

地盤微動探査 レポート

作成日：2023年〇月〇〇日

住所：〇〇県〇〇市

物件名：〇〇〇〇様邸

【総括】

地盤の増幅特性（表層地盤増幅率）

表層地盤増幅率が1.20（Bランク）であることから、地震時にやや揺れにくい地盤であることが考えられます。

地盤の周期特性（地盤種別・共振の可能性）

微動探査で得られた卓越周期は0.44秒であることから、対象地の微動探査による地盤種別は「第二種地盤」に相当するものと考えられます。

対象地の地形区分は、多摩川の氾濫平野にあることから、昭和55年建設省告示第1793号の概要（地質の特徴）からみても、第一種地盤（丘陵地等）・第三種地盤（深い沖積層・埋立地等）のいずれにも相当せず、第二種地盤に相当するものとして矛盾はありません。

対象地には既存住宅があり、その固有周期を一般的な既存住宅として0.3～0.5秒程度と考えると、地盤と住宅の周期が共振することが考えられます。

新築時又は既存住宅の戸建て住宅では交通振動などの微振動による共振の可能性が考えられるため、対策についての検討をお勧めします。（EPS、制振オイルダンパー等）

目次

| | ページ |
|-------------------------|-----|
| 1. 物件・調査概要 | 4 |
| 2. 調査目的 | 5 |
| 3. 調査方法 | 5 |
| 4. 調査機材 | 6 |
| 5. 調査写真 | 6 |
| 6. レポート提出までの流れ | 7 |
| 7. 地盤微動探査結果 | 8 |
| 7-1. 30m平均S波速度 (AVS30) | 8 |
| 7-1-1. S波速度構造 (V_s) | 9 |
| 7-1-2. 位相速度 (V_r) | 10 |
| 7-2. 地盤の卓越周期 (H/Vスペクトル) | 11 |
| 8. 地盤の増幅・周期特性 | 12 |
| 8-1. 地盤の増幅特性 (表層地盤増幅率) | 12 |
| 8-2. 地盤の周期特性 | 14 |
| 8-2-1. 地盤種別 | 14 |
| 8-2-2. 共振の可能性 | 15 |
| 9. 用語解説 | 17 |

2. 調査目的

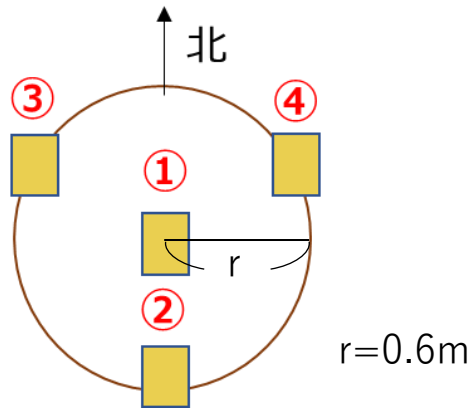
地盤の揺れ方の特徴や地盤の硬さを調べ、共振の可能性を想定し、設計に生かしたり制振部材の検討をします。本調査ではS波速度構造および位相速度から得られる30m平均S波速度をもとに表層地盤増幅率および、地盤の固有周期を求めるために実施します。微動探査によって得られた周期および地形区分から、地盤種別について考察します。

SWS試験と微動探査を併用することで、より詳しく地盤の特性を把握することができます。

3. 調査方法

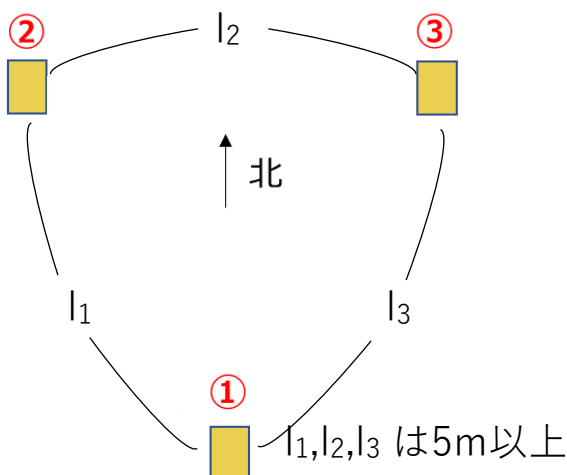
人が感じないくらいの揺れをもとに地盤を探査し、地盤に穴を開けることなく、地面に微動計（高精度の地震計）を置いて微動を観測します。

