

## 平成 23 年度第 2 回構造設計における冗長性と性能最適化小委員会議事録

- 日時：2011 年 9 月 13 日(火) 14:00-18:00
- 場所：建築会館・会議室
- 議題：
  1. 各委員の担当箇所に関する資料の検討
  2. その他
- 出席者：竹脇，朝川，磯部，伊藤，曾我部，高田，中村，福田，山川（敬称略）
- 配布資料：
  - 【No. 02-001】平成 23 年度第 1 回構造設計における冗長性と性能最適化小委員会議事録（書記：山川）
  - 【No. 02-002】タイトル：建築構造設計における冗長性と頑強性（竹脇主査）
  - 【No. 02-003】1. 冗長性と頑強性（竹脇主査）
  - 【No. 02-004】2. 進行性崩壊の定義（竹脇主査）
  - 【No. 02-005】3. S 構造の冗長性（WTC を例にして）（磯部委員）
  - 【No. 02-006】6. キーエレメントの概念を用いた冗長性評価（伊藤委員）
  - 【No. 02-007】ロバスト性と冗長性の数理（寒野委員）
  - 【No. 02-008】複数の荷重条件を考慮したトラス・トポロジー最適化（高田委員）
  - 【No. 02-009】X. 耐震性能とロバスト最適設計（山川）
  - 【No. 02-010】□. 応答曲面法を用いた弾塑性骨組構造物のロバスト最適化（曾我部委員）
  - 【No. 02-011】8. 既存構造物の局部損傷による崩壊を抑制するための部材配置（福田委員）
  - 【No. 02-012】「建物と地盤の動的相互作用における冗長性とロバスト性」の概要案（中村委員）
  - 【No. 02-013】実務・実例における冗長性と頑強性（朝川委員・浅岡委員）
  - 【No. 02-014】付録（朝川委員・浅岡委員）
- 1. 前回議事録の確認（竹脇主査，資料 No. 02-001）
  - ・ 前回小委員会の議事内容を確認した。
- 2. 目次案の確認（竹脇主査，資料 No. 02-002）
  - ・ 2010 年 10 月時点での目次案を確認した。
  - ・ 第 8 章は一つの章という意味ではなく，委員ごとに章立てをわけるともりである。（竹脇主査）

- ・ 応用力学運営委員会に現状を報告し、構造委員会に刊行企画書・刊行計画書を提出する。刊行企画書には目次、要旨を書く必要がある。(竹脇主査)
- ・ 応用力学委員会、構造委員会の査読を受ける必要がある。(竹脇主査)
- ・ 来年の大会PDへ本小委員会としてエントリーするか？(中村委員)  
→来年はしない。(竹脇主査)

### 3. 各委員の担当箇所に関する資料の検討

#### 3.1. 1. 冗長性と頑強性 (竹脇主査, 資料 No. 02-003)

- ・ 昨年秋の原稿から大きくは変わっていない。(竹脇主査)
- ・ 寒野委員の指摘を受けて図 1.8 の「冗長性」を「フェールセーフ」に変えた。(竹脇主査)  
→図 1.8 の表題について見直すかもしれない。趣旨としては冗長性と頑強性は相反するものではなく包含関係にあるということを言いたい。(竹脇主査)
- ・ 寒野委員の冗長性についての論文を引用した。(竹脇主査)
- ・ ニューヨークWTCビル崩壊の特別号の紹介を追加した。(竹脇主査)
- ・ 「頑強性」と「ロバスト性」, 「冗長性」と「リダンダンシー」を用語として使い分けるか？統一するか？本のタイトルと合わせるか？(高田委員)  
→「冗長性」と「ロバスト性」に統一することとする。「頑強性」, 「リダンダンシー」は用語として使わない。本のタイトルも変更する。(竹脇主査)
- ・ 図 1.9 右側だけが insensitivity to local failure と英語になっていることに違和感がある。(中村委員)  
→考えておく。(竹脇主査)

#### 3.2. 2. 進行性崩壊の定義 (竹脇主査, 資料 No. 02-004)

- ・ 前回から内容に変更はない。説明を詳細にするようにとの査読意見を受けるかもしれないので、その点を見直す。(竹脇主査)
- ・ 火災崩落解析, WTC 関連の磯部委員の論文を参考文献に加えてほしい。(磯部委員)  
→了解した。(竹脇主査)
- ・ 定義ではなく文献・研究の分類が主であり、タイトルと中身が合致していない？(高田委員)
- ・ 図 2.3 は進行性崩壊と言えるか？単なる崩壊ではないか？(磯部委員)  
→図 2.1~2.3 について、どういう意図で進行性崩壊としているか解説を加える。(竹脇主査)
- ・ 表 2.1 は衝撃荷重に対する解析法の分類ではないか？(福田委員)  
→検討する。(竹脇主査)
- ・ 表番号 (2.1a,b,c) がおかしいので修正する。(竹脇主査)

