

建築物の設計情報を利用した地震応答解析用モデルの構築

正会員 ○吉岡 幹広*¹
同 大谷 英之*²
同 永野 康行*³

都市規模 モデル化手法 S造
免震建物 超高層建物 地震応答解析

1. はじめに

想定南海地震を前に、地震発生前の対策や地震発生後の対応を講じることが求められており、地震被害の推定をシミュレーション等で行う必要性は年々高まっていると考えられる。現状、計算機器の進歩から都市規模の時刻歴応答解析も可能となっている。統合地震シミュレータ(Integrated Earthquake Simulator, 以下 IES)^[1]の建物モデルには平均的なパラメータと具体的なパラメータを組み合わせ多質点系モデルとしてあらわされる標準モデルがある。しかし、現状の標準モデルは免震建物や超高層建物のモデルを作成することはできない。そこで本研究では都市規模の解析を行うための標準モデルを建物の設計情報を用いて改良するための手法の提案を行う。建物の設計情報については構造計算書が望ましいが安全上の理由から入手が困難であることが考えられる。特に今回対象とした超高層建築物や免震建築物は重要な建物であることが想定されるため、入手は困難であると考えられる。そこで性能評価シート^[2]による情報を用いた手法を提案する。

2. モデル構築手法

建物モデルの作成にあたり、性能評価シートから建物の情報を使用した。また、構造計算書と比較して容易であることから、公開してもよいと判断されるほどの情報のみを得られると考えられる。そのため、記載されていない情報については、IESの標準モデルで導入される平均的な値を採用することとした。本研究で提案したモデルと標準モデルの比較を表1に示す。

表1 標準モデルと改良モデルの比較

	標準モデル	改良モデル
地盤	ポーリングデータ	ポーリングデータ
免震層	なし	免震部材
面積	航空写真	基礎階面積
剛性	一律設定	一律設定
単位面積重量	8kN/m ²	8kN/m ²
階高	3m	シートの値
モデル	多質点系	多質点系

また、本研究による作成した建物モデルに対して、

DynamicPRO ver.7.14 を用いて解析を行い、性能評価シートに記載の結果と比較する。今回減衰と質量、剛性で表される多質点系モデルを採用した。例として二質点のモデルを図1に示す。

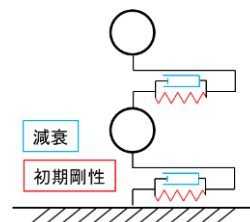


図1 二質点系モデル

3. 例題

手法を提案するにあたり、実際の建物モデルを一例として作成した。対象とした建物は一般財団法人 日本建築センター (BCJ)が発行するビルディングレターに記載されている性能評価シートに記載された建物を例題とする。また、今回使用した性能評価シートには以下のような建物情報が記載されている。

- ・主な建物概要や地盤情報、建物の平面図等
- ・基礎構造、主体構造の概要や制振、免震部材等
- ・構造検討の概要とし耐震設計、地震応答解析結果等

ここで建物の設計情報で解析に使用する建物情報と対象建物の性能評価シートから得られた建物情報を比較した。

4. 地震応答解析モデルの構築

4.1 地震応答解析モデル

本研究において設定した地震応答解析モデルは、建物と地盤、地震波のまとめたものとなっている。建物については4.2節、地盤と地震波については4.3節で述べる。

4.2 建物

面積について、塔屋を除くすべての階のフロアにおいて、建物概要に記載されている基準階面積を仮定する。そのため、建物内部の吹き抜け等の構造は考慮していないものとなっている。また、塔屋の面積については航空写真を基に手作業で測定し、縮尺から推定を行った。層重量と剛性については、標準モデルを作成する際の値を採用した。そのため、建物モデルの層重量

は単位面積当たりの重量である 8kN/m^2 に基準階面積を乗じて算出する。次に、標準モデルは建物の固有周期を高さから算出し、建物全体の剛性を求めるため、一質点系モデルに置き換える。各階の重量が全体の剛性に及ぼす有効重量を設定する。また、層剛性は上層になるにしたがって減少する傾向があり、最上階の剛性は最下層の剛性の 8 割と標準モデルでは考えている。その間に位置する層の剛性については線形で表す。各層ごとの層剛性の分布を設定し、一質点系に置き換えたモデルの固有周期に対して各階の剛性を層剛性の分布から計算を行う。

