

# 東京湾北部地震における高層建築物の震度増幅に関する研究

D1-07122 立原 久照

## 1. はじめに

近年、首都直下型地震による大規模災害が危惧されている。その中でも発生の可能性が高く首都機能に大きな影響を与える東京湾北部地震による被害が危惧されており、中央防災会議<sup>1)</sup>などで地表の震度マップが公開されている。しかし、高層建物では地表の震度が高層方向に増幅されることが想定され、地表の震度マップだけでは高層・超高層建物の在館者への情報としては十分でない。

本研究では、高層・超高層建物の高さ方向の増幅を考慮した各階震度分布を作成し、震災対策に役立てられるようにする。

## 2. 研究の流れ

本研究では工学院大学新宿校舎及び、エステック情報ビル（以下、オフィス棟と呼ぶ）の質点系モデル(構造計算書<sup>2)</sup>モデル、市村の手法<sup>3),4)</sup>より各階剛性を与えたモデル(以下、市村モデルと呼ぶ)の作成を行い、質点系解析する。そして構造計算書モデルに対する市村モデルの妥当性の確認を行う。その後、階数の異なる鉄骨造及び鉄筋コンクリート造建物の各階震度分布を予測していく。

本報では紙面の都合上、オフィス棟での比較及び、階数の異なる鉄骨造建物の各階震度について報告する。

## 3. 入力地震波及び対象建物概要、各モデルの作成方法

### 3.1 入力地震波

入力地震波には内閣府の東京湾北部地震<sup>1)</sup>を用いた。今回使用した地震波は、工学的基盤の加速度・時刻暦波形を3次メッシュ毎に表したものである。この中から新宿区西新宿、渋谷区道玄坂、千代田区丸の内の波形を採用する。ここでは西新宿における解析結果について報告する。西新宿は地表において震度6弱を示すと考えられている所である。図1に新宿区西新宿における加速度・時刻暦波形及び加速度応答スペクトルを示す。応答スペクトルから短周期成分が卓越していることが確認できる。

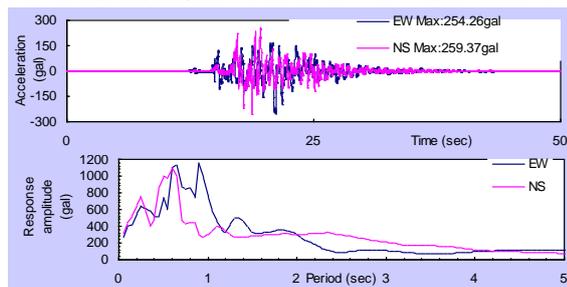


図1 上：東京湾北部地震（新宿） 加速度・時刻暦波形  
下：加速度応答スペクトル（h：2%）

### 3.2 対象建物概要

今回は表1に示した主要構造が鉄骨造の建物を用い、市村モデルの妥当性の確認を行う。

表1 対象建物概要

建物名称	エステック情報ビル
建築場所	東京都新宿区西新宿
竣工年	1989年
基準階面積(m <sup>2</sup> )	1499
階数	27階(塔屋2階)
固有周期(s)	3.08
高さ(m)	115

### 3.3 各モデルの作成方法と固有周期

(a)構造計算書モデルは「各階高」、「各階剛性」「階数」「層重量」を構造計算書に基づき作成した質点系モデルである。

(b)市村モデルは対象建築物の「地上階数」「建物高さ」「固有周期」「基準階面積」を用いた質点系モデルである。「地上階数」と「建物高さ」から「平均階高」を求め利用する。また、オフィス棟の構造計算書から「各階面積」「総質量」を引用し、鉄骨造の「単位面積当りの重量」を求めた。そして「単位面積当りの重量」「基準階面積」から平均層重量を求め利用した。市村モデルでは上記のデータと下記2つの式を利用し、各階剛性を求め作成した。

$$(1) \bar{K} = \frac{16 * \Delta W * n^2}{T^2 * g} \quad (2) K_i = (1.5 - h_i) \bar{K}$$

