

常時微動アレイ観測に基づく表層地盤速度モデルを用いた2018年大阪府北部の地震における 工学的基盤上の地震動の推定

京都大学工学部 学生会員 ○後藤 彰太
 京都大学大学院工学研究科 学生会員 浅野 晃太
 京都大学防災研究所 正会員 後藤 浩之
 京都大学防災研究所 正会員 澤田 純男

1. はじめに

2018年大阪府北部の地震は2018年6月18日午前7時58分に発生した。震央は大阪府高槻市であり、震源までの深さは13kmである。大阪府大阪市、高槻市、茨木市、枚方市、箕面市で震度6弱、京都府京都市、亀岡市など12の市町村で震度5強を観測したほか、近畿地方を中心に関東地方から九州の一部にかけて震度5弱～1を観測したり。浅野ら²⁾によると、高槻市と茨木市における建物被害は一様ではなく、局所的に被害の大きい地域が認められたが、これらの被害の大きい地域は既存のVs30から推定される地盤増幅率の分布と対応しないことが示されている。一方で、茨木市の一部を対象とした調査によると、常時微動の卓越周期と被害分布に対応が見られることが指摘されている³⁾。

そこで本研究は震源域の地震観測点(図1)において常時微動アレイ観測を行い、表層地盤の増幅特性を評価して工学的基盤上の地震動を推定し、表層地盤の影響と工学的基盤へ入射する地震動の影響とを分離することを試みる。

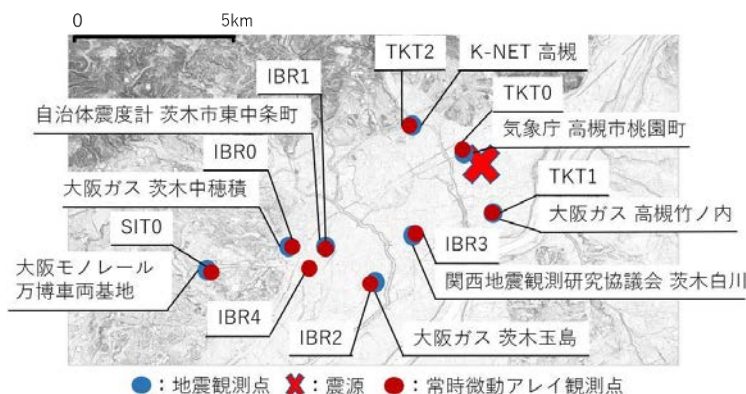


図1 地震観測点と常時微動アレイ観測点

2. 常時微動アレイ観測

図1に示すTKT2を除く8か所で常時微動アレイ観測を行った。TKT2については既往研究によるデータ⁴⁾を用いた。なお、地震観測点でないIBR4で観測を行った理由は後述する。アレイ半径を2m, 5m, 10m(ただし、TKT0は2mと5m, IBR4は10mと2m)とし、正三角形の頂点と外接円の中心に加速度計を置き、3成分の観測を30分ずつ行った。

得られたデータから空間自己相関法⁵⁾を用いて求めた位相速度分散曲線と、対象地域の微地形区分⁶⁾を図2に示す。IBR2やIBR3などの氾濫平野や後背湿地では位相速度が低く、IBR0やIBR1の扇状地や自然堤防では位相速度が高く出ており、微地形区分による地盤の柔らかさに対応している。なお、丘陵に位置するSIT0の位相速度が低く出ているが、旧地形図との対比により造成時に埋め立てられた地点であることを確認している。

