

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

- 日時：2011 年 6 月 22 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，浅岡，朝川，伊藤，寒野，曾我部，高田，趙，中村，福田，山川（敬称略）
- 配布資料：
 - 【No. 01-01】平成 22 年度第 3 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（記録：山川）
 - 【No. 01-02】冗長性と頑強性（竹脇主査）
 - 【No. 01-03】WHAT IS NATIONAL EARTHQUAKE RESILIENCE?（竹脇主査）
 - 【No. 01-04】構造設計における冗長性と性能最適化小委員会（竹脇主査）
 - 【No. 01-05】構造設計の実務に於けるロバストとリダンダンシー（案）（浅岡委員）
 - 【No. 01-06】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. 01-07】ロバスト性と冗長性の数理（寒野委員）
 - 【No. 01-08】信頼性と冗長性（趙委員）
 - 【No. 01-09】「建物と地盤の動的相互作用における冗長性と頑強性」の概要案（中村委員）
 - 【No. 01-10】キーエレメントによる冗長性評価（伊藤委員）
 - 【No. 01-11】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. 01-12】無題（朝川委員）
- 1. 前回議事録の確認（竹脇主査，資料 No. 01-01）
 - ・ 平成 22 年度第 3 回小委員会議事録の内容を確認した。
 - ・ 磯部委員のタイトルについて、「WTC」から「ニューヨーク WTC」に変更する必要がある。（竹脇主査）
- 2. 各委員の担当箇所に関する資料の検討
 - 2.1. 構造設計の実務に於けるロバストとリダンダンシー（案）（浅岡委員，資料 No. 01-05）
 - ・ 実務に於けるロバスト，リダンダンシーについて整理した。（浅岡委員）
→「ロバスト」ではなく「ロバスト性」に用語を統一してほしい。（竹脇主査）
 - ・ 現行の法規上の要請との関係を考える。各種基準値にはばらつきが考慮されている。法規

を満足させるだけでなく、その精神を満たすための設計が必要である。(浅岡委員)

- ・ 制振建物については、地震力の低減だけでなく地震動のばらつきを減衰力により低減させていることを説明する。ロバスト性・リダンダンシーの観点から1カ所に制振装置を集中させる設計が良いのか等も考える。(浅岡委員)
- ・ ロバスト性・リダンダンシーの観点から、免震建物と想定外の状況を考える。(浅岡委員)
- ・ 全体を通して、実際の設計への影響・波紋を考えて書く必要がある。(浅岡委員)
- ・ RC造とS造の分類表(pp.1-2)の各項目についていくつかの確認。(竹脇主査)
 - 脆性破壊をさけるため釣合鉄筋比以下にするというRC造の例も取り上げては？(中村委員)
 - ロバスト性というよりも余裕度向上に分類される？(竹脇主査)
 - 変形量の向上という意味でリダンダンシーと解釈できる。(浅岡委員)
- ・ 免震建物の場合、免震装置が破損する、擁壁にぶつかるということの検討はリダンダンシー評価に分類される？(中村委員)
- ・ 部材端破壊が起こってもスラブと一体化しているので耐力の観点からは安全側に評価している等のフェールセーフ的な例も含めては？(伊藤委員)
 - 法規で規定されている事項に例を限定するつもりでいた。実務設計の解説・テクニク的なものも含めるか？(浅岡委員)
 - 若手構造設計者・大学院生に参考になるので入れてほしい。(竹脇)
- ・ 2.3節で免震建物の余裕度検定について述べては？(竹脇主査)
 - 実務設計者がよく知っているようなことについてどこまで書くか？(浅岡委員)
 - 最先端の事ではなく、考え方の整理と解説に重点をおいてほしい。(竹脇主査)
 - 基本的な部分も整理して書くようにする。(浅岡委員)
- ・ 読者をどのように想定するか？趣旨をどこに置くか？(朝川委員)
 - 理論的な事よりも実務設計上の事について読者の興味は高いはずである。(竹脇主査)
 - 背景については簡潔にまとめて、冗長性・頑強性といった考え方の分類に重点をおきたい。(浅岡委員)
- ・ 設計技術競技の審査終了後に、それらを実例として解説して欲しい。(竹脇主査)
 - 入選して公開されていれば引用することに問題はない。(中村委員)
 - 入選・落選等も気にする必要はない。(竹脇主査)
 - ※追加：必要に応じて福田委員とも連携をとって進めてもらいたい。(竹脇主査)

