

# 表層地盤の地震動増幅特性と入射地震動特性が 木造家屋被害に及ぼす影響

## Effect of Characteristics of Incident Ground Motions and Ground Motions Amplification in Surface Soil on Wood Houses Damage

○森井 雄史<sup>1</sup>, 林 康裕<sup>2</sup>  
Takeshi MORII<sup>1</sup> and Yasuhiro HAYASHI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 京都大学大学院  
Graduate School of Engineering, Kyoto University.  
<sup>2</sup> 京都大学防災研究所  
Disaster Prevention Research Institute, Kyoto Univ.

The objective of this paper is to find out principal factors which characterize the damage degree of wood houses. First, we have developed a simplified method to evaluate the response of wood houses and ground motions. Then, using the proposed method, we demonstrate that the peak ground velocity is the key factor for severe damage. Although other factors, such as predominant frequencies of surface soil, may affect the damage of houses with high strength, the influences reduce as the peak ground velocity increases.

**Key Words :** Ground motions, Surface soil, Wood houses damage, Peak ground velocity, Predominant frequency, Simplified method

### 1. はじめに

木造建物は、これまで地震によって、多大な被害を被ってきた。近年においても、兵庫県南部地震、鳥取県西部地震、芸予地震により、木造建物は多大な被害を受けている。地震被害は、地震動特性、表層地盤の地震動増幅特性、木造建物の耐震性能の違いによってその様相は異なるが、それらが木造建物被害に与える影響度については、必ずしも明確にされていない。本研究では、入射地震動特性、表層地盤の地震動増幅特性が、木造建物の応答・被害に及ぼす影響と、建物の耐震性能による被害の違いについて検討する。なお、木造建物応答を評価する際、各影響要因や影響度の評価を容易とするために、簡略的評価手法を提案し、考察を行なう。

### 2. 木造建物応答の簡略評価手法

#### 2.1 簡略評価手法の概要

木造建物応答の簡略評価手法では、その概要を図1に示す様に、表層地盤と木造建物を簡略的にモデル化する。すなわち、地盤は一様な表層地盤と表層地盤下層の2層地盤モデル、木造建物は1質点系モデルで表わす。表層地盤の応答、および木造建物の応答は、各表層地盤下層および地表面の加速度応答スペクトルを基に、応答スペクトル法によって評価する。

表層地盤については、せん断歪み $\gamma$ から、逆に対応する入射地震動の加速度応答スペクトル $S_{as}$ 、および地震動増幅率 $G_s$ を求める。地表面の加速度応答スペクトル $S_{as}$ は、入射地震動の加速度応答スペクトル $S_{is}$ に表層地盤の地震動増幅率 $G_s$ を乗じて、以下のように算定する。

$$S_{as}(T, h=0.05, \gamma) = G_s(T, \gamma) \cdot S_{is}(T, h=0.05, \gamma) \quad (1)$$

次に、木造建物の耐震性能を性能等価加速度応答スペクトル $S_{os}$ <sup>1)</sup>に換算する。そして、地表面の加速度応答

スペクトルと比較する事で、木造建物の応答を予測し、被害について考察する。以下に本手法の詳細について述べる。

#### 2.2 地表面加速度応答スペクトル

##### (1) 表層地盤への入射地震動

表層地盤への入射地震動は、表層地盤下層上面の露頭波として設定する。入射地震動は、荷重指針<sup>2)</sup>に示されているスペクトル(減衰定数5%)形状を用い、 $S_{is}$ と記す(図2)。 $S_{is}$ は、最大加速度 $A$ 、最大速度 $V$ とすると、次式で表わされる。

$$S_{is}(T, h=0.05) = \begin{cases} (1+1.5 \cdot T/0.5 \cdot T_c) \cdot A & (0 < T < 0.5 \cdot T_c) \\ 2.5 \cdot A & (0.5 \cdot T_c < T < T_c) \\ (2\pi/T) \cdot 2 \cdot V & (T_c < T) \end{cases} \quad (2)$$

$$T_c = 1.6\pi \cdot V/A \quad (3)$$

加速度応答スペクトル $S_{is}$ が一定値を示す上限周期 $T_c$ は、 $A/V$ で表わされるので、本論では、 $A/V$ を $S_{is}$ の周期特性(卓越周期)を表わす指標として用いる。加速度応答スペクトル $S_{is}$ は、(2)式に示すように $T_c < T$ の領域では速度応答スペクトルが一定となり、最大速度 $V$ でその振幅が表される。

