

山口県山口・小郡地域の地盤図の作成と地盤特性

Geotechnical Engineering Maps and Ground Characteristics of Yamaguchi and Ogori Areas in Yamaguchi Prefecture

山口県地盤図の作成と地盤防災への活用に関する研究委員会

本研究は最終的に『山口県地盤図』の刊行を目標とするもので、これまでに地盤情報システムを構築し山口・小郡地域を対象とする地盤図を試作した。全国的にみても、このような目的で各地の地盤図の作成や地盤情報システムの開発が進められており、山口県においても平成12年度より地盤図の作成を進めている。現在、岩国・宇部・下関など各地域のボーリングデータを収集しつつ、山口・小郡地域の地盤図の拡充を図っている。本文では、山口・小郡地域における地質、岩石、断層および地震活動を概観した上で、中心部の6測線の土質断面図を作成し、各地点の地盤特性を検討した結果について報告する。

キーワード: 地盤図, 地質学, 地盤工学, ボーリング柱状図, GIS, 土質断面図 (IGC:A-3, B-9, B-11)

1. はじめに

豪雨や地震などによって発生する自然災害に対して、生活基盤となる民家や各種の公共構造物・施設、ライフラインの基礎あるいはそれらに近接する場所の地盤特性を把握しておくことは、地盤防災対策を立てる上で、重要な課題である。また、各種公共事業の計画策定時の基礎資料として、地盤情報を有効に利用できる体制を確立しておくことも重要である。全国的にみても、このような目的で各地の地盤図の作成や地盤情報システムの開発が進められており^{1)~3)}、山口県においても地盤図の作成が、平成12年度より地盤工学会中国支部第一種研究委員会(表-1)として進められている。

本研究は山口県土木建築部所管のボーリングデータを対象に地盤情報システムを構築して、最終的に『山口県地盤図』を作成しようとするものである。これまでに山口・小郡地域の既存ボーリングデータを対象として、工学的基盤深度などのコンター図の作成や任意断面の土質柱状図の推定を試み、本システムの運用上の問題点と改善点を指摘した。また、本システムの運用上必要な土質柱状図や岩盤柱状図の各種データの取り扱い方を議論し、それらの細則を作成した⁴⁾。本文では、山口・小郡地域における地質、断層および地震活動を概観した上で、両地域における土質平面図と中心部の6測線の土質断面図を作成し、それらの地盤特性を検討した結果について報告する。

2. 山口・小郡地域を対象とした地盤図の作成

2.1 山口県の地質⁵⁾

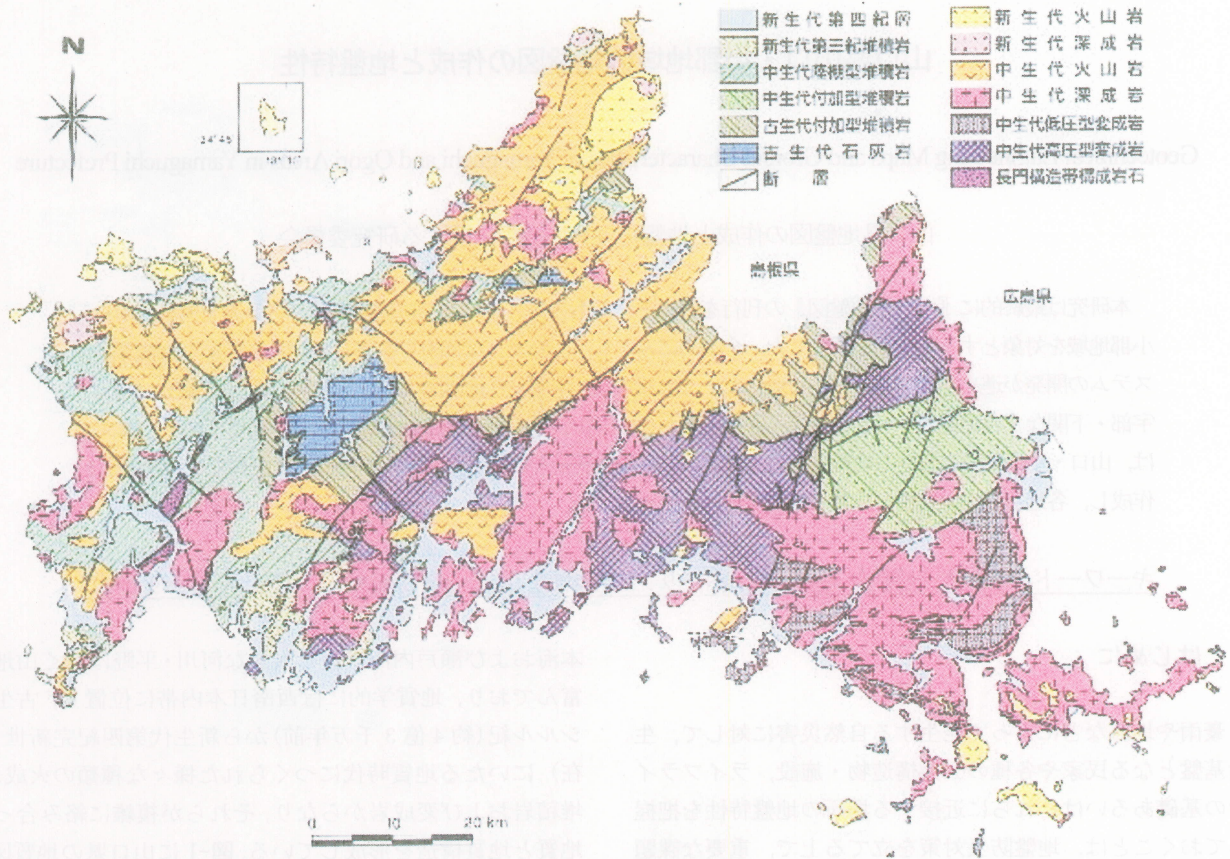
まず山口県の地質状況を概観しておく。文献5)によれば本州最西端に位置する山口県(総面積6100km²)は日