T:1次固有周期  $\bar{K}$ :平均剛性 n:地上階数

K<sub>i</sub>:各階剛性  $\Delta W$ :平均層重量 h<sub>i</sub>:軒高

(c)図2に構造計算書と市村の手法による重量と剛性を示す。市村の手法は上層階では近似した剛性が求められたが、下層階において剛性のずれが確認された。

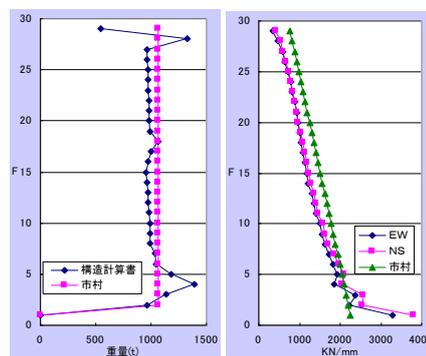


図2 質点系モデル比較 左：重量 右：剛性

表2に今回作成したモデルの固有周期を示す。市村モデルの固有周期が僅かだが短周期側に評価されている。

表2 固有周期の比較 (s)

方向	NS	EW	NS	EW
	1次	1次	2次	2次
構造計算書 (質点系モデル)	2.97	3.01	1.12	1.00
市村モデル	2.92		1.07	

#### 4 解析条件及び応答の比較

##### 4.1 解析条件

入力地震波は EW,NS 成分の 2 方向入力。減衰は初期剛性比例型 2%と仮定。各階の床は剛床と仮定し質点系による弾性解析を行う。

##### 4.2 応答の比較

構造計算書モデルと市村モデル、それぞれの最大加速度応答を図 3 に示す。最大加速度応答を比較すると各階とも、近似した値が求められている。

次に両者の各階震度及び、地表の計測震度を 1 とした場合の上層階における計測震度の増幅率を図 4 に示す。各階震度は各階の加速度波形を用いて計測震度を計算した。また、下層階の震度分布において震度 6 弱を示していないのは、入力地震波が工学的基盤の波形であり、表層地盤による増幅がないためである。図 4 から各階震度、震度増幅率ともに近似した結果が得られた。

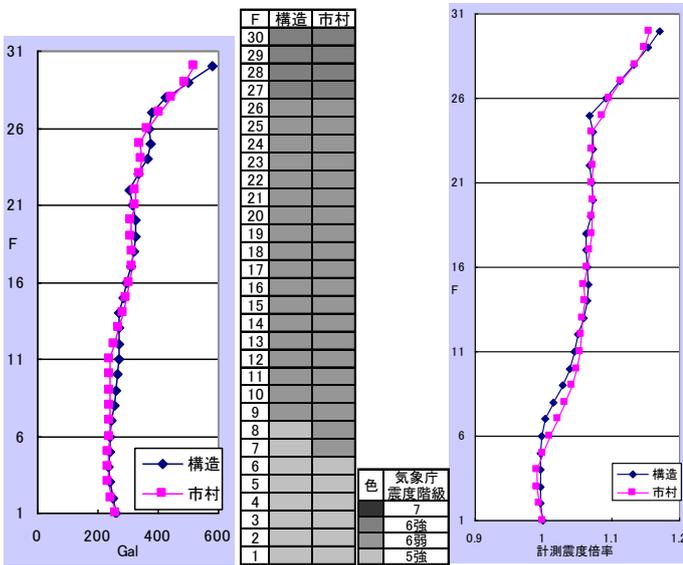


図 3 加速度最大応答 図 4 各階震度の比較

比較 (NS) 左: 各階震度 右: 各階震度増幅率

##### 4.3 階数の異なる建築物における各階震度分布

市村の手法を用い各階震度分布を作成するために、各階数モデルに対して与えた条件を表 3 に示す。固有周期は、ビルディングレターより鉄骨造、超高層建築物 6 棟の高さと固有周期の関係から算出した。また、建物高さは 6 棟の平均階高を用い作成した。

表 3 仮想モデルの設定要素

建物名	S50	S45	S40	S35	S30
構造種別	S	S	S	S	S
階数	49	44	39	34	29
建物高さ(m)	221	198	176	154	132
入力固有周期(s)	4.77	4.29	3.81	3.34	2.86
出力された固有周期(s)	4.36	3.92	3.48	3.04	2.60
建物名	S25	S20	S15	S10	S5
構造種別	S	S	S	S	S
階数	24	19	14	9	4
建物高さ(m)	110	88	66	44	22
入力固有周期(s)	2.38	1.91	1.43	0.95	0.48
出力された固有周期(s)	2.16	1.73	1.29	0.85	0.41

