

4 安曇野市の地盤と揺れやすさの特徴

4-1 地盤と揺れやすさの解析の準備

地盤と揺れやすさを述べるに当たり、その元となるデータの収集と各種図面の作成方法について解説しておきます。

4-1-1 ボーリングデータの収集・整理

安曇野市の地盤について調べ、揺れやすさマップを作成するためには、数多くのボーリングデータが必要です。我々、信州大学震動調査グループは、平成 24・25 年度の「松本市地震動と地盤の相関に関する調査業務」、平成 26・27 年度の「大町市地震動と地盤の相関に関する調査」までに松本盆地地域でおよそ 4,700 本のボーリングデータを収集しました。平成 30・31 年（令和元年）は本調査業務の為に安曇野市周辺でさらに 1,000 本以上のボーリングデータを集めました。複数の行政機関、民間から集めたデータは重複するものも数 10 以上ありましたが、個々のデータを精査し、重複のないデータを選び出したもののうち、安曇野市内に位置するデータは合計で 1,364 本ありました。参考として利用した周辺の物もデータも含め、図 4-1-1 に位置図を示します。これらの利用したデータを、データ提供元別に表したのが表 4-1 です。さらに、平成 17 年の合併前の地区別データ数は表 4-2 のようになります。

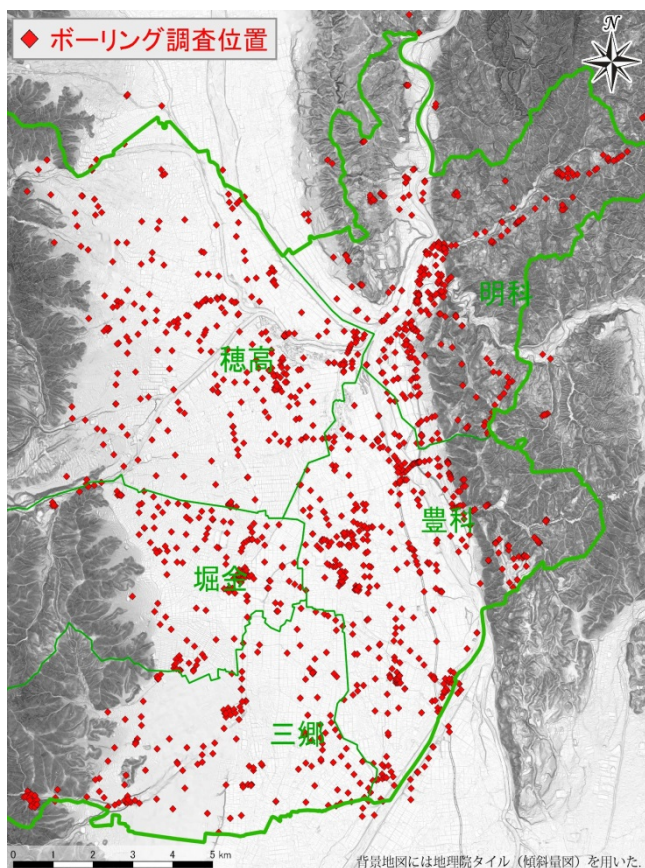


図 4-1-1 ボーリングデータ分布図

表 4-1 ボーリングデータの提供元

ボーリングデータ提供元	収集したデータ本数
国	134
長野県	512
安曇野市	338
民間	360
web 公開データ (KuniJiban など)	7
他（書籍など）	13
合計	1,364

表 4-2 地区別ボーリングデータ数

旧明科町	332
旧豊科町	407
旧穂高町	301
旧三郷村	177
旧堀金村	157
合計	1,364

4-1-2 調査データとりまとめの手順

本調査においては、収集したボーリングデータをもとに、5種類の地盤図（ボーリング柱状断面図、建築支持基盤深度図、軟弱地盤厚さ分布図、地盤特性図Ⅰ・Ⅱ）と揺れやすさマップを作製しました。これら6種類の図のうち、ボーリング柱状断面図のみ、元のボーリングデータから作成しています。その他の図（地盤平面図）はボーリングデータをメッシュ地盤モデル（方形の区画；マス目地盤モデル）として加工したデータから作成しました。

1) 地盤図と揺れやすさマップ作製の準備

1) - 1 個々のボーリングデータのデジタル化

収集したボーリングデータは、標題情報と位置情報から QGIS 上で重複データのチェックを行い、その後デジタル化作業を実施しました。デジタル化は、国土交通省により「地質・土質調査成果電子納品要領(案)」で定められたボーリング交換用データの形式（xml ファイル形式）で作成しました。なお、ボーリングデータに関する処理作業には独立行政法人 産業技術総合研究所で開発されたボーリング柱状図入力システム（AIST-Borehole Log Editor）、「ボーリングデータバージョン変換システム(AIST/NIED-Borehole XMLversion Conversion)」、「ボーリングデータ XML 変換システム(AIST-Borehole XML-CSV Conversion)を使用しています。

1) - 2 ボーリングデータのマッピングと断面図化

デジタル化したデータを登録、整理した「地盤情報活用システム Pro」(GSI 株式会社)は、ボーリングデータを一元的に管理できる web システムで、登録されたデータは地図上に表示され、柱状図の閲覧や、断面図表示が行えます。このソフトを利用しボーリング柱状断面図を作成しました。断面図で現れる地形面の描画には、国土地理院から提供されている 10m メッシュの基盤地図情報数値標高モデルを用いています。