本海および瀬戸内海に面し大きな河川・平野はなく山地に富んでおり、地質学的には西南日本内帯に位置し、古生代シルル紀(約4億3千万年前)から新生代第四紀完新世(現在)にいたる地質時代につくられた様々な種類の火成岩、堆積岩および変成岩からなり、それらが複雑に絡み合った地質と地質構造を形成している。図-1に山口県の地質図⁵⁾を示す。複雑に見える山口県の地質も種類、性質および形

表-1 研究委員会(敬称略、○:執筆者)

氏名	所属
○山本 哲朗	山口大学工学部
○鈴木 素之	山口大学工学部
秋元 覚	(株)大東建設コンサルタント
天野 修三	川崎地質(株)
池田 敏明	中電技術コンサルタント(株)
○今岡 照喜	山口大学理学部
大野 晴正	栄建設コンサルタント(株)
○金折 裕司	山口大学理学部
金徳 篤司	(株)東洋土質調査所
河村 志朗	(株)ソイル・ブレーン
北村 晴夫	(株)東建ジオテック
工藤 健二	基礎地盤コンサルタンツ(株)
国広 晴己	サンヨーコンサルタント(株)
合田 洋一	(株)エイトコンサルタント
鈴川 俊道	宇部興産コンサルタント(株)
瀬原 洋一	常盤地下工業(株)
古屋 憲二 (竹田 逸雄)	山口県土木建築部
中田 幸男	山口大学工学部
邑中 秀之	(株)宇部セントラルコンサルタント
田中 恵	復建調査設計(株)
久永 喜代志	(株)宇部建設コンサルタント
平江 武士	東邦地下工機(株)
兵動 正幸	山口大学工学部
甲木 善徳	日本地研(株)
松田 博	山口大学工学部
秋山 美代	日特建設(株)
前田 俊彦	(財)山口県建設技術センター
三浦 房紀	山口大学工学部
村田 秀一	山口大学工学部
山下 修美	(株)清和
吉本 憲正	山口大学工学部

(平成15年3月31日時点)


図-1 山口県の地質⁵⁾

成年代から図-1に示す13種類の地質単元にまとめることができる。さらに、大局的には次の3つの地域、①周防地域（県東部地域）、②長門西部地域（県西部地域）、③阿武地域（県北部地域）に区分される。①では古生代付加型堆積岩、中生代高圧型変成岩、中生代付加型堆積岩および中生代低圧型変成岩が配列をなしている。②においては古生代石灰岩、古生代付加型堆積岩および中生代陸棚型堆積岩が広く分布している。③においては中生代火山岩および新生代火山岩の発達が特徴的である。表-2に地質区分の分布面積を示す。中生代火山岩が23.5%、中生代深成岩が22.7%であり、その他は概ね10%未満の分布である。なお、高圧型、低圧型とは岩石が変成作用を受けるときの圧力（温度）条件を指し、付加型とはプレートの沈み込み運動に伴って、各種堆積物が海溝陸側斜面につけ加えられる作用を指す。

2.2 山口・小郡地域の地質と岩石

山口県のほぼ中央部に位置する山口・小郡地域の地質は、古い方からペルム系宮野層⁶⁾、トリアス紀の変成年代を示す周防変成岩⁷⁾、白亜紀関門層群および周南層群禪定寺山累層、白亜紀花崗岩類・関連岩脈類および第四系に大別される。

