

工学的基盤深度を考慮した表層地盤の固有周期を用いた構造種別ごとの共振の恐れがある建物高さマップ作成

正会員 ○内見 龍一*
同 永野 康行 2**

N 値 土質区分 地盤の固有周期
建物の固有周期 共振 工学的基盤深度

1. はじめに

地震の被害予測は AVS30(表層地盤の層厚 30m の平均 S 波速度(m/s))を用いて評価を行うことが多い。AVS30(m/s)は表層地盤の層厚が 30m と仮定し算定している。しかし、実際には工学的基盤深度は 30m 一定ではないことから AVS30(m/s)を用いた評価は実際の工学的基盤深度を考慮した評価ではないと言える。そこで、工学的基盤深度 h(m)を決定し AVSh(表層地盤の層厚 h(m)の平均 S 波速度(m/s))による評価を行った。また、算定した AVSh(m/s)は既往の研究により±20%の範囲をとることとした^{[1][2]}。

地震発生時には共振現象が起きる可能性がある。表層地盤の固有周期と建物の固有周期が一致することで共振が起こる。そのため、弾性の範囲における表層地盤の固有周期と建物の固有周期に着目した。弾性の範囲における建物の固有周期を求める略算式から共振の恐れがある建物高さをマップに示した。共振の恐れのある建物の高さマップを作成することにより今後発生する地震の事前対策を打つことができると考える。

本研究の目的は工学的基盤深度を考慮した AVSh(m/s)を算定し地盤の固有周期から建物の共振の恐れがある建物高さマップを作成することである。

2. 研究の方法

本研究では工学的基盤深度 h(m)を決定するため図1に示すフローチャートを用いた。ボーリング柱状図の標準貫入試験が示す N 値の調査地点より工学的基盤深度 h(m)を決定した。次に決定した工学的基盤深度 h(m)までに存在する層厚 1m 未満の層に対して技術資料^[3]に示す薄層処理を行った。ボーリング柱状図より Vs(m/s)算定に必要なパラメタ(層番号、土質区分、平均 N 値)を表1に示す。工学的基盤深度 h(m)までの各層の Vs(m/s)を式(1)^[4]と表1より算定した。

表1 ボーリングデータ(土質区分、平均 N 値)

層番号	土質区分	平均 N 値
1	b 質 a (b 混り a)	N ₁
2	b 質 a (b 混り a)	N ₂
⋮	⋮	⋮
N	b 質 a (b 混り a)	N _n

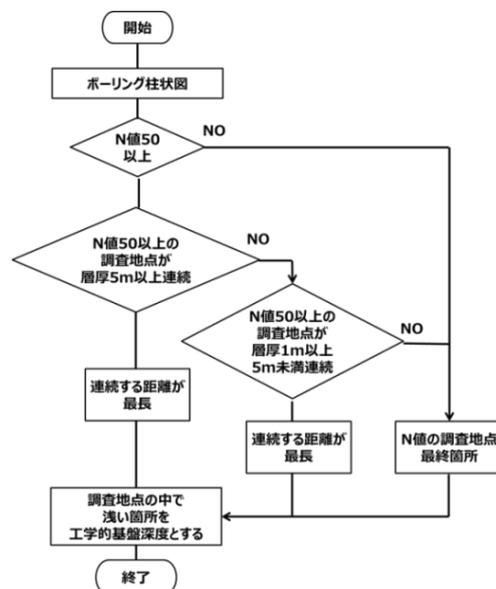


図1 工学的基盤決定のフローチャート

$$V_s = a \cdot N^b \quad \dots(1)$$

Vs: S 波速度(m/s) N: N 値(層ごとの平均 N 値)

a: 土質係数 1 (粘土:111.30, 砂:94.38, 礫:123.05)

b: 土質係数 2 (粘土:0.3020, 砂:0.3144, 礫:0.2443)

表2 ボーリングデータ(層厚、S 波速度)

層番号	層厚 (m)	S 波速度 (m/s)
1	h ₁	V _{s1}
2	h ₂	V _{s2}
⋮	⋮	⋮
N	h _i	V _{si}

$$T_h = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{V_{s_i}} \quad \dots(2)$$

T_h: 地表から深度 h(m)までの S 波速度到達時間(sec)

h_i: i 層の層厚(m) Vs_i: i 層の S 波速度(m/s)

$$AVSh = \frac{h}{T_h} \quad \dots(3)$$

AVSh: 地表から深度 h(m)までの平均 S 波速度(m/s)

AVSh(m/s)の算定に必要なパラメタ(層厚(m)、Vs(m/s))を表2に示す。ボーリング柱状図より層厚(m)を用いた。表2と式(2)、(3)よりAVSh(m/s)を算定した。次に工学的基盤深度h(m)とAVSh(m/s)より式(4)を用いて表層地盤の固有周期を求めた。

$$T = \frac{4 \times h}{V_s} \quad \dots(4)$$

T : 地盤の弾性固有周期 (s)
h : 層厚 (m) Vs : S波速度 (m/s)