2) 揺れやすさマップの作成

平成 14 年に公表された長野県地震対策基礎調査報告書では、糸魚川-静岡構造線(中部)を震源とする地震など 6 つの想定地震について、全県での計測震度、液化化危険性、建物被害の 3 種類のマップを公表しています。これらのマップは 500m メッシュ（方形の区画；マス目）のサイズで作成されています。平成 27 年に公表された第 3 次長野県地震被害想定調査報告書では内陸型地震 6 断層帯で 19 ケース、海溝型地震 3 ケースの想定地震について、県内各地の震度分布や被害想定などが求められています。震度については 250m メッシュと、平成 14 年次の調査よりはメッシュが細分され、元となるボーリングデータも安曇野市内で 249 本(H14)から 333 本(H27)と増えてはいますが、細分された震度分布図の詳細は公開されていません。またこれら長野県の調査では市町村が実施したボーリングデータは既存の資料（松本平地盤図など各地の地盤図）によるもの以外は基本的には集められていないこと、平成 14 年次の調査の際のボーリングデータは位

置精度が非常に悪いものが多数含まれていることなどの難点があることが、松本・大町での調査の過程から分かっていました。これら県の調査データを我々の集めたデータから可能なものは修正し、1,364本と県の使用したデータの4倍以上のボーリングデータを収集、整理することにより、250mメッシュ（分割地域メッシュ，JIS X 0410:2012）を基本とし、ボーリングデータの分布密度、地形などを考慮し可能な限り125mメッシュまで細分したメッシュで揺れやすさマップを作成することにしました。

新しい揺れやすさマップは当グループの古本らが作成した「地盤の地震応答解析プログラム FDEL」による計算値から作成したものです。計算にはそれぞれのメッシュの代表となる地盤情報（メッシュデータ：構成される複数の土層の層厚、土質、N値などを数値・記号化したもの）を用いました。

2) - 1 メッシュ地盤モデルの作成法

I. メッシュを代表するボーリングデータの選択

対象メッシュに複数本ボーリングデータがある場合、基本的には危険度の高い方のデータを選択します。その際メッシュ内、および隣接地域のボーリングデータとも比較し、地形や地質、宅地の分布などにも配慮します。仮にN値10以下の砂質土層を含むボーリングデータと、同じくらいの厚さでN値が4以下の粘性土層を含むボーリングデータがあった場合には、液状化しやすいN値10以下の砂質土層があるデータを採用しています。

II. 採用する土層

まずN値が測られている層について土質を区分します。土質区分した平均N値からS波速度を求めることになるため、液状化しやすい層、軟弱な層（粘土、シルトではN値4以下）はできる限り区分しました（区分の詳細は次項）。例えば、砂・粘性土互層（もともとの区分名でも、薄層を一括りにした場合でも）で、N値が粘性土に関してしか求められていなければ、その互層は「粘性土」として扱うこととしました。

III. 土質区分

a：ボーリングデータの土質区分名を次の5種に区分しました（大区分）。

- 1) 粘土（粘土、有機質粘土、有機物混じり粘土、有機質粘性土、有機物混じり粘性土、腐植土など）
- 2) シルト質土（砂質粘土、砂質粘性土、砂混じり粘土、砂混じり粘性土、粘性土、ロームなど）
- 3) 砂質土（砂、粘土他粘性土混じり砂、粘土他粘性土混じり砂質土、シルト質砂 中砂、粗砂、有機質砂など）
- 4) 礫質土（砂礫、○○混じり砂礫、○○質砂礫、**質礫など）

ただし、砂礫等礫系に区分していても、N値<10の層については、砂質土とする。

- 5) 岩盤などの堅い層（風化岩、地質名、但し泥系（泥岩・シルト岩・凝灰岩）はN値>25、砂・礫系（砂岩・礫岩・凝灰角礫岩はN値50以上）

○○質AA、○○混じりBB という表現は、それぞれAA、BBに区分しています。

b: 大区分した土質の N 値からそれぞれの区分を細分 (中区分) しました。(岩盤は除く)

1)粘土

- a) N値 \leq 4 : 粘土4
- b) 4<N値 \leq 8 : 粘土3
- c) 8<N値 \leq 20 : 粘土2
- d) N値>20 : 粘土1

3)砂質土

- a) N値 \leq 10 : 砂質土3
- b) 10<N値 \leq 30 : 砂質土2
- c) N値>30 : 砂質土1

2)シルト質土

- a) N値 \leq 4 : シルト質土4
- b) 4<N値 \leq 8 : シルト質土3
- c) 8<N値 \leq 20 : シルト質土2
- d) N値>20 : シルト質土1

4)礫質土

- a) N値 \leq 10 : 礫質土3
- b) 10<N値 \leq 30 : 礫質土2
- c) N値>30 : 礫質土1

IV. 土質の統合・分割と平均 N 値計算

細分した土質区分をメッシュ地盤モデル用に再編します。基本的には中区分名ごとに平均 N 値を求め、細分した際につけた中区分名の数字を取り去りメッシュデータ用の土質名としました。但し、揺れやすさの計算に効かない薄層 (層厚 1m 未満を目安 ; N 値がある場合もある) や N 値のない層 (表土や埋土など) もありますので、これらについては元のボーリングデータに記載された土質名と N 値, 近くの別のボーリングデータを参考に上下のどちらかの層、あるいは両方の層に統合し、一括りにしたメッシュ地盤モデルの土質名としました。

また、例えばもとのデータが 1 層の砂礫層とされていた場合でも、N 値が下位から上位に向かって 50 から 5 まで漸減する時、中区分に相当する N 値の変化する深度で土質の細分を行っています。