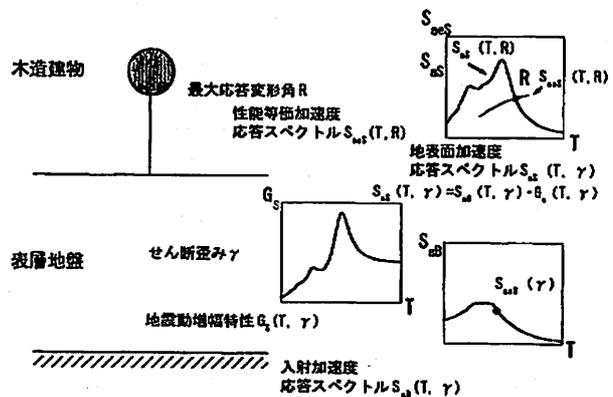


図1 木造建物応答の簡略評価手法

(2) 表層地盤における地震動増幅率  $G_s$

まず、表層地盤の地震動増幅率  $G_s$  の評価を行なう。地盤モデルは、一様な表層地盤と表層地盤下層との2層地盤モデルとする。ここで、表層地盤内のせん断歪み  $\gamma$  は一定とし、歪み依存性は今津・福武モデル (図3)<sup>3)</sup> と大崎・原モデル<sup>4)</sup> の2種類を考える。弾性時の表層地盤のS波速度  $V_{s0}$ 、減衰定数  $h_{s0}$ 、密度  $\rho$ 、層厚  $H_s$ 、表層地盤下層のS波速度  $V_{sb}$ 、減衰定数  $h_b$ 、密度  $\rho_b$  と表わす。すると、弾性時の1次固有周期は、 $T_{s0} = 4H_s/V_{s0}$ 、インピーダンス比は、 $\alpha_0 = \rho \cdot V_{s0} / \rho_b \cdot V_{sb}$  となる。

次に、非線形時のS波速度  $V_s$  と表層地盤の1次固有周期  $T_s$  は、剛性低減率  $G/G_0 - \gamma$  曲線および  $V_{s0} = \sqrt{G_0/\rho}$  の関係式を用いて、

$$\begin{aligned} V_s(\gamma) &= V_{s0} \cdot \sqrt{(G(\gamma)/G_0)/\rho} \\ T_s(\gamma) &= T_{s0} / \sqrt{(G(\gamma)/G_0)} \end{aligned} \quad (4)$$

と表わされる。すなわち、非線形時の表層地盤のS波速度  $V_s$ 、ひいては表層地盤の1次固有周期が、せん断歪み  $\gamma$  の関数として表わされることが分かる。

一方、表層地盤の地震動増幅率  $G_s$  には、重複反射理論<sup>5)</sup> に基づく伝達関数を用いる。非線形時の伝播定数  $p$ 、インピーダンス比  $\alpha$  を用いると、 $G_s$  は次式で表わされる。

$$G_s(T, \gamma) = 1 / \left| \cos\left(\frac{p(T, \gamma) \cdot H_s}{V_s(\gamma)}\right) + i \cdot \alpha(\gamma) \cdot \sin\left(\frac{p(T, \gamma) \cdot H_s}{V_s(\gamma)}\right) \right|$$

$$p(T, \gamma) = \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{1}{\sqrt{(1+2ih_s(\gamma))}}, \quad \alpha(\gamma) = \sqrt{\frac{V_s(\gamma) \cdot (1+2ih_s(\gamma))}{V_{sb} \cdot (1+2ih_b)}} \quad (5)$$

上式より、表層地盤の地震動増幅率も、せん断歪み  $\gamma$  で表わされる。

(3) 地表の加速度応答スペクトルの評価

本論文では、表層地盤の非線形性を表わすせん断歪み  $\gamma$  から、それに対応する表層地盤下層上面での加速度応答スペクトル値  $S_{as}$  を求める。せん断歪みを  $\gamma$  とすると、表層地盤での変位応答は  $\gamma \cdot H_s$  となる。 $\gamma \cdot H_s$  が、1次固有周期  $T_s$  の1質点系の最大変位応答に対応すると考え、変位応答と加速度応答の関係の他に、加速度応答スペクトル低減率  $F_h$  を用いれば、 $S_{as}$  は以下のように略算することができる。

$$S_{as}(T_s, \gamma, h=0.05) = \left(\frac{2\pi}{T_s(\gamma)}\right)^2 \cdot \frac{\gamma \cdot H_s}{F_h(h_s(\gamma))}, \quad F_h(h_s) = \frac{1.5}{1+10h_s} \quad (6)$$