1宅地あたり2種類の方法（微動アレイ探査）を実施します。なお、本調査で用いる微動アレイ探査は、国際規格ISO24057:2022を参考に、同規格に準拠した方法で実施しております。



・極小アレイ探査法

微動計4台を北向きに、60cm半径の距離で、治具（正確に位置を取る道具）を用いて配置。4台を同時 表層より約15~30mほどの深度における地盤のS波速度構造を精度よく計測するための配置である。にGPS時刻校正して計測する。



・不規則アレイ探査法

微動計3台を北向きに、5~15mの距離で配置。微動計の番号が若い順から、下、左上、右上の順に配置し、同時にGPS時刻校正して計測する。極小アレイに比べて深い深度のS波速度構造を得ることができ、概ね30m~100m程度まで観測できる。極小アレイ探査法に比べて深い深度のS波速度構造を得るための配置である。

4. 調査機材

本調査では、以下の機材を用いて微動探査を実施しております。

使用機材：応用地震計測株式会社製 Be-Do_001 又はJMSC01
計測周波数：250Hz

使用機材の外観および主要諸元



- (1) AD変換器：24ビット
- (2) 周波数：250Hz／500Hz（機種による）
- (3) データ保存：内部メモリ 8GB
- (4) 動作時間：連続観測で約24時間
- (5) 充電電源：AC100V 50/60 Hz
- (6) 動作温度：-20～55℃
- (7) 防塵・防水性能：IP54相当以上
- (8) 寸法：180 x 180 x 130mm
- (9) 重量：約2.5kg
- (10) 製造元：応用地震計測株式会社

※外観・色は異なることがあります

5. 調査写真

極小アレイ探査



不規則アレイ探査



6. レポート提出までの流れ

①微動計で地盤微動探査実施（KULOCO特定代理店）



現地測定
微動データアップロード

②防災科学技術研究所
微動クラウド解析システム（データの解析）



委託業務契約
微動データの解析処理を実施

③株式会社KULOCO（レポート作成）



解析データをもとに
レポートを作成

④レポート納品（KULOCO特定代理店）



レポートを提出

⑤依頼主

7. 地盤微動探査結果

7-1. 30m平均S波速度 (AVS30)

30m平均S波速度 (AVS30)

324.5m/s

地盤の微動アレイ探査で得られた地表から30mまでの平均のS波速度の数値 (30m平均S波速度 (AVS30)) から、地盤の地震時の揺れやすさを示す表層地盤増幅率を求めることができます。

本レポートにおいて30m平均S波速度は、防災科研により開発された「微動観測システム」を用いて、

- 1) 簡易逆解析 (Simple Inversion Method: SIM) による地盤の深さ方向のS波速度 (V_s) の平均値および、
- 2) 求められた位相速度や次元速度構造 (分散曲線の直接深度変換・Simple Profiling Method: SPM) から波長40mに対応する位相速度を深さ30mまでの平均S波速度とみなす方法
によって求めました。

先名ほか(2023) では、SIMとSPMの平均による「平均の理論位相速度が観測位相速度と整合的であることを確認した」として、微動探査の実測に基づくJ-SHIS Mapの地盤構造モデル等に利用されていることから、本レポートでも SIMとSPMの30m平均S波速度 (AVS30) の平均値を、本地点の30m平均S波速度 (AVS30) として採用しました。