これら新たに統合、分割した土質名ごとに、平均 N 値を算出し、メッシュ地盤モデルが作成されることとなります。

V. メッシュ地盤モデルの数値データ化作業

xml 化したデータは、「ボーリングデータ XML 変換システム (AIST-Borehole XML-CSV Conversion)」を用いることで、標題情報、土質区分、標準貫入試験などの項目ごとの csv ファイルとして書き出せます。メッシュデータ化を効率よく行うために、まずこれらのデータを独自に編集したデータセットを作成しました。このデータを利用し、土質区分を自動で行い、土質の統合・分割を補助し、平均 N 値を自動計算しデータ化するエクセルファイルは、平成 25 年に独自に開発したものです。

これらを用い、メッシュ地盤モデルデータを作成しました。

2) - 2 空白メッシュへのデータ割当て

ボーリングデータは、解析範囲内の全てのメッシュに存在はしていませんので、データの無いメッシュへは、近隣のメッシュからデータを割り当てました。データの割り当てに際しては、当該メッシュと地盤条件の近いメッシュにあるボーリングデータを選択するために、地質図（長野県デジタル地質図 2015）や耕土分布（小穴,1987）、地すべり地形分布図（防災科学技術研究所）、微地形や過去の土地利用を参考にしました。この作業のため、データがある範囲においては独自に作成した 1m 間隔等高線図、ELSAMAP（5m メッシュの基盤地図情報数値標高モデルを使用）と過去の水田分布を表す地図（明治 43 年測図の旧版地形図）を利用しました。また、一部は土壌図（長野県）も参考に割り当てを行っています。これらのデータは QGIS 上で解析、検討したほか、地形地質に関しては Google Earth Pro で 3D 観察における検討も行いました。

基本的には、人の住んでいる範囲の地盤図、揺れやすさマップの作成を企図しましたので、安曇野市内の盆地や段丘などの平坦な地形、山地部では地理院地図上で建物のある範囲に 250m メッシュと 125m を設定し、地形や地盤が単調か複雑かによってサイズを決定しました。なお、人家等のない山地部はボーリングデータもほとんどなく、実際上揺れやすさマップは不要なので、解析対象外としています。

結果として、市境からわずかに外れた地域も含め 7,461 メッシュ（125m,250m メッシュの合計）を設定し、ボーリングデータから 785 メッシュにオリジナルな地盤モデルを作成しました。そして $(7,461 - 785 =)$ 6,676 メッシュについて上記のような方法で、ふさわしいと判断される地盤モデルを割り振り、安曇野市全体のメッシュ地盤モデルとしました。図 4-1-2 にオリジナルな地盤モデルを作成したメッシュを示します。

2) - 3 揺れやすさマップの計算条件

上記の方法でメッシュデータを作成し、地盤の地震応答解析プログラム FDEL で計算を行いました。

計算は、震源を特定せず、安曇野市全域をレベル 2 直下地震（M7.3 兵庫県南部地震相当）で、一様にゆする条件です。この時算出される計測震度は全域で震度 6 強（6.09）から震度 7（6.53）を示す値となりますが、この値はあくまで、地盤の相対的な強弱を知るために行った計算結果で、実際に想定される地震による震度予測とは異なります。

つまり、「揺れやすさマップ」はすべての地盤を同じ条件でゆすった場合の震度分布図なのですが、地盤の強弱が地表の震度と関係することから、地盤の相対的な強弱を表した図の意味も持ちます。