ここで、等価減衰定数  $h_s$  は、1質点系の伝達関数の振幅の最大値  $1/2h_{s0}$  と1次固有周期  $T_s$  における増幅率  $G_{s1}$  を等値して、以下のように表わされる<sup>5)</sup>。

$$h_s(\gamma) = 1/2 \cdot G_{s1}(\gamma) \quad (7)$$

$$G_{s1}(\gamma) = G_s(T_s, \gamma) = 1 / \left( 1.57 \cdot h_s(\gamma) + \alpha_0 \cdot \sqrt{(G/G_0)(\gamma)} \right) \quad (8)$$

以上の関係を用いて、表層地盤のせん断歪み  $\gamma$  に応じた地表での加速度応答値  $S_{as}$  を算定する。すなわち、1次固有周期  $T_s$  で表層地盤の等価加速度応答値  $S_{as0}$  と等し

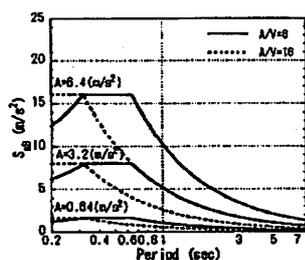


図2 入射加速度  
応答スペクトル  $S_{ab}$

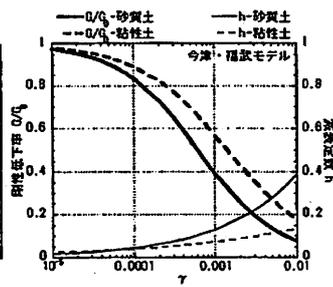


図3 歪み依存性

い加速度応答スペクトル  $S_{ab}$  を求め、これに地震動増幅特性  $G_s$  を乗じて、地表面での加速度応答スペクトル  $S_{as}$  を求める (1) 式)。

なお、入射地震動の加速度応答スペクトル  $S_{ab}$  に応じたせん断歪み  $\gamma$  を求める際には、せん断歪み  $\gamma$  について収斂計算を行なえば良い。

2.3 木造建物の性能等価加速度応答スペクトル

木造建物の応答評価は林によって提案されている性能等価加速度応答スペクトル<sup>1)</sup> を用いる。性能等価スペクトル  $S_{as}$  は、地震観測記録や地震荷重の加速度応答スペクトル  $S_{as}$  と直接的に比較可能なように、建物の耐震性能(耐力、変形性能)をそれと等価な加速度応答スペクトル  $S_{as}$  に換算したものである。

換算においては、まず、復元力特性の骨格曲線を Bi-linear 型に近似する。最大応答変形角  $R$  に対応した塑性の程度を表す係数  $D_r$  は、降伏変形角  $R_y$  を用いると、 $D_r(R) = R/R_y$  となる。また、建物の等価減衰定数  $h_{et}$  は、 $h_{et}(R) = 0.2 \cdot (1 - 1/\sqrt{D_r(R)}) + 0.05$  となる。

最大応答変形角  $R$  に対する等価建物固有周期  $T_{ot}$  と  $T_{st}$  に対応する性能等価加速度応答スペクトルは、加速度応答スペクトル低減率  $F_h$  を用いて次式で表される。

$$T_{st}(R, C_y) = 2\pi \sqrt{\mu \cdot H_t \cdot R/C_y} \cdot g \quad (9)$$

$$S_{as}(R, C_y, h=0.05) = Q_y / (M_t \cdot F_h(h_{et}(R))) = C_y \cdot g / (\mu \cdot F_h(h_{et}(R))) \quad (10)$$

$$\text{ただし、} \mu = M_t / M \quad (11)$$

本検討においては、木造建物は2階建てを想定し、等価高さ  $H_t = 4.5$  m の1質点系 (等価質量  $M$ ) に縮約する。復元力特性は、既往の木造構造要素実験データベース<sup>6)</sup> を参考に、降伏変形  $R_y = 1/100$  の完全弾塑性型の骨格曲線で表わす。降伏せん断力係数  $C_y (=Q_y/Mg : Q_y$  は降伏せん断力、 $Mg$  は建物総重量) は、 $C_y = 0.05, 0.2 \sim 1.0$  までは0.2ずつ変化させる。(11)式中の  $\mu$  は、 $\mu = 0.75$  と設定している。