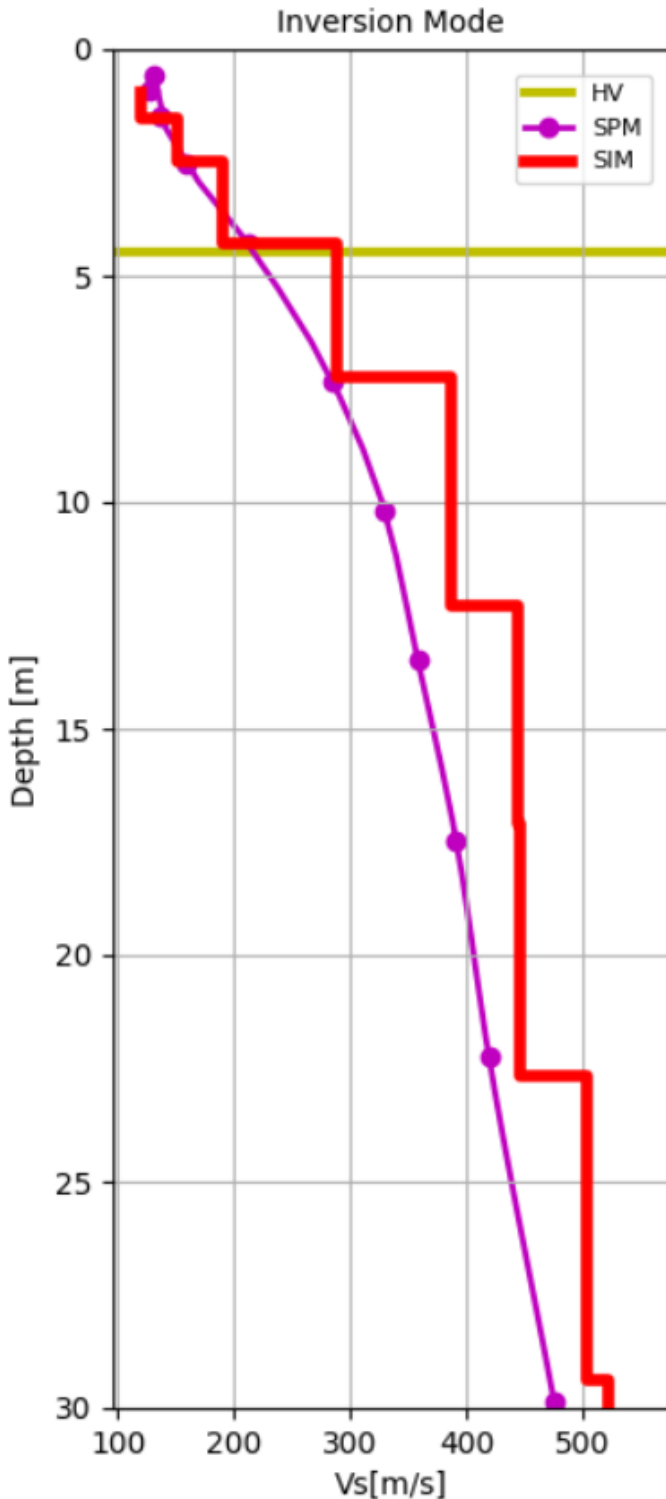
※先名ほか(2023): 強震動評価のための浅部・深部統合地盤構造モデルの構築, 防災科学技術研究所研究資料 第498号 ([出典](#)) 13ページ

以上をもとに、 $AVS30 = (SIPによるAVS30 + SPMによるAVS30) / 2$ より
 $(307 + 342) / 2 = 324.5$

AVS30 = 324.5m/s

7-1-1. 簡易逆解析 (SIM) による 地盤の深さ方向のS波速度 (Vs)

| | |
|------------|---------|
| 項目 | from Vs |
| AVS30(m/s) | 307 |



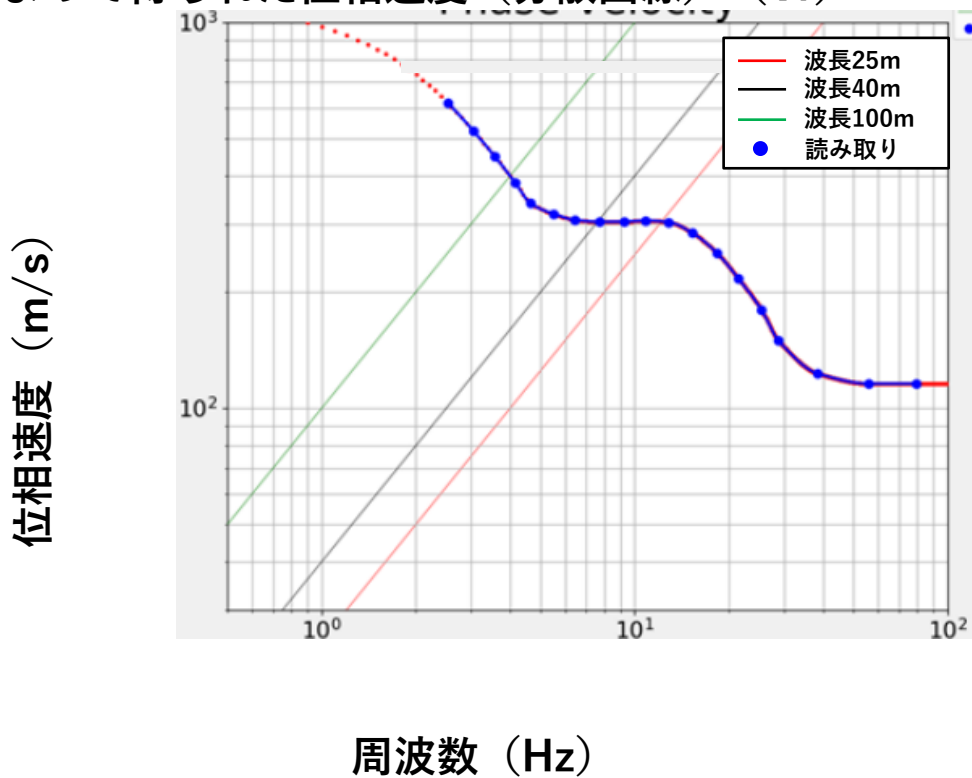
| 深度 (GL-m) | S波速度 (m/s) |
|-----------|------------|
| 0.96 | 119 |
| 1.52 | 119 |
| 1.52 | 150 |
| 2.46 | 150 |
| 2.46 | 190 |
| 4.27 | 190 |
| 4.27 | 288 |
| 7.23 | 288 |
| 7.23 | 387 |
| 12.31 | 387 |
| 12.31 | 444 |
| 17.09 | 444 |
| 17.09 | 446 |
| 22.67 | 446 |
| 22.67 | 503 |
| 29.37 | 503 |
| 29.37 | 522 |
| 37.39 | 522 |
| 37.39 | 639 |
| 50.16 | 639 |
| 50.16 | 786 |
| 72.64 | 786 |

