

地盤条件と地震動・液状化の危険性

地震波の伝わる速度は岩石・地層の硬さによって決まり、軟らかい地層では硬い岩盤に比べ 1/30 程度にも遅くなります。このために地下深くから伝わってくる地震波は、地表の軟弱地層中で速度を大きく低下させるので、後から引き続きやってくる波がこの地層中にいわば詰め込まれ重なり合うような状態になって、地震の揺れが強くなります。震動の増幅には共振現象によるものもあります。物体はすべて、地層も建物も非常に揺れやすい固有の周期を持っています。地震波にはいろいろな周期の波が重なっていますが、0.5～1.0 秒ほどの波が最も多いのが通常です。厚い砂泥質の沖積層の固有周期はほぼこれに一致するので、共振により震動が大きく増幅されます。耐震設計基準では、沖積層など軟弱な地層の厚さが 30m 以上のところ、及び表層に泥炭層など極度に軟弱な地層があるところを、最も悪い第 3 種地盤に分類して、耐震強度を高めるように定めています。

地層の性状はボーリングにより調べられます(図 4)。一般にボーリングの数は少なくまた偏って分布しているので、地形なども手がかりにして地層の平面分布を推定します。地層の硬さや締まりの程度を示す値に N 値があり、これによって地盤の良し悪しなどを簡易に判定できます。泥質層では N 値が 0～2 で非常に軟らかい、2～4 で軟らかい、砂質層では N 値が 0～4 で締りが非常にゆるい、4～10 でゆるい、などとされます。

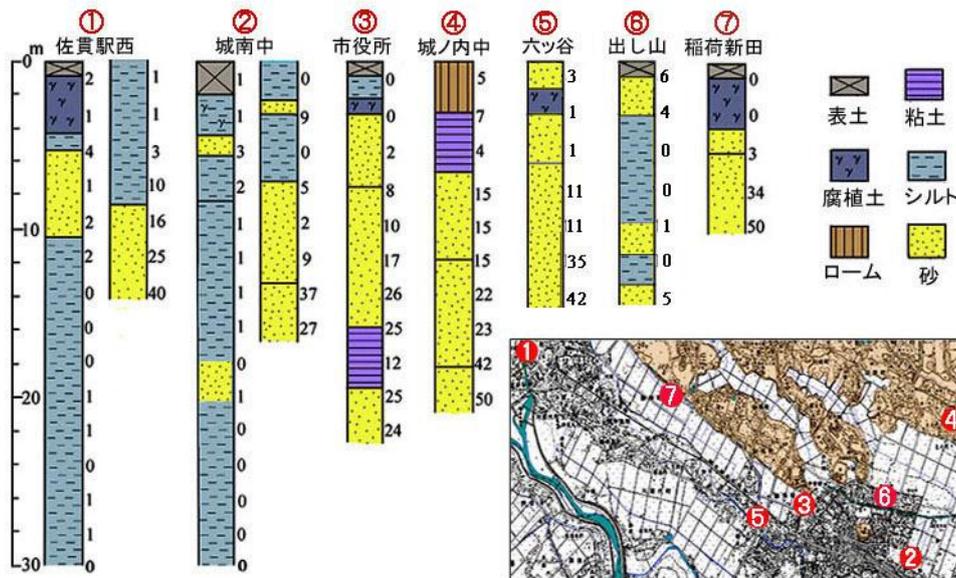
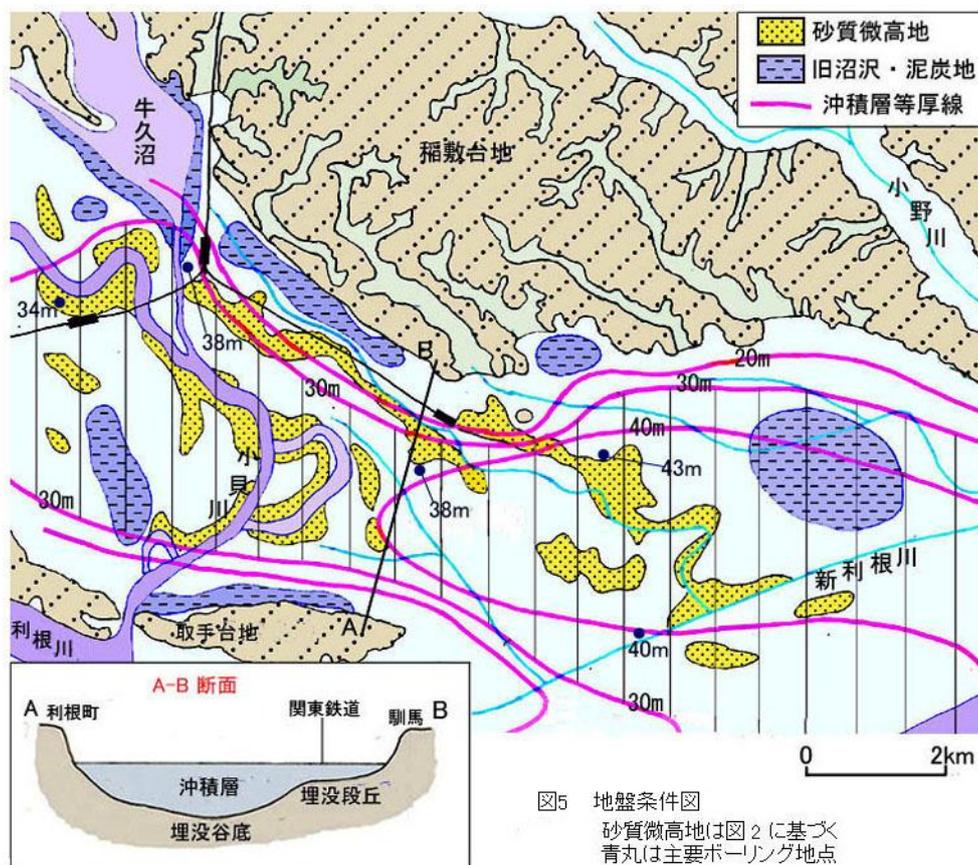