西新宿における地震動について、図 5 に各階震度、図 6 に地表の震度に対する上層階での計測震度の増幅率を示す。図 5 及び、図 6 から上層階において震度が増幅することが確認できる。

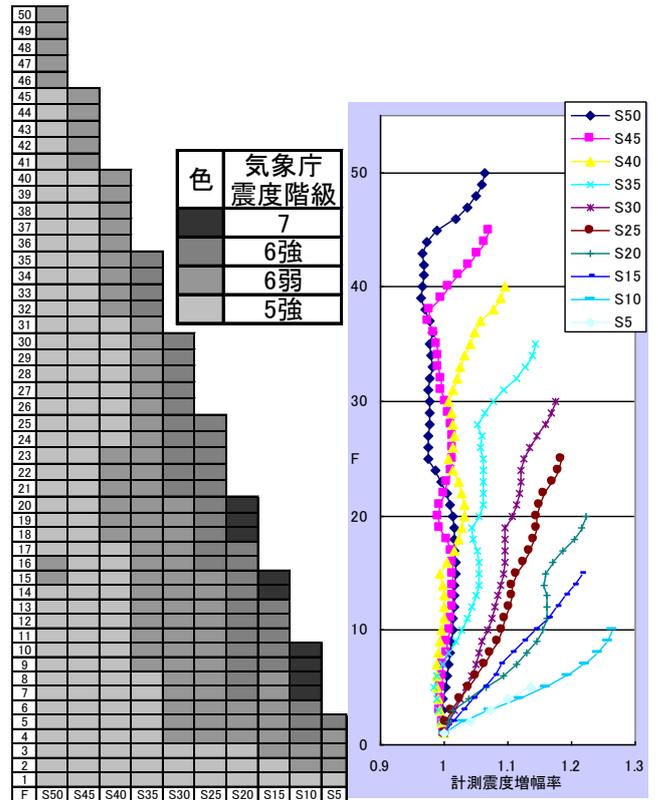


図 5 各階震度

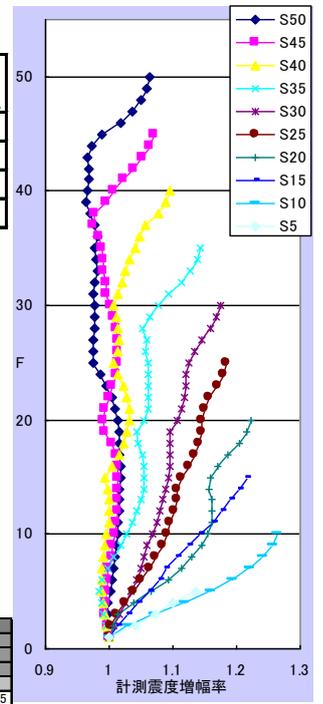


図 6 計測震度増幅率

#### 5. まとめと今後の課題

構造計算書と市村の手法により作成した質点系モデルの応答を比較し、市村モデルの妥当性を確認した。

階数の異なる建物の震度分布では、10 階から 20 階建物の上層において震度 7 を示すことを確認した。また、最上階付近で計測震度が大きく増加する傾向があることが判明した。

今後の課題として、固有周期の入出力時における変化の考慮。及びこの手法を鉄筋コンクリート造に適用した場合、どの程度モデルの妥当性を示せるのか。また、入力地震波が工学的基盤上のものなので、低層建物の場合の入力地震波の増幅をどうするか。検討していく必要がある。

#### 参考文献

- 中央防災会議「首都直下地震対策専門調査委員会」(第 12 回) 地震ワーキンググループ報告書 平成 16 年 11 月 17 日
- ㈱日本設計事務所: KDN 街区再開発計画 1987 年
- 市村将太、福島東陽、寺本隆幸: 鋼構造超高層建築物の設計用パラメータに関する研究—その 1 剛性分布・固有周期・ベースシャー係数— 日本建築学会 1999 年
- 市村将太、福島東陽、寺本隆幸: 超高層鋼構造建物の弾性設計用パラメータに関する研究 (その 1) 各パラメータの定式化 日本建築学会 2000 年