

## 建築物の用途と架構形式の関係調査

正会員 ○筒井寛太\*1 同 永野康行\*2

## 2. 構造—2. 振動—e. 被害予測・地震防災

## 建築物の用途、架構形式、地震時安全性評価、鋼構造建築物、アンケート

## 1. 序

将来起こりえる地震対策のため、都市規模の地震被害予測を行う事は都市防災計画に必要不可欠である。情報技術の発展に伴い大規模な計算が可能になり、兵庫県立大学や、理化学研究所計算科学研究センター (R-CCS) 総合防災・減災研究チーム等では、統合地震シミュレータ<sup>1)</sup> (Integrated Earthquake Simulator, 以下「IES」) の研究開発を行っている。IES は、地盤や建築物の解析モデルを保管するプラットフォームであり、都市に存在する建築物に適したモデルを適用することで、精度の良い都市規模の建築物被害予測が可能となるツールである。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、IES は構造種別によって地震応答解析用の質点系モデル生成フローを切り替え、建築面積及び階数のみでモデルを推定するため、同一種別・階数・面積の建築物であれば同一の多質点系モデルが生成される。そのため、建築物の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<sup>2)</sup>。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、建築物の用途と架構形式にはおおよその関連性があると考えられる。建築物の用途と架構形式の関連性を確認すること可能であれば、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が可能となると考える。

本研究の目的は、鋼構造建築物を対象として、都市に存在する建築物について、建築物の用途に応じて、2つの架構形式に区分することである。

## 2. 調査方法

本研究では、建築物の用途に応じて、鋼構造建築物の主流である、純ラーメン架構とブレース架構の2つの架構形式に区分する。構造設計の一般的な流れとして、敷地や建築物の用途などの与条件に応じて、構造設計者は経験的な判断によって、構造種別や架構形式を決定する。つまり、設計プロセスにおける初期段階において建築物の用途に応じて架構形式が蹴ってされていると推察する。そこで、現役の構造設計者を対象とし、「鋼構造建築物における架構計画に関するアンケート調査」と称したアンケートを作成し、建築物の用途と架構形式の関係性について調査を実施した。アンケートは全3回実施し、13名を対象から回答を得た(表1)。調査の流れは、①回答者に対して、回答用紙1枚(付録1)と説明用紙1枚(付録2)の計2枚を配布し、②口頭でアンケートの背景及び目的を読み上げた後、③記述式で回答時間を約15分程度設け、④回答用紙を回収した。

調査項目は全18項目である。本報においては、内12項目について記す。尚、アンケートにおいて構造種別を鋼構造に限定している。鋼構造のみを対象とする理由は、地震応答解析を実行する場合、鋼材はヤング係数が一定であるため、W造やRC造と比較して計算をすることが容易であることから、足がかりとして鋼構造のみを対象としている。

表1 アンケートの概要

	日程	場所	人数
第1回	2022/11/9	神戸文化	9
第2回		ホール	3
第3回	2022/11/13	オンライン	1

Investigation of the relationship between building use and structure type

KANTA Tsutsui and NAGANO Yasuyuki

### 3. 調査結果

「構造設計歴（図1）」について、20年以上と回答した設計者が全体の7割であった。「構造設計を行う際のDsについて（図2）」における「建築物の用途によってDsは異なる」との間に対して、建築物の用途によってDs値は異なるとやや思わない・思わないと回答した設計者が全体の約6割であった。この結果から、建築物の用途とDsを結び付けて設計する設計者は少ないことを確認した。「架構形式を決定する時期（図3）」についての問いに対して、最も初期段階の基本構想時と回答した設計者が全体の約6割であった。この結果から、設計全体から見て前半に当たる時期に架構を考慮している事が確認できる。

