

地震に強い地域をつくる

24 北関東の歴史的建造物の耐震上の特質 ～地盤性状と地震応答性状～

建造物の地震被害の分析や地震対策を考える上で、当該地域の入力地震動特性やそれと密接に関わりのある地盤構造を把握することが極めて重要である。本項では、北関東の伝建地区3地区にて調査されている地盤データを収集し、それに基づき当該地域の地盤構造、さらに地震応答性状の差異について検証する。

栃木市は栃木県の西南部にあり、地形は足尾山地の東南部を占める山地部と、その東縁に広がる平地部とから成っている。伝建地区がある巴波川流域の市街地は、思川水系によってつくられた低地地形で、主として段丘礫層と関東ローム層、あるいは砂礫層等の表層堆積層から成っている³⁾。伝建地区周辺で調査されているボーリング柱状図の一例を図1に示す。いずれのボーリング地点も表層直下から主に砂礫層で構成されており、GL-4～6m 以深に N 値が 40 以上の締まった層が存在する。部分的にコントラストの大きい層が存在する地点もあるが、伝建予定地区周辺の地盤構造は比較的良好であることが確認できる。なお、地下水位はいずれの地点でも GL-1.8～2.5m 付近にあることがわかった。

桜川市真壁は茨城県の中西部に位置し、西側には筑波山塊となりその山裾をぬうようにして桜川が流れている。筑波山麓と桜川および観音川の間に発達した丘陵および台地、低地からなっている⁴⁾。地区周辺のボーリング柱状図の一例を図2に示す。真壁伝建地区内または周辺の3地点のボーリングデータを確認したところ、いずれのボーリング地点も表層直下からローム層で構成されていることが確認できた。真壁地区では、GL-30m でも安定的に N 値が 40 以上になる層は無く軟弱であることがわかった。

桐生市は群馬県の東南部に位置し、多くの面積を占める山間部と渡良瀬川の扇状地にあたる平地部から成っている。伝建地区周辺の土地は、渡良瀬川の堆積層であり、主として砂礫層から成っている⁵⁾。桐生新町伝建地区周辺の地盤構造(土質柱状図)の一例を図3に示す。いずれのボーリング地点も表層直下から主に砂礫層で構成されており、GL-2m 以深から N 値 40 以上の締まった層が存在する。収集したデータの中には、1地点だけコントラストの大きい地点があったが、これは山地と扇状地の界に位置する特異な地点のデータであり、それを除くと桐生新町伝建地区周辺の地盤構造は比較的良好であることが確認できる。

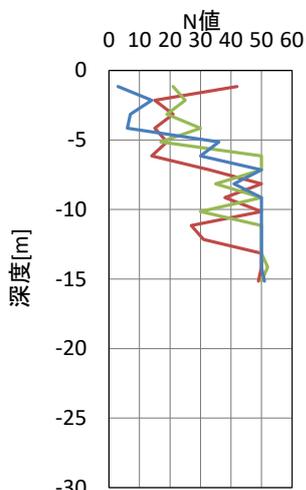


図1 栃木市柱状図

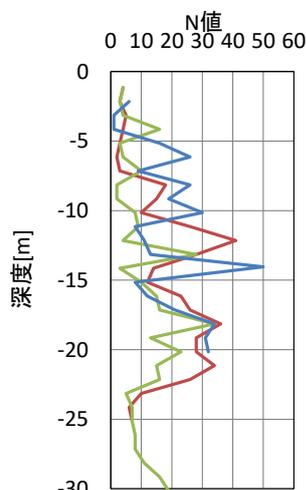


図2 真壁柱状図

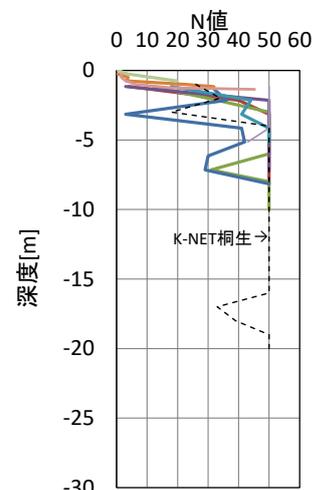


図3 桐生市柱状図

地震時の地表での揺れの大きさは、特に地表付近の地盤の状況によって変わることが知られている。一般的に、地表付近の地盤が軟弱な場所では、硬い地盤の場所に比べて大きな揺れになる。また、地下の深い部分の地盤の構造によって、地震波の振幅が大きくなることもある。これらの現象は、地震波が硬い岩盤から軟らかい地盤に伝わる時に振幅が大きくなることや、屈折や反射などにより地震波が重なり合って振幅が大きくなるという地震波の性質によるものである。