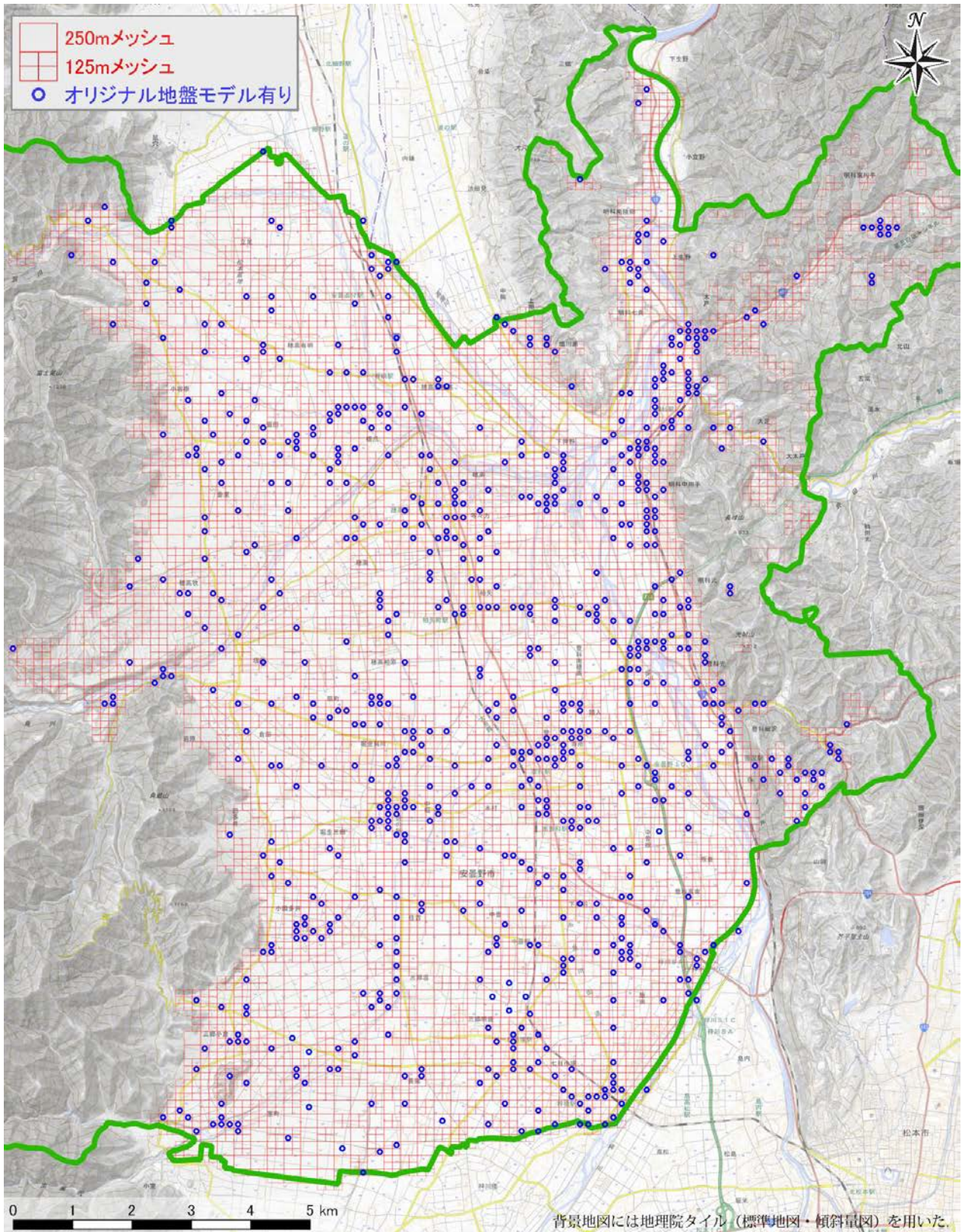


図 4-1-2 メッシュ割当てと地盤モデル設定メッシュ

3) 地盤平面図の作成

メッシュ地盤モデルから平面図として、以下の4種類の図を作成しました。

- 建築支持基盤等深度図 (図 4-2-1)
- 軟弱地盤の厚さ分布図 (図 4-2-2)
- 地盤特性図 I - 表層地盤の種類 (図 4-3-2-A~G 右上図)
- 地盤特性図 II - 表層地盤の硬軟 (図 4-3-2-A~G 右下図)

これらの作図に用いたデータは、メッシュ地盤モデル用に加工したボーリング柱状図のデータで、データの位置は代表させたメッシュの中心としています。ボーリングデータのないメッシュは、揺れやすさマップと同じ、割り当てを行ったデータを用いて作図しています。

各図の作成条件は以下のとおりです。

a 建築支持基盤深度図 (図 4-3-1)

図化の条件；建築支持基盤深度とは、構造物（建物や橋脚など）の基礎となる丈夫な地盤が地下のどの深さにあるかを示した値のことです。建築支持基盤は、建築物のちがいが（大きなビルと個人住宅などのちがいがいなど）により異なりますが、ここでは、礫質土、砂質土で N 値 > 30 以上（礫質土 1、砂質土 1）、シルト質土と粘土で N 値 > 20（シルト質土 1、粘土 1）の各層の何れかが合計して連続で 5m 以上に達したものとしました。なお、ボーリング調査の最下位層が礫質土 1 であった場合、5m 未満でもここで言う、建築支持基盤と判定しています。

b 軟弱地盤の厚さ分布図 (図 4-3-2)

図化の条件；軟弱地盤は粘土、シルト質土で N 値 4 以下（粘土 4、シルト質土 4）、砂質土で N 値 10 以下のもの（砂質土 3）とし、上で定義した建築支持基盤の上位にあるそれらの合計層厚を等層厚線図として表しました。

c 地盤特性図 I - 表層地盤の種類 (図 4-4-3-A~D 右上図)

d 地盤特性図 II - 表層地盤の硬軟 (図 4-4-3-A~D 右下図)

これら 2 つの図は、表層の地盤の構成土質とその硬軟を平面的に捉えることを目的にして作成した図で、a 図の深度境界（等深度線）を下じきとしています。

c 図は建築支持基盤の上位に堆積している、粘土、シルト質土、砂質土、礫質土の割合をメッシュ毎に示した図です。d 図は b 図で定義した軟弱土を「軟弱」、礫質土・砂質土で N 値 30 以上（礫質土 1、砂質土 1）、シルト質土・粘土で N 値 20 以上（シルト質土 1、粘土 1）を「硬い」、その間の各層（礫質土 2、砂質土 2、シルト質土 2・3、粘土 2・3）を「中間」と分類し、それらの割合を示した図です。

両図にはメッシュを代表するボーリングを選定したメッシュのみ、円グラフを表示しました。円の大きさは建築支持基盤の深度に対応しています（深いほどグラフの円が大きくなっています）。

4-2 安曇野市の地形と地盤の概観と活断層の位置 (図 4-2-1, 図 4-2-2)

安曇野市の地形は盆地と山地のコントラストがはっきりしているのが特徴です(図 4-2-1, 図 4-2-2)。市の西半分は標高 3,000m 近い山々が連なる北アルプスで、市の中央部は標高 800-500m の松本盆地、さらに盆地の東は最高標高 900m ほどの丘陵地(犀川丘陵)となっています。盆地には北から高瀬川、西から中房川、烏川、黒沢川が、南からは梓川と奈良井川が合流し犀川となって流れてきます(各河川の源流は奈良井川のみ中央アルプですが、その他は北アルプスです)。北や西から流れてくる河川は最終的に旧豊科・穂高・明科町境付近で犀川に合流し(三川合流地域)、犀川は丘陵地帯を蛇行し縫うように流れ、長野盆地へと抜けていきます。犀川丘陵は風化に弱い岩石からできており、軟質化した岩石は地すべりを起こしやすく、山間の緩斜面は地盤の悪い地すべり地帯であることが多いです(図 4-2-2)。

