

統計的手法を用いた鋼構造建築物における多質点系モデルのパラメータ決定

正会員 ○筒井 寛太 1*
同 永野 康行 2**架構形式 都市防災 時刻歴応答解析
鋼構造建築物 多質点系モデル 重回帰分析

1. 序

情報技術の発展に伴い大規模計算が可能になり、都市規模の地震被害予測手法として、都市に存在する建築物一棟ずつを多質点系モデルでモデル化し、地盤情報を考慮して地震応答解析を実行する「統合地震シミュレータ¹⁾ (Integrated Earthquake Simulator, 以下「IES」) が用いられつつある。都市に存在する建築物は、構造設計者によって部材や架構形式等が検討され、様々な力に対して安全に設計されており、大量生産される工業製品と異なり個別性が高く多様である。しかしながら、現状の IES は、木造、鉄筋コンクリート造、鋼構造等の構造種別によって解析モデル生成フローが切り替わり、階数・面積に応じて解析モデルを生成するため、構造種別・階数・面積が同一の建築物であれば、全く同じ多質点系モデルが生成される。そのため、建築物の高い個別性が反映されておらず、現実都市の建築物との差異が生じている。ただし、一般的に構造設計者によって設計される部材は仕上げ材に隠れる点、構造計算書は安全上の観点から秘匿性が極めて高い点から、完成後の建築物から部材や架構形式を識別することは困難である。一方で、著者ら²⁾は建築物の用途と架構形式には関連性がある事をアンケート調査により確認した。アンケート調査結果から、建築物の用途に応じて架構形式を2つ(純ラーメン架構、ブレース架構)に区分した。架構形式が異なると、塑性後の復元力特性が異なる事、ブレースが設置されることにより剛性が大きくなり、かつ、構造特性係数(Ds)が異なる事により耐力が大きくなる事が考えられる。そのため、都市に存在する建築物を架構形式に応じて、それぞれモデル化する必要がある。

本研究の目的は、建築物の用途に応じて区分された架構形式ごとに、鋼構造建築物の多質点系モデル化に必要なパラメータを決定することである。

2. 架構形式に応じた剛性推定

一般論としてブレース架構の剛性は、純ラーメン架構の剛性に比べて大きい傾向がある。そこで、架構形式に応じた鋼構造建築物の剛性を推定する。本報では、説明変数を「階数」、「基準階面積」及び「ブレースの有無(ダミー変数)」の3つとし、目的変数を「最下階の剛性」とした重回帰分析によって、架構形式に応じた鋼構造建

築物の剛性の推定式を提案する。重回帰分析の対象は構造設計事例集³⁾に掲載されている鋼構造建築物20ケースのうち、制震構造を除く19種類とした(表1)。重回帰分析に用いる分析データから最下階の剛性に関する回帰式を推定する。算出方法は最小二乗法とし、ソルバーはExcelのデータ分析ツールを用いた(式1)。

$$1F_{\text{rigidity}} = 464.5925x + 3.755566y + 1889.92z - 1118.98 \quad (1)$$

ここで、x: 階数、y: 基準階面積、z: ブレースの有無(ブレース有「1」、ブレース無「0」)である。尚、推定式の結果が1000kN/cmを下回る場合は、1000kN/cmと仮定する。最下階以外の剛性については、IESと同様に最下階の剛性に対する最上階の剛性の比が0.8とし、線形補間して他階の剛性を仮定する。推定した回帰式の補正R2値は約0.74、有意F値は約0.00(3.31E-05)であり、有意な回帰式であることを確認した。また、変数の影響度を示すt値について、階数は約5.50、基準階床面積は約2.28、ブレースの有無は約2.29であることから、階数が説明変数に対する影響度が大きいことを確認した(表2)。

最下階の剛性と階数の関係について、従来手法(IES)、事例集に掲載されている値(事例集)と、本研究による推定式(推定式)の3種類による比較し、図1に示す。尚、図内に線形近似線及び決定係数を示す。

表1 重回帰分析に用いた分析データ

ground	area	brace	1F_rigidity
5	679	0	3917.553
5	679	1	4886.3
5	679	0	3201.765
10	679	0	6656.24
10	679	0	8756.37
10	679	1	8821.819
10	679	0	7349.399
10	679	0	4823.999
10	679	0	5896.497
14	679	0	7500.363
14	679	0	8239.772
14	679	0	5903.188
5	1000	0	4270.436
10	1000	0	6663.043
10	1000	0	8939.874
14	1000	0	8385.152
14	1000	0	9217.242
3	340	0	1335.978
3	340	1	3344.303

表 2 回帰式の評価

	係数	標準誤差	t	P-値	下限 95%	上限 95%	下限 95.0%	上限 95.0%
切片	-1118.98	1242.908	-0.90059	0.36204	-3767.33	1529.357	-3767.33	1529.357
ground	464.5925	84.51873	5.496918	6.14E-05	284.4451	644.7399	284.4451	644.7399
area	3.755566	1.644906	2.28315	0.037422	0.249532	7.2616	0.249532	7.2616
brace	1889.92	826.3177	2.287159	0.037134	128.6655	3651.175	128.6655	3651.175