宮野層は山口市仁保、赤妻、泉山に分布し、チャート、珪質凝灰岩、砂岩および石灰質礫岩からなり周防変成岩と

表-2 地質区分の分布面積⁵⁾

地質単元	分布面積	
	(km ²)	(%)
新生代第四紀層	610.0	10.0
新生代第三期堆積岩	152.5	2.5
中生代陸棚型堆積岩	579.5	9.5
中生代付加型堆積岩	286.7	4.7
古生代付加型堆積岩	372.1	6.1
古生代石灰岩	91.5	1.5
新生代火山岩	268.4	4.4
新生代深成岩	30.5	0.5
中生代火山岩	1433.5	23.5
中生代深成岩	1384.7	22.7
中生代低圧型変成岩	207.4	3.4
中生代高圧型変成岩	652.7	10.7
長門構造帯構成岩石	30.5	0.5

は断層関係にある。

周防変成岩は山口市仁保から南西方向にかけて分布している。おもに泥質片岩や砂質片岩からなり、塩基性片岩、珪質片岩の薄層や片状斑れい岩、単斜輝岩、蛇紋岩の大小のレンズ状岩体を伴う⁸⁾。

宮野層相当層や周防変成岩と白亜系とは不整合関係あるいは断層関係にある。

関門層群の主要な分布地は地域と禪定寺山北西方であ

る。そのほか山口市平野などに狭小に分布する。本層群は陸成の下部白亜系で、下位の脇野垂層群と上位の下関垂層群とに区分される⁹⁾。前者は礫岩・砂岩・頁岩の互層からなり、後者は礫岩・砂岩・赤色頁岩互層と安山岩質〜デイサイト質火山岩類からなる¹⁰⁾。本層群は周南層群に不整合に覆われる^{11), 12)}。

周南層群禅定寺山累層は黒河内山周辺に東西に分布する。Murakami and Matsusato¹³⁾によると、本層はおもに乾陸上に噴出した火山岩類からなり、それらは形成時期によってⅠ期（安山岩質溶岩・凝灰岩・凝灰角礫岩）、Ⅱ期（流紋岩質〜デイサイト質凝灰岩・凝灰角礫岩・溶結凝灰岩・凝灰質砂岩・頁岩・礫岩）およびⅢ期（流紋デイサイト質〜デイサイト質溶結凝灰岩・貫入性角礫岩）に大別されている。地質時代はセノマニアン〜チューロニアンとみなされている¹²⁾。このうちⅢ期の流紋岩質結晶凝灰岩は周南層群ではなく、阿武層群に属するとみなすのが妥当である¹⁴⁾。

白亜系とその基盤を貫いて、白亜紀の貫入岩類が発達している。それらは西南日本における花崗岩の帯状配列のうち山陽帯¹⁵⁾に位置づけられ、バソリスをなす花崗岩類と脈岩類とに大別される。花崗岩類は防府市切畑、山口市秋穂二島および小野周辺に広く分布する。脈岩類は本地域のいたるところに分布し、それらは石英閃緑岩・斜長斑岩・ひん岩・花崗閃緑斑岩・石英斑岩・花崗斑岩・珪長岩・文象斑岩・アプライトからなっている。そのほか溶結火山礫凝灰岩岩脈と貫入性角礫岩が認められる。これらの脈岩類の中で、本地域南西に分布する斜長斑岩と花崗閃緑斑岩からなる複合岩脈は酸性岩類^{16), 17)}と呼ばれている。

2.3 山口県中西部の断層分布と地震活動

山口県には NE-SW 方向の断層が卓越しており、一部に NW-SE 方向の断層が認められる（図-2 参照）。これらの断層はいずれも明瞭なニアメントを形成している。さらに、その一部では変位地形が認められ、活断層である可能性が指摘される。地形学的に認められる変位のセンスは NE-SW 方向の断層が右横ずれであるのに対し、NW-SE 方向の断層は左横ずれを示している。NW-SE 方向の代表的な断層として、確実度Ⅰの菊川断層がある¹⁸⁾。NE-SW 方向の断層は主として地質境界を構成している。山口県中部には、この方向の断層として、迫田-生雲断層や徳佐-地福断層、大原湖断層、榎野川構造線などが認められる。これらの断層は合流したり分岐したりして、全体として弥敷山-大原湖断層系を構成している。さらに、この断層系の北西に、三ヶ岳東方断層と渋木断層、南西に佐波川構造線が分布している。これらの断層のうち、大原湖断層と榎野川構造線北部、三ヶ岳東方断層と渋木断層、岩国断層帯に沿って右横ずれを示唆する変位地形が認められる。さらに、山口県東部には岩国断層帯が存在している。

