここでは判断し、液状化発生地点を整理することを試みた。図-7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り、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。この図に示された以外の場所についても、本震後数日経過した後ではあるが、福岡市中心部の天神凹地周辺、岡垣町に至る福岡市東方沿岸域周辺、志摩町に至る福岡市西方沿岸域周辺において調査団による踏査が実施されている。これによると、福岡市中心部での踏査においては噴砂跡等の明瞭な液状化の痕跡は確認されていないのに対して、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が確認されている。今後、聞き取り調査等により液状化発生範囲が広がる可能性が無いわけではないが、以上より、液状化発生地点の多くがほぼ埋立地に集中し

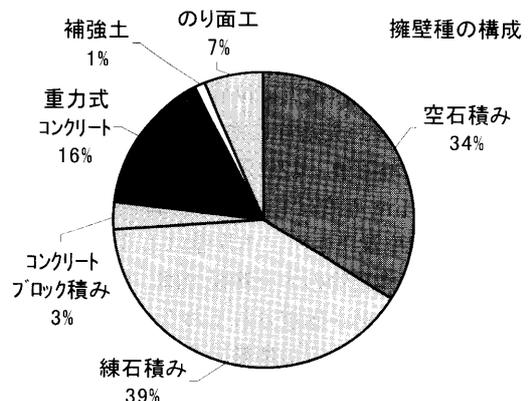


図-5 擁壁種類の構成比率

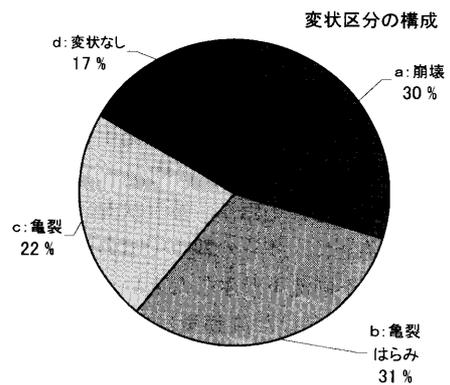


図-6 擁壁変状区分の構成比率

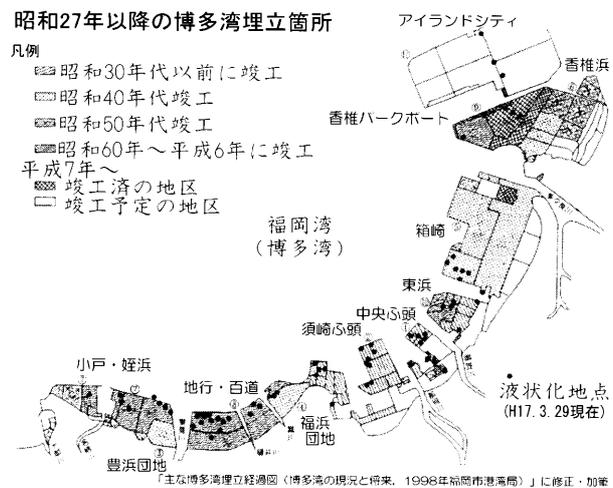


図-7 博多湾の沿岸域での液状化発生地点の分布図

ており、それらの地点が埋立地内でも全域に分布しているのではなく、点在していることが指摘できる。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。また、一般に埋立て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、そのような傾向は今のところ認められておらず、この要因について検討が必要である。各地で観測された噴砂跡の様子を口絵写真-18～21に示す。

5.2 液状化の被害概要（口絵写真-18～21）

博多湾の埋立地周囲にある幾つかの岸壁・護岸構造物

ニュース

が液状化による被害を受けた。比較的被害の大きかった岸壁は中央埠頭、須崎埠頭にあり、海底活断層の延長線上、警固断層推定位置付近に位置する。最も甚大な被害を受けた中央埠頭の先端部にある7号岸壁（-5.5 m）の被災状況を口絵写真-22に示す。この箇所では、岸壁が海側に最大1 m程度はらみ出し、背後にあるエプロン部が1.2 m程度沈下した。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、口絵写真-19に示したように噴砂跡が確認されており、本岸壁の被害が主に地震時の慣性力と背後地盤の液状化により生じたことを示唆している。また、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、陥没等の2次災害が懸念されている。