#### 3.3. 3. S 構造の冗長性 (WTC を例にして) (磯部委員, 資料 No. 02-005)

- ・ 応力伝達経路の変化の図とその説明を加えた (磯部委員)
- ・ 火災崩落解析がリダンダンシーに関係する部分である。火災の非対称性, アウトリガートラスの強度, 軸力比等により崩壊開始時間がどのように変わるか定性的な検討をした。(磯部委員)

部委員)

- ・ 冗長性を定量化することは難しいので、いくつかの構造パラメータに着目して整理した。(磯部委員)
- ・ タイトルをどうするか？(竹脇主査)  
→鋼構造物，鋼構造建物とした方がよい。あるいは建物，骨組といったキーワードがあった方がよい。(伊藤委員)  
→「鋼構造骨組の冗長性について」とする。(竹脇主査)
- ・ 構成を変更する。3.2 数値解析手法，3.3WTC を例とした数値解析，3.3.1WTC 2号棟...，3.3.2 高層タワーモデル...，3.4 まとめ... (竹脇主査，磯部委員)
- ・ 序において，第1章の定義を引用して説明してほしい。(竹脇主査)  
→第1章とどのように関係させるかコンセンサスを取りたい。(磯部委員)  
→第1章の分類とのおおまかな関係を示すようにしてほしい(竹脇主査)
- ・ 図3.8(左下)がわかりづらい。(福田委員)  
→番号は柱番号を表すという説明を加える。(磯部委員)

#### 3.4. 6. キーエレメントの概念を用いた冗長性評価(伊藤委員, 資料 No. 02-006)

- ・ 第2章との関係を序に追加した。(伊藤委員)
- ・ キーエレメントを主題として解説している。図6.1がこの章で解説することを表す概念図である。(伊藤委員)
- ・ 6.2.1 に部材感度解析とキーエレメントに関わる解析法・設計法を比較した解説を追加した。(伊藤委員)
- ・ 6.2.3 に部材端破壊の感度解析を新たに追加した。(伊藤委員)
- ・ 「リダンダンシー」から「冗長性」に用語を統一してほしい。(竹脇主査)
- ・ WTC崩壊は事故ではない。(磯部委員)
- ・ WTC崩壊以外の事例は知らない人が多いので，簡単にでもコメントがあると読みやすい(中村委員)
- ・ そこだけ読めば本章で何が書いてあるかわかるようなまとめが欲しい。(竹脇主査)

#### 3.5. ロバスト性と冗長性の数理(寒野委員, 資料 No. 02-007)

- ・ 日本語の論文も一部引用してもらいたい。(竹脇主査)
- ・ 非専門家には難しいという査読意見が出るかもしれない。(竹脇主査)  
→1節はわかりやすいので，以降の節でも1節との関連をよりわかりやすく説明してほしい。(竹脇主査からの議事録を通じての依頼)
- ・ 伊藤委員が扱っている主題(キーエレメント)は冗長性に分類される？(竹脇主査)  
→視点によって違う(ロバスト性/冗長性/鈍感性)。(伊藤委員，磯部委員，福田委員)  
→伊藤委員と寒野委員の主題はロバスト性・冗長性の定量的評価という意味で共通する？(竹脇主査)
- ・ 5節の位置づけがよくわからない？(竹脇主査)

→3節でロバスト性評価, 5節で冗長性評価を解説している. 4節の設計はなくてもいいのでは? (高田委員)

→評価法に重点を置いて, タイトルは「数理」から「定量的評価法」に変えてほしい. (竹脇主査)