対象建物の塔屋部分を航空写真の測定から面積の算出を行った。一方で、地下 3 階から地上 18 階までの層面積については基準階面積を採用している。

4.3 地盤・地震波

性能評価シートに記載された対象建物の地盤情報から地盤で増幅される地震波を計算するため、計算ソフトとして Dynamic 表層地盤アンプリファイア 2007 ver.1.14 を使用した。しかし、解析の入力情報として必要な質量密度を得ることができなかつたため、シートに記載された地層名から文献[3], [4]を基に質量密度の決定を行った。

対象とした入力地震波は EL CENTRO(1940) NS 波と乱數位相の告示波である。性能評価シートに記載されている極めて稀に起こるとされている地震に対する結果と解析の比較を行う。そのため、使用した地震動の基準化によって条件をそろえることが必要となる。また、極めて稀に起こるとされている地震動として、最大速度 $50(\text{cm/s})$ に基準化を行った。また、最大加速度は速度で基準化されたものを使用した。

5. 計算結果の比較

条件に基づいて質点系モデルの地震応答解析を実行し、性能評価シートで示された結果の比較を行う。性能評価シートと DynamicPRO による解析結果を表 2 に示す。表 2 において K-Rand と記載されているものは、告示波の乱數位相を表している。また、別の地震動として EL CENTRO(1940) NS による解析も行ったが、性能評価シートとの比較のために告示波の乱數位相のみの解析結果を表 2 に記載した。

表 2 計算結果の比較

		性能評価シート		DynamicPRO
		極めて稀に発生する地震動		
		X	Y	解析結果
上部構造	最下層の最大せん断力係数	0.0784 K-Rand	0.0763 K-Rand	0.0644 K-Rand
	最大層間変形角(rad)	1/230 Tokyouwan NS	1/216 K-Rand	1/364 K-Rand
免震層	最大層間変形(mm)	336.2 K-Rand	336 K-Rand	334.8 K-Rand
	最大せん断力係数	0.0782 K-Rand	0.0777 K-Rand	0.0329 K-Rand

この結果から、最大層間変形において、性能評価シートと本研究の解析結果が同程度と示された。

6. おわりに

建物モデルの作成の手法の提案を行うにあたり、実際の建物のモデル化を性能評価シートから行った。また、性能評価シートから得られない建物情報については標準モデルのアルゴリズムを用いて値の決定を行った。地震動に EL CENTRO(1940) NS と乱數位相の告示波の 2 波を使用し解析を行った。しかし、解析結果と比較を行うにあたり、同じ地震動を想定している告示波の乱數位相のみを解析結果として採用した。最後に、性能評価シートの応答結果と本研究の解析結果の比較を行ったところ、免震層部分における最大層間変形においては同程度の解析結果を得ることができた。このことから、提案した手法において、建物モデルを作成することで最大層間変形を用いた被害想定を行うことは可能であると考えられる。ただし、本研究において、現状示しているのは一例のみであり、今後も検討を行っていく必要がある。また様々な仮定に基づいて作成されたモデルや計算方法を用いており、より高度化していく必要があると考えられる。

謝辞 理化学研究所・神戸大学「神戸市等を対象とした自然災害シミュレーションとハザードマップ作成」の共同研究の成果の一部である。また、本研究は時刻歴応答解析に際し、ユニオンシステム㈱のアカデミーパックを利用した。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] 細政貴, 飯山かほり, 石田孝徳, 藤田航平, 山崎義弘, 市村強, WIJERATHNELalith, 盛川仁, 堀宗朗, 山田哲, 坂田弘安, 山中浩明, 廣瀬壮一: “統合地震シミュレータ(IES)の仮想構築モデルに導入する MSS モデルとその応用に関する基礎研究”, 日本地震工学会論文集 第 15 巻, 第 7 号 特集号, (2015).
- [2] 日本建築センター: “日本建築センター性能評価シート—超高層建築物”, ビルディングレター, pp65-67, (2017.3).
- [3] NEXCO: 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, (1990).
- [4] NEXCO: 設計要領 第一集 第一編土工, (1983).

*¹ 兵庫県立大学大学院シミュレーション学研究科 博士前期課程院生

*² 理化学研究所計算科学研究センター 研究員

兵庫県立大学大学院シミュレーション学研究科 教授・博士(工学)

*³ 兵庫県立大学大学院シミュレーション学研究科 教授・博士(工学)

*¹ Graduate Student Grad .Sim .Studies , University of Hyogo

*² Research Scientist,RIKEN Center for Computational Science.

Assoc Prof.,Grad .Sch.Sim .Studies ,University of Hyogo, Dr.Eng.

*³ Prof.,Grad .Sch.Sim .Studies ,University of Hyogo, Dr.Eng.