

要旨

表層地盤の違いによる地震動増幅の変化に関する検証 高知市の表層地盤を事例として

1055157 本坊滋朗

1. 研究背景

四国沖を走る南海トラフを震源とする南海大地震は、近い将来発生することが危惧されている。中央防災会議の資料 [中央防災会議 . 2002] によれば、その地震により高知市では震度 6 以上が想定されている。このような地震動の規模は震源断層の広がりやすべり量で決まるが、地盤震動の特徴を大きく支配するのは地盤の層構造で、地盤が軟らかいとよく揺れるとされている。高知市の地盤は、軟弱な層が厚く堆積したいわゆる沖積層が多くある。

2. 研究目的

このような状況をふまえて、本研究では、高知市における表層地盤構造の違いで、地震波がどのように増幅するかを検証することを目的とする。

3. 既往の研究経緯と本研究の位置づけ

建物に作用する地震力が、建物を支持する表層地盤の性質に大きく左右されることは多くの地震被害などを認識されていた。このため、2000 年までの建築基準法では、地盤をゆれやすさに応じて大きく 3 種類に分類し、地震力が決まるようになっていた。この地盤分類は、その後の関連研究によって表層地盤の特性 (密度、層圧、剛性、減衰定数など) がわかれば、従来よりも精度良く当該地盤固有の増幅特性を算定できることがわかってきた [大崎順彦 . 1994]。2000 年には、工学的基盤での基準応答スペクトルを決め、基盤以浅の敷地直下の表層地盤データ (ボーリングデータあるいは PS 検層データなど) を用いて増幅率を求め地表面での設計スペクトルを算定する手法が提案されるようになった。

そこで本研究では、ボーリングデータから、次元反射理論 SHAKE を用いてさらに精度の高い方法で高知市の地盤特性に応じて表層地盤の地震動を求めることとした。

4. 解析に用いる諸元の検討

解析を行うにあたり、地盤のデータが必要となる。高知市における地盤データは高知地盤図 [社団法人高知県建築設計協会 . 1992] により深度、地質、N 値等についてはまとめられているものの、PS 検層などによる地盤内のせん断波速度 (Vs) についての記載はない。そこで、解析に必要なデータである Vs は N 値より換算することにした。換算式は 3 つあり、本研究では一番大きな Vs を示す今井式を採用することとした [柴山和夫 . 1998]

$$V_s = 91.0N^{0.337} \quad (\text{今井式})$$

一般に N 値より Vs を求める換算式で求めた値の誤差は、PS 検層による Vs データの上

下 2 割以内に分布している。そこで、換算式より得られた V_s と、その値の上下 2 割の V_s ($V_s \times 0.8$ 、 $V_s \times 1.2$) を用いて表層地盤の増幅率を算出した。その結果、同地盤でも $V_s \times 0.8$ と $V_s \times 1.2$ とで約 1.8 倍もの違いがある場合があった。つまり換算式の使い方次第では、地表面における地震力を過小評価してしまいかねない。そこで本研究では換算値の V_s の 2 割増しの値を用いて解析を行うこととする。

5．評価手法

地表面における加速度応答スペクトルの卓越周期に応じて地盤を評価することにした。分類としては、建築基準法の限界耐力計算法 [日本建築学会 . 2002] に示された地盤種別 (1 種、2 種、3 種) をもとに周期 0.25sec 以下を一種、0.25 ~ 0.50sec を二種 A、0.50 ~ 0.75sec を二種 B、0.75sec 以上の四種類とした。

一種地盤では、その固有周期から比較的剛性の高い建物が共振しやすく、このような建物への地震入力が大きくなると考えられる。二種 A については木造建物の固有周期が 0.3 ~ 0.5sec であることを意識して設けている。また二種 B についても、中層 RC 建物のスウェイ、ロッキングを考慮したときに、みかけの周期が多少伸びることを踏まえて設けている。三種については、加速度で評価するのではなく、速度で評価することが適切である周期域であり、地盤周期が長くなる高層建物に大きな影響がでる。