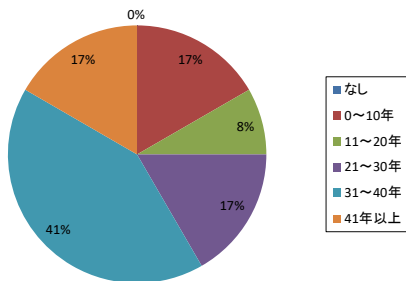


図1 構造設計歴

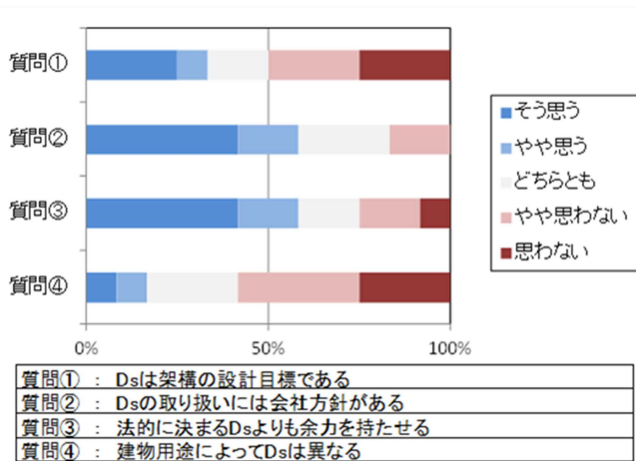


図2 構造設計を行う際のDsについて

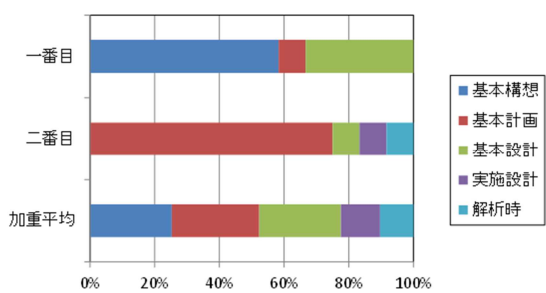


図3 架構を決定する際に考慮する時期

回答者が中層程度の建築物を設計する場合の架構計画について、建築物の用途に応じて質問を行った。回答結果について、分岐式を用いて回答者が想定する架構形式及びDs値を建築物の用途に応じて推定する（図4）。尚、図内の四角内におけるHは両方向標準型（純ラーメン架構）、Sは両方向スリップ型（ブレース架構）、HHは両方向標準型（一方方向ラーメン架構・他方向座屈補剛ブレース付きラーメン架構）、HSは一方方向標準型他方向スリップ型（一方方向ラーメン架構・他方向ブレース架構）の履歴特性を示す。また、四角内の数字に関しては、Ds値を示している。例えば、「S-0.50」は、両方向がスリップ型の履歴特性を示し、Ds値は0.50である事を表す。

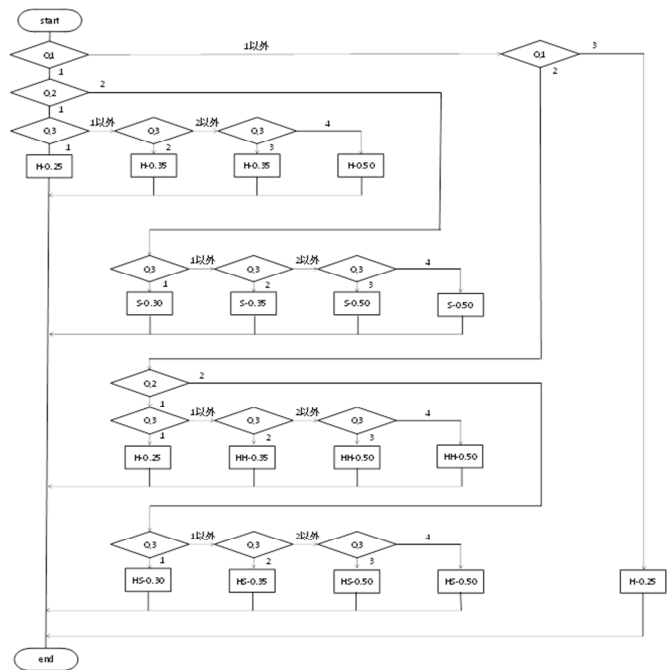


図4 架構形式及びDs値推定フロー

回答者が中層程度の建築物を設計する場合の余力について、建築物の用途に応じて質問した。回答の結果について、分岐式を用いて回答者が想定する余力について建築物の用途に応じて推定する（図5）