※ 工学的基盤(S波速度 400m/s) より深い層では誤差が大きくなります
 ※ 探査及び解析の特性上、極表層部の数値は得られません。
 ※ 地盤の支持力・沈下検討にはSWS試験などを用いてください。

7-1-2. 求められた位相速度や一次元速度構造 (SPM) から波長40mに対応する位相速度によるAVS30

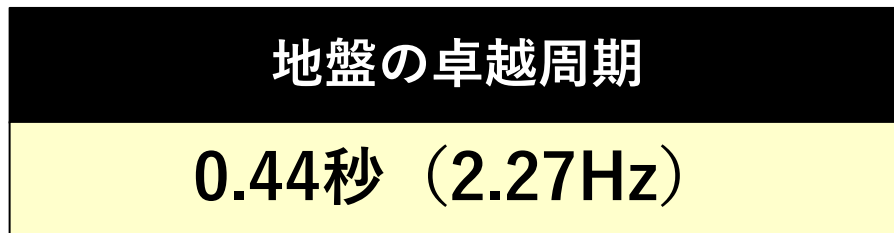
| 項目 | from Vr (WL40m) |
|------------|-----------------|
| AVS30(m/s) | 342 |

■本調査によって得られた位相速度 (分散曲線) (Vr)

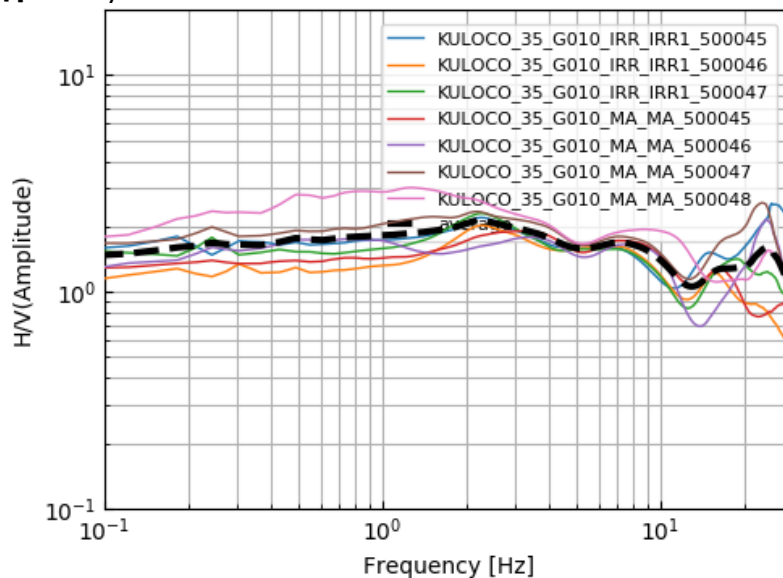


7-2. 地盤の卓越周期 (H/Vスペクトル)