6．解析手法

高知市の沖積層がより厚く堆積している地域を重点的に 13 の地盤を解析対象地盤として選定した。その表層地盤の工学的基盤面に地震波を入力したときの表層地盤内の地震動増幅を 1 次元反射理論を用いて算出し検討を行う。入力地震波は地表面観測波を当該地点の基盤面まで引き戻しをした芸予波、エル・セントロ波と (財) 日本建築センターより提供されている模擬基盤波 BCJ-L1、BCJ-L2 の計 4 つである (図 1 参照)。ここでの表層地盤とは工学的基盤面以浅の地盤のことで、工学的基盤は N 値 50 以上の層がある程度厚みを持

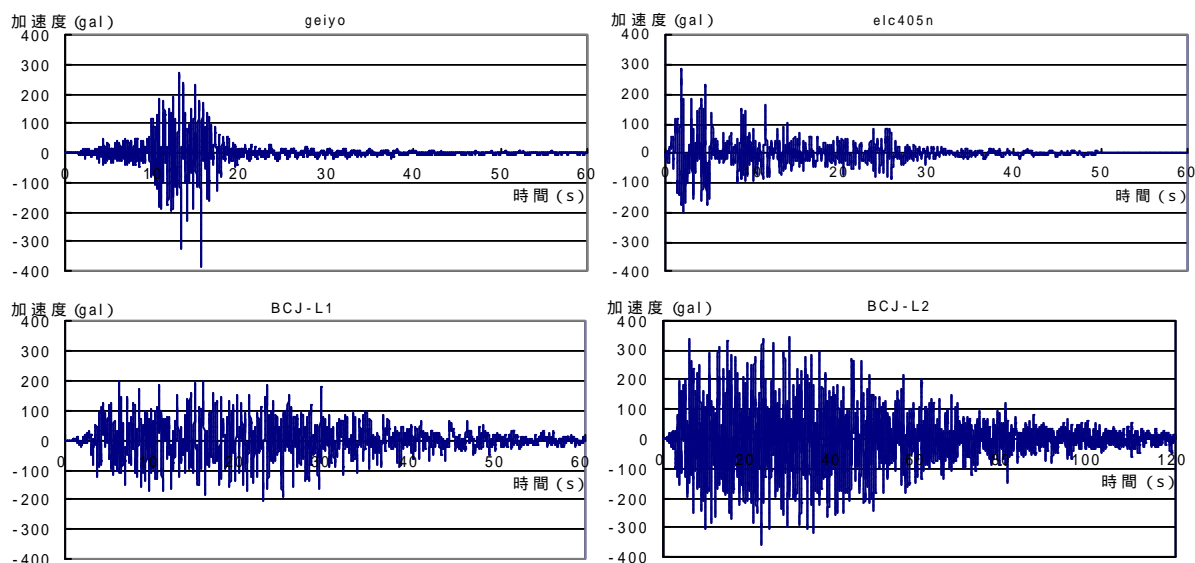


図 1 基盤面への入力地震動

っているものとする。本研究では、基盤面入力地震波の速度を 50kine（大規模地震）に標準化し解析を行った。

7. 解析結果

ここに高知市の表層地盤において一般的であったものを図2に示す。基盤面までの深度が40mのものをモデルA、深度30mのものをモデルB、深度10mのものをモデルCとした。また、図3に入力地震波ごとの地表面における加速度応答スペクトルを示す。