盆地内の地形は西から流れ込む中房川、烏川、黒沢川にきれいな扇状地が隣り合わせて形成されています(図 4-2-3)。扇状地は一般には砂礫層からなる良い地盤と考えられがちですが、ボーリングデータから見えてくる安曇野市の扇状地の地盤は複雑で、北アルプス際や扇端近くで砂や泥の軟らかい地層を挟む部分があったり、ローム層から成る部分があったりします。黒沢川扇状地の東-南部は元々、地形的には傾斜のやや緩い梓川の扇状地ですが、現在では隆起し段丘化した部分もあります。地盤を見ると、烏川・中房川扇状地の東側の犀川・穂高川・高瀬川の氾濫原と似ています。氾濫原は砂礫質であることが多いですが、古くから稲作が行われていたような地域(図 4-2-4)には、各河川の後背湿地だった部分で砂やシルトがたまっている場所が多かったようです。土地改良事業が進み、昔からの表土、耕土がほとんど失われた今でも、砂やシルト質の地盤が残されている所があります。

犀川丘陵と盆地の境付近には河岸段丘があります。明科の犀川橋以南では篠ノ井線と国道 19 号線が走っている犀川右岸の面で田沢駅の南まで続きます。犀川橋以北では高瀬川左岸の山際を北大町駅付近まで続きます。これらの河岸段丘の段丘崖やその近くには、活断層である松本盆地東縁断層がはしっていますが、その位置は研究者や研究機関によって異なっています。これと並行して犀川橋以北の丘陵中には小谷-中山断層が走っています。この二つの断層は犀川丘陵の盆地際の山を隆起させてきた断層です。小谷-中山断層の地下の浅い部分は現在活動していないようですが、2014 年長野県北西部地震(神城断層地震)後の研究で、松本盆地東縁断層を地下に追っていくと深部では小谷-中山断層に収れんすることがわかってきました(津金ほか, 2015, Panayotopoulos et al., 2016)。図 4-2-1 には犀川以南には小谷-中山断層は書かれていませんが、南部ではどこに延長するのかは重要です。こういった断層の動きによって松本盆地東縁断層の東側の盆地部や段丘では、比較的浅い所に犀川丘陵をつくる地層(岩盤)が出てきます。

松本盆地東縁断層はいつ大地震が起こってもおかしくない活断層ですが(地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2015)、北アルプス山麓の盆地に近い所には、その隆起にかかわ

ったと考えられる、鹿島-万願寺断層（常念岳断層）や信濃坂断層といった活断層も知られています。しかし、その詳細についてはまだ研究途上です。他にも活断層かどうかはつきりしない断層もありますし、盆地の底に埋積された断層（伏在断層）がある可能性があります。伏在断層については第 5 章にその調査結果を詳しく述べます。

4-3 ポーリングデータ解析による安曇野市の表層地盤の全体的特徴

(図 4-3-1：建築支持基盤深度図が示す表層地盤の特徴)

建築支持基盤深度とは、ここでは構造物（建物や橋脚など）の基礎となる丈夫な地盤が地下のどの深さにあるかを示した値のことだにご理解ください。建築支持基盤深度が深い（大きい）ということは、一般的には、その上に比較的軟弱な地盤が厚くたまっていることを意味しますので、建築支持基盤の深さは、地震の際の揺れやすさの目安になります。なお、明科地区の山間部では集落が狭い範囲でとびとびにあることもあり、建築支持基盤および次項の軟弱堆積物の厚さを連続して追跡、推定することが困難なので本節(4-3)では、松本盆地域のみについて述べることをご容赦ください。

全体として建築支持基盤深度は非常に複雑な曲線からなっています。これは丈夫な地盤が分布する深さが地域ごとに複雑に変化することを意味します。建築支持基盤深度が深い、10m 以深の地域に注目して、以下の 4 地域について述べます。

地域Ⅰ．犀川丘陵沿いの河岸段丘域；段丘上には犀川丘陵からの小河川によってできた小さな扇状地が多数分布しており、一部は段丘面状にとどまらず、段丘崖下まで広がっている。この扇状地分布域の建築支持基盤深度が深く、宮中地区では 15m を超す地域があり、光地区でも数カ所に 10m を超える地域がある。

地域Ⅱ．穂高駅西部から三川合流域；穂高駅から三川合流域までは比較的連続して建築支持基盤深度が 10m 前後の地域が広がっている。駅西部の建築支持基盤深度 10m 以深の地域とは間には 2m 前後の地帯を挟むギャップがある。

地域Ⅲ．中房川扇状地と烏川扇状地間の氾濫原；2 つの扇状地に挟まれた相対的な低地域で天満沢川の流路でもある。建築支持基盤深度が特に深い（20m 以深）地域はすべてこの低地内で、烏川扇状地の北側の地形が複雑なところではごく狭い範囲で建築支持基盤深度が 25m を超える。

地域Ⅳ．烏川扇状地南部～黒沢川扇状地；両扇状地間でも建築支持基盤深度 10m を超えるが、黒沢川に近い所を中心に建築支持基盤深度 15m を超える地域もひろがる。

(図 4-3-2：軟弱地盤の厚さ分布図が示す表層地盤の特徴)

一般的には、建築支持基盤が深い所ほどその上には比較的軟弱な地層が厚くたまっているという傾向がみられます。しかし、建築支持基盤より上の浅い部分の地盤は、比較的軟らかいとは言っても固いものから軟らかいものまでさまざまな地盤（地層）で構成