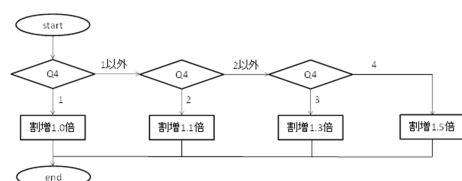


図5 耐力の推定フロー

中層程度の建築物を設計する際の建築物の用途別の架構形式を推定した回答結果について図 6 に割増係数を推定した回答結果について図 7 に示す。

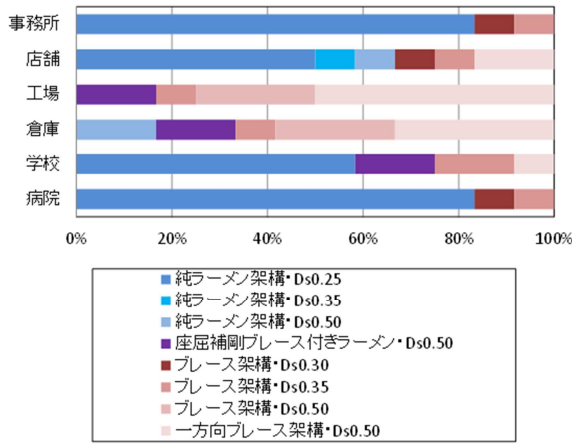


図 6 建築物の用途別の架構形式

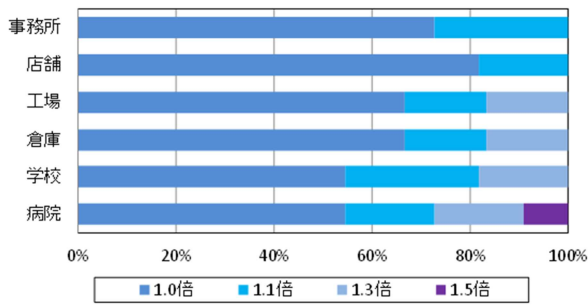


図 7 建築物の用途別の割増係数

回答者が中層程度の建築物を設計する際の建築物の用途別の架構計画について推定モデルは、事務所・店舗・学校・病院建築について純ラーメン架構の  $D_s$  値が 0.25、工場・倉庫建築について一方方向ラーメン他方向ブレース架構の  $D_s$  値が 0.50 である(表 2)。また、推定割増係数については、いずれの建築物の用途においても割増を行わないことを確認した。

表 2 推定された建築物

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

#### 4. 結

本研究では、鋼構造建築物を対象として、都市に存在する建築物について、建築物の用途に応じて、2つの架構形式に区分するために、「鋼構造建築物における架構計画に関するアンケート調査」を実施した。本研究で得られた知見を以下に示す。

- ① 建築物の用途が「事務所・店舗・学校・病院」の場合、純ラーメン架構として設計する設計者が多く、建築物の用途が「工場・倉庫」の場合、ブレース架構として設計する設計者が多いこと。
- ② 法的に決定する  $D_s$  値に対して割増係数をかけるケースはほとんど無いこと。
- ③ 建築物の用途から架構形式を決定する設計事例は多くないが、建築物の用途に応じて設計者の経験的な判断として建築物の架構形式を決定するため、建築物の用途と架構形式及び  $D_s$  値に関係性があること。

今後の展望として、区分した 2 つの架構形式に応じた多質点系モデルを作成し、地震応答解析を実施すること。また、区分された架構形式ごとに安全性評価をおこなうことが挙げられる。さらに、架構形式の区分を本報より増やし、都市規模の地震被害予測の精度を高める事を目指す。

#### 謝辞

本研究に関して多大な助言を頂いた、株式会社竹中工務店前川元伸氏並びに北條建築構造研究所橋本宗明氏、アンケート調査にご協力頂いた兵庫建築構造技術研究会の皆様感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 堀ら：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)、pp295-pp305、2015
- 2) 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

付録1 アンケート説明用紙

アンケート実施日：2022年11月9日

**「鋼構造建築物における架構計画に関するアンケート調査」の概要**

兵庫県立大学大学院 情報科学研究科 博士前期課程修士2年 筒井寛太  
Mail : ad21u008@gsis.u-hyogo.ac.jp

1. 本アンケートの背景・目的

兵庫県立大学永野研究室では、都市規模の建物被害予測に関する研究を行っています。従来の被害予測は被害率曲線を用いた手法（図1）ですが、我々はシミュレーションによる建物被害予測手法（図2）を用いています。都市に存在する鋼構造建築物は、それぞれの建物において、設計者が設計思想・設計意図をもって、個別の構造計画がなされています。しかし、このシミュレーションでは、都市に存在する鋼構造建築物について、構造特性係数（以下、Ds）を一律0.35と仮定して、建物をモデル化しています。そのため、建築規模・構造種別が同様であれば、形状や架構の違いに関わらず同じモデルが生成され、都市規模の地震応答結果のばらつきが小さいことが指摘されています。

私は、構造設計者の皆様がどのような設計思想・意図をもって構造設計や架構計画をなされているのかについてデータを取集したいと考えています。取集したデータを用いて適切なモデル化を行うことで、都市に存在する建物の架構の違いを反映することが出来れば、より現実に近いシミュレーションが可能になると考えています。

本アンケートを取るに至った背景は、架構の違いを目視で確認できるのか、固定資産税台帳データなどの行政資料で確認できるのか、先行研究に都市規模の架構計画の分析などに関する研究がないのか等、架構の違いを把握する手法について、複数検討したもののいずれも断念しました。一方で、街中の立体駐車場や工場にはブレース架構が比較的多いことに気づき、建築用途と構造特性係数に相関関係があるのではないかと考え、是非、構造設計者の皆様にアンケートを用いて聞いてみたいと考えました。このアンケートの結果をシミュレーションに反映する事で、従来よりも精度良い都市規模の建物被害予測を実行することが出来ます。