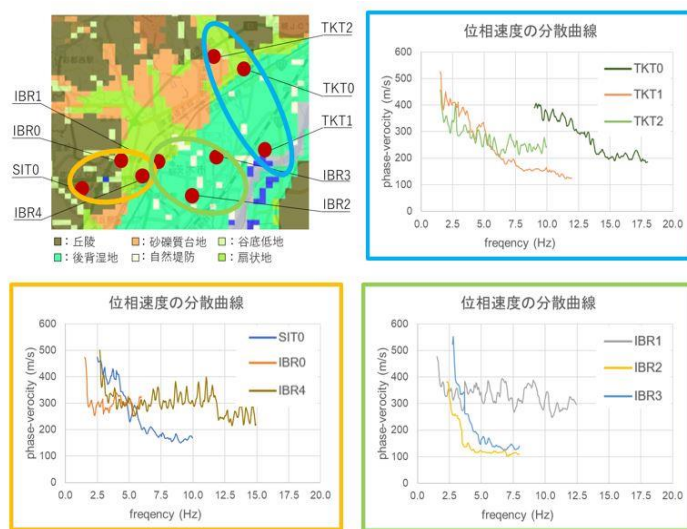


図2 微地形区分図と位相速度の分散曲線

キーワード 2018年大阪府北部の地震, 常時微動アレイ観測

連絡先 〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄 京都大学耐震基礎研究分野 TEL 0774-38-4071

3. 表層地盤の速度構造の推定

得られた位相速度分散曲線を満たすような地盤の速度構造を推定する。まず、工学的基盤をS波速度350m/sと仮定し、その深部に500m/sの層も仮定する。350m/sより深い層はH/VスペクトルとRayleigh波の楕円率に対応するように深さを決める。浅い層では近傍のボーリングデータを参照して複数の層を定め、位相速度分散曲線に合うようにそれぞれのS波速度を決めた。このようにして得られた速度構造を初期値として遺伝的アルゴリズムを用いて最適化を行った。350m/sと500m/sを除くS波速度と層境界までの深さに探索範囲を与え、10ビットの2進数で離散化し、遺伝子コード化する。山中・石田⁷⁾より総個体数を20、観測値と理論値の誤差の2乗平均の逆数を適応度とし、各世代でルーレット選択、交差、突然変異を行う。交差確率を70%、突然変異確率を1%とし、100世代まで計算を行った。

各個体の速度構造を図3の黒い線で示す。これらのうち最も適応度の高い個体の速度構造が赤い線であり、工学的基盤上の地震動を求める際に用いた。なお、最適モデルの工学的基盤の位置を青い矢印で示す。IBR0とIBR1は他と比べて工学的基盤が深いことが認められた。このため、この2地点の中間位置において追加で常時微動アレイ観測を行った(IBR4)。この結果、IBR4ではIBR2と同じ程度の深さに工学的基盤が求められた。これはIBR0やIBR1に比べて浅いため、この差がどの程度有意であるかは引き続き検討が必要である。また、TKT0は他と比べて工学的基盤が浅い。周辺