3. 表層地盤の地震動増幅特性

(1) 時刻歴応答解析との比較

提案手法による表層地盤の地震動増幅率評価の精度を例証するため、時刻歴応答解析 (SHAKE) から得られる地震動増幅特性と比較する。簡略評価手法のモデル化 (2層地盤化) の影響も見つかるため、時刻歴応答解析では、層分割を行ない6層地盤としてモデル化している。入射地震動は、加速度応答スペクトルが  $S_{ab}$  に適合するような模擬地震動波を10波 (継続時間は120s、位相特性をランダムに変化) 作成する。そして、地震動増幅率  $G_s$  との比較は、10波を入射させた場合の平均伝達関数を対象として行なう。

得られた地震動増幅率  $G_s$  を図4に示す。同図中には、10波を用いた時刻歴応答解析結果の平均 (太点線) の他に、平均土標準偏差 (細点線) を示している。ここで、表層地盤について  $T_{s0} = 0.5$  s、 $\alpha_0 = 0.3$ 、 $V_{s0} = 120$  m/s、粘性土大崎・原モデル、入射地震動については  $A/V = 8$ 、 $A = 0.64$  および  $3.2$  m/s<sup>2</sup> としている。図4より、時刻歴応答解析の地震動増幅特性を、簡略評価手法によって概ね近似できていることが分かる。

(2) 入射地震動特性の影響 (特に、1次固有周期の変化)

表層地盤の地震動増幅率  $G_s$  と、入射地震動の最大速度  $V$  との関係について分析する。ここでは、表層地盤の地

震動増幅率  $G_s$  を特徴づける指標として、無次元化1次固有周期  $T_s/T_{s0}$  に着目する ((4) 式)。

1次固有周期  $T_s/T_{s0}$  と最大速度  $V$  の関係を図5に示す。ここで、表層地盤は砂質土、入射地震動の  $A/V$  は8、16としている。

まず、1次固有周期  $T_s/T_{s0}$  は表層地盤のS波速度  $V_{s0}$  によっても変化するが、最大速度  $V$  を  $160 \cdot V/V_{s0}$  と無次元化すると図5(a)のようになり、 $V_{s0}$  の影響を適切に補正する事ができている。

次に、表層地盤の弾性1次固有周期  $T_{s0}$  の影響について図5(b)に示す。図示した結果のうち、 $T_{s0}=0.2$  の時には、 $A/V=8$  の場合と16の場合とで、最大速度  $V$  と  $T_s/T_{s0}$  の関係に大きな差が見られる。たとえば、 $V=0.4$  m/s の時、 $A/V=8$  の場合  $T_s=0.34 (< T_c=0.63)$ 、 $A/V=16$  の場合  $T_s=0.46 (> T_c=0.31)$  となっている。しかし、 $A/V=8$  の場合でも、 $V=0.8$  m/s と大きくなって、表層地盤が長周期化し、 $T_s > T_c$  となると、 $A/V=16$  と同じ曲線上にのってくる。すなわち、最大速度  $V$  と  $T_s/T_{s0}$  の関係は、表層地盤の非線形時の1次固有周期  $T_s$  と入射地震動の  $T_c$  との大小関係によって変化している事が分かる。

そこで、1次固有周期  $T_s$  と入射地震動の  $T_c$  の関係を示した図5(c)を用いて、図5(b)の結果を今一度考察する。 $T_{s0}=0.2$  s の場合でみると、 $T_s$  は  $V=0.2$  m/s の時に  $A/V=16$ 、 $V=0.8$  m/s の時に  $A/V=8$  の上限周期  $T_c$  を越えている。図5(b)と対応させて見てみると、 $T_s > T_c$  の場合に、 $T_s/T_{s0}$  は、最大速度  $V$  に関する1つの曲線(関数)で表わされることがわかる。また、 $T_s < T_c$  となる場合でも、 $T_s$  と  $T_c$  の差が大きい場合 ( $T_{s0}=0.2$  s、 $A/V=16$  m/s のような場合には、 $T_s > T_c$  の場合との誤差は小さい。