建物の固有周期は以下の略算式(5)、(6)により算定することができる。共振現象は建物と地盤の固有周期が一致することで発生する。このことから表層地盤の固有周期を略算式に代入し木造、S造の建物とRC造の建物における共振の恐れのある建物高さを求めた。建物高さは以下に示す略算式(5)、(6)を用いて求めた。

$$S \text{ 造、木造} : T_{W,S} = 0.03 \cdot H \quad \dots(5)$$

$$RC \text{ 造} : T_{RC} = 0.02 \cdot H \quad \dots(6)$$

$T_{W,S}$: 木造、S造建物の弾性周期(s)

T_{RC} : RC造建物の弾性周期(s) H : 建物高さ(m)

本研究において、マップ範囲内にボーリング調査地点が存在するメッシュのみ算定を行った。

3.例題

表層地盤の固有周期のマップ作成範囲を図2に示す。図2はマップ作成範囲の標準地域メッシュ番号を示している。本研究ではメッシュ番号5235-0135-21、5235-0135-22、5235-0135-23、5235-0135-24における表層地盤の固有周期を算定した。図3に示すマップ範囲にはボーリング調査地点が14カ所存在する。Web版神戸JIBANKUN^[5]より引用したマップの黒の実線と破線よりメッシュを示す。メッシュ内に存在するボーリング調査地点によって求めた工学的基盤深度h(m)とAVSh(m/s)を用いた。メッシュの表層地盤の固有周期は平均工学的基盤深度と平均AVSh(m/s)を式(4)に代入し求めた。建物高さは略算式(5)、(6)を用いて求めた。



図2 マップ作成範囲
標準地域メッシュ番号

図3 各ボーリング
調査地点場所 (①~⑭)

図4、5にそれぞれ算定したS造、木造の場合とRC造の場合における共振の恐れがある建物高さを示した。S造、木造の共振の恐れがある建物高さはメッシュ番号5235-0135-21、5235-0135-22、5235-0135-23、5235-0135-24それぞれ、4.0、2.3、4.3、5.3(m)と算定できた。±20%の範囲を含むと1.9~2.9、3.6~6.9(m)の建物高さが算定できる。RC造の場合は、6.0、3.5、6.5、8.0(m)と算定できた。±20%の範囲を含むと2.9~4.4、4.8~10.3(m)の建物高さが算定できる。

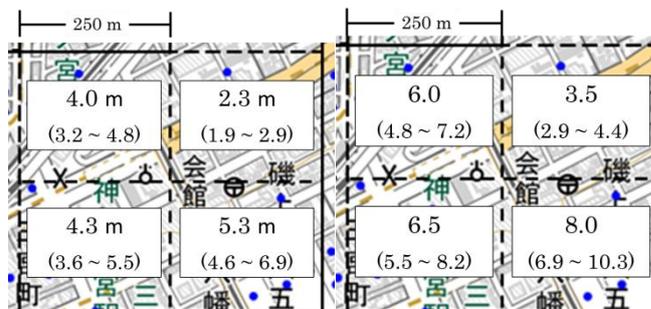


図4 S造、木造
図5 RC造
共振の恐れがある建物高さ(m)

4.おわりに

本研究はフローチャートを用いて工学的基盤深度を考慮し、AVSh(m/s)を算定した。±20%範囲を含めたAVSh(m/s)で算定した地盤の固有周期より建物の共振の恐れがある建物高さを略算式より算定した。そしてS造、木造の場合とRC造の場合における共振の恐れがある建物高さをマップに示した。

謝辞

本研究の成果の一部は「理化学研究所(関西地域を対象とした都市防災の計算科学研究-地震津波と集中豪雨被害のハザードマップ作成-)」である。ここに記し、謝意を表す。

参考文献

- [1] 内見 龍一, 永野 康行, “ボーリングデータ(N値)から計算されたVs推定の精度についての考察”, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道), pp.117-118 (2022.9)
- [2] 内見 龍一, 永野 康行, “ボーリング柱状図より決定した工学的基盤深度を用いた表層地盤の固有周期マップ作成”, 日本建築学会近畿支部, 未定 (2023.6)
- [3] 内閣府(防災担当), 地震防災マップ作成技術資料2005,3 <https://www.city.noshiro.lg.jp/up/files/www/section/toshi-seibi/toshi/kenchiku/archives/99601/download.pdf>, pp80-82 (閲覧日: 2023年3月1日)
- [4] 中央防災会議, 南海トラフの巨大地震モデル検討会台15回会合資料2, https://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/15/pdf/shiryou_2.pdf, pp9-11, (閲覧日: 2023年3月7日)
- [5] Web版神戸JIBANKUN <http://www.strata.jp/KobeJibankun/moushikomi.htm> (閲覧日: 2022年10月24日)

*兵庫県立大学大学院シミュレーション学研究所 博士前期課程 院生

* Graduate Student Grad, Sim. Studies, University of Hyogo

**兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科 教授・博士(工学)

** Prof., Grad. Dis. Res. and Gov. Studies, University of Hyogo, Dr. Eng