

三重県の地盤と軟弱地盤対策検討上の留意点

尾鍋 哲也* / 大石 新之介**

* ONABE Tetsuya、株式会社尾鍋組 代表取締役、三重県松阪市飯高町宮前 321-4
 ** Ohishi Shinnosuke、株式会社尾鍋組 地盤改良事業部 技術マネージャー

1. はじめに

三重県は紀伊半島の東側に位置し、県中央部には中央構造線と呼ばれる断層帯が東西に伸びている。地質構造は、中央構造線の南北で全く異なるため、三重県は非常に複雑な地質的特徴を持っていると言える。ここでは、三重県の地質を俯瞰した後、人口集中地域である県北東部伊勢湾西岸地域での住宅建設時に注意すべき地形について述べたい。

2. 三重県の地質

尾鍋組社屋（三重県松阪市）から12kmほど離れた飯高町月出では、中央構造線を目視で確認できる。中央構造線とは、図-1に示すように四国西端から関東地方にまで至る長大な断層線で、北側の内帯と南側の外帯で地質が大きく異なる¹⁾。

三重県の中央構造線は、奈良県境に位置する高見山から東に伸び、弊社が位置する松阪市を通過して伊勢市に抜ける。中央構造線よりも北側の内帯は大陸プレートに乗っているもので、南側の外帯は海洋プレートの海から陸に向かう移動によって大陸プレートの端部に押し付けられた付加帯を主とする地層となっている。藤田は敦賀湾を頂点、中央構造線を底辺とし、琵琶湖、大阪湾、伊勢湾を含む地域を「近畿三角帯」と呼び、複雑な地形を示す日本列島の中でも特異な地形を示す地域としている²⁾。

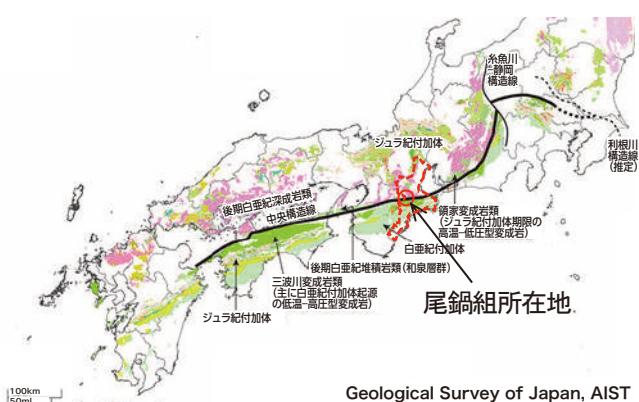


図-1 中央構造線の位置

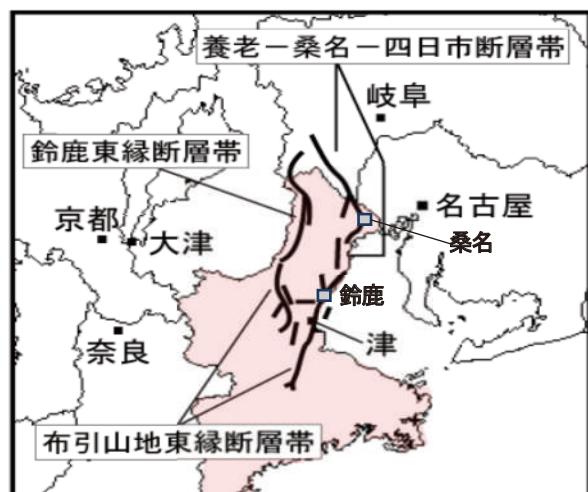
3. 人口集中地域での留意すべき地形

三重県はプレート活動の影響を受けて複雑な地形をなす地域の東端に位置し、人口が集中する伊勢湾北西岸の地域では、完新統地層（沖積層）が、このような複雑な地層を覆うように堆積している。

図-2に人口集中地域である伊勢湾西岸地域の代表的な活断層を示す。図のようにこの地域は南北に伸びる複数の断層帯に囲まれており、盛んに地殻変動があった地域であることが推測できる。また、図-3から、この断層に囲まれた地域は堆積時期の異なる地層によって構成された段丘があり、その地層を河川が開析して谷地形を構成していることが分かる。

図-4に、津市周辺の沿岸部の地形分類図を示す。桑名市から津市付近の海岸線には砂丘が発達しているが、当該地域は地殻変動の活発な地域であり、砂丘が複数列形成されている地域が確認できる。このような地形では、砂丘と砂丘の間が湿地化することがあり、このようにして形成された地形を浜堤間湿地と呼ぶ。