図6には、 $T_s > T_c$  の場合について、土質種別、歪み依存性別の最大速度  $V$  と  $T_s/T_{s0}$  の関係を示す。 $T_s/T_{s0}$  は、土質種別による違いは見られるが、歪み依存性のモデル化による違いは殆ど見られていない。そして、表層地盤のS波速度  $V_{s0}$  が160 m/s の時の  $T_s/T_{s0}$  を同図から読むと、 $V=0.4$  m/s では、砂質土の場合2.3、粘性土の場合1.6、 $V=0.8$  m/s では、砂質土の場合3.2、粘性土の場合2.6と

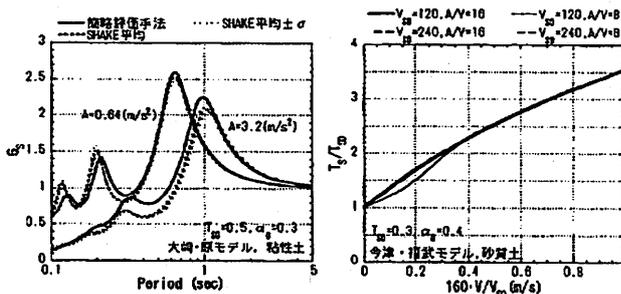


図4 時刻歴応答解析 (SHAKE) との比較

(a)  $V_{s0}$  による変化

(b)  $T_{s0}$  による変化

(c)  $T_s$  と  $A/V$  ( $T_c$ ) の関係

図5 最大速度  $V$  と周期伸び率  $T_s/T_{s0}$

なっている。なお、最大速度  $V$  と  $T_s/T_{s0}$  の関係 (ただし、 $T_s > T_c$  の場合) は、次式を用いて略算することができよう。

$$T_s(\gamma)/T_{s0} = 1 + \beta \cdot (160 \cdot V/V_{s0})^{0.7} \quad (12)$$

(砂質土:  $\beta=2.5$ , 粘性土:  $\beta=1.25$ )

一方、1次固有周期の増幅率  $G_{s1}$  についても、 $T_s/T_{s0}$  と同様に最大速度  $V$  と関係づけることができる (図7)。ただし、(8) 式からも明らかなように、インピーダンス比  $\alpha_0$  によって、増幅率  $G_{s1}$  は変化し、 $\alpha_0$  が小さいほど増幅率  $G_{s1}$  は大きくなる。なお、図には示していないが、土質種別や歪み依存性によっても  $G_{s1}$  は変化する。

#### 4. 木造建物の応答および被害への影響評価

##### (1) 検討内容

入射地震動特性や表層地盤の地震動増幅特性が、地表面の加速度応答スペクトル、つまり木造建物の応答や被害に対して、どの程度影響するかについて検討を行なう (図8)。

検討においては、まず表層地盤の1次固有周期  $T_{s0}$ 、インピーダンス比  $\alpha_0$ 、S波速度  $V_{s0}$ 、表層地盤物性、入射地震動の周期特性  $A/V$ 、最大速度  $V$  を解析パラメータとして、地表面の加速度応答スペクトル  $S_{as}$  を算定する。その際、表層地盤について  $\alpha_0=0.4$ 、 $V_{s0}=160$  m/s、土質種別を粘性土 (今津・福武モデル)、入射地震動について  $A/V=8$ 、 $V=0.4$  m/s とした場合を基本ケースとしている。

一方、降伏せん断力係数  $C_y$  を  $C_y=0.05 \sim 1.0$  の範囲で変化させて、木造建物の性能等価スペクトル  $S_{aes}$  を算定する。そして、木造建物の性能等価加速度応答スペクトル  $S_{aes}$  と、地表面の加速度応答スペクトル  $S_{as}$  の交点から、木造建物の最大応答変形角  $R$  を評価する。以下では、各解析パラメータが  $R$  値に及ぼす影響を考察する事になる。

##### (2) $V_{s0}$ と $\alpha_0$ の影響

まず、図8(a)、(b)には、各S波速度  $V_{s0}$  とインピーダンス比  $\alpha_0$  をパラメータとして得られた結果について示す。表層地盤の弾性時のS波速度  $V_{s0}$  やインピーダンス比  $\alpha_0$  が異なると、1次固有周期  $T_s$  や加速度応答スペクトル  $S_{as}$  のピーク値も若干変化している。しかし、加速度応答スペクトル  $S_{as}$ 、ひいては  $S_{as}$  と  $S_{aes}$  との交点として評価される木造建物の最大応答変形角  $R$  には、大きな変化は見られない。従って、S波速度  $V_{s0}$  やインピーダンス比  $\alpha_0$  が、木造建物被害に与える影響は大きくないと言えよう。

