

地盤特性が兵庫県南部地震による建築構造物被災分布に及ぼした影響について

神戸大学都市安全研究センター	正	沖村 孝
神戸大学都市安全研究センター	正	鳥居 宣之
中央復建コンサルタンツ(株)	正	吉田 晋暢
神戸大学大学院	学	藤井 紀之

1. はじめに

兵庫県南部地震により、神戸市域における建築構造物被災分布は、「震災の帯」と呼ばれる特徴的な分布を示した。本報では、帯状被害の生じた一因として建築構造物が直接支持されている地盤に着目する。まず、対象地盤における地震動増幅特性を動的応答解析により明らかにし、次に建築構造物被災分布との比較を行う。

2. 研究の背景および手法

筆者ら¹⁾は、図-1に示すような震度7の分布域を含む3本の解析測線(東部, 中部, 西部測線)を設定し、深層地盤(花崗岩~大阪層群上面)において二次元動的応答解析(Super FLUSH)を行い、大阪層群上面における応答地震動を100メートル間隔で設定した算定点で求めている。なお、入力地震動には神戸大学で観測された波形(EW, NS)を測線方向に合成した波形を用いている。その結果、深層地盤構造の二次元的な影響を受けて最大応答速度分布にピークが生じた。また速度応答スペクトルに着目すると、卓越周期は1.0(sec)以上の周期成分を示し、応答倍率も1.0(sec)以上の周期成分で大きい値を示した。

本報ではこれらの応答地震動を用いて浅層地盤(段丘相当層・沖積層)を対象に一次元的動的応答解析(DYNEQ²⁾)を行い、地表面における応答地震動を各算定点で算出した。まず、浅層地盤における最大応答速度の増幅率((地表面の最大応答速度)/(大阪層群上面の最大応答速度))に着目すると(図-2参照)、東部測線では増幅傾向を示したが、中部、西部測線では東部に比して増幅傾向はほとんどみられなかった。また速度応答スペクトルに着目すると(図-3参照)、各測線において、卓越周期は長周期成分を示したのに比して、応答倍率は0.2~0.7(sec)の短周期成分で大きい値を示した。これより、浅層地盤の影響を受けて応答速度の短周期成分が増幅傾向を示すことが分かった。

また筆者ら¹⁾は、建築構造物を木造構造物と堅牢構造物の二つに分類し、各々の被災状況の把握を行っている。その結果、3測線ともに木造構造物の被災した割合が大きかったことを指摘している。そこで本報では、木造構造物を対象とし、木造構造物被災度を用いて被災状況を定量化した。ここで木造構造物被災度とは、算定点を中心とした半径100メートルの円内(サイト)に含まれる全壊および半壊した木造構造物を、全サイトの木造構造物数で除したものである。

キーワード：地震動増幅特性、動的解析、速度応答スペクトル、木造構造物被災危険度

連絡先：〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1 TEL 078-803-6437 FAX 078-803-6394

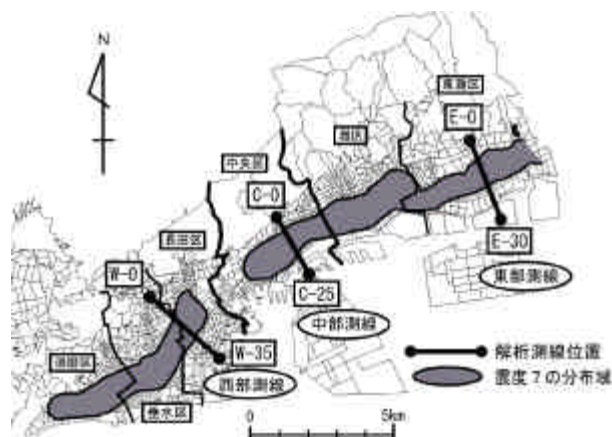


図-1 解析測線位置と震度7の分布域

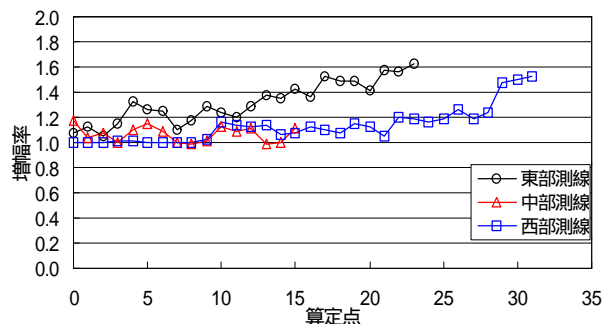


図-2 各測線における最大応答速度の増幅率

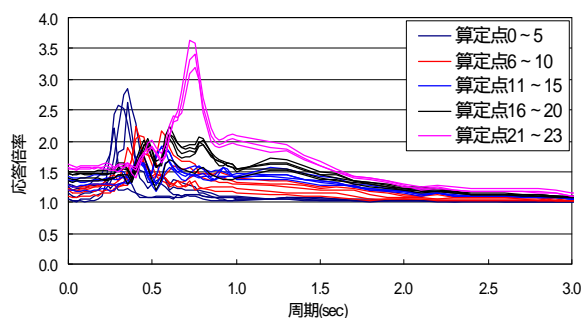


図-3 各算定点の応答倍率と周期の関係(東部測線)

木造構造物被災度は帯状被害を概ね再現しており(図 - 1, 4, 5参照), 本報に適したパラメータであると考えられる.

一方, 地震動増幅特性を定量化するために, 本報では前述した浅層地盤における短周期成分での増幅傾向に着目した. 一般に, 木造構造物の固有周期帯は 0.25 ~ 0.6(sec)とされており³⁾, この周期帯は浅層地盤で増幅傾向を示した周期帯と概ね一致していた. そこで本報では 0.20 ~ 0.6(sec)のSI 値(以下SI' 値と称す)を用いた.