谷地形に形成された谷底低地では、通常の氾濫平野に比べて圧縮性の高い軟弱な粘性土が堆積する場合が多い。また、浜堤間湿地は、谷底低地同様に軟弱な粘性土が堆積している場合が多く、沈下リスクが高い。また、砂丘の辺縁部では液状化の危険度についても留意する必要がある。

図-2 伊勢湾西岸の代表的な活断層³⁾ 加筆

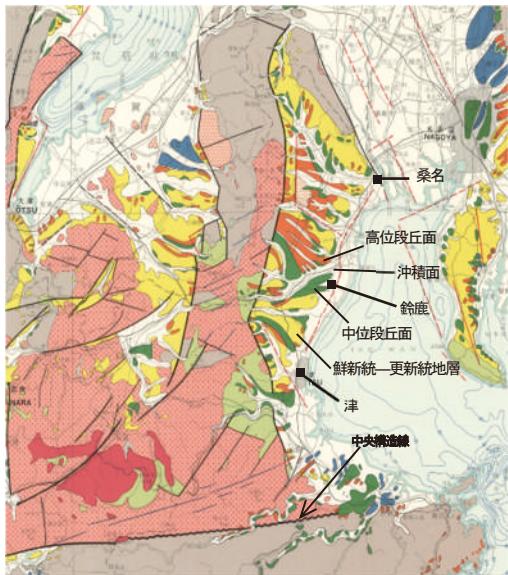


図-3 近畿地方の地層および活断層図 4) 加筆



図-4 伊勢湾西岸に発達した砂丘（津市沿岸部） 5) 加筆

4. 谷底低地や浜堤間湿地への宅地の拡大

1960年代まで、三重県の沈下リスクの高い谷底低地や浜堤間湿地への宅地開発は、津市の中心部など一部地域を除いて稀であった。しかし、1970年代になると地価の高騰や從来から開発が進められてきた市街地が飽和したこと、谷底低地や浜堤間湿地への宅地開発が急激に拡大した。
図-5は1960年代と1970年代に鈴鹿市で撮影された空中写真に地形分類図を重ねたものである。図から1960年代では、沈下リスクの高い谷底低地に建築物が建っていることは稀であったが、1970年代に市街地化が進んでいることが分かる。また、図-6は、津市の沿岸部で撮影された空中写真に地形分類図を重ねたものである。砂丘が複数列形成されている状況および砂丘と砂丘の間には浜堤間湿地が形成されていることが確認できる。また、1960年代には浜堤間湿地は農地として利用されているが、1970年代には建築物が多く確認でき、市街化が急激に進んだことが分かる。

谷底低地は、地震の際には、地震動が谷内で反射するため揺れが増幅され被害が拡大する傾向にある。能登半島地



(i) 1960年代



(ii) 1970年代

図-5 谷底低地への宅地の拡大（三重県鈴鹿市） 4) 加筆



(i) 1960年代



(ii) 2010年代

図-6 浜堤間湿地への宅地の拡大（三重県津市） 4) 加筆

震でも、谷底低地に位置する地域で家屋倒壊が顕著であった事例が報告されている⁶⁾。また、浜堤間湿地も地震時のリスクが高い地形である。過去の地震において砂丘辺縁部での液状化被害が度々報告されているが、浜堤間湿地においても砂質土が堆積する場合があり⁷⁾、液状化リスクが高い地形と考えられる。

5. 軟弱粘性土地盤でのSWS試験の適用性

スクリューウエイト貫入試験（以降 SWS 試験）は、住宅基礎設計のための地盤調査方法として最も一般的な地盤調査方法であるが、調査深度の増加に伴ってロッドの傾斜、曲がり、試験孔の崩壊等によってロッドと地盤との摩擦が大きくなり、貫入抵抗が過大評価されることが知られている⁸⁾。

このことから、SWS 試験は、谷底低地や浜堤間湿地のような軟弱な粘性土が堆積する地形では、地盤の支持力や沈下リスクを適切に把握できないことが危惧される。著者らはこの点を確認するために、三重県鈴鹿市の谷底低地に位置する造成宅地で各種地盤調査を実施した。以下にその結果を示す。

図-7は三重県鈴鹿市の谷底低地に位置する造成宅地でのボーリング調査および標準貫入試験結果と SWS 試験結果である。ボーリング調査結果から、GL-2～-3 m に腐植土層が確認できる。また、腐植土層下端から GL-6 m 付近までは N 値がゼロの粘性土層、さらにその下位には N 値が 2～3 程度の粘性土層が確認でき、沈下リスクの高い地層が厚く堆積していることが分かる。