##### (3) $T_{s0}$ と $A/V$ の影響

次に、表層地盤の1次固有周期  $T_{s0}$  と入射地震動の卓越周期 ( $A/V$ ) の影響について分析する。まず、1次固有周期  $T_{s0}$  についての結果を図8(c)に示す。1次固有周期  $T_{s0}$  の

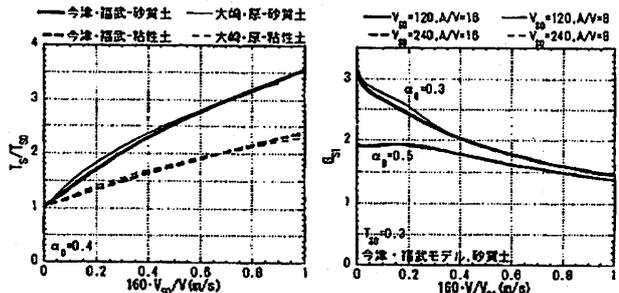


図6 歪み依存性による周期伸び率  $T_s/T_{s0}$  の違い

図7 最大速度  $V$  と増幅率  $G_{s1}$  の関係

違いによって、加速度応答スペクトル  $S_{as}$  は大きく変化している。このため、 $C_y=0.6$  と耐力が高い木造建物の場合には、最大応答変形角が  $R=1/30 \sim 1/60$  とばらついていて、しかし、 $C_y$  が  $0.2$  以下と耐力が低い木造建物の場合には、最大応答変形角の変化は小さく、概ね  $R \approx 1/30$  となっている。

次に、 $T_{s0}=0.2$  として、入射地震動の卓越周期 ( $A/V$ ) を変化させた場合の結果を図 8 (d) に示す。同図より、 $A/V=12 \sim 20$  とした場合の  $S_{as}$  には差が殆ど見られず、 $A/V=8$  ( $T_c=0.63$ ) とした場合の  $S_{as}$  のみ、 $T_c$  より短周期側で  $A/V=12 \sim 20$  の結果と差が生じている。ここで、図 8 (d) に示したケースのうち、 $A/V=16, 20$  の場合は  $T_c < T_s$ 、 $A/V=8, 12$  の場合には  $T_c > T_s$  となっているが、 $A/V=12$  の場合の  $T_c$  と  $T_s$  の差は約  $0.1$  と小さい。この事を念頭に  $S_{as}$  の差を木造建物被害の観点から考察すると、表層地盤の 1 次固有周期  $T_{s0}$  を変化させた場合と同様、入射地震動の卓越周期 ( $A/V$ ) によっては ( $T_c > T_s$  の場合)、耐力  $C_y$  の高い木造建物の被害程度に差が生じる場合があると言えよう。

(4) V や表層地盤物性の影響

最後に、入射地震動の最大速度  $V$  と、表層地盤の歪み依存性が建物被害に及ぼす影響について考察する。まず、 $T_{s0}=0.3$ 、 $A/V=8, 16$  として、最大速度  $V$  を変化させた場合の結果を図 8 (e) に示す。木造建物の最大応答変形角  $R$  は、最大速度  $V$  とともに増加し、木造建物の耐力  $C_y$  に関係せず、ほぼ一定値になっている事が分かる。また、表層地盤の土質種別や歪み依存性を変化させた場合の結果を図 8 (f) に示す。粘性土と砂質土とは、地震動増幅率が異なり、粘性土の方が大きな加速度応答値  $S_{as}$  を示している。そのため、粘性土の方が、耐力の高い木造建物に被害を生じさせる可能性が高くなっている。

(5) 建物被害への影響度のまとめ

以上をまとめると、以下の事が指摘できる。木造建物の応答や被害に対して、入射地震動の最大速度  $V$  の影響が大きい。また、表層地盤の 1 次固有周期や土質種別の違いによって、地震動増幅特性に差が生ずるが、建物被害の観点から見れば耐力  $C_y$  の比較的高い木造建物の被害に、より顕著に影響が表われると考えられる。さらに、木造建物の耐震性を考えた場合、入射地震動が大きくなると木造建物の  $R$  は  $C_y$  に関係なく増大していく。このため、耐力向上だけを行なう耐震補強では、必ずしも被害低減効果を期待できないと考えられる。