されています。

地盤の評価は「軟弱」・「中間」・「硬い」と3つにランク分けでいます。図4-3-2は、建築支持基盤より上の比較的軟らかい地盤が多い中で、とりわけ軟弱な地盤の厚さを合計するとどれくらいになるかを示した図です。このような軟弱地盤が、地震の揺れをより大きなものにしますし、この中には液状化しやすい性質をもった地盤（砂質土・シルト質土）も多く含まれますので要注意です。

軟弱地盤が比較的厚くたまっている場所のほとんどは、地域Ⅰ～Ⅳの範囲内に入っていますが、建築支持基盤が深いところほど軟弱地盤が厚いわけではなく、その分布も飛び飛び飛びです。

松本市では「建築支持基盤が深い⇨軟弱地盤が厚い」という傾向が強いのですが、安曇野市ではその傾向は弱いです。松本では中心市街地のように継続して砂や泥が多く（厚く）堆積するような特徴的な地域がいくつかあるのに対し、安曇野市にはそのような環境がないのです。その原因は、安曇野市が多くの扇状地が複合し、また松本盆地に流入する全ての河川が合流する、という地域性によります。大雨や洪水などで、河川の流路は度々変化し、軟弱な砂や泥が堆積する場所が一定することなく移り変わることが多かった、ということです。建築支持基盤が深いところでも、軟弱な砂や泥が堆積したあと、硬い砂礫が比較的厚くたまり、再び軟弱な砂や泥が堆積するといったことが起きやすかったので「建築支持基盤深度が深い⇨軟弱地盤の厚い⇨揺れやすい」という関係が薄まっています。

地域Ⅳにはローム層が目立つ部分もあります。地域Ⅰ～Ⅳ以外では穂高CC、あづみ野CCがある古い段丘にはローム層が厚くたまっているため、軟弱地盤が厚くなっています。ローム層は一般には誤解もありますが、火山灰起源ではなく風成塵です。つまり砂埃が厚く堆積したものです。（ローム層の間に火山灰層を挟むこともありますし、一度たまった火山灰層が風で舞い上がり、別の所に堆積することもあります。火山灰起源ではない普通の砂埃も含めてローム層は構成されています。）ローム層は実は地震に弱いのではないかと注目されている地盤です(中澤ほか, 2019)。

その他には北アルプスと盆地の境目にあたる地域で、軟弱な地盤が厚いところがあります。これは崖錐状の地形をなすところが主で、特に烏川以北の北アルプスの山体が花崗岩でできている地域（図4-2-3）では、花崗岩が風化してできた砂状の「真砂」が厚く堆積し不安定な斜面をつくっています。

4-4 地盤図をもとに作成した揺れやすさマップ

4-4-1 揺れやすさマップの概要

地盤を構成する地層の粒度・硬さや厚さなどのさまざまな物理的性質が分かると、地震の際にその地盤がどの程度の震度で揺れるかが計算で求められます。「揺れやすさマップ」は、多数のボーリング柱状図が示す地層データを元にして作っ

たメッシュ（方形の区画；マス目）ごとの地盤モデルに対して、ある一定の地震の揺れを一様に与えた場合に、それぞれの地域（各メッシュ・マス目）がどれくらいの震度で揺れるかを計算で求めた結果から作られた図です。

図4-4-1（安曇野市の揺れやすさマップ）は今回作成した広域の揺れやすさマップです。基図としては国土地理院の地図を利用していますが、位置をわかりやすくするために鉄道の位置を加えました。このマス目の色のちがいは**揺れやすさの相対的なちがいを表している**、“色**が濃い**マス目ほど**地震の際に揺れやすい**”ことを意味しています。色の薄いマス目よりも色の濃いマス目の方が、“**相対的に揺れやすい**”ということです。

前節(4-3)で述べた建築支持基盤が深い地域が、揺れやすい地域に近似していて、中でも軟弱地盤が厚いと揺れやすい傾向が強まります。具体的には、先述した地域Ⅰ～Ⅳと烏川上流の段丘面などでは比較的連続した（広い）範囲が揺れやすくなっています。また、犀川丘陵中の犀川兩岸の平地（氾濫原や段丘面）では所々に揺れやすい地域が現われますし、山中の地すべり地帯も揺れやすい傾向となります。このような地域では、地震に対する備えがとりわけ大切でしょう。

4-4-2 揺れやすさマップの見方

揺れやすさマップの色は、薄い色から濃い色までの幅広い色付けにしてあります。先述したように、もととなるデータは震源を特定せず、安曇野市の地盤全域を M7.3（兵庫県南部地震相当）で一様に揺らしたと仮定した場合の計測震度（6.09（震度 6 強）～6.53（震度 7））で、マップ上ではその違いを色の濃さで表現しています。

この数字だけ見ると揺れの差は小さいように見えますが、実際の地震ではもっと大きな差が現われます。

以下、少し具体的に説明します。揺れやすさを求める計算は、（様々な地盤からなる）全てのマス目を同じ地震の波で揺らすのと同様です。つまり、すべてのマス目ごとに震源があって、同じ地震波によって各マス目を揺らしている、という現実にはありえない計算をしています。しかし、各マス目の地盤の違いによる揺れ方の違いを数値として得られる有効な計算方法です。それに対して、現実の地震では震源はどこか 1 点です。地盤が一様なら震源から離れるほど揺れは弱まります。2011 年 6 月 30 日の松本の地震は中規模（M5.4）でしたが、震源から 5km の範囲で震度 3～6 弱とかなりの差がありました（信大震動調査 G, 2013）。この範囲での松本の地盤による揺れやすさの差（6.04～6.53；信大震動調査 G, 2014）は安曇野市と同程度ですので、安曇野市のどこかの伏在断層で M5 クラスの地震が起こった場合、震源から数 km 離れていても色の濃い所では震度 6 に達するし、同じくらいの距離でも色のうすいところでは震度 3 ですむかもしれないと