地盤の卓越周期は、微動探査から得られたH/Vの平均値から読み取ることができます。以下のH/Vスペクトル図とは微動探査による水平方向と垂直方向のスペクトル比を示した地盤の卓越周期を把握できる図で、一般的にグラフのピークがある箇所に卓越周期があると言われています。



■各観測微動計のH/V



IRRは不規則アレイ観測であり、若い番号から南側、北西側、北東側に配置された3台の微動計を示す。MAは極小アレイ探査であり、若い番号から中央、南、北西、北東に配置された4台の微動計を示す。

8. 地盤の増幅・周期特性

8-1. 地盤の増幅特性（表層地盤増幅率）

揺れやすさ（表層地盤増幅率）

1.20 増幅特性B

地盤の周期特性として、地盤の揺れやすさ（表層地盤増幅率）は、微動探査から求められた2つの30m平均S波速度の平均値（324.5m/s）から、以下の式を用いて求めることができます。

表層地盤増幅率が1.20（Bランク）となることから、「地震時にやや揺れにくい地盤」であることが考えられます。

■表層地盤増幅率の算出

30m平均S波速度(AVS30)から表層地盤増幅率の算出には、藤本・翠川（2006）日本地震工学会論文集 第6巻、第1号の3.3（8-1式）を参考として、先名ほか（2023）の「浅部・深部統合地盤構造モデル」をもとに、「工学的基盤（地震動設定の基礎とする良好な地盤）」のS波速度を400m/sと設定して、下記の式から算出しています。

$$\text{表層地盤増幅率} = 10^{(-0.852 \cdot \log_{10}(\text{AVS}(30)/400))} \quad \text{式1}$$

$$\text{表層地盤増幅率} = 1.20$$

■30m平均S波速度（AVS30）と表層地盤増幅率（式1より）

式1で得られるAVS30と表層地盤増幅率の対応を示します。

| AVS30 (m/s) | 表層地盤増幅率 |
|-------------|---------|
| 100 | 3.26 |
| 150 | 2.31 |
| 200 | 1.81 |
| 250 | 1.49 |
| 300 | 1.28 |
| 400 | 1.0 |
| 450 | 0.9 |

■調査地点の増幅特性

| 増幅特性 表層地盤増幅率（値が大きいほど地震時に揺れやすい地盤） | | | | |
|-------------------------------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| A | B | C | D | E |
| 1.0未満 | 1.0以上 1.4未満 | 1.4以上 1.8未満 | 1.8以上 2.3未満 | 2.3以上 |

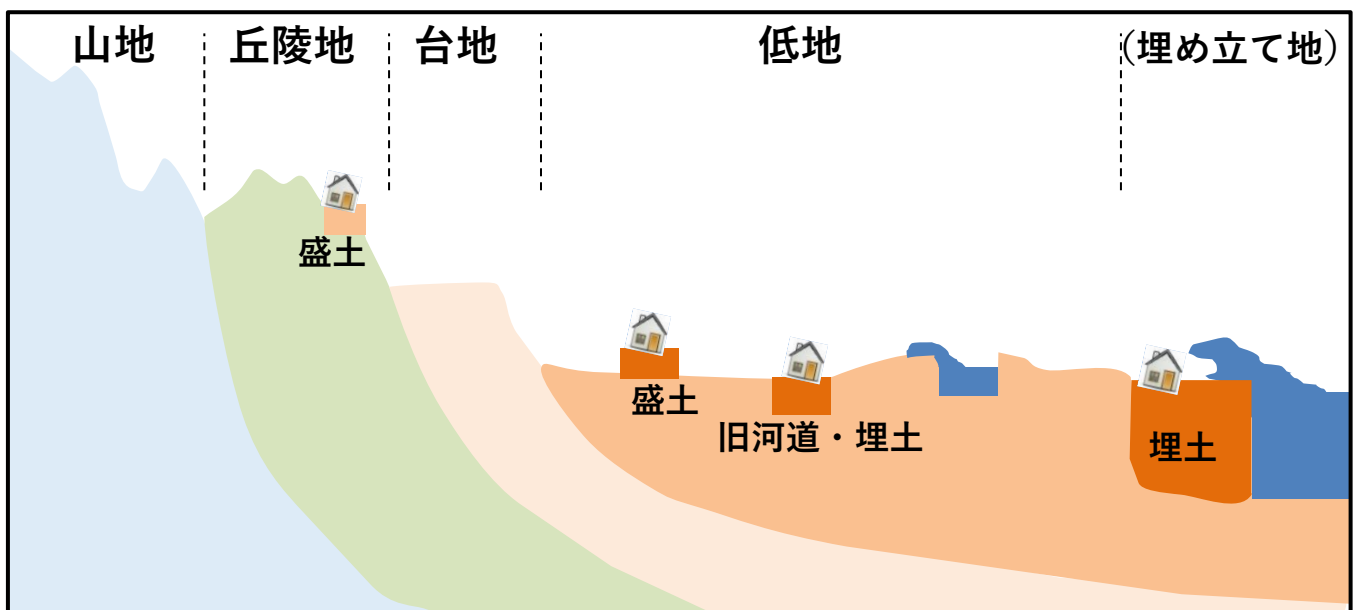
※ 2020年度版以降のJ-SHIS（地震ハザードステーション）が定める5段階評価