SI' 値と木造構造物被災度を比較した結果の一例を図 - 4に示す. 全測線においてSI' 値と木造構造物被災度のピークは一致せず, SI' 値の分布傾向のみでは帯状被害の生じた原因を説明できなかった. 次に, SI' 値と木造構造物被災度を比較する際, SI' 値が大きくなるに従い木造構造物被災度も大きくなるという線形的な関係よりは, SI' 値がある値(しきい値)を越えた際に被害が生じはじめるという関係が適切であり, また, 建築構造物被災は立地している建築構造物数にも影響されると考えられる. そこで本報では, 木造構造物被災危険度という新たなパラメータを設定した. 木造構造物被災危険度の定義を式(2)に示す.

$$R_{wi} = (SI'_i - SI'_T) / SI'_T \times W_{Hi} / W_{Hi} \quad (2)$$

ここで R_{wi} : 木造構造物被災危険度

SI'_i : 1 サイトの 0.2 ~ 0.6(sec)のSI 値

i : 算定点番号

SI'_T : 0.2 ~ 0.6(sec)のSI 値のしきい値

W_{Hi} : 1 サイトの木造構造物数

なお, しきい値は, 東部測線は 45kine, 中部測線は 60kine, 西部測線は 70kine に設定した.

3. 解析結果と考察

木造構造物被災危険度と木造構造物被災度とを比較した結果を図 - 5に示す. この図より, 木造構造物被災危険度の分布傾向と木造構造物被災度の分布傾向は概ね一致していることが分かる.

木造構造物被災危険度は, 地盤の影響を考慮した項と対象サイトに立地している木造構造物数の項からなっていることより, 木造構造物被災は地盤の影響と木造構造物の立地状況の影響を受けていたことが分かる. しかし西部測線の算定点 26 ~ 30 と東部測線の算定点 5 ~ 8, 西部測線の算定点 14 で若干の相違が生じている. 前者では, 地下水位が高いことやPL 値が 15 以上の地点が分布している⁴⁾ため, 本報で用いた全応力解析では考慮しきれなかったと考えられる. また後者では, 隣接しているサイトと比して建築構造物の立地状況が異なっており, 建築構造物を把握する際に構造物の規模を考慮する必要があると考えられる.

以上より, 本報の結論として, 定義した木造構造物被災危険度を用いれば概ね木造構造物被災度を再現できることが明らかになった. 今後の課題として, 建築構造物の立地状況や被災の程度を把握する際に建築構造物の規模を考慮する必要があること, 全応力解析の適用範囲を決定することが挙げられる.

【参考文献】1) 沖村孝, 鳥居宣之ら: 神戸市域における深層ならびに浅層地盤の地震動増幅特性について, 建設工学研究所論文報告集 第42-B号, pp.87-108, 2000. 2) 吉田望, 末富岩雄: DYNIQ 等価線形解析に基づく水平成層地盤の地震応答解析プログラム, 佐藤工業(株)技術研究報, pp.61-70, 1999. 3) 鈴木三四郎, 羽田浩之ら: 神戸市長田区の木造家屋地震被害検討, 第一回都市直下地震防災総合シンポジウム, pp.215-216, 1996. 4) 鈴木三四郎, 工藤一嘉: 動的応答解析に基づく兵庫県南部地震時の木造構造物被害の検証, 第10回日本地震工学シンポジウム, pp.321-326, 1999

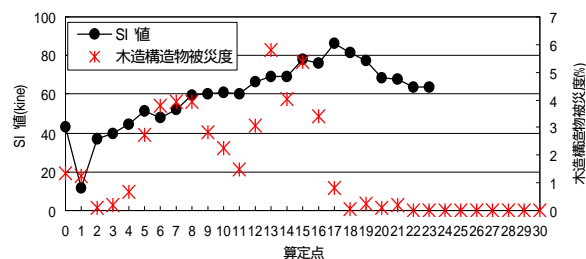
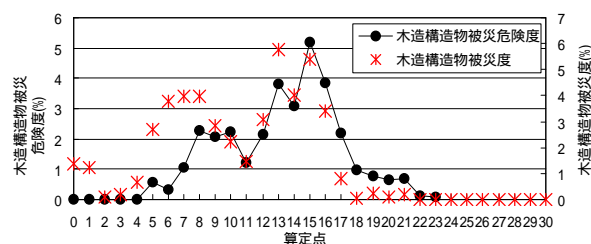
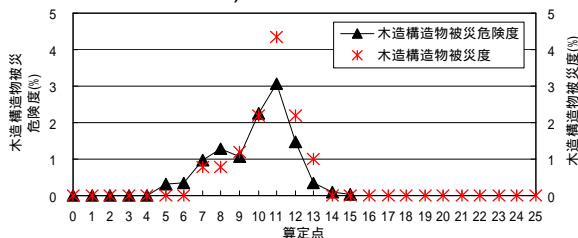


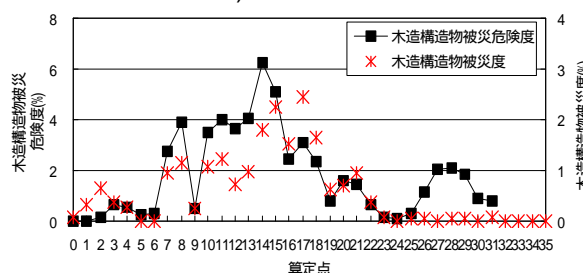
図 - 4 SI' 値と木造構造物被災度(東部測線)



a) 東部測線



b) 中部測線



c) 西部測線

図 - 5 木造構造物被災危険度と木造構造物被災度