

都市規模を想定した鋼構造建物モデル群を用いた時刻歴地震応答解析

正会員 ○永野 康行*¹
同 細江 英侍*²
同 大谷 英之*³

鋼構造建物 MDOF 建物モデル
設計事例 動的解析 地震応答解析

1. はじめに

都市といった広範囲における地震時の被害想定には従来フラジリティ曲線等の経験則に基づいた手法が用いられる。昨今では計算機性能の向上により、コンピュータを用いた動的な地震応答シミュレーションを行うことが可能となっている。例として、理化学研究所計算科学研究センター(R-CCS)総合防災・減災研究チームでは統合地震シミュレータ(Integrated Earthquake Simulator, 以下 IES と称する)の研究開発・利用を行っている^[1]。この IES では、実際の街並みに沿って建物群を仮想空間において簡易的にモデル化し、都市規模の時刻歴地震応答解析を行うための建物モデル群が構築されている^[2]。明石駅周辺における可視化例を図1に示す。

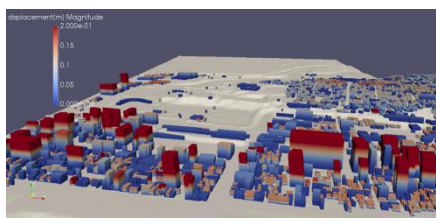


図1 IESによる可視化例(明石駅周辺)

2. 統合地震シミュレータ IES

IESの建物モデル構築には多自由度質点系(MDOF)モデルが使用されており、個々の建物モデルに対しては平均的な情報が与えられている。以下ではこのモデルをIES標準モデルと称する。この標準モデルでは、同じ建物規模・構造種別であれば同じモデルが適用されるため、地震応答結果にばらつきのない小さい建物モデル群が構築されている^[3]。IES標準モデルに与えられている情報を詳細化したモデルの作成手法として、山下らはBIMデータを用いた手法の検討を行っている^[4]。また、細江らは動的解析が実施されない高さ60m以下の建物について構造計算書を用いた手法の検討を行っている^[5]。一方、吉岡らは高さ60m以上の超高層建物や免振建物について性能評価シートを用いた手法の検討を行っている^[6]。しかし都市規模の建物数について網羅するには相当な時間と労力がかかってしまうという課題が見受けられる。

3. 研究目的・内容

本研究では複数の鋼構造事務所設計事例を基に、都市規模を想定した時刻歴地震応答解析を実施するための建物モデル群構築を行う。

図1で示した実際の都市における建物群とは別に、基準となるような建物群について地震応答解析を可能とするモデルの構築を目指す。そして、各設計事例における重量と剛性についてIES標準モデルとのパラメータを比較することで設計事例の違いによる特徴をまとめる。都市規模を想定し、グループ化して用意した建物モデル群に観測地震波を入力することで即座に地震応答解析を実施できれば、地震時の被害想定や危険度判定に応用できるものとする。

4. モデル作成・応答解析

モデル作成におけるパラメータ抽出には「構造設計・部材断面事例集」^[7]を用いた。この事例集にはRC造共同住宅・RC造ホテル・RC造事務所・鋼構造事務所の各種の構造種別・建物用途において階数・スパン・構造形式等に応じた設計事例が記載されており、保有水平耐力計算に基づいた部材断面データを提供するためのものとして出版されている。本研究で対象とする構造種別は部材の変形計算が比較的簡易である鋼構造建物とした。この事例集に記載されている鋼構造事務所ビルの設計事例20通り(S-1~20)についてMDOFモデルに必要なパラメータ抽出を行った。表1にS-1~20の概要を示す。

表1 設計事例の概要^[7]の表1を要約

パラメータ	S造			柱CFT			
	ブレースなし		ブレースあり				
プラン	スパン/天井高	階数	建物重量	剛性小(1/250程度)	剛性大(1/330程度)	ブレースなし	
A	12.8m/2.7m	5	重	S-1	-	S-2	-
			軽	S-3	-	-	-
		10	重	S-4	S-5	S-6	S-7
			軽	S-8	S-9	-	-
		14	重	-	S-10	S-11	S-12
			軽	-	S-13	-	-
B	18.0m/2.8m	5	軽	S-14	-	-	-
			重	S-15	S-16	-	-
		14	-	S-17	-	S-18	
C	7.2m/2.6m	3	軽	S-19	-	S-20	-

振動解析モデルは等価曲げせん断モデルとした。構造計算ソフトDynamicPRO Ver.7.14に質点数・階高・層重量・剛性・減衰定数を入力し、基礎は固定とした。質点数は階数と同様にし、剛性は事例集に記載されている層せん断力に層間変位を除いたものを入力した。減衰は剛性比例型とし、減衰定数は2%とした。地震波はEL Centro 1940 NS(最大加速度511cm/s²)を使用した。図2にS-1、S-4、S-10の3棟を例に最大層間変形角を示す。