■震度5強の地震発生時（振動増幅イメージ）

| A | B | C | D | E |
|---------|------|---------|------|--------|
| 震度5弱～5強 | 震度5強 | 震度5強～6弱 | 震度6弱 | 震度6強～7 |

（例）表層地盤増幅率1.00の場所に震度5強（概ね150～200gal）の地震があったとき、同じ揺れが各ランクの地盤にあった場合に観測される地震動を、最大の増幅率から求められる震度としてイメージしています。

■地形区分と表層地盤増幅率の関係イメージ



揺れにくい ← → 揺れやすい
 （例）私たちが住む地形と増幅率のおよそのイメージです。実際には地域や敷地の地盤状況によって異なります
 図の出典：横山芳春（2018）に加筆修正

8 - 2. 地盤の周期特性

8 - 2 - 1. 地盤種別

地盤種別は、「2020年版建築物の構造関係技術基準解説書」に、地盤周期と地盤種別の対応として、以下の表が示されています。なお、同解説書において、地盤周期の測定は「常時微動の周期頻度曲線等から求める」として記載されています。

| 地盤種別 |
|-------|
| 第二種地盤 |

同解説書の区分によると、計測された卓越周期は0.44秒であることから、対象地の地盤種別は「第二種地盤」に相当するものと考えられます。

また、対象地の地形区分は、多摩川の氾濫平野にあることから、昭和55年建設省告示第1793号の概要（地質の特徴）からみても、第一種地盤（丘陵地等）・第三種地盤（深い沖積層・埋立地等）のいずれにも相当せず、第二種地盤に相当するものとして矛盾はありません。

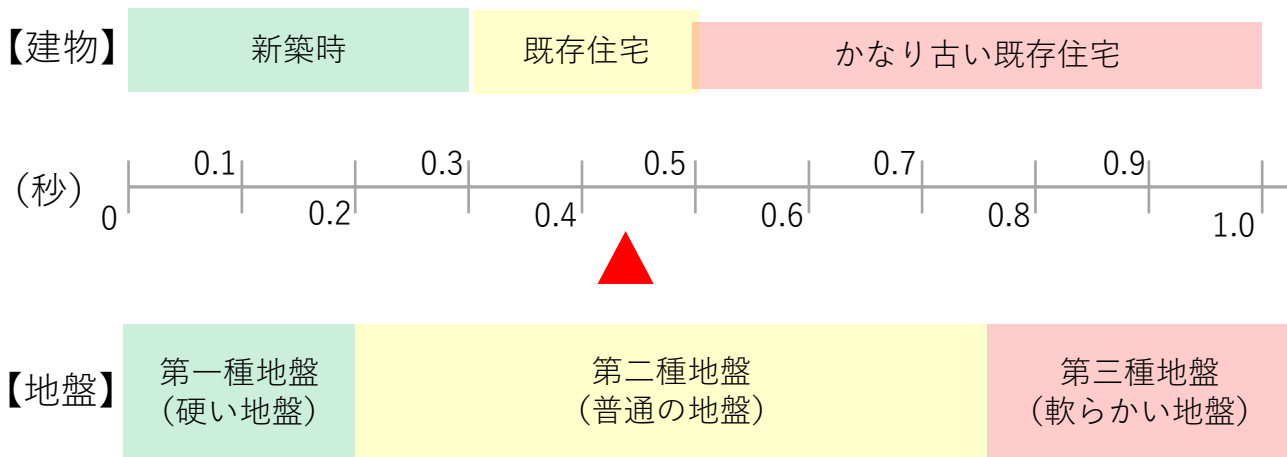
| 地盤種別 | 地盤の周期 |
|-------|--------------------------|
| 第一種地盤 | 地盤周期 \leq 0.2秒 |
| 第二種地盤 | 0.2秒 < 地盤周期 \leq 0.75秒 |
| 第三種地盤 | 0.75秒 < 地盤周期 |