図4 代表的なボーリング柱状図

小貝川低地のほぼ中央部には氷河期に削りこまれた深い谷があり、N 値が 0～1 と軟弱な泥質の沖積層で埋め立てられています(図 4 の①, ②)。その厚さは市域東部で 40m を超えます(図 5)。最も悪い第 3 種地盤に分類される沖積層厚 30m 以上の地域は、低地中央を小貝川の西方にまで続いています。

関東鉄道龍ヶ崎線のあたりから台地際までの間には地下に卓状の地形、いわゆる埋没段丘が存在し、沖積層は薄くなっています。龍ヶ崎中心市街はこの埋没段丘の境界付近にあります。台地際には表層が有機質土(泥炭など)である非常に軟弱な地層が分布しており(図 3 の⑦)、台地際は河川の堆積作用から取り残されて沼沢地が多数出現したと考えられます。牛久沼周辺にも厚い泥炭層があります(図 3 の①)。このような表層が非常に軟弱なところも最も悪い第 3 種地盤です。最近まで沼沢地であったところも表層が非常に軟弱と推定されます。



江川沿いなどにある自然堤防は主として砂で構成されていますが、その表層部の N 値は小さくて締りの非常にゆるい地層です。自然堤防以外の低地部は后背低地と呼ばれ一般に泥質ですが、ここにも砂層はかなりの程度分布します(図 4 の①, ⑥)。なお、自然堤防と后背低地の境界は不明瞭で、その区分作業にはかなりの主観が伴っています。

台地内の谷底の沖積層は厚さ数 m 程度です。これは台地表層が侵食・堆積したもののなので、主としてローム起源で泥質ですが、砂質部も多少あります。排水条件の悪い凹地状のところは多いので、有機質土がかなり広く分布します。台地面の表層には N 値が 10 未満のかなり軟らかいローム層と常総粘土層が厚さ数 m あり(図 3 の④)、関東平野以外の他地域の洪積台地に比べ地震時の震動を少し大きくしています。

地震動の強さを示す代表値である最大加速度の地形による違いを平均的にみると、軟らかい沖積層よりなる河川・海岸の低地を 1 とし、かなり締まった砂質層よりなる洪積台地では 0.75 程度(震度では 1 ほど小)、砂礫質の扇状地平野では 0.85 程度(震度では 0.5 ほど小)などとなっています。1923 年関東地震のときの東京における住家全壊率から推定される震度は、武蔵野台地(筑波・稲敷台地などと同じローム台地)で 5 強程度、沖積層の厚い荒川低地中央部では 6 強～7、沖積層の薄い埋没段丘部(日本橋・銀座など)では 6 弱程度、台地内谷底の旧沼沢地では 6 強～7 という明らかな違いが認められました。

このようなことに基づき地震時の揺れ(震度)の地形による違いを大まかに示すと、小貝川低地中央の沖積層厚 30m 以上地域(第 3 種地盤域)に比べ、台地際の埋没段丘部では震度は 0.5 程度小、北部台地面では震度で 1 程度小、台地内谷底では 0.5 程度小となります。ただし旧沼沢地・泥炭地では埋没段丘部にあっても 3 種地盤域と同じ強い揺れになります。また、自然堤防部での揺れの低下は一般に小さいと考えられます。

各種のハザードマップ類(龍ヶ崎市地震ハザードマップ, 国土庁の土地保全図など)では、沖積層厚の条件が取り入れられていないのが大部分です。また、自然堤防に相当すると思われる地形での震動低下が過大に評価されています(図 6)。

たとえば、地震調査研究推進本部による地震動予測地図

(2013 年版)では、今後 30 年以内に震度 6 弱以上の揺れに見舞われる確率が、龍ヶ崎北部台地で 40%程度、台地内谷底低地で 60%程度、龍ヶ崎南部の小貝川低地では、自然堤防に相当すると思われる地形で 65%、それ以外の低地部の全域で 80%程度とされています。

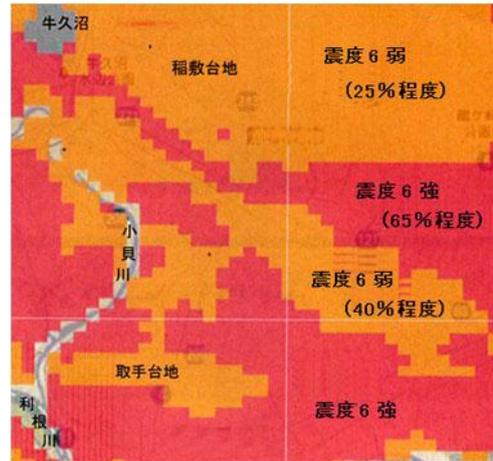


図6 今後30年で6%確率の計測震度
(地震調査研究推進本部, 2010年版)
括弧内は30年で震度6弱以上の確率