

杉之木技術研究所(株) 正員 平井弘義

1. まえがき

1995年兵庫県南部地震における建物の倒壊に関する調査が進み、詳細な結果が発表されてきている。日本建築学会が行った灘区および東灘区の木造家屋被害調査報告¹によると、「六甲山地南麓の山側から海側にすすむにつれて倒壊率が急激に増大し、ほぼ100%の倒壊率を示すゾーンがあり、さらに海側にすすむと倒壊率は減少し、国道43号線ではかなり小さい。」ことが示されている。

このような比較的幅の狭い帯状地域で木造家屋の高い倒壊率が生じていることから、その地域の地盤震動が周辺地域の地盤震動に比べてより強かったものと推察される。そこで、このような木造家屋の倒壊原因をより定性的かつ定量的に把握することを検討した。

2. 解析モデルおよび解析方法

六甲山地南麓は山側から海側に向かうにつれて沖積層や大阪層群などの洪積層が次第に厚くなる不整形構造を呈している。また大阪地盤のS波速度とインピーダンス比を考慮し、解析モデルとして、これらの層を便宜上一つの地盤とみなし、基盤である六甲花岡岩類の上にあるものとする。地盤表面から基盤までの深度は約1.0kmであるとみなすことができる²。

図-1に示すように、基盤①から地盤②に向かって鉛直下方から入射する地震波を考える。基盤の波速 c_1 と地盤の波速 c_2 の比は、 $c_1/c_2=2.0$ 、基盤のせん断弾性係数 μ_1 と地盤のせん断弾性係数 μ_2 は $\mu_1/\mu_2=6.0$ と仮定しているの、波動インピーダンス比 $\alpha=1/3$ となる。基盤速度については、 $c_1=3.0\text{km/s}$ と仮定する³。神戸大学で得られた地震記録⁴の東西成分での応答スペクトルを考慮し、表-1に示す地震波の周期について考える。解析では、単位振幅であるSH地震波を考え、平井⁵による解析手法を適用する。

3. 解析結果

図-2は地震波が地盤に入射した直後の時間経過と変位振幅の関係を示す。点Aでは二つの周期に対して、入射直後において変位振幅は大きい、時間とともに、減少しそれぞれ一定値に近づく傾向がある。点Bにおいては変位振幅は周期1.33秒では減少し、周期0.44秒では増大していき約8秒後にそれぞれほぼ一定値になる傾向を示す。

図-3は地震波入射8秒後の地表面の変位分布を示す。山側から海側に向かうにつれて、周期1.33秒では変位振

幅は点Bまで減少し、点B～点Cまでは増加する傾向を示す。一方、周期0.44秒では山側から海側にすすむにつれて、急に変位振幅が増大し最大値では約10倍程の変位振幅を示している。さらに、海側に点Bを通り進むにつれて、変位振幅は減少と増加を示し、二つの周期とも海側無限遠方では2を示す。

図-4は周期0.53秒及び0.89秒をもつ地震波の入射8秒後の地表面の変位分布を示す。山側から海側に進むにつれて、二つの周期ともに変位振幅は点A付近までは増加し、その後は減少と増加を示しながら、海側無限遠方では変位振幅は6となる。

以上のように、不整形地盤の地震応答は、入射地震波の周期に大きく依存しており、とりわけ特定の周期に対しては、基盤と地盤との境界付近の変位は大きく増幅する傾向を示すことがわかる。

図-5は周期0.44秒での地盤表面の変位分布と家屋倒壊率の分布¹を示し、この周期0.44秒は神戸大学で得られた地震記録における一つの卓越周期と考えられる。東灘区の南北断面の木造家屋の倒壊率分布と解析結果で示される変位分布の形状がよく類似しているのがわかる。

4. 結語

これまで、土木および建築での地震応答解析において、一般的には沖積層基底面を地震基盤面としている。しかし、六甲山地南麓のように基盤が露出し、その上の沖積層や洪積層からなる傾斜地盤では、地震時における基盤そのものの影響が大きいと推察される。

そこで、解析モデルでは地質および地盤の構造、材料定数、波速等を簡略化して、不整形地盤および地震波の周期が地盤の変位応答に及ぼす影響を検討した。その結果、地震波の特定の周期に対して、基盤と地盤の境界付近で変位振幅が非常に増幅する傾向がみられた。この変位分布と家屋倒壊率の分布はよく類似しているの、今回の地震による甚大な被害の原因の一つとして、地盤の増幅が関係しているものと推察される。

参考文献

- 1) (社)日本建築学会、「兵庫県南部地震災害調査緊急報告会」1995、pp.25-31。
- 2) 市原 実、「大阪とその周辺地域の第4紀地質図について」、アーバンクボタ、No.30、(株)クボタ、1991。
- 3) 土質工学会関西支部・関西地質調査業協会「新編大阪地盤図」、(株)コロナ社 1994。
- 4) 関西地震観測研究協議会、「兵庫県南部地震観測記録」、1995。

5) 平井弘義、「不整形地盤におけるSH波動の時間領域BEMによる過渡応答解析」、境界要素法論文集、第4巻、境界要素法研究会、1987, pp.287-292.