2020年版建築物の構造関係技術基準解説書（国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所監修）の305pを参照

8-2-2. 共振の可能性

微動探査で得られた対象地地盤の卓越周期は0.44秒でした。対象地には既存住宅があり、その固有周期を一般的な既存住宅として0.3~0.5秒程度と考えると、地盤と住宅の周期が近いと考えられ、共振する可能性が考えられます。
 ※実際の家屋の周期は家屋の微動探査で計測することができます。

新築時又は既存住宅の戸建て住宅では交通振動などの微振動による共振の可能性が考えられるため、対策についての検討をお勧めします（EPS、制振オイルダンパー等）。



※建物の周期は一般的なイメージとなります。
 ※実際の家屋の周期は家屋の微動探査で計測することができます。

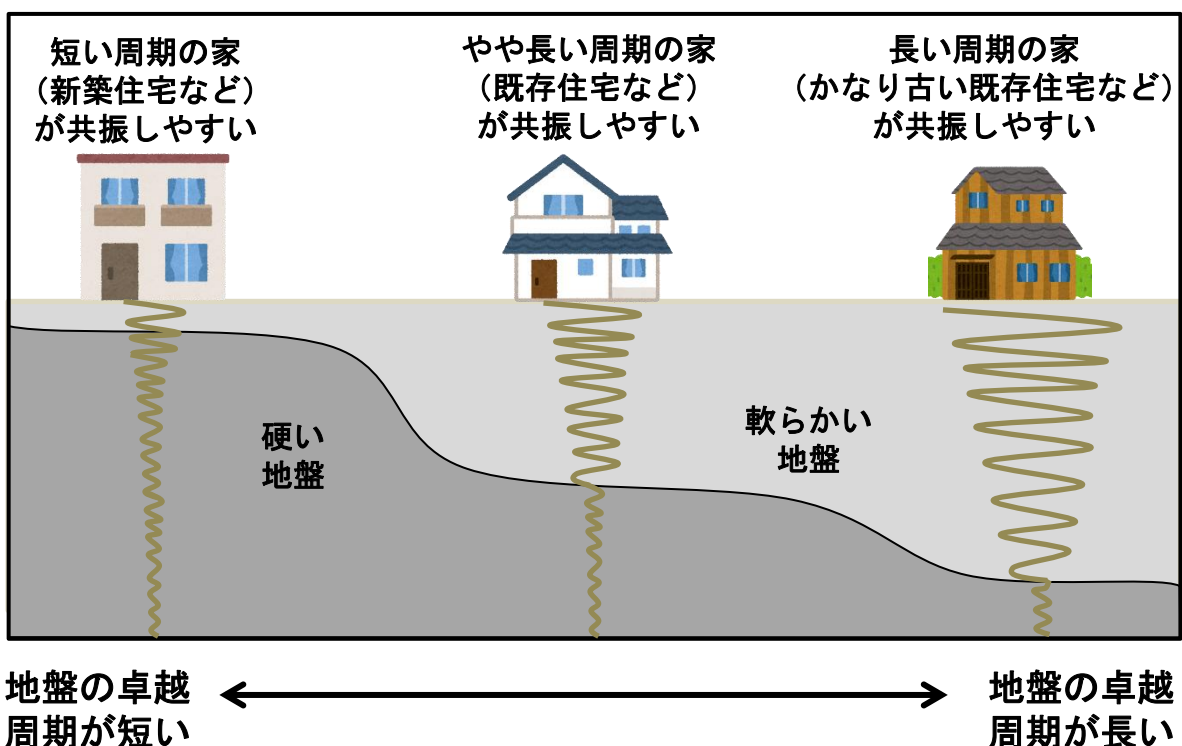
■共振しやすいの評価の例

| 建物 | 固有周期 (秒) | 0.3未満 | 0.3~0.5未満 | 0.5~ |
|----|----------|-------|-----------|------|
| 地盤 | 第一種地盤 | ○ | △ | × |
| | 第二種地盤 | ○ | × | × |
| | 第三種地盤 | ○ | × | × |