ということです。

伏在断層での地震を想定して震度分布を示した「揺れやすさマップ」も作ることは可能ですが、そのような想定は、震源の位置と規模の組み合わせで無限のパターンができますので、実用的とは言えません。だからこそ、図 4-4-1 のような揺れやすさマップが、想定が困難な中規模以上の地震に対しては防災・減災に有効と考えます。

ただし、色のうすい、一見揺れにくそうなところでも文字通りの直下が震源の中規模地震では、やはり震度 5 弱以上で揺れてしまうでしょう。つまり、盆地直下の中規模の地震はどこで起きても危険だけれど、色の濃い所の方が大きな被害につながる揺れに見舞われるおそれが高い、ということです。

なお、色の濃淡の少しの差は地震時の地盤の揺れ方の少しの差です。メッシュ内の地盤は一樣とは限らないですが 1 つのモデルで代表させていまし、メッシュにボーリングデータがない場合もありますので、色の濃淡の少しの差に注目し、安全性の差を見出すのは間違った見方です。自分の家のあるマス目の色が隣の家のマス目よりも薄いからと言って、即うちは「安全だ」ということにはならないのです。色の少しの差に注目するよりも、もう少し広い目を見て（先に挙げた地域 I ～IV レベルの広がり）、このあたりは周辺よりも揺れやすいのだな、というように認識するのがよいでしょう。今回作成した新しい「揺れやすさマップ」は、従来版（長野県, 2015）よりも多数のボーリングデータに基づき、細かいメッシュ地盤モデルの特徴を作成したことで、はじめて「揺れやすい地域」を可視化できるようになったのです。

さらに間違えないようにしてもらいたいことは、この「揺れやすさマップ」は地面の揺れやすさの差を表現したもので、建物の揺れやすさを表しているわけではない、ということです。地震時の建物の中での揺れは、建物の構造や築年数、階数などでも大きく変わりますし、地盤改良してあるか、基礎を地盤のどこに置いているかといった要素も関係しますので注意が必要です。

補足説明

マス目の大きさには 2 種類あって、大きなマス目は 1 辺が 250m ほど、小さなマス目は 1 辺が 125m ほどの長さになっています。このマス目ごとに地盤モデルが割り当てられています。マス目の大きさは、地形が単調だったり、人家が無い場合は 250m を採用していますが、それ以外では基本的に 125m としました。

4-4-3 安曇野市の地盤と揺れやすさ

今回の調査で明らかになった揺れやすい地域を代表して地域 I ～IV について地盤図を示し、揺れやすさについて概説します。図示する範囲は図 4-4-3 の A（地域 I）、B（地域 II）、C（地域 III）、D（地域 IV）です。

図 4-4-3-A～D（各地の地盤図と揺れやすさマップ）に地域ごとの 3 種類の地盤図と揺

れやすさマップの拡大図を示します。

図 4-4-3 は各地域の図の索引図です。点線は断面図の位置、丸囲み数字は断面図番号、長方形の枠が拡大した揺れやすさマップと、それと同範囲の 2 種類の地盤図の範囲を示しています（円グラフは後で述べる地盤特性図 I のデータです）。

4 地域について、地域ごとに見開きで 4 種類の図を並べました。地域や断面図の位置の選定は、周辺より揺れやすい地域があり、特徴的な断面図が描けるところ、という基準で行っています。

以下、各図の読み方について説明しますので、**各地域の揺れやすさと地盤についての理解を深めるために役立てて下さい。**

① [左ページ上] ; 揺れやすさマップの拡大図

揺れやすさマップを地域ごとに拡大した図です。地理院地図をベースに道路と建物の位置の入った地図（基盤地図情報）を上書きし、さらに鉄道の位置を明示しました。

菱形は、ボーリングの位置を示し、赤い菱形が下の断面図に採用したボーリングの位置です（緑の菱形はその他のボーリングの位置）。

② [左ページ下] ; ボーリング柱状断面図

上図の各断面線に沿った赤菱形位置のボーリングデータが、長方形の柱の図（柱状図）として示されています。色と模様は地盤の種類を表していて、凡例は各図に示してある通りです。柱状図の右側の折れ線グラフは地盤の堅さを表す、N 値という値を層ごとに示したものです。左端（柱状図に近い方）が N 値 0 で右端が 50、数字が大きいほど硬い地盤を意味します。

左側の目盛りと数字は標高を表し、赤い曲線は断面線上の地表の凹凸（地形面）です。標高を示す赤い線に柱状図の上端がそろわないことがあります。これはボーリング位置が断面線と一致しているわけではない事、ボーリング位置の水準測量の不正確性（標高自体は正確に求められていない）などによるものです。

柱状図を横切るように書かれた水色の曲線はおおよその建築支持基盤の位置（深さ）を示しています。柱状図が地表面にそろっていない場合は、地表面に合わせて補正してあります。

柱状図の下には各地域の地盤や揺れやすさについて、簡単な解説をつけました。

③ [右ページ上]地盤特性図 I（地盤の種類）

建築支持基盤までの地盤がどのような土質から構成されているかを示した図です。各色の曲線は図 4-3-1（建築支持基盤深度図）と同一のデータですが、範囲を塗りつぶさずに境界線だけにしたもので、建築支持基盤の深さを表しています。