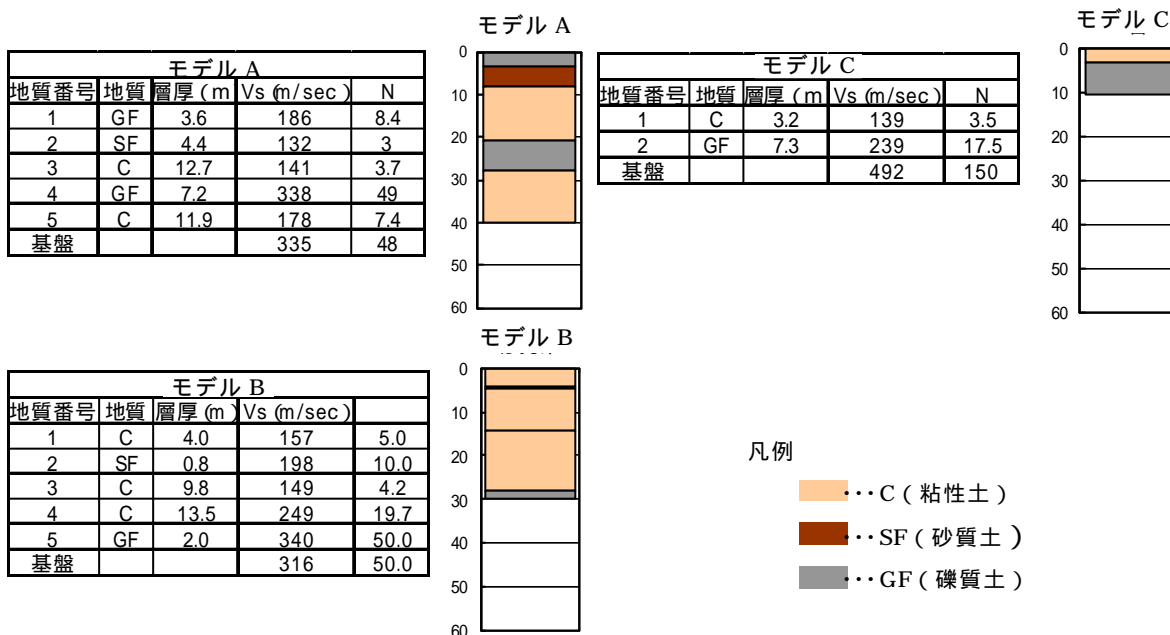


図2 地盤モデル A、B、C

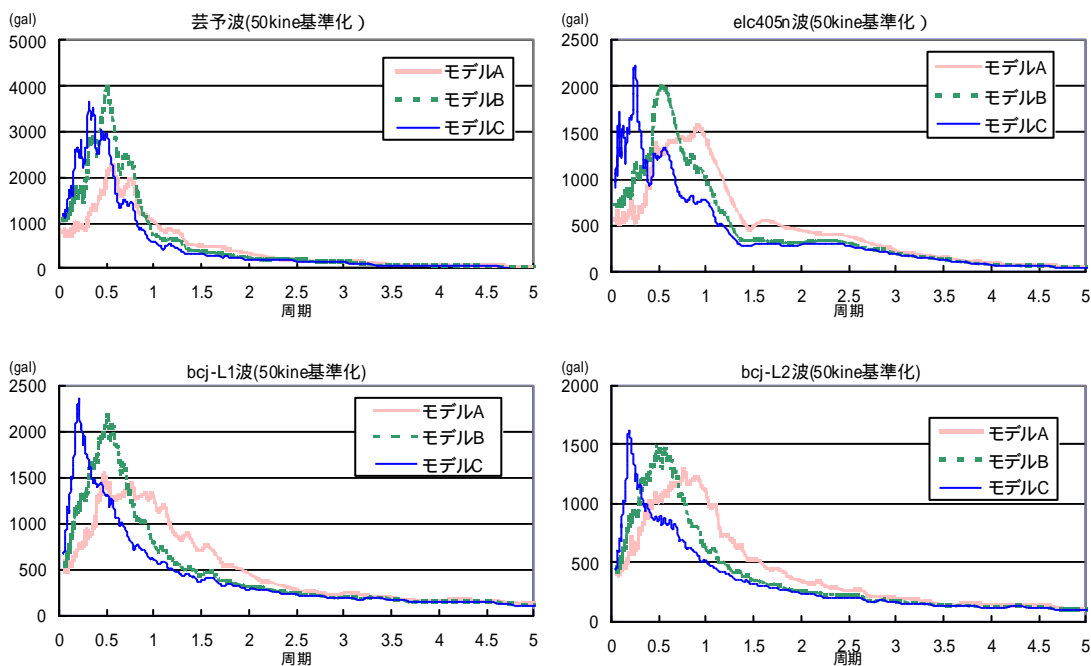


図3 地表面加速度応答スペクトル(地震波別)