のボーリングデータを調べたところ、いずれも深さ数メートルから礫が見られることから、これが工学的基盤に対応していると考えられる。

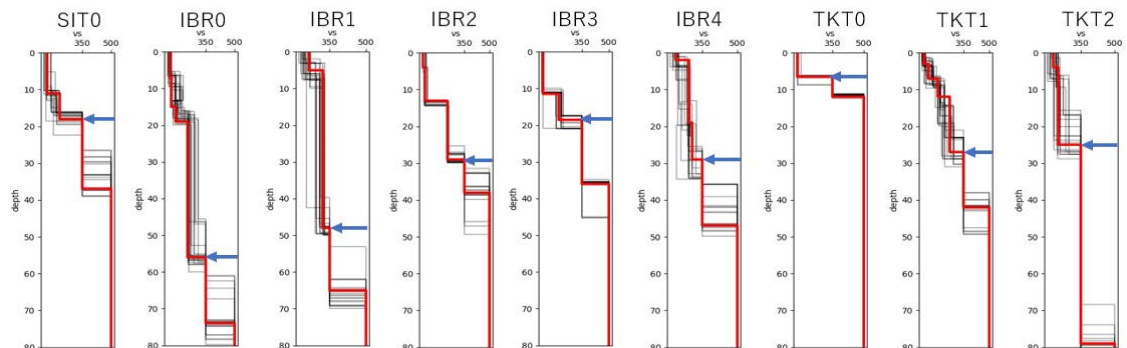


図3 速度構造モデル

4. 工学的基盤上の地震動の推定

表層地盤の速度構造を用いて、観測された地震動から工学的基盤上の地震動を推定する。解析にはDYNEQ[®]を用い、動的変形特性はH-Dモデルを用いた。推定された工学的基盤波(NS成分)とNS、EW成分の最大速度を図4に示す。白川は万博や中穂積、東中条、玉島よりも震源に近いが、工学的基盤上の速度波形の振幅はこれらの震源から遠い場所よりも小さい。K-NET高槻や竹ノ内についても同じことが言える。茨木市と吹田市の地震観測点における工学的基盤上での地震動の速度応答スペクトルを図5に示す。万博や中穂積、東中条、玉島では白川と比べて短周期成分が大きいことがわかる。これらの理由については破壊の前方指向性により南西方向に伝わる波の振幅が大きくなった可能性等が考えられるが、より詳細な検討が必要である。

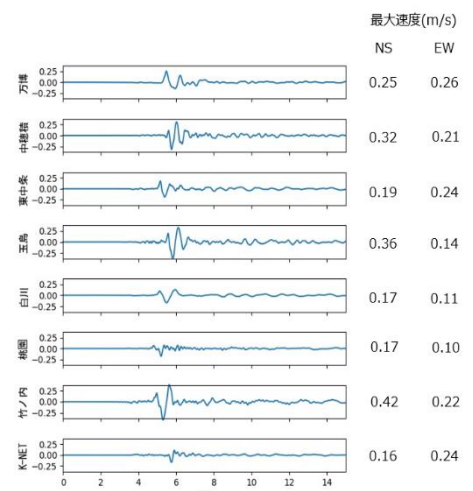


図4 工学的基盤上の速度波形(NS)と最大速度

参考文献

- 1) 気象庁：震度データベース検索, <https://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.html#20180618075834>, (2022年1月25日閲覧)
- 2) 浅野晃太, 後藤浩之, 奥村与志弘, 澤田純男: 2018年大阪府北部の地震における高槻市・茨木市の建物被害分布と高槻市の被害要因に関する地理学的考察, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学) 77巻, 4号, p. I-638-I-648, 2021
- 3) 森伸一郎, 小林巧: 2018年大阪府北部の地震における茨木市内の震度と地盤卓越振動数の関係, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学) 77巻, 4号, p. I-490-I-502, 2020
- 4) Goto: Bayesian posterior mean velocity modeling as alternative to resolution guaranteed imaging, Proc. of the 6th IASPEI/IAEE International Symposium: Effect of Surface Geology on Seismic Motion, 2021
- 5) Keiiti Aki: Space and Time Spectra of Stationary Stochastic Waves, with Special Reference to Microtremors, Bull. Earthq. Res. Inst., 35, 415-457, 1957
- 6) J-SHIS 地震ハザードステーション, <https://www.j-shis.bosai.go.jp/map/>, (2021年1月24日閲覧)
- 7) 山中浩明, 石田寛: 遺伝的アルゴリズムによる位相速度の逆解析, 日本建築学会構造系論文集 第468号, 9-17, 1995
- 8) 吉田望: DYNEQ A computer program for DYNAMIC response analysis of level ground by EQUIVALENT linear method, Version 4.00, 2020, 関東学院大学

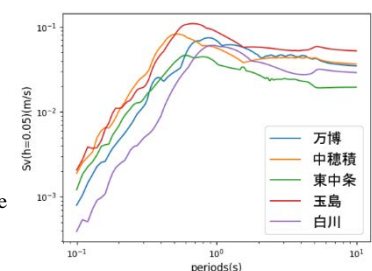


図5 速度応答スペクトル(NS)