本アンケートの目的は、各種建物の構造設計の際における設計者の架構計画についての考え方を調査することです。そして、アンケート結果は修士論文内において適切に用います。なお、アンケートにおいて構造種別を鋼構造に限定している理由は、鋼材はヤング係数が一定であるため、W造やRC造と比較して計算をすることが容易であることから、今回は足がかりとして鋼構造のみを対象としています。

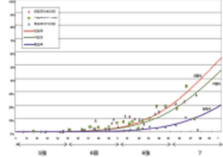


図1 従来の被害予測の例(内閣府より転載)

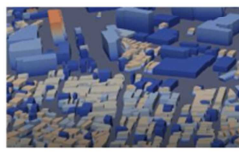


図2 シミュレーションの可視化の例

付録2 アンケート回答用紙

**鋼構造建築物における架構計画に関するアンケート調査**

兵庫県立大学大学院 情報科学研究科 博士前期課程修士2年 筒井寛太  
Mail : ad21u008@gsis.u-hyogo.ac.jp

■ 回答者様情報について伺います。(一つに「☑」を入れてください。)

性別	<input type="checkbox"/> 男性 <input type="checkbox"/> 女性
構造設計経験	<input type="checkbox"/> 20代 <input type="checkbox"/> 30代 <input type="checkbox"/> 40代 <input type="checkbox"/> 50代 <input type="checkbox"/> 60歳 <input type="checkbox"/> 70歳以上
構造師免許(種・号)	<input type="checkbox"/> 設計事務所 <input type="checkbox"/> 大学等 <input type="checkbox"/> ゼネコン <input type="checkbox"/> ハウスメーカー <input type="checkbox"/> その他( )

■ ご自身が構造設計を行うときについて伺います。(一つに「☑」を入れてください。)

Dsは実際の設計段階で決定する	<input type="checkbox"/> そう思う <input type="checkbox"/> やや思う <input type="checkbox"/> どちらとも <input type="checkbox"/> やや思わない <input type="checkbox"/> 思わない
Dsの取り扱いは会社方針がある	<input type="checkbox"/> そう思う <input type="checkbox"/> やや思う <input type="checkbox"/> どちらとも <input type="checkbox"/> やや思わない <input type="checkbox"/> 思わない
設計に決まるDsよりおまかせした方がはばかる	<input type="checkbox"/> そう思う <input type="checkbox"/> やや思う <input type="checkbox"/> どちらとも <input type="checkbox"/> やや思わない <input type="checkbox"/> 思わない
建物用途によってDsは異なる	<input type="checkbox"/> そう思う <input type="checkbox"/> やや思う <input type="checkbox"/> どちらとも <input type="checkbox"/> やや思わない <input type="checkbox"/> 思わない

■ 架構を決定する際について、考慮する種別を数字を記入してください。(「1」が最も考慮する)

要素について	( )コスト ( )デザイン ( )建物用途 ( )地震 ( )規模 ( )無主の希望
詳細について	( )基本構想 ( )基本計画 ( )基本設計 ( )実施設計 ( )解納特

■ 架構と関連すると思う選択肢について、考慮を数字を記入してください。(「1」が最も関連する)

要素について	( )コスト ( )デザイン ( )建物用途 ( )地震 ( )規模 ( )無主の希望
詳細について	( )基本構想 ( )基本計画 ( )基本設計 ( )実施設計 ( )解納特

構造設計する時の自分のルール、ポリシー等ありましたらお聞かせください。

建物用途の建物も設計する際についてお伺いします。建物用途は6種類、それぞれの建物用途についての質問数は4問です。

Q.1 設計する際に、ブレースを入れますか。

1. 両向きはブレースを入れます	2. 一方向きはブレースを入れます
3. ブレースを入れない(縦カーメン型鋼)	(※.を選択した場合、Q.4は非応)

Q.2 ブレースを入れる場合、どのようなブレースを選択しますか。

1. 屈折部ブレース
2. 2面ブレース

Q.3 ブレースの水平力負担率はおよそ何%ですか。

1. 0~20%	2. 30~40%
3. 50~60%	4. 70~100%

Q.4 法的に決定するDsに対しての割増(余力)はおよそ何%ですか。

1. 1割増し	2. 100~110%
3. 120~130%	4. 140%以上

	Q.1	Q.2	Q.3	Q.4
例	1	2	3	2
事務所				
店舗				
工場				
倉庫				
学校				
病院				

質問は以上です。ご協力頂きましてありがとうございます。

\*1 兵庫県立大学大学院情報科学研究科 博士前期課程 Graduate student, Grad.Sch. Info. Sci. Univ. Hyogo  
 \*2 兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科 教授・博士(工学) Prof., Grad.Sch. Dis. Res. and Gov., Univ. Hyogo