【ランクの説明】

| | |
|---|--|
| ○ | 建物の固有周期が0.3秒未満となり、耐震性能が高いと考えられ、どの地盤種別でも地震時における建物への影響が少ないと考えられます。 |
| △ | 建物の固有周期が0.3~0.5秒未満となり、耐震性能は低いと考えられ、第一種地盤であっても地震時における建物への影響があると考えられます。 |
| × | 建物の固有周期が0.5秒以上となり、耐震性能は非常に低いと考えられ、どの地盤種別でも地震時における建物への影響が大きく、倒壊に繋がることが考えられます。 |

■家屋の共振のイメージ図



9. 用語解説

▽表層地盤増幅率

表層地盤増幅率とは、地表面近くに堆積した地層の地震時の揺れの大きさを倍率で数値化したもので、30m平均S波速度から計算されます。

数値が大きいほど地盤は軟弱で地震時の揺れが大きくなります。

▽周期

周期とは、揺れが一往復するのにかかる時間（秒）です。周期の逆数が固有振動数（周波数Hz）です。

▽地盤の卓越周期

地盤の卓越周期とは、地盤の固有周期のことで、建物に最も影響を及ぼすピークの周期を示します。軟弱な地盤であるほどその時間は長くなります。

▽共振

共振とは、振動源の卓越周期と対象建築物の固有周期が一致することです。建物と地盤の固有周期が一致すると、振幅が非常に大きく増幅され、場合によっては建物を倒壊させることがあります。

▽S波

S波とは、地面の内部を伝わっていく波（弾性波）であり、物体内部を伝わる波です。波の進行方向に垂直に振動する波で、横波、せん断波と呼ばれることがあります。

▽S波速度

S波速度とは、S波が地盤の中を伝わっていく速さです。一般的には毎秒何m（m/s）として示されます。S波速度は硬い地盤では速くなり、緩い地盤だと遅くなる傾向があります。

▽S波速度構造

S波速度構造とは、S波速度と深度との関係のことです。縦軸に地表からの深さ、横軸にS波速度が表されており、層の変わり目の深さや地盤の硬軟を示す目安となります。ある深度間における縦軸のS波速度は、その区間の平均のS波速度の値を示しています。

▽30m平均S波速度（AVS30）

30m平均S波速度（AVS30）とは、地表から深さ30mまでの平均のS波速度のことです。この数値が大きいほど硬く、地震時に揺れにくい地盤であるといえます。

【用語解説】

▽SPM

SPMは、Vs値と深度の関係を求める方法であるSimple Profiling Methodの略称です。分散曲線の直接深度変換という意味です。ここでは、S波速度構造のグラフで、層構造ではなく直線状にS波速度の速さ（地盤の硬さ）が変わっていく傾向を示しています。

この手法では、ある深度でのVs値のみを求めることができますが、地層構成を考慮したVsの表示はできません。

▽SIM

SIMは、Simple Inversion Methodの略称で、簡易逆解析という意味です。この手法では、解析結果から想定される地層構成を考慮した階段状のS波速度構造の表示が可能です。硬い地盤はS波速度が速く、柔らかい地盤はS波速度が遅く、層が変わっている深度などを確認できます。

▽HV

HVとは防災科学技術研究所の特許（特願2019-540202）を用いた、H/V深度変換による不連続面を示します。S波速度構造が大きく変わり、大きな地層構成の境界がある深度を示しています。

▽換算N値

換算N値は、「標準貫入試験」とは異なる試験方法で得られた数値を、何らかの換算式によってN値と比較する際の参考値として扱う値です。N値とは、地盤の強さを表す数値で、ボーリング試験に伴う「標準貫入試験」で得られます。

ここでは、微動探査で得られるS波速度のデータから用いた換算N値を示しています。

以下、参考まで道路橋示方書によるN値からS波速度を求める式と、計算結果を示します。

$$V_s = 100N^{1/3} \quad (\text{粘性土 } 1 \leq N \leq 25)$$

$$V_s = 80N^{1/3} \quad (\text{砂質土 } 1 \leq N \leq 50)$$

| 換算N値 | 粘性土のS波速度 (m/s) | 砂質土のS波速度 (m/s) |
|------|-------------------|-------------------|
| 1 | 100 | 80 |
| 2 | 126 | 101 |
| 3 | 144 | 115 |
| 4 | 159 | 127 |
| 5 | 171 | 137 |
| 7 | 191 | 145 |
| 10 | 200 | 160 |
| 15 | 235 | 188 |
| 20 | 262 | 210 |
| 25 | 284 | 228 |