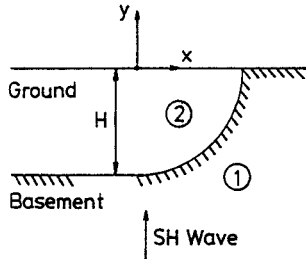


図-1 解析モデルと入射SH地震波

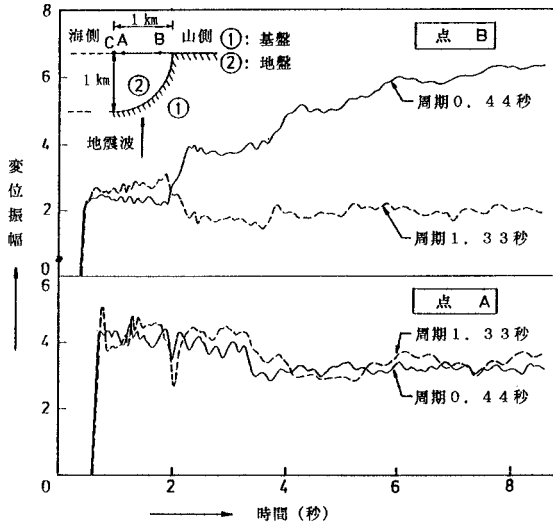


図-2 時間と変位振幅の関係

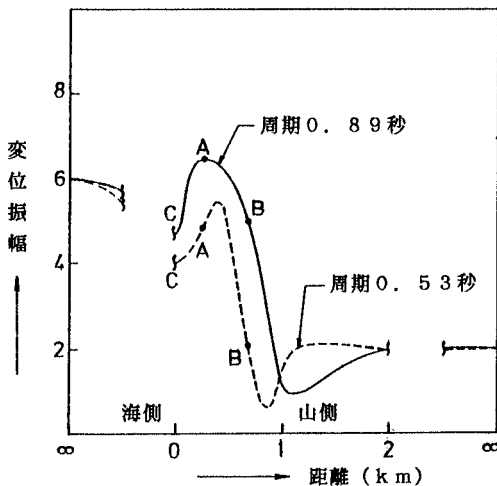


図-4 地表面の変位分布(地震波入射8秒後)

n	$T_n = \frac{4H}{(2n-1)c_2}$	$T'_n = \frac{4H}{2nc_2}$
1	2.67	1.33
2	0.89	0.67
3	0.53	0.44

unit: second

表-1 検討された地震波の周期

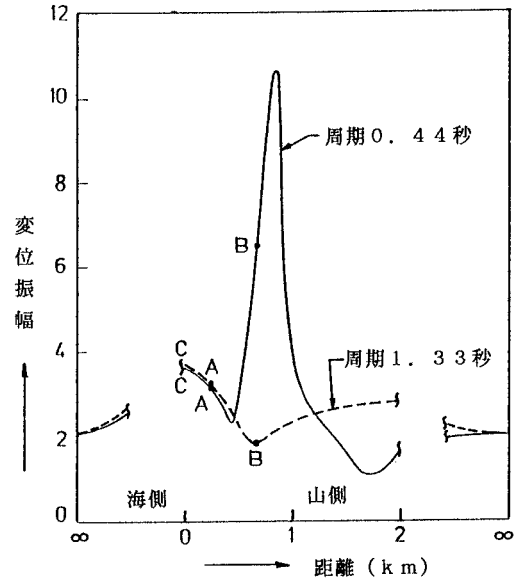


図-3 地表面の変位分布(地震波入射8秒後)

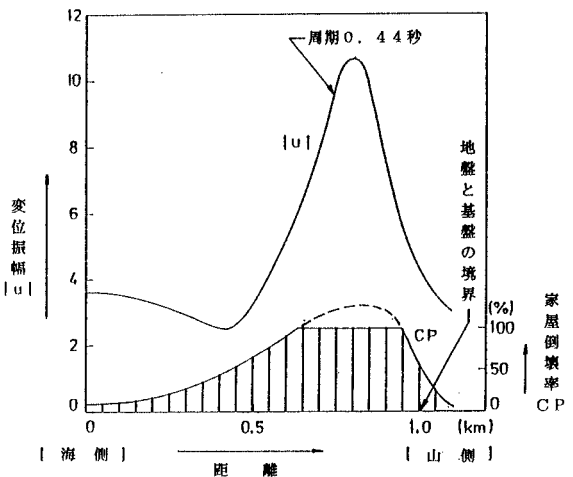


図-5 地盤地表面の変位分布と倒壊率分布

(|u|:地震波入射8秒後、CP:現地調査結果¹⁾)