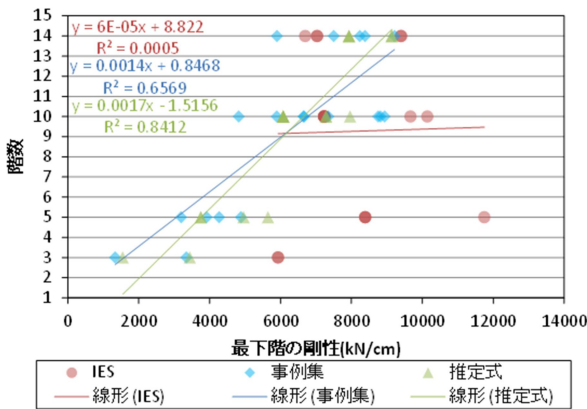


図 1 モデル化別の階数と最下階の剛性の関係

モデル別の階数と最下階の剛性の関係から、構造設計事例集と推定式による最下階の剛性は、似た傾向である事が確認できる。これは、推定式を生成する際のデータが事例集を用いたため当然であるが、低層建築物であるほど最下階の剛性が低く、高層建築物であるほど最下階の剛性が大きくなる、一般的な構造設計の考え方と一致する。これらの結果から、構造設計事例集の剛性に対して、IES による推定よりも、本研究における推定式の方が精度良く、架構形式に応じて剛性を推定できる。

3. 架構形式に応じた耐力推定

保有水平耐力 (Q_u) は、必要保有水平力 (Q_{un}) 計算に従い、必要保有水平耐力比を乗じた値を耐力と仮定する。構造計算において、架構形式に応じて D_s は異なる値をとるため、本研究において、純ラーメン架構の D_s は 0.25、ブレース架構の D_s は 0.50 と仮定する。その他係数について、 $F_{es} \cdot C_o$ は一律 1、 $Z \cdot R_t \cdot A_i$ は法及び地域に応じた値、単位面積重量は 8kN/m^2 、必要保有水平耐力比は一律 1.5 と仮定する。また、架構形式に応じて履歴特性が異なるため、本研究において、純ラーメン架構は標準型、ブレース架構はスリップ型の履歴特性とし、ブレース架構のブレース水平力負担率は 100% と仮定する。

4. 建築物の用途に応じた架構形式に基づくモデル化

筒井らによる区分²⁾を踏まえて(表 3)、「剛性の推定式(式 1)」及び「架構形式に応じた耐力推定フロー(図 2)」を一気通貫で実行することで、建築物の用途に応じた架構形式に基づく地震応答解析用のモデル化を行う。尚、モデルの階高は一律 4.00m、剛性低下率は一律 0.02、減衰は剛性比例減衰とし、一次の減衰定数を 0.02 と仮定し、モデルは多質点系せん断型モデルとする。

表 3 建築物の用途に応じて推定された建築物²⁾

	架構形式	D_s 値
事務所	純ラーメン	0.25
店舗	架構	
工場	ブレース架構	0.50
倉庫		
学校	純ラーメン	0.25
病院	架構	

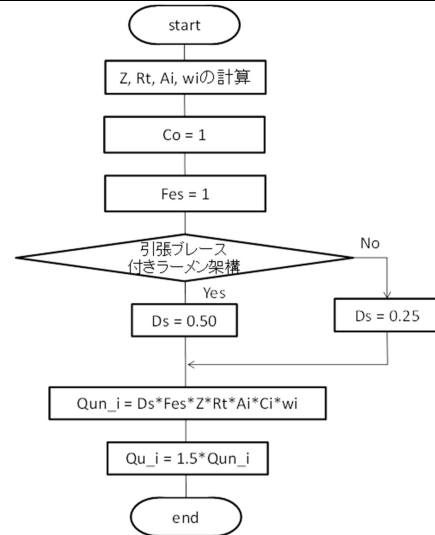


図 2 架構形式に応じた耐力推定フロー

5. 結

本研究では、①推定式により IES の構造物応答シミュレーションモデル計算による結果よりも、現実都市に存在する建築物の剛性について精度良く推定できることを確認した。また、②完成後の建築物から部材や架構形式を識別することは困難である問題点を克服した。

謝辞

本研究の成果は、「理化学研究所(関西地域を対象とした都市防災の計算科学研究 -地震津波と集中豪雨被害のハザードマップ作成-)」の一部である。ここに記し、謝意を表す。

参考文献

- 筒井寛太, 本田理奈, 大谷英之, 永野康行: 都市規模の建築物被害予測における鋼構造建築物の構造計画の違いによるモデル化に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道), pp.401-402, 2022.9
- 筒井寛太, 永野康行: 建築物の用途に応じた架構形式に基づく地震時安全性評価 鋼構造建築物における架構形式に関するアンケート調査, 日本建築学会近畿支部研究発表会, 未定, 2023.06
- 一般財団法人 日本建築防災協会: 構造設計・部材断面事例集, 2007.6.27

*兵庫県立大学大学院情報科学研究科 博士前期課程

**兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科 教授・博士(工学)

* Graduate student, Grad.Sch. Info. Sci. Univ. Hyogo

** Prof., Grad.Sch. Dis. Res. and Gov., Univ. Hyogo