一方、SWS 試験結果は、N 値の深度分布と類似した傾向を示しており、GL-1.25～-6.25m の範囲で W_{sw} が 1.0kN 以下の軟弱な地層が堆積することを確認できる。平成 13 年国土交通省告示第 1113 号第 2 では、SWS 試験結果から、①基礎底面から下方に 2 m までの範囲に W_{sw} が 1 kN 以下の層が存在すること、②基礎底面から下方に 2 m から 5 m までの範囲に W_{sw} が 0.5kN 以下の層が存在することのいずれかを確認できる場合は、地盤の沈下が建築物に与える影響を検討する必要があるとしている。図-7 から上記二条件の両方が該当することが確認でき、当該地では沈下の影響検討が必要と判断される。

なお、住宅のための地盤改良仕様を検討する場合、 N_{sw} がゼロを超える地層を補強材の先端地盤と考えるので、SWS 試験結果からは、GL-6.25m 以深を補強材の先端地盤と想定することになる。図-7 から、補強材の先端地盤となりうる層での SWS 試験結果（換算 N 値）は、標準貫入試験結果を過大評価している。また、SWS 試験は単体では土質状況の確認ができないので、圧縮性の高い腐植土層の存在を見出せない可能性が高い。

以上のことから、沈下リスクの高い地形においては、基礎下地盤と補強材先端地盤を対象に専用サンプラーなどを用いて土試料を採取し、対象地層の SWS 試験結果の妥当性や土質状況の確認を行うことが望ましい。

図-8 に当該敷地での有効鉛直土圧の深度分布と圧密降伏応力の関係を示す。図中には、地表面上に厚さ 1 m の盛土が行われた場合と盛土がない場合での有効鉛直土圧の深度分布を示した。なお、建築物の基礎形状を 6.8m × 9.1m、接地圧を 15kN/m² と仮定し、ブーシネスク式によって基礎中央部での地中内增加応力を算定し、有効鉛直

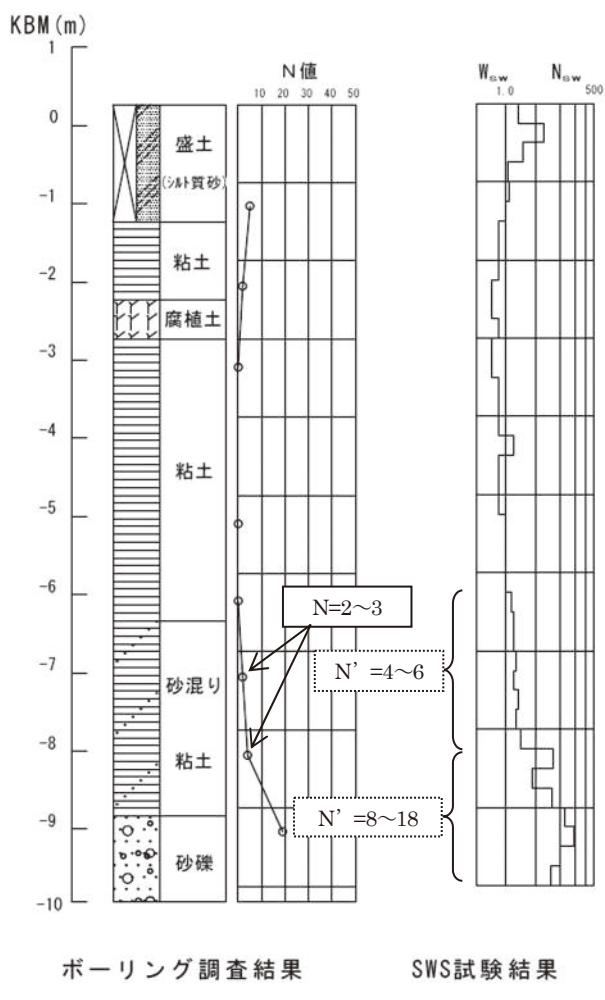


図-7 標準貫入試験結果と SWS 試験結果（鈴鹿市）

土圧に加算している。図から、当該地では造成前（盛土無）での有効鉛直土圧 ($\sigma_0 + \Delta\sigma$) は圧密降伏応力 p_c' よりも 15% 小さく、建築物自重を考慮しても有効鉛直土圧が圧密降伏応力よりも小さい過圧密状態にあり、沈下のリスクが比較的小さいと判断できる。一方、盛土有（新規盛土厚さ 1 m）の場合、 $\sigma_0 + \Delta\sigma$ が p_c' と同程度の値となり正規圧密状態にあることが分かる。このため、新規盛土がされている場合、盛土自重による圧密沈下の継続の有無、建築物自重による圧密沈下の可能性の両方について検討を行う必要がある。