1997 年山口県北部の地震の震央は、迫田-生雲断層の

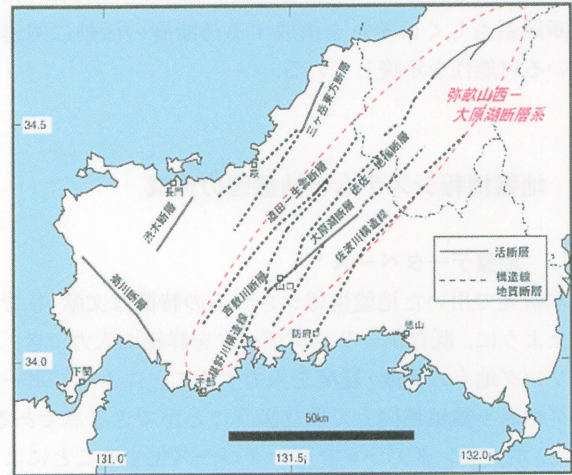


図-2 山口県中西部の断層と断層系

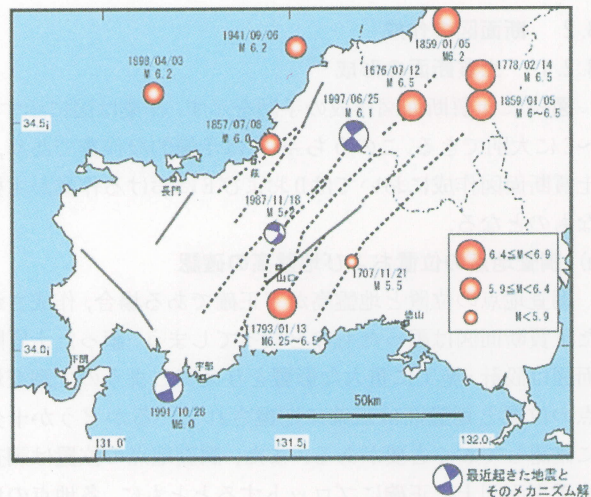


図-3 山口県中部地域で発生した被害地震の震央¹⁹⁾

北東部付近に位置している（図-3 参照）。迫田-生雲断層や徳佐-地福断層には、幅数 m 程度のカタクレースサイト帯が伴われ、一部に断層ガウジも確認されている。この 2 本の断層はいずれも榎野川構造線に合流している。大原湖断層は確実度Ⅱの活断層であり¹⁸⁾、榎野川構造線に連続する。この構造線に沿った山口盆地北縁では、地形的な変位や第四紀の堆積物を切る露頭が確認されており、この構造線も活断層として再活動していることが指摘される。

2.4 山口県中部地域での被害地震と震源断層

これまでに山口県中西部で発生した被害地震の震央を図-3 に示した。これらの被害地震のうち、最近になって発生した 1987 年 山口県中部の地震 (M5.2) と 1997 年 山口県北部の地震 (M6.1) の 2 つの被害地震は弥敷山-大原湖断層系に沿っている。さらに、1991 年周防灘の地震 (M6.0) はこの断層系の南西延長部に位置している。いずれの地震も震源の深さが 20 km 以浅であり、内陸地震に相当する。

これらのことは、3つの被害地震の発生が弥畝山西-大原湖断層系もしくはそれを構成する活断層の活動に関連している可能性を示唆している。

3. 地盤情報システムと地盤図の作成

3.1 地盤データベース⁴⁾

本研究で用いた地盤情報システムの特徴は文献⁴⁾で示したように、既存ボーリングデータを詳細に入力でき、ボーリング地点の緯度・経度を入力することによってボーリング地点を数値地図上で取り扱うことができる点である。また、ボーリングデータをデータベース化することによって任意の断面の土質柱状図を推定することができ、土質試験結果に基づいて液状化判定を行うこともできる。

3.2 断面図の作成

3.2.1 土質断面の形成²⁰⁾

図-4に土質断面図作成の手順を示す。作業は図に示すA～Eに大別できる。このうちA～Cは予備的な作業であり、土質断面図作成においてはDおよびEにおける作業が主要なものとなる。

a) 調査地点の位置および地盤高の確認

調査地点の位置と地盤高が不正確である場合、作成された土質断面図は誤ったものになってしまう。誤った土質断面図は設計・施工に重大な影響を与えてしまうので調査地点の位置と地盤高は正確に把握されているかどうか十分に確認しておく必要がある。また、調査地点の位置は調査位置平面図上に正確にプロットするとともに、各地点の地盤高および調査深度を記入しておく。

b) 土質断面の縮尺および縦横比の設定

土質断面図の縮尺および縦横比は調査の精度や目的に応じ適切に設定する必要がある。しかし、実用的には地層

の分布を明瞭に把握でき図面が複雑化することのないようにする。縮尺の縦横比は地形や地層が傾斜している場合は1:1とするのがよい。しかし、調査深度と比べ調査地点の間隔が大きい場合には縦横比を大きく設定した方が地層の連続性を把握しやすく堆積物の状態を表現することができる。