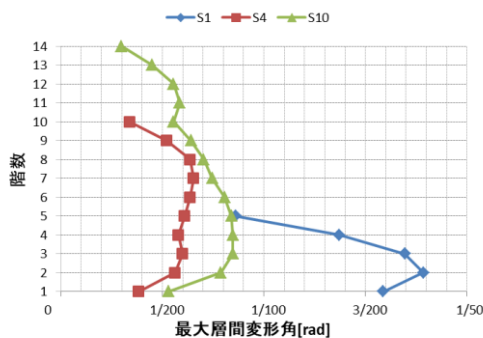


図2 X方向応答結果

5. パラメータ比較

S-1～20の設計事例におけるそれぞれの総重量を延床面積で除して、各事例の単位面積重量を算出した。各事例の延床面積との関係を示したグラフを図3に示す。

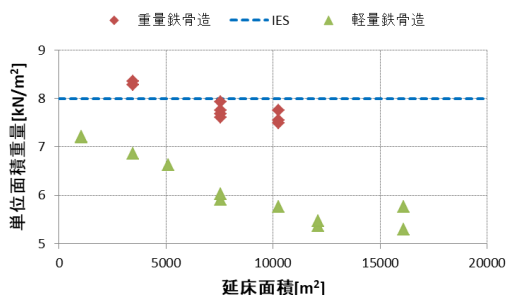


図3 S-1～20の設計事例における単位面積重量

図3中の点線で示すものはIESの標準モデルで設定されている単位面積重量 8kN/m^2 である。グラフを見ると、IES標準モデルにおける単位面積重量設定値は重量鉄骨造の事例における単位面積重量の分布に沿った値となっているが、軽量鉄骨造の建物は反映できていないことが分かった。また、重量鉄骨造・軽量鉄骨造のどちらも、建物自体の延床面積が大きくなるほど単位面積重量が小さく、軽量鉄骨造はその傾向が顕著に見て取れた。

S-1～20の設計事例における各階の剛性 K_i と1階の剛性 K_1 の剛性比率 (K_i/K_1) についてIES標準モデルで設定されている値との比較を行った。10階建て事例における剛性比較図を図4に示す。

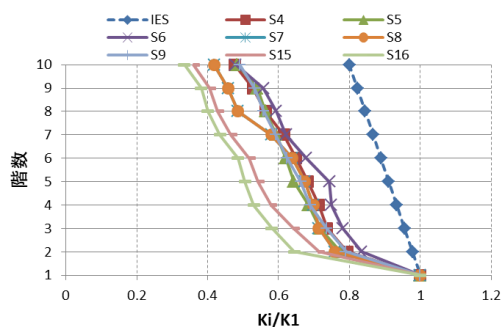


図4 10階建て事例の K_i/K_1

図4から、10階建て事例の剛性比率がIESの数値から大きく外れていることが分かった。これに顕著にみられるのは2階部分の剛性比率が大きく変化していることである。これは、1階部分の階高の設計が大きく影響しているためであると考えられる。また、それぞれの事例の平均値について線形近似を行い、その傾きとIES標準モデルで設定されている剛性比率の傾きを比較した。10階建て事例における1階を除いた剛性比率の平均をみると、線形近似した傾きに対してIESにおける剛性比率の傾きが約1.75倍となっていることが分かった。

4. おわりに

本稿では、複数の鋼構造事務所を対象とし、都市規模を想定した時刻歴地震応答解析を実施するための建物モデル群作成を行った。MDOFモデル作成におけるパラメータ抽出には「構造設計・部材断面事例集」を使用し、各設計事例における重量と剛性についてIES標準モデルとのパラメータ比較を行った。今後、構造種別や用途などが異なる設計事例におけるケーススタディを充実させることにより、建物モデル群を用いた時刻歴地震応答解析の汎用性が高まるものとする。

謝辞

本研究のモデル作成及び解析にはユニオンシステム(株)のアカデミーパックを使用した。ここに記し謝意を表す。

参考文献

- [1]藤田航平、市村強、田中聖三、堀宗朗、Lalith MADDEGEDARA:3次元地盤振動解析と多数シナリオの構造物応答解析による都市地震シミュレーション、土木学会論文集 AI(構造・地震工学)、Vol.71、No.4(地震工学論文集 第34巻)、pp.680-688、2015
- [2]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
- [3]永野康行、客野尚志：シミュレーション、AI技術と構造設計の関係、日本建築学会大会(北陸) 構造部門(応用力学) パネルディスカッション資料、pp17-22、2019.9
- [4]山下拓三：地震対応力向上を実現する都市 Cyber-Physical-Systemの提案と数値振動台の活用、日本地震工学会・大会-2019 梗概集、2019
- [5]細江英侍、大谷英之、永野康行：都市における鋼構造物モデル群を用いた時刻歴地震応答解析、日本建築学会近畿支部研究発表会梗概集、頁未定、2020 予定
- [6]吉岡幹広、大谷英之、永野康行：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、日本建築学会大会(関東)梗概集、頁未定、2020 予定
- [7]財団法人 日本建築防災協会、構造設計・部材断面事例集、pp.489、2007.6

*1 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)
 *2 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
 *3 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 准教授・博士(工学)

*1 Prof.,Grad .Sch.Sim .Studies ,University of Hyogo, Dr.Eng
 *2 Graduate Student Grad .Sim .Studies , University of Hyogo
 *3 Research Scientist,RIKEN Center for Computational Science.
 Assoc Prof.,Grad .Sch.Sim .Studies ,University of Hyogo, Dr.Eng.