

表層地盤による地震動増幅を考慮した鋼構造建築物の地震時建物応答の比較

正会員 ○三田凜也*1
 準会員 河村咲季*2
 正会員 荘所直哉*3
 正会員 永野康行*4

表層地盤 地震動増幅特性 鋼構造建築物
 時刻歴応答解析 地盤の固有周期 工学的基盤

1 はじめに

建築物の構造設計には様々な要素を考慮する必要がある。それらの要素を詳細にすべて考慮することは時間的、経済的に困難である。しかし、建築基準法に定められている設計条件に従うことで簡便に設計することが可能である。建築基準法で定められている設計条件に従ったものは簡便ではあるが正確ではないため、より詳細に様々な要素を考慮したものとの間には、想定される建築物が受ける力や変形などについて差が生じる可能性がある。

耐震設計における設計条件の一つに表層地盤がある。表層地盤は地震動増幅に影響を与える。清水ら¹⁾や時松ら²⁾は地震が起きた地域での調査で木造建築物が被害を受ける大きさの要因の一つとして、表層地盤が影響することを確認している。したがって、表層地盤は設計において詳細に考慮すべき要素であるといえる。

本研究では、表層地盤厚を変えた場合の各地盤種別の地震動増幅がもたらす建物応答の違いについて検討する。また、実際の観測データを用いた表層地盤での建物応答についても検討を行い、表層地盤が建築物に与える影響を明らかにすることを目的とする。

2 研究方法

ShakePRO-L³⁾で表層地盤による地震動増幅特性の違いを時刻歴応答解析により明らかにする。解析結果から得られた表層地盤により増幅した地震波を用いて、DynamicPRO⁴⁾で建築物にもたらす影響を時刻歴応答解析により明らかにする。

入力地震波はあらかじめ ShakePRO-L に搭載されている平成 12 年建設省告示第 1461 号四号イ⁵⁾で示されている「極めて稀に発生する地震動」の応答スペクトルに適合した、位相分布の異なる JMA 神戸 NS 位相、八戸 EW 位相、乱數位相 3 種類の地震動データを使用する。

表層地盤は図 1 に示すように H : 表層地盤厚、 V_s : 表層地盤でのせん断波速度、工学的基盤でのせん断波速度を 400 m/s とする。

上部構造は解析対象とする建物を質点系モデルに置き換え、基礎固定として解析を行う。地盤と建物の相互作用

用は考慮せず、表層地盤により増幅された地震波を用いて建物の解析を行う。図 2 に示すように、 i : 階層、 w_i : i 層での層重量、 k_i : i 層でのせん断剛性、 h_i : i 層での階高とする。本研究では、構造設計・部材断面事例集⁶⁾から、高さ 20.5 m、設計用一次固有周期 0.615 s、建物周期 0.940 s の 5 階建て鋼構造建築物 S-1 を採用する。

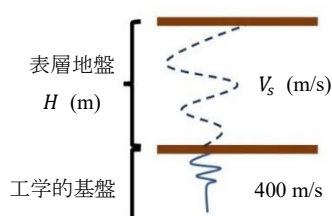


図 1 表層地盤モデル

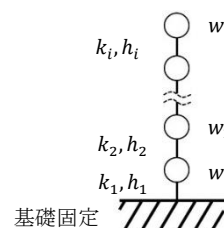


図 2 質点系モデル

3 例題

3.1 [例題 1] 簡易表層地盤モデルの解析

3.1.1 解析モデル

地盤種別 3 種類の表層地盤である第一種地盤、第二種地盤、第三種地盤（以下第一種、第二種、第三種とする）を昭和 55 年建設省告示第 1793 号⁷⁾で示されている固有周期 T_c より再現する。第一種、第二種、第三種の T_c はそれぞれ 0.4 s、0.6 s、0.8 s である。4 分の 1 波長則から V_s を算出する。本研究では、 V_s の値が 100 以上 300 以下になるように H の値を定める。表 1 に地盤種別ごとの H 、 V_s の関係を示す。

簡易表層地盤モデルは 1 層からなるものとし、せん断歪み依存性はあらかじめ ShakePRO-L に搭載されているせん断歪み依存データである平均・砂質土【古山田・宮本モデル】（以下平均・砂質土）を採用する。

表 1 地盤種別ごとの H 、 V_s 関係

H (m)	20	25	30
第一種の V_s (m/s)	200	250	300
第二種の V_s (m/s)	133	167	200
第三種の V_s (m/s)	100	125	150

3.1.2 解析結果

図3に最大層せん断力と最大層間変形角の解析結果を示す。建物の各応答値は表層地盤の深さが異なっても地盤種別ごとで近い値となった。また、各応答値は(b)第二種、(a)第一種、(c)第三種の順で大きくなった。