c) 地表線および柱状図の記入

土質断面の縮尺および縦横比が決定されたら、それに基づき地表線を記入しボーリング柱状図を記入する。地表線は地形図などから読み取った点をプロットしできるだけ忠実に地形を考慮する。また、ボーリング柱状図には特別な場合を除き標準貫入試験N値の深度分布を併記する。

d) 堆積環境の推定および柱状図の対比

ボーリング柱状図や地盤情報からの観察により地層の時代区分や堆積環境を推定し地層の対比を行う。

3.2.2 山口地域

山口市は北部に中国山地があり、中央に樫野川が流れている。山口市中心街を対象として土質断面図を作成した。図-5に山口市中心街の平面図を示す。図-6～8に山口市中心街における代表的な3断面における土質断面を示す。断面A-A' (図-6)は山口市吉敷地域と山口市宮野地域を結んだ土質断面である。最上部には砂質土層が厚さ約5.0～1.0 mで堆積しており、その下部には部分的に粘土質砂およびシルト質砂を挟み、砂質礫が10.0 m程度堆積している。さらに、粘土質砂、シルト質砂および軟岩層が存在する。N値は砂質礫および軟岩層において高い値を示しており、粘土質砂およびシルト質砂層においては低い値を示している。断面B-B' (図-7)は山口市吉敷地域における土質断面図である。最上部は表土および埋土であり、その下部に砂質粘性土が堆積している。さらに、厚さ10.0 m程度の砂質礫が堆積しており、その下部に軟岩層が堆積している。N値は断面A-A'と同様に砂質礫層で高い値を示して