海の中道海浜公園内にある「光と風の広場」においては、液状化に伴う地盤の流動現象が発生した（口絵写真-23）。この広場は「カモ池」に向かってなだらかに傾斜した地盤で形成されており、被災状況は、池に平行な地割れが多数発生し、多くの地点で噴砂跡が認められ、構造物の変位・不同沈下が生じたというものである。簡単な測量により測定した流動量は6 m程度で、流動が起こった範囲は池の縁から斜面上方に向かって70 m程度であり、被災範囲は長さ250 m程度で、最大亀裂深さは1.4 m程度であった。同様な地盤の流動と見られる被害は中央埠頭のイベントバースのすぐ背後でも発生している（口絵写真-24）。ここでも、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た。

5.3 港湾施設の被害概要

博多港の国有港湾施設61施設について、国土交通省が実施した調査によると、38施設についての被災が現在報告されている¹⁾。地盤工学会・土木学会地震被害合同調査団による調査においても、アイランドシティおよび香椎パークポートの国際コンテナターミナルについては軽微な被災であり、口絵写真-25のように港としての機能は十分確保されており、国際コンテナ輸送への大きな障害は生じていないことが確認されている。しかし、前述のように中央埠頭では7号岸壁が大規模な被災を受けており、隣接する岸壁も被災し、施設の利用に影響が出ている。また、穀物ターミナルである須崎埠頭については船舶の着岸は可能であるが、背後の民間のベルトコンベア施設に被害が生じており、穀物の荷役に支障が生じることが懸念される。その他国有港湾施設以外でも被害が発生しており、福岡市西部の西浦漁港、玄海島の漁港にも須崎埠頭や中央埠頭と同様な被害が発生した。

岸壁の被災形態に着目すると、博多湾内の岸壁には多様な構造形式が用いられており、それに起因すると思われる被災形態の違いが指摘されている。これについては岸壁の耐震評価も含めて今後の課題となろう。

6. 市街地における被害集中域と地盤特性

福岡市における地盤の特徴として警固断層の存在があ

る。図-8の基盤岩表面等高線⁴⁾に示されるように、この警固断層を境として、その西側の基盤岩表面までの標高がTP 0 m~-20 mであるのに対して、その東側においては、TP-40 m~-50 mとなっており、天神凹地を形成している。

警固断層を東西に横切る地質断面⁵⁾を図-9に示す。基盤岩である古第3紀の砂岩・頁岩までに堆積している第4紀層の層厚は、警固断層の西側では10 m~20 mであるのに対して、その東側では40 m~50 mとなっている。

警固断層の西側における地質は、ほぼ中洲層（10 m~20 m厚、沖積、砂質土、 N 値：3~21 平均値9）で構成されているが、東側では、同様な中洲層の下位に、博多粘土層（40 m~50 m厚、洪積、砂質土と粘性土の互層、 N 値：砂質土13~37 平均値25、粘性土5~21 平均値13）が分布しており、その下は、金武礫層（洪積、砂礫、 N 値：19~43 平均値31）となっている。

図-10に、福岡市におけるコンクリート構造物の被害分布状況⁶⁾を示す（口絵写真-26~28）。コンクリート構造物の被害分布は、警固断層東側の天神凹地近傍に集中している。これは、基盤岩に入射した地震波が、天神凹地の地盤形状・地質状況により増幅されて、地表面に到達した結果によるものと想定される。図-10に示されるように、天神北部のK-Net観測点と警固断層西側の