他方、近年、主として地震防災を目的に様々な地震ハザードマップが作られ、多くの住民の目に触れるようになってきた。また、2000年の建築基準法改正以降、建築構造物への設計用入力地震動策定の重要度が高まってきた。これらハザードマップ作りや設計用入力地震動の評価において、地震波が地下深くから地表面に伝搬される過程でどの程度増幅されるかが大きく依存する。

そこで、収集した地盤データに基づき、限界耐力計算で用いられる手法によって各地点の表層地盤の地盤増幅特性を評価し、各地点の特性やそれらの差異について定性的に把握する。なお、地盤の増幅特性は、地盤のモデル化が結果に大きく影響する。ここでの検討に用いた地盤データの質と量、および解析手法は、極めて簡便なものであるため、結果についてはおおよその目安として参考にされたい。本検討では、限界耐力計算で使われている表層地盤増幅特性を計算するための簡易計算プログラム⁶⁾を用いて計算を行った。解析方法や地盤のモデル化等については、文献7)を参照されたい。

図4は、解放工学的基盤において限界耐力計算で定める地震動特性(極めて稀に発生する地震)を持つ地震動が、伝建地区周辺の地盤データに基づきモデル化した地層を伝搬してきた場合の地表面の地震動特性(加速度応答(S_a)スペクトル($h=5\%$))を3地区で比較して示している。ここで、図中の結果は、各地点の地盤データから個別に評価した地震動特性の平均を示している。いずれの地区でも告示スペクトル(極稀地震)を部分的に上回る応答特性となっている。先に示した地盤特性のように地盤が軟弱な真壁地区では、地盤構造の影響により、地表面の地震動特性が他2地区に比べて長周期の建物まで応答が大きくなる特性が見てとれる。また、桐生市では、地表直下から堅固な地層であるため、他2地区と比較して短周期の建物の応答が大きくなる特性がある。

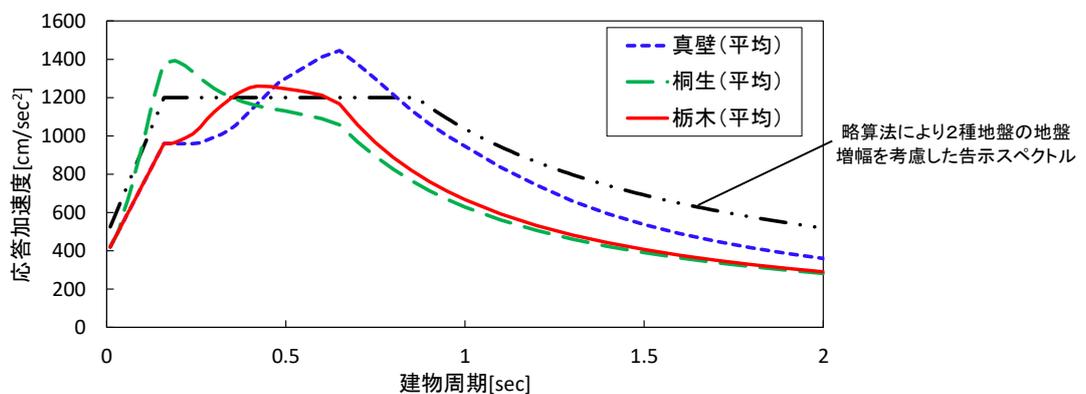


図4 地表面の S_a スペクトル($h=5\%$)

参考文献 (下線の文献は本項に關係する発表論文等を示す)

- 1) 柴直人,横内基,大橋好光: 栃木市に現存する伝統的建造物の地震被害および耐震性に関する研究(その1 伝統的建造物群保存予定地区の特徴と入力地震動特性)、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造Ⅲ、pp.139-140、2012年9月
- 2) 田村菜月,野村佳亮,横内基,大橋好光,川上勝弥: 歴史的町並みの地震防災対策に関する研究(その12 北関東の伝建地区における歴史的建造物の固有周期と地震応答性状の分析)、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造Ⅳ、pp.861-862、2014年9月
- 3) 栃木市: 栃木市史(史料編 自然・原始)、1982年3月
- 4) 真壁町: 真壁町史料 考古史料編Ⅰ～Ⅳ、1982年10月-2000年3月
- 5) 桐生市: 桐生市史 上巻、1958年8月
- 6) 国土交通省国土技術政策総合研究所建築研究部: 限界耐力計算(地盤増幅)簡易計算プログラム「ユーザーズガイド」
- 7) 栃木市伝建予定地区建造物調査委員会耐震調査WG: 伝統的建造物の地震被害および耐震性に関する調査・研究報告書、2012年3月