6. 地盤改良工法選定時の留意事項

図-7 から、盛土層以深では N 値がゼロの粘性土が連続するが、図-8 から、有効鉛直土圧が圧密降伏応力未満であれば、発生沈下量を抑えることが可能と考えることができそうである。ただし、谷底低地や浜堤間湿地での盛土造成地については、以下の点に留意する必要がある。

・腐植土層の有無

図-7 から確認できるが、谷底低地や浜堤間湿地では腐植土に代表される高有機質土が現れることが多い。腐植土は、通常の圧密沈下（一次圧密）の後に圧密沈下が再度始

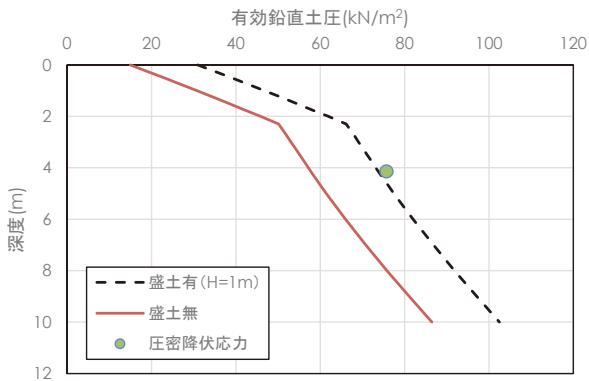


図-8 有効鉛直土圧の深度分布と圧密降伏応力

まる二次圧密が認められることがある。二次圧密沈下量の予測は非常に難しいため、少なくとも腐植土層での沈下が生じないように対策方法を検討することが望ましい。なお、腐植土層は酸性を呈するので、セメントの固化を阻害するため、セメント系固化材を用いた地盤改良を検討している場合は、事前配合試験を実施し、使用する固化材や添加量について検討を行う必要がある。

・軟弱層の層厚変化

谷底低地は、浸食によって開析された谷に土砂が堆積してできた地形なので、軟弱層の厚さが敷地内で変化する場合が多い。このため、地盤改良のための補強材長さが敷地内で変化することを想定して設計・施工管理を行う必要がある。

・液状化リスク

浜堤間湿地では、湿地堆積物下に液状化する砂質土層が存在する場合がある。また、谷底低地も同様である。図-7に示した柱状図からも、軟弱な粘性土下にN値が20未満の砂礫層および砂質土層が確認できる。補強材先端地盤で液状化の危険性がある場合は、簡易な液状化判定手法では液状化の危険度を評価できない。このような場合は、詳細な液状化危険度調査を計画することが望ましい。

7. おわりに

三重県の人口集中地域である伊勢湾西岸に見られる谷底低地と浜堤間湿地を挙げ、住宅建設時に軟弱地盤対策の仕様計画上の注意点を示した。これらの地形は全国に存在するため、ここで示した留意事項は地域を問わず重要である。

また、両地形は、水害、地震に対して脆弱でもあるので宅地利用に際しては十分に留意をしておく必要があると考えている。

8. 参考文献

- 1) 斎藤 真、宮崎一博：中央構造線に関する現在の知見－九州には中央構造線はない－, 平成28年(2016年)熊本地震及び関連情報, https://www.gsj.jp/hazards/earthquake/kumamoto_2016/index.html, 2016.5.13
- 2) 藤田和夫：近畿の第四紀地殻変動と地震活動，地質ニュース, No.267, pp10-20, 1976.
- 3) 地震調査研究推進本部事務局：三重県の地震活動の特徴, https://www.jishin.go.jp/regional_seismicity/rs_kinki/p24_mie/
- 4) 地質調査所（現 産総研 地質調査総合センター）発行資料 1974.
- 5) 国土地理院：地理院地図、地形分類図, <https://maps.gsi.go.jp/>
藤田和夫：第四紀地殻変動図 近畿（1. 活断層図）
- 6) 横山芳春、戸成大地、佐藤実、堤太郎、西村伸一、先名 重樹：常時微動探査による地盤の卓越周期と表層地盤増幅率の傾向～第三種地盤の評価及び能登半島地震における被害特性に着目して, 第60回地盤工学会研究発表会概要集, 2025.
- 7) 松本弾：三重県津市の海岸低地における津波堆積物掘削調査、活断層・古地震研究報告, No.17, pp15-30, 2017.
- 8) 下平祐司、廣瀬竜也、大島昭彦：二重管スウェーデン式サウンディングの開発と貫入抵抗値の考察, GBRC, Vol.42, No.4, pp.31-37, 2017.