円グラフは土質の構成を示しています。ボーリング柱状図のデータをモデル化し、「粘土」「シルト質土」「砂質土」「礫質土」の 4 種類に再区分したデータを割合として示しています。円グラフの大きさは建築支持基盤の深さを示し、円が大きいほど

建築支持基盤が深いことを意味します。赤い小さい丸の地点は建築支持基盤が地表ですので、円グラフを作成することはできません（つまり、地盤がよい地点）。

なお、円グラフと赤丸の位置は、250m ないし 125m のマス目の中心位置であり、もともとのボーリングデータの位置ではありません。

④ [右ページ下] 地盤特性図Ⅱ（地盤の硬軟）

円グラフは建築支持基盤までの地盤のうち軟弱な層、硬い層がどの程度の割合で含まれているか示す図です。このグラフでの「軟弱」は図 4-3-2（軟弱地盤の厚さ分布図）と同じ基準で区分したものです。「硬い」としたものは十分な厚さがあれば建築支持基盤になりうるものです（厳密には、建築支持基盤は作られる建造物などの種類によってその評価基準が多少異なります）。「軟弱」と「硬い」のあいだを「中間」として示してあります。他の凡例などの意味は上図の「地盤特性図Ⅰ（地盤の種類）」と同じです。

各地域の概説は図中に示したので、図と合わせて見て下さい。

図 4-4-3（N1, S1, N2, S2）には揺れやすさマップに地盤特性図を組み合わせた図を示しました。円グラフの大きさは建築支持基盤深度なので、市全体の地盤と揺れやすさについて概観できます。先に挙げた揺れやすい 4 地域以外の地域の地盤の特徴については、これらの図を参照してください。なお、色の薄いマス目は概ね良好な地盤と判断されますが、埋め土、盛土など人工改変が行われた部分は把握できていませんので、それらの影響による揺れやすさの変化については検討していません。

補足説明

「揺れやすさマップ」の揺れやすさとは地震の際に、揺れが増幅されやすい、という意味での揺れやすさです。従って、揺れやすい地盤の分布図の意味でもあります。

「地震の際に揺れやすい」の矢印は揺れやすい方向に向いています。しかし、「揺れやすい」の反対は「揺れない」ではもちろんなく、「揺れにくい」と捉えても誤解を生むかもしれません。あくまでも「揺れが増幅されにくい」です。従って、本当に近くで起きた地震の時は、最初から大きな揺れがやってくるので、「揺れが増幅されにくい」地盤でも大きな（強い）揺れに見舞われますので、それほど揺れやすすくない、地域にお住いの皆さんが間違っただけで安心しないように、繰り返しになりますが記しておきます。

また、揺れやすさを解析する元となるデータはボーリングデータですが、ボーリングデータはすべてのマス目にあるわけではない、ということも再び述べておきます。ボーリングデータの無いマス目は、やむを得ず近隣のデータで補完して計算、表示したものであり、データのあるマス目と比較し、原位置でのデータによる裏付けが不足しています。その意味では、この「揺れやすさマップ」はこれで完成したものではありません。今後も新たなデータを加えながら改訂していく必要があると考えます。

5. 微動アレー探査による安曇野市の地下構造の特徴

5-1 微動アレー探査の目的

本調査は安曇野市内において微動アレー探査を行い、安曇野市内の地下構造に関する情報を得ることを目的とする。

調査期間

自 平成30年5月1日
至 令和2年3月31日

調査位置

調査地点の位置を表5.1および図5.1に示す（各地点の詳細は2章参照）。

平成30年度 11点（観測および解析）

令和元年度 10点（観測および解析）

表5.1 調査位置一覧表

測線(点数)	年度	観測点番号	地名	用途
A測線(5)	2018	AZM2018A-01	豊科高家	豊科高家スポーツ広場
		AZM2018A-02	豊科	耕作地(水田)
		AZM2018A-03	三郷明盛	耕作地(水田)
		AZM2018A-04	三郷明盛	耕作地(水田)
		AZM2018A-05	掘金三田	耕作地(水田)
B測線(6)	2018	AZM2018B-01	豊科田沢	耕作地(水田・畑)
		AZM2018B-02	豊科田沢	耕作地(水田・畑)
		AZM2018B-03	豊科南穂高	耕作地(水田・畑)
		AZM2018B-04	豊科南穂高	耕作地(水田・畑)
		AZM2018B-05	掘金烏川	耕作地(水田)
		AZM2018B-06	掘金烏川	南安曇農業高校第二農場
C測線(6)	2019	AZM2019C-01	明科光	耕作地(水田)
		AZM2019C-02	穂高	耕作地(水田)
		AZM2019C-03	穂高	穂高商業高校野球場
		AZM2019C-04	穂高柏原	耕作地(水田)
		AZM2019C-05	穂高	耕作地(水田)
		AZM2019C-06	穂高	耕作地(水田)
D測線(4)	2019	AZM2019D-01	明科東川手	明科高校運動場
		AZM2019D-02	明科七貴	耕作地(水田)
		AZM2019D-03	穂高北穂高	耕作地(水田)
		AZM2019D-04	穂高有明	耕作地(水田)



図 5.1 調査位置図（上：2019、下：2018）

調査担当

株式会社 地圏総合コンサルタント 東京支店

〒116-0013 東京都荒川区西日暮里 2-26-2 日暮里 UC ビル

電話 03-6311-5150 FAX 03-3801-9211