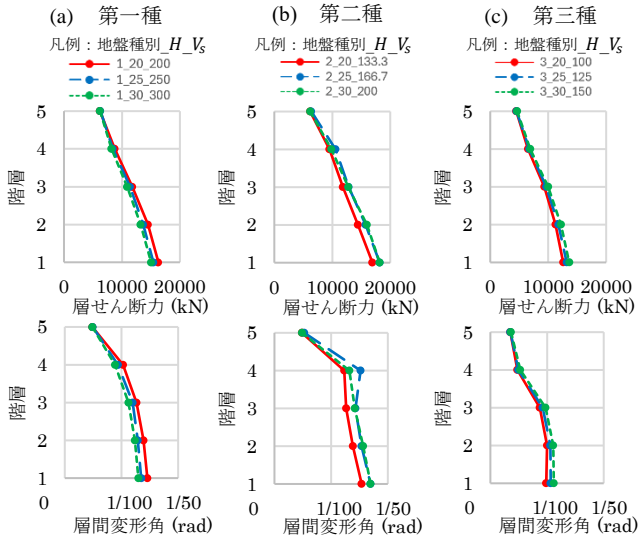


図3 最大層せん断力・最大層間変形角の解析結果

3.2 [例題2] 観測データを用いた表層地盤モデルの解析

3.2.1 解析モデル

神戸 JIBANKUN⁸⁾を用いて、神戸市の魚崎南町と花熊駅付近のある地点でのボーリングデータから表層地盤のモデルを作成する。2つの地点の採用理由は、上部構造の設計用一次固有周期 0.615 s と近い値である T_c の表層地盤での解析を行うためである。 V_s と T_c の算出には内見ら⁹⁾の方法を参考にした。せん断歪み依存性は平均・砂質土と平均・粘性土【古山田・宮本モデル】を採用する。魚崎南町と花熊駅付近の T_c と H と V_s はそれぞれ 0.59 s と 26 m と 189 m/s, 0.55 s と 35 m と 255 m/s である。

3.2.2 解析結果

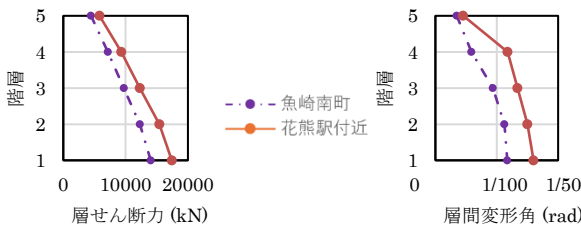


図4 最大層せん断力・最大層間変形角の解析結果

図4に最大層せん断力と最大層間変形角の解析結果を示

す。建物の各応答値は簡易表層地盤モデルのときと異なり、 T_c は近い値なのに各応答値には差があり、花熊駅付近の方が魚崎南町よりも大きな値となった。

4 おわりに

本研究では、簡易表層地盤モデルと実際の観測データを用いた表層地盤モデルを使用して、表層地盤が建築物に与える影響を明らかにすることを目的とした。

実際の観測データを用いた表層地盤モデルでの建物応答は、簡易表層地盤モデルの時と異なり、 T_c が近い値でも建物応答に差が出ることが分かった。同じ地盤種別でも実際の表層地盤は地震動増幅特性が異なる可能性がある。

謝辞

本研究の一部は、公益財団法人ひょうご震災記念 21 世紀研究機構「演繹と帰納の両面からのアプローチによる減災都市に向けた革新的建築設計法」(代表：永野康行)からの助成を受けたものである。解析にはユニオンシステム株式会社より導入している「研究室パック」のうち Shake PRO-L と Dynamic PRO を使用した。ここに記し、謝意を表す。

参考文献

- 1) 清水亮, 前田寿朗: 2007 年能登半島地震における穴水町の建物被害の集中と表層地盤の構造, 日本建築学会構造系論文集, 第 75 巻, No. 648, pp. 269-277, 2010. 2
- 2) 時松孝次, 新井洋, 関口徹: 2004 年新潟県中越地震時に表層地盤の非線形振動増幅特性が小千谷の木造住宅被害に与えた影響, 日本建築学会構造系論文集, No. 620, pp. 35-42, 2007.10
- 3) ユニオンシステム株式会社: Software library SS21 / ShakePRO-L 解説書, ShakePRO-L.pdf
- 4) ユニオンシステム株式会社: Software library SS21 / DynamicPRO 解説書, dynpro.pdf
- 5) 官報, 建設省告示第 1461 号, 2000
- 6) 日本建築防災協会: 構造設計・部材断面事例集, pp.496-501, 2007
- 7) 官報, 建設省告示第 1793 号, 1980
- 8) Web 版 神戸 JIBANKUN, 神戸 Jibankun (strata.jp) (最終閲覧日: 2024/03/29)
- 9) 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, 日本建築学会近畿支部研究発表会, pp.357-360, 2023

*1 兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科 博士前期課程 院生
 *2 兵庫県立大学環境人間学部環境人間学科 学部学生
 *3 兵庫県立大学環境人間学部環境人間学科 准教授・博士 (工学)
 *4 兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科 教授・博士 (工学)

*1 Graduate Student, Grad.Sch. Dis. Res. and Gov., Univ. Hyogo
 *2 Undergraduate Student, Sch. Hum. Sci. and Env., Univ. Hyogo
 *3 Asoss. Prof., Sch. Hum. Sci. and Env., Univ. Hyogo, Dr. Eng
 *4 Prof., Grad.Sch. Dis. Res. and Gov., Univ. Hyogo, Dr. Eng