5. まとめ

本研究では、入射地震動特性、表層地盤の地震動増幅特性が、木造建物の応答・被害に及ぼす影響と、建物の耐震性能による被害の違いについて検討した。検討においては、まず、木造建物を対象とした簡略的な地震応答評価手法を提案し、これを用いて上記要因が木造建物被害に及ぼす影響について考察を行なった。なお、提案手法は、表層地盤と木造建物の応答を、ともに応答スペクトル法に基づいて評価する方法である。

得られた主な結論を以下に列挙する。

- 1) 表層地盤の 1 次固有周期は、入射地震動の卓越周期との大小関係によって影響を受ける場合もあるが、概ね入射地震動の最大速度の関数で表される。
- 2) 表層地盤の 1 次固有周期や土質種別の違いによって、

地震動増幅特性に差が生ずるが、建物被害の観点から見れば耐力の高い木造建物の被害に、より顕著に影響が表われると考えられる。

- 3) 木造建物の応答や被害に対しても、入射地震動の最大速度レベルが大きく影響する。そして、最大速度レベルが同程度であれば、入射地震動の卓越周期が木造建物被害に及ぼす影響は大きくないと考えられる。

参考文献

- 1) 林康裕：性能等価応答スペクトルに基づく建築物の地震荷重評価，日本地震工学シンポジウム，2002. 11 (掲載予定)。
- 2) 日本建築学会：建築物荷重指針・同解説，pp406-409, 1997. 7.
- 3) 今津雅紀，福武毅芳：動的変形特性のデータ処理に関する一考察，第 21 回土質工学研究発表会，1985. 6.
- 4) 大崎順彦，原昭夫，清田芳治：地盤振動解析のための土の動力学モデルの提案と解析例，第 5 回日本地震工学シンポジウム，1978. 11.
- 5) 国土交通省建築研究所：改正建築基準法の構造関係規定の技術的背景，2001. 3.
- 6) 後藤正美：構造要素のデータベースの試み、木構造と木造文化の再構築、日本建築学会特別研究委員会・日本建築学会近畿支部，pp152-157, 2001.
- 7) 鈴木祥之，斉藤幸雄，榎原健一，五十子幸樹，野島千里：木造軸組の耐震性能評価法 一 小変形から大変形・倒壊の領域まで評価する限界耐力計算，日本地震工学シンポジウム，2002. 11 (掲載予定)。

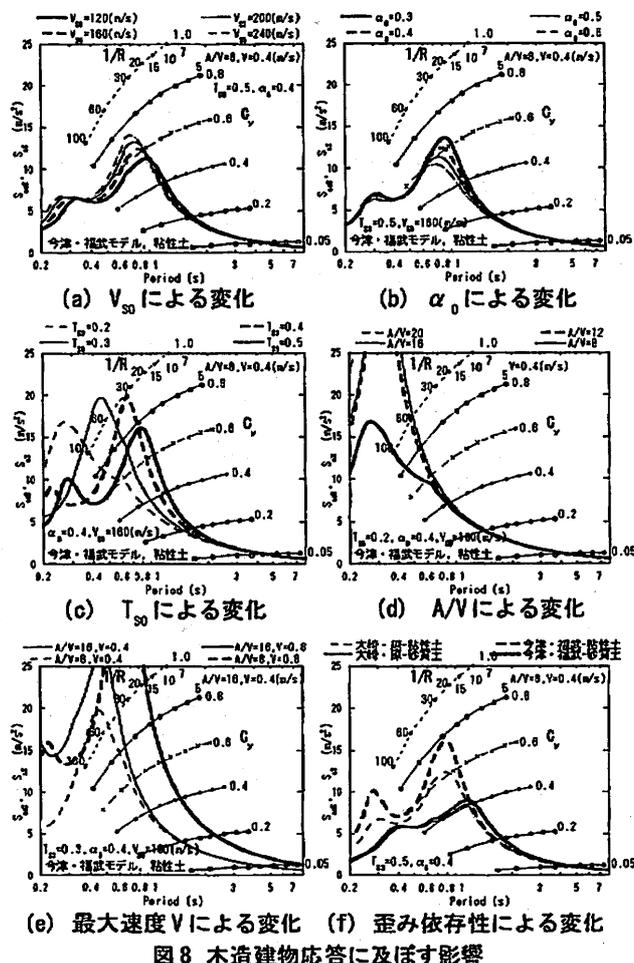


図 8 木造建物応答に及ぼす影響