- ・ 伊藤委員の解説との関連性を含めて他章との関係を整理する必要がある. (竹脇主査)  
→はじめのところで他章との関係をのべてほしい. (竹脇主査)
  - ・ 章立てとして伊藤委員→寒野委員の順番にする. (竹脇主査)
  - ・ 伊藤委員の解説との違いがわかるようなタイトルにしたい. (竹脇主査)  
→タイトル案:「ロバスト性関数と強冗長性の概念を用いたロバスト性と冗長性の定量的評価法」(竹脇主査)
  - ・ 1,2,3,5節に内容を絞った方がよい. 数学的な解説に偏ると読者にわかりにくい. (竹脇主査)
- 3.6. 複数の荷重条件を考慮したトラス・トポロジー最適化 (高田委員, 資料 No. 02-08)**
- ・ ロバスト性と冗長性の定義を最初にするように変更した. (高田委員)
  - ・ 複数荷重条件を考慮した例 (p.3) を説明した. (高田委員)  
→荷重のかけ方 (同時ではないこと) を説明する図があるとわかりやすい (竹脇主査)
  - ・ 複数の荷重条件を考慮してもロバスト性が上がるかどうかは場合による (p.5). (高田委員)
  - ・ 構造特性・材料特性のばらつきと部材損失は同じとして扱っている? (竹脇主査)  
→ここでは違うと解釈している. 寒野委員の解説では同じとして扱っている. (高田委員)
  - ・ 鈍感でなくとも余裕があれば冗長性は高い. この章では定量的評価を扱うか? (竹脇主査)  
→定量的評価ではなく定性的なスタディである. (高田委員)  
→タイトル案: トラスのトポロジーに注目した冗長性・ロバスト性の定性的考察 (竹脇主査)
  - ・ グランドストラクチャ法の説明がほしい. (中村委員)
- 3.7. X. 耐震性能とロバスト最適設計 (山川, 資料 No. 02-009)**
- ・ 既往の文献で扱われている代表的なロバスト性指標とロバスト最適設計の概念を説明した. (山川)
  - ・ 耐震設計に適用した場合のスタディを後半で行う. (山川)
  - ・ 主題が広すぎて, 焦点がぼやけている. 前半の解説を主とするべき. (竹脇主査)  
→解析例 (スタディ) は手短かに述べるだけにして圧縮する. (山川)
  - ・ 「ロバスト最適設計」とすると専門家でない読者にとってわかりにくい. (竹脇主査)  
→タイトル案: ロバスト性を考慮した設計の概念 (竹脇主査)
- 3.8. □. 応答曲面法を用いた弾塑性骨組構造物のロバスト最適化 (曾我部委員, 資料 No. 02-10)**
- ・ 簡単のために, 遺伝的アルゴリズムから実験計画法に手法を変更した. (曾我部委員)
  - ・ 計算結果を追加した. (曾我部委員)
  - ・ モンテカルロ法での比較において, 対数正規分布に変更するつもりである. (曾我部委員)
  - ・ ロバスト最適解とは何か? (竹脇主査)

- 保有水平耐力の標準偏差が小さければロバスト性が高いと定義している。(曾我部委員)
  - ・ 図 8 ではロバスト最適解の有利さがわからない。(竹脇主査)
    - 図 9 より, ロバスト最適解は部分崩壊ではなく全体崩壊に結びつくことがわかる。(曾我部委員)
  - ・ 本来的な意味から言えば, 全体崩壊形が保証されるので  $D_s$  値を小さくできる。ただし解析例で条件として考慮しているわけではない。(曾我部委員)
    - $D_s$  値との関係は重要なので, そのことによる有用性を強調した方がよい。(竹脇主査)
  - ・ 図 5 左側は崩壊メカニズム形成時に勾配をもつ?(中村委員)
    - 図 5 左側は④からフラットである。わかりやすいように図を直す。(曾我部委員)
  - ・ タイトル案: ロバスト性に優れた弾塑性骨組構造物の設計法(竹脇主査)
    - シックスシグマをタイトルに入れる?(中村委員)
    - 専門的すぎるので不要(竹脇主査)
- 3.9. 8. 既存構造物の局部損傷による崩壊を抑制するための部材配置(福田委員, 資料 No. 02-11)
- ・ 8.1 序の第 3 段落にロバスト性と冗長性の定義を追記した。(福田委員)
  - ・ どこが壊れると進行性崩壊につながるかの指標として  $SI$  値を用いる。(福田委員)
  - ・ 8.2,8.3 節の進行性崩壊は全体崩壊か? 全体崩壊の方が直接的ではないか?(竹脇主査)
    - 自重を支持できるかどうかだけで判断しており, 部分崩壊も含めて進行性崩壊としている。それを防止するための方法と位置づけている。(福田委員)
    - 第 2 章の定義では, 部分崩壊であっても進行性崩壊に含めている。(磯部委員)
  - ・ 図 8.11 左は柱が消失して進行性崩壊が生じている例か?(磯部委員)
    - その通りである。(福田委員)
  - ・ 以上の議論では  $SI$  の解析であれば必ず進行性崩壊になる。柱が消失して梁が一本壊れるだけでも進行性崩壊か? 抵抗機構が変わってさらに崩壊するような現象を進行性崩壊としている文献もある。(伊藤委員)
  - ・ グランドストラクチャ法の説明の順番がおかしい?(竹脇主査)
    - 構成を見直す。(福田委員)
  - ・ 表 8.2 で最小  $SI$  値をマークして欲しい。対称なものは省略して欲しい。(中村委員)
    - 見やすいように直す。(福田委員)
- 3.10. 「建物と地盤の動的相互作用における冗長性とロバスト性」の概要案(中村委員, 資料 No. 02-12)
- ・ 建物と地盤の相互作用をメインテーマにする。(中村委員)
  - ・ 地震時の地盤-建物相互作用とロバスト性・冗長性との関係を 3 節として追加し, 図 3.2, 表 3.1 に整理した。
  - ・ 図 3.1, 3.2 の横軸は地震動となっている。地震動がレベル 1,2 と与えられてこのような分布が決めるられるのでは?(竹脇主査)