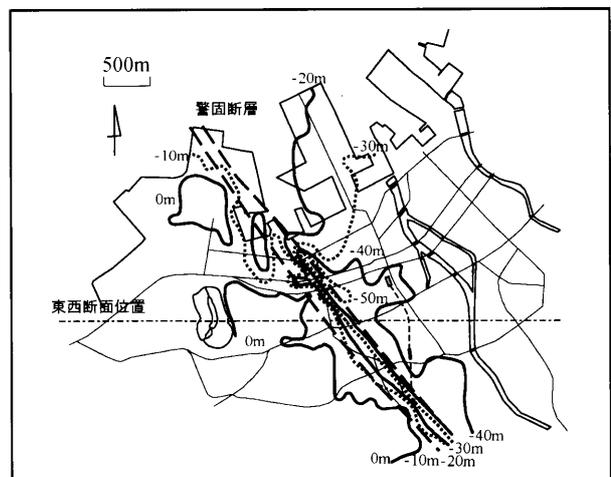


図-8 基盤岩表面等高線図

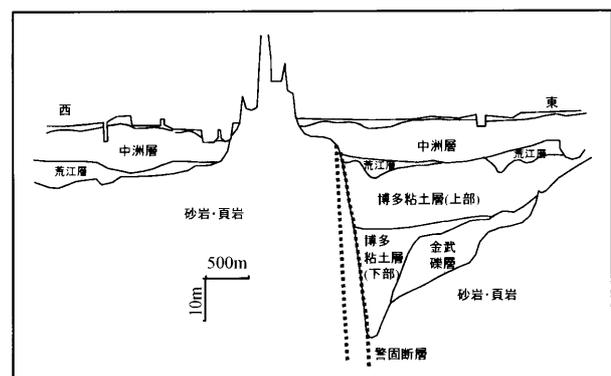
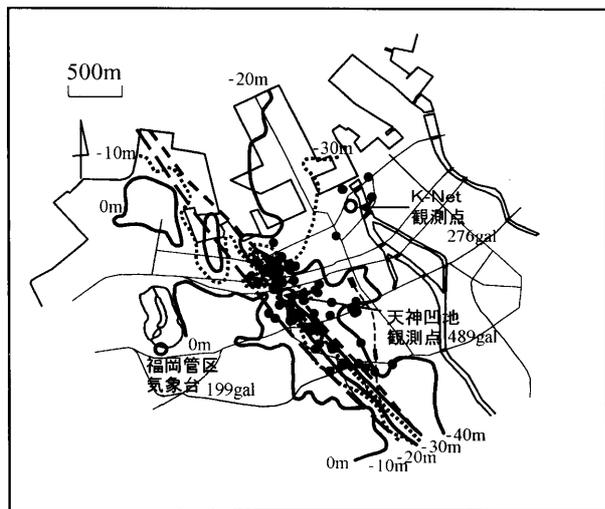


図-9 東西地質断面図



図一10 コンクリート構造物被害分布状況図

福岡管区気象台の強震記録で、それぞれ276 galと199 gal（地表面最大加速度，NS成分）であったのに対して、天神凹地における地表面最大加速度が489 gal（NS成分）であったことと整合する。

7. あとがき

本報告は、4月末までの調査結果を速報的にとりまとめたものである。現在、調査結果の詳細な分析やそれを反映した解析等をはじめ、調査委員会としては、これらの成果を含めた報告書を今年度の函館での地盤工学研究発表会までにとりまとめることとしている。特に福岡市から調査依頼がなされている玄界島と志賀島の地盤調査については、そのあり方や今後の復興計画と関連づけて学術的な視点からの提言をまとめることとしている。最後に、今までに合同での調査を行ってきている土木学会調査団の皆様はじめ、被害情報を提供していただいている九州整備局、福岡県、福岡市などの関係機関・関係各位に深甚の謝意を表したい。

参考文献

- 1) 福岡県（1996）：西山断層系，水縄断層系及び警固断層系に関する調査委託報告書．第Ⅳ編 警固断層系についての調査結果，p136，1996.
- 2) 2005年3月20日10時53分頃の福岡県西方沖の地震について，気象庁報道発表資料（2005/3/20 12：30）.
- 3) 国土交通省 九州地方整備局 博多港湾・空港整備事務所 HP，福岡県西方沖を震源とする地震による博多港の被災状況について（第3報）（平成17年4月4日現在）.
- 4) 福岡地盤図（等高線区分図）を参考に作成.
- 5) 福岡地盤図（東西断面図）を参考に作成.
- 6) 地盤工学会・土木学会 地震災害共同調査資料（主として九州工業大学 幸左グループの調査結果）を使用。（原稿受理 2005.5.12）

表一1 地盤工学会調査団 名簿（順不同）

氏名	所属機関役職名
善 功企* (団長)	九州大学大学院工学研究院
安福規之* (幹事)	同 上
落合英俊	同 上
陳 光齊*	同 上
大嶺 聖	同 上
笠間清伸*	同 上
小林泰三	同 上
烏野 清	九州共立大学工学部
前田良刀	同 上
佐藤研一	福岡大学工学部
永瀬英生	九州工業大学工学部
廣岡明彦*	同 上
岩尾雄四郎	佐賀大学理工学部
坂井 晃	同 上
林 重徳	佐賀大学低平地研究センター
柴 錦春	同 上
日野剛徳	同 上
矢ヶ部秀美*	(株)ダイヤコンサルタント
松浦一樹	同 上
岩本直樹	同 上
田上 裕	基礎地盤コンサルタンツ(株)
森本嘉幸	同 上
山内淑人*	(財)地域 地盤 環境 研究所
平松浩三	(株)ウエスコ
佐藤秀文*	日本地研(株)
橋村賢治	同 上
和田 弘*	ライト工業(株)
小野山裕治	同 上
内田 宏	同 上
古閑美津久	国際航業(株)
木寺佐和記	西日本技術開発(株)
山口弘志	中央開発(株)

*:本調査報告の主たる執筆者