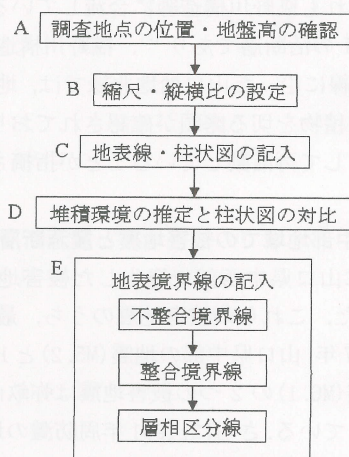


図-4 土質断面作成の手順²⁰⁾

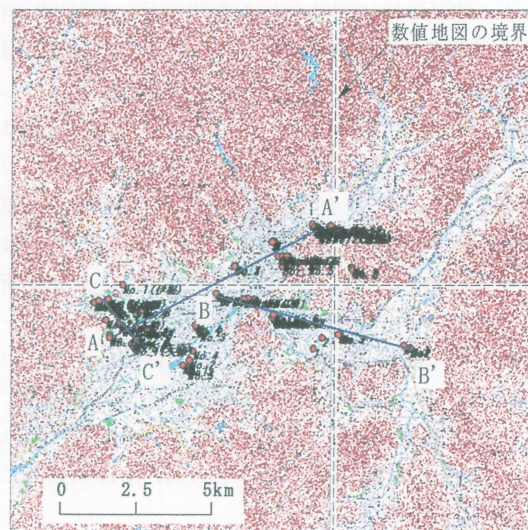


図-5 山口市中心街の平面図

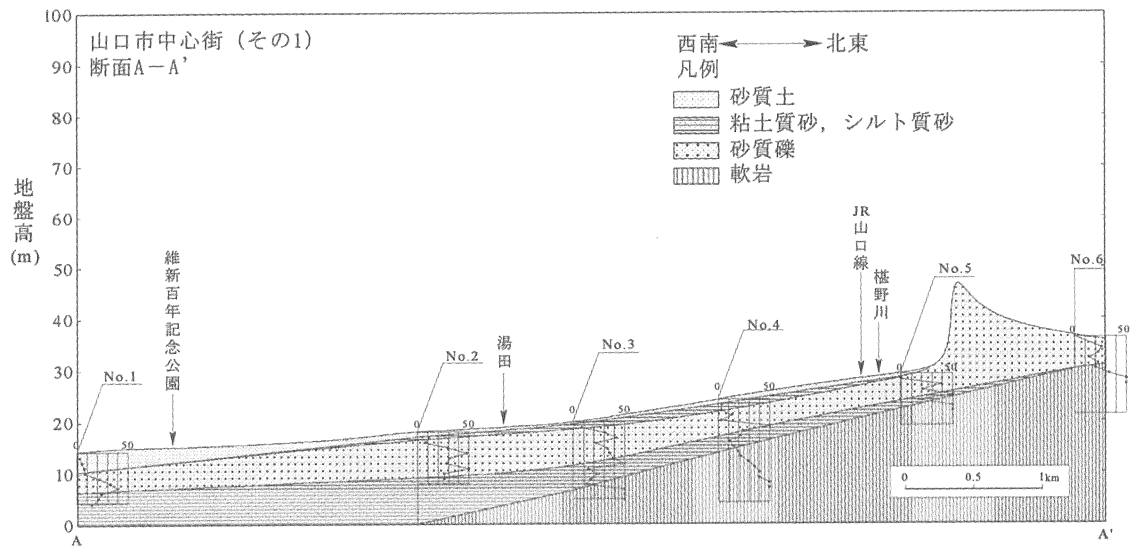


図-6 山口市中心街の土質断面図（断面A-A'）

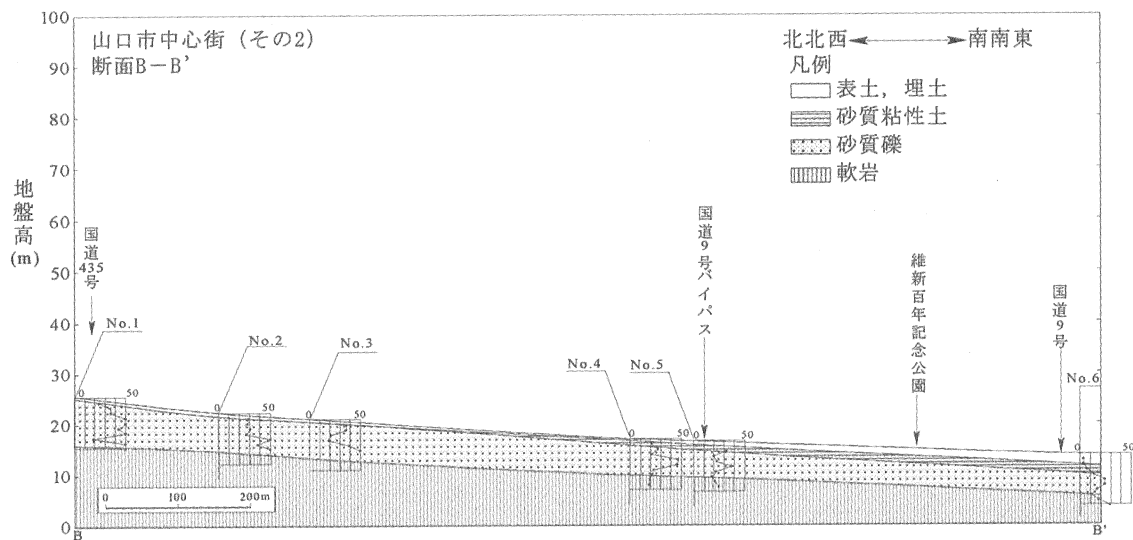


図-7 山口市中心街の土質断面図（断面B-B'）

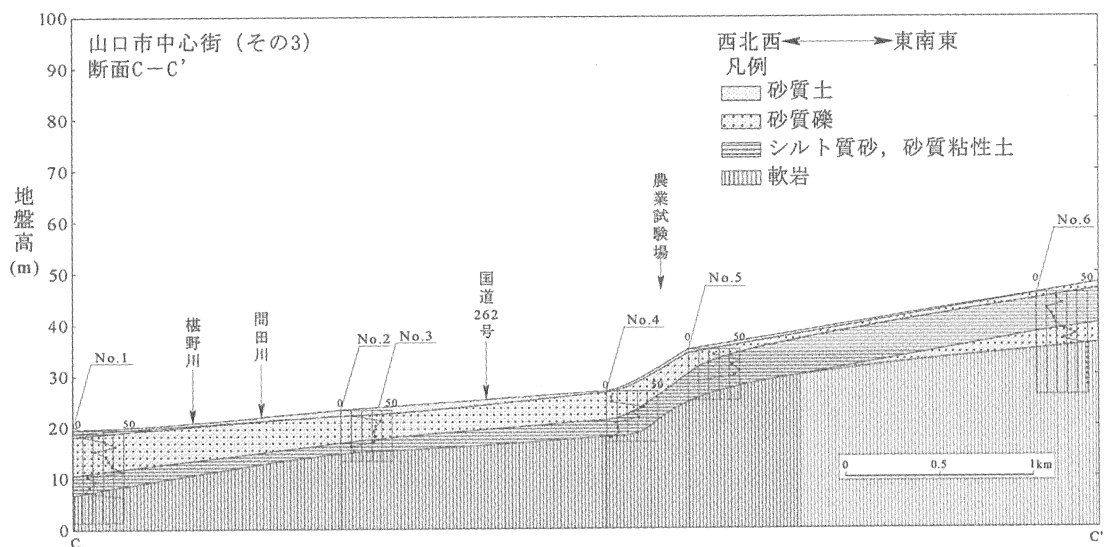


図-8 山口市中心街の土質断面図（断面C-C'）

いる。断面 C-C' (図-8)は山口市湯田地域と山口市大内地域を結んだ土質断面である。最上部には砂質土が堆積し、その下部には砂質礫、シルト質砂および粘土質砂が堆積している。N 値は前述した 2 断面と同様に、砂質礫および軟岩層において高い値を示しており、シルト質砂および砂質粘性土層では低い値を示している。