→横軸は入力加速度である。(中村委員)

→耐力は地震動に依存しないのでは？(竹脇主査)

→ここでいう耐力とは静的地震力か？横軸は地震荷重か？(福田委員, 伊藤委員)

→横軸を建物に作用する地震力に変更する。(中村委員)

- ・ 図 3.1, 3.2 の縦軸は確率密度ではないか？(高田委員)

→修正する。(中村委員)

- ・ 相互作用による耐力増大とは何を意味するのか？(竹脇主査)

→入力損失あるいは建物の減衰性能の向上に対応する。(中村委員)

→耐力に分類するのが良いか？その意味では応答と耐力とを分離しづらいのでは？(竹脇主査, 高田委員)

- ・ 第 1 章との関係を述べておいてほしい。(竹脇主査)

→冗長性についても損傷制御杭構造との関係を述べておく。(中村委員)

### 3.11. 実務・実例における冗長性と頑強性, 付録(朝川委員・浅岡委員, 資料 No. 02-13, 14)

- ・ 本日の議論で「冗長性」と「ロバスト性」に用語を統一することとした。これにあわせてほしい。(竹脇主査)

→了解した。(朝川委員)

- ・ 朝川委員と浅岡委員とで共同執筆した。耐震建築, 制振建築, 免震建築, 二次部材・非構造部材等における冗長性と頑強性を説明し, 次に法規・基規準との関係を述べてから, 設計例をいくつか解説するような構成とする。(朝川委員)

→設計例なのでページ数は気にしなくてよい。(竹脇主査)

- ・ 法規・基規準との関係については, 情報として付録に資料を示した。(朝川委員)

→付録は本紙には不要である。(竹脇主査)

- ・ 設計例については承諾をとってから, 内容について簡単な説明を加える。(朝川委員)

- ・ 前回あった分類表がなくなっている。あった方がわかりやすい。(中村委員)

→文章と表の両方をいれるようにする。(朝川委員)

## 4. その他

- ・ 章立てについて議論をした。**9月14日時点の案**(委員会後のEメールの内容を含む)を以下に示す。

1. 冗長性とロバスト性(竹脇主査)

2. 進行性崩壊の定義と関連研究(竹脇主査)

3. 冗長性とロバスト性に優れた設計例(朝川委員・浅岡委員)

4. 冗長性とロバスト性の定量的評価(寒野委員)

5. キーエレメントの概念を用いた冗長性評価(伊藤委員)

6. 既存建造物の局部損傷による崩壊を抑制するための部材配置(福田委員)

7. 「数値解析に基づいた高層建物の冗長性評価」もしくは「高層建物の冗長性に関する考

察」(磯部委員)

8. トラス・トポロジーに注目した冗長性・ロバスト性の定性的考察(高田委員)

9. ロバスト性を考慮した設計の概念(山川)

10. ロバスト性に優れた弾塑性骨組構造物の設計法(曾我部委員)

11. 建物と地盤の動的相互作用における冗長性とロバスト性(中村委員)

12. 信頼性と冗長性(趙委員)

- ・ 目次を決めて、刊行企画書を10月に報告する。章のタイトルを至急に決める。(竹脇主査)
- ・ 原稿締め切り：11月中旬に委員全員にEメールでPDFファイルを配布する。締め切りの一週間前に竹脇主査からEメールで連絡する。(竹脇主査)  
→11月時点で完成版というわけではなく、その後も執筆・修正作業を続けるつもりである。(竹脇主査)
- ・ 句読点は「、」「。」に統一する。(竹脇主査)
- ・ 各章のページ数は15ページ前後(第3章は除く)、全体で150~200ページとする。(竹脇主査)
- ・ 委員会は平成24年度まで、その後もWGとしてなら延長可能である。(竹脇主査)
- ・ 原稿を書いた後、運営委員会、構造委員会の査読を受ける。(竹脇主査)

## 5. 決定事項

- ・ 用語の統一：「冗長性」と「ロバスト性」に統一する。「頑強性」、「リダンダンシー」は使わない。
- ・ 原稿締め切り：11月中旬に委員全員にEメールでPDFファイルを配布する。締め切りの一週間前に竹脇主査からEメールで連絡する。
- ・ 句読点：「、」「。」に統一する。
- ・ ページ数：各章15ページ前後とする。