芸予波を基盤面に入力したとき、地表面における加速度が卓越する周期は3モデルとも0.3～0.5secの間にある。このことから、芸予波のような特性を持つ地震波に対しては、表層地盤の深度に関係なく卓越する周期域が広がらないと推測される。

elc405n波、bcj-L1波、bcj-L2波を入力した時、各モデルの卓越する周期に広がりが見られる。深度の小さいモデルCでは短周期で卓越しており、逆に深度が大きいモデルAで周期が1.0sec近くまで伸びている。これは、一般の建築物の固有周期である0.2～0.8secの形と重なる形になる。

どの地震波を入力した場合にも、モデルAでは加速度の最大値こそ小さいが、その付近の加速度が比較的大きい値で継続する傾向にある。

8. まとめ

高知市における表層地盤の違いによる地震波の増幅について、結果をまとめると以下のとおりである。

- (1) 同一地盤の地表面における加速度応答スペクトルは、入力する地震波の特性によって異なる。
 - ・ 芸予波を入力したとき、地表面における最大加速度はモデルBの方が、モデルCより大きい。
 - ・ elc405n波、bcj-L1波、bcj-L2波を入力したとき、地表面における最大加速度はモデルCの方が、モデルBより大きい。
- (2) 同一地盤でも、入力する地震波の違いにより、地表面における加速度応答スペクトルが卓越する周期が異なる。
 - ・ 基盤面までの深度が40mのモデルAに芸予波を入力したとき、地表面の加速度応答スペクトルが卓越する周期は0.5sec程度である。
 - ・ モデルAにelc405n波、bcj-L1波、bcj-L2波を入力したとき、地表面の加速度応答スペクトルが卓越する周期は0.8sec程度である。

引用・参考文献一覧

- 大崎順彦.(1994).新・地震動のスペクトル解析入門.鹿島出版会:167-198.
- 高知地盤図編集委員会.(1992).高知地盤図.社団法人高知県建築設計監理協会:133-137.188-380.
- 柴山和夫.(1998).N値の話.理工図書株式会社:120-122.
- 日本建築学会.(2002).鉄筋コンクリート構造の設計.社団法人日本建築学会関東支部:136-138.
- 中央防災会議.(2002).「東南海・南海地震等に関する専門調査会」.
(<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai/index.html>).2002.12.24取得.

Verification of the Fluctuation of Earthquake Amplification Due to Surface Soil Conditions

-Case Study of the Surface Soil Conditions in Kochi city-

The characteristics of the magnification for earthquake input is considered to be much fluctuated at the surface conditions of the ground soil transferred from the basic soil condition which is defined from the viewpoint of engineering judgment. This research is aimed at this magnification due to surface soil condition. Now it is predicted that Nankai Earthquake will occur within thirty years with high probability. In the Kochi city the soil condition shows much variations, so thirteen points were selected which were different soil conditions. Using recently developed computer program, the case study of the dynamic response analysis was carried out for such thirteen points. In this case study, the real soil conditions were modified as clean-cut features from real soil conditions. As numerical analysis, observed five earthquake waves were selected which were modified as basic soil conditions and the level of input earthquake motions were set as 25 kines and 50 kines respectively medium level and giant level earthquakes. Through a series of numerical analysis, following results were obtained though this mathematical modeling for soil layers was assumed to be clean-cut.

- 1) Analyzed amplification factors in thirteen points in Kochi city were shown in Fig. 1 . In the same point, it was observed that the amplification factors were fluctuated from 50 % to 200% by the different input earthquakes to the engineering hard soil model. This shows that such amplification of earthquake input depends much on the earthquake wave shape into the base hard soil model.
- 2) In the Ikku where the soil condition is generally a little bits harder, the amplifications were rather smaller than other points. Comparing this, those in Godaisan, Koukadai and Takasu points are larger by around fifty percent. It is not considered that these amplifications don't effect directly to the damage level of buildings. However these analytical results will give strong effects to some of buildings by some conditions of dynamic properties of buildings.