3.2.3 小郡地域

山口市中心街と同様に小郡地域においても土質断面を作成した。小郡町は樫野川下流に位置し、山口湾に面して

いる地域である。図-9 に小郡地域の平面図を示す。図-10 ~12 に代表的な 3 断面における土質断面を示す。断面 D-D' (図-10) は山口市深溝地域における土質断面図である。最上部は埋土であり、その下部には粘性土、シルト、粘土質砂およびシルト質砂が 3.0 m 程度堆積している。これより下部はボーリング柱状図がなく推定できなかった。断面 E-E' (図-11) は山口市深溝地域における土質断面を示したものである。断面 D-D' と同様に最上部は埋土でありその下部には砂質粘性土および砂質シルトが堆積している。さらに下部には砂質礫が最大 19.0 m 程度堆積し



図-9 小郡地域の平面図

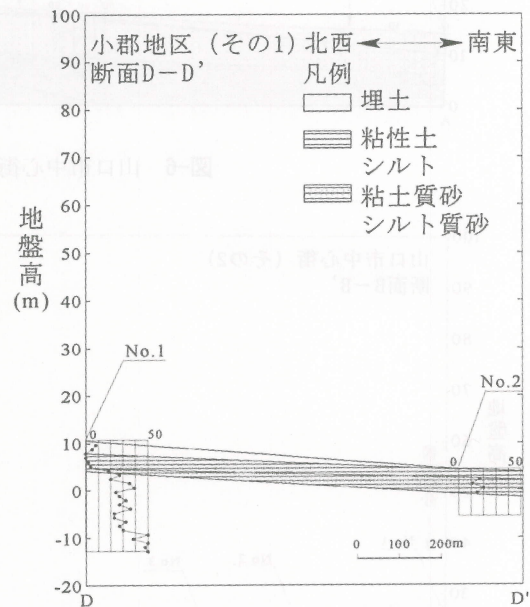


図-10 小郡地域の土質断面図 (断面 D-D')

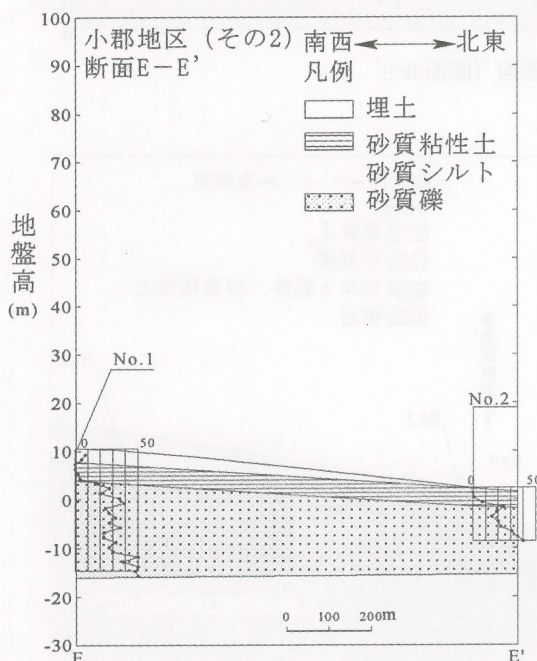


図-11 小郡地域の土質断面図 (断面 E-E')

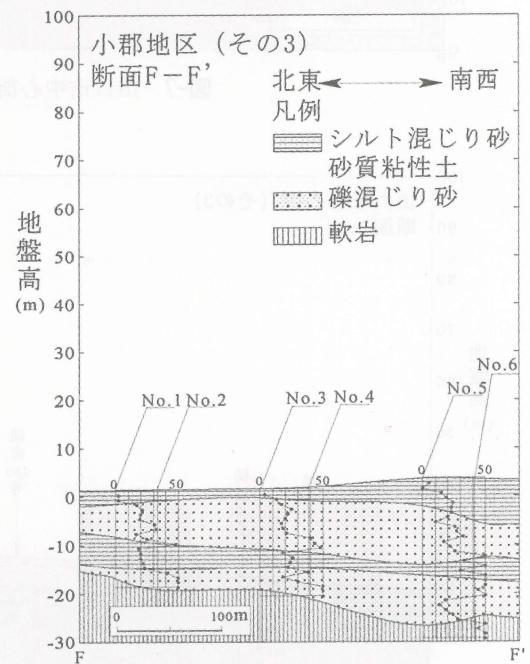


図-12 小郡地域の土質断面図 (断面 F-F')

ている。N値は砂質礫層で高く砂質粘性土および砂質シルト層で低い値を示している。断面 F-F' (図-12) は同じく山口市深溝地域における土質断面図である。図に示すように上部よりシルト混じり砂、砂質粘性土および礫混じり砂が交互に堆積している、その下部には軟岩層が存在している。N値においては前述した2断面と同様の結果となった。小郡地域においては山口市中心街と比べボーリング柱状図が少なく、調査地点の間隔を短くしなければならなかった。ボーリング柱状図を地域ごとに同程度の数にすることが今後の課題として挙げられる。

4. まとめ

本研究の最終目標は、山口県全体の質の高い地盤図を提供することであり、県下の代表的な地域において有用性の高い地盤情報を組み込んだ平面図および断面図を完成させることである。今回、ボーリングデータから作成した地盤図に基づいて山口・小郡地域の地盤特性について検討した。各断面でボーリングデータ数の偏りがあることは否めないが、ある程度完成度のある地盤図を作成することができた。この地域で特に問題となることは地震時の液状化や沈下の問題と考えられるので、今後、N値による簡易な液状化ポテンシャルの把握を検討したい。今後また、これら地盤図をモデルとして、岩国・宇部・下関など各地域の地盤図の作成を進める予定である。

謝 辞

竹田直樹氏には地盤図の編集作業において、楠木覚士氏、長谷川秀人氏にはデータ入力作業において御協力頂いた。ここに記して謝意を表す次第である。

参 考 文 献

- 1) 地盤工学会編：地盤工学ハンドブック[資料編]，pp. 30-53，1999.
- 2) 諸星敏一，幾志新吉，菅野 徹：ネットワーク対応型地盤情報データベースの開発，土と基礎，Vol. 49，No. 4，pp. 8-11，2001.
- 3) 吉野明寿，富山博峰，藤村 尚：鳥取県西部の低平地における地盤図の作成，地盤と建設，Vol. 13，No. 1，pp. 31-41，1995.
- 4) 山口県地盤図の作成と地盤防災への活用に関する研究委員会：山口県地盤図の作成にむけてのシステムの

- 構築，地盤と建設，Vol. 19，No. 1，pp. 95-99，2001.
- 5) 山口地学会編（編者代表：西村祐二郎，松里英男）：山口県の岩石図鑑，第一学習社，1991.
- 6) Kawano, M.: Stratigraphical and paleontological studies of the Paleozoic Formations in the western part of the Chugoku Massif, Bull. Fac. Educ. Yamaguchi Univ., Mathem. & Sci., 11, pp.1-133, 1961.
- 7) Nishimura, Y.: Geotectonic subdivision and areal extent of the Sangun belt, inner zone of southwest Japan, Journal of Metamorphic Geology, 16, pp.129-140, 1998.
- 8) 西村祐二郎，武田賢治，古田茂樹：三郡変成岩，山口市地域，「日本の地質7，中国地方」，共立出版，pp. 13-14，1987.
- 9) 松本達郎：北九州・西中国の基盤地質構造概説，九大理研報，地質学，3，pp. 37-48，1951.
- 10) 長谷 晃：西中国・北九州の後期中生界の層序と構造，広島大地研報，No. 6，pp. 1-50，1958.
- 11) 西南日本内帯後期中生代火成活動研究グループ：西南日本内帯における後期中生代火成活動と構造発達史，地団研専報，No. 13，p. 50，1967.
- 12) 村上允英，今岡照喜編：西中国および周辺地域の酸性～中性火成活動，山口大教養部紀要，村上允英教授記念号，p. 419，1986.
- 13) Murakami, N. and Matsusato, H.: Intrusive volcanic breccias in the Late Mesozoic Zenjoji-yama Formation in western Chugoku and their possible relevance to the formation of cauldron structure, Jour. Japan Assoc. Petr. Min. Econ. Geol., 64, pp.73-94, 1970.
- 14) 武田賢治，今岡照喜：山口地域の白亜紀環状岩脈とコールドロン，地質学論集，No. 53，pp. 199-219，1999.
- 15) Ishihara, S.: Modal and chemical composition of the granitic rocks related to the major molybdenum and tungsten deposits in the inner zone of southwest Japan, Jour. Geol. Soc. Japan, 77, pp.441-452, 1971.
- 16) 村上允英，光田 武：山口県吉部深成岩体の研究，山口大理学会誌，5，pp. 77-100，1954.
- 17) 村上允英：中国西部における白亜紀及び第三紀火成活動，山口大理報，11，pp. 21-126，1960.
- 18) 活断層研究会：新編日本の活断層-分布図と資料，東京大学出版会，p. 438，1991.
- 19) 宇佐美龍夫：新編日本被害地震総覧[増補改訂版 416-1995]，東京大学出版会，p. 493，1996.
- 20) 地盤工学会編：土質断面図の読み方と作り方，pp. 93-128，1985.