2.2. 冗長性と頑強性の例(朝川委員, 資料 No. 01-12)

- ・ 告示等について関連する事項を調べ、関係するいくつかの規定を紹介した。(朝川委員)
- ・ 四本柱の建物に関する規定は冗長性に関係する？(竹脇主査)
 - それぞれにばらつきをもたせているのでロバスト性とも言える。(朝川委員)
 - ばらつきよりも不確定性の方が表現としてよいのでは？(趙委員)
- ・ 想定外の事象については冗長性、想定内の事象についてはロバスト性と考えている。(竹脇)

主査)

- ・ ピロティについての規定の解説 (p.3)
→層崩壊形式は余裕度に関係するので冗長性に分類される？ (竹脇主査)
→柱単体で見ればロバスト性, 建物全体から見れば冗長性に関係すると言える. (浅岡委員)
- ・ 続いて設計事例の紹介をした. 特殊な事例と位置づけている. (朝川委員)
- ・ 材料をまとめた段階であり, どこまでかみ砕いて説明するかを考えている. (朝川委員)
→分量に制限はないので長くなっても良い. 必要であれば章を分けてもよい. (竹脇主査)

2.3. 冗長性と頑強性 (竹脇主査, 資料 No. 01-02, 03, 04)

- ・ 資料 01-02 の 1.1.4 節にレジリエンスの説明を追加した. (竹脇主査)
- ・ レジリエンスについて委員会報告書 (資料 01-03) を紹介した. 決まった定義はないとされており, 例が紹介されている. (竹脇主査)
- ・ レジリエンスは冗長性, 頑強性を含む概念である. 冗長性→頑強性→レジリエンスとして, これらの考え方の包含関係を 1.1.4 節 (資料 01-02) で整理する. (竹脇主査)
→図 1.8 (資料 01-02, 1.1.3 節) と上記の包含関係は矛盾しているのでは? 冗長性と頑強性に一般的な包含関係はないのでは? (寒野委員)
→並列性, 余裕度をどのように含めるかの定義が 1.1.3 節と 1.1.4 節では異なっている. 一般的な包含関係とは言わずに, 複数のとらえ方があるとの紹介にする. (竹脇主査)
- ・ 以降の章で冗長性, 頑強性 (レジリエンスも?) をどのように扱うべきかを統一的に示してほしい. (中村委員)
→内容の統一を強制するつもりはない. 各章では 1 章の考え方とどのような対応関係にあるかを説明すれば良い. (竹脇主査)
→可能な限り, バリエーションが無い方が読者は読みやすい. (中村委員)
→検討する. (竹脇主査)
- ・ 応用力学運営委員会としての活動予定を報告した. 長周期地震動の対策においては減衰性能が重要であり, そのような検討を行う. (竹脇主査)

2.4. 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. 01-06)

- ・ 荷重の分布が変わるとトラス・トポロジー最適解がどのような影響を受けるかを調べた. (高田委員)
- ・ 鉛直, 水平の二方向の荷重条件を同時に考慮すると最適解として不静定構造が得られる. (高田委員)
- ・ 上記問題に斜め方向荷重を追加しても, 最適トポロジーは変化しなかった. 複数の荷重条件を考慮する必要はあるが, 無限個の荷重条件を考える必要はないと解釈できる. (高田委員)
- ・ 目的関数をどのように設定したか? (曾我部委員)
→鋼材量と重み付き平均コンプライアンスに対する多目的最適化問題である. (高田委員)
→目的関数の表記法が誤解を与える. また λ はラグランジュ乗数ではなく重み係数ではな

いか？（寒野委員）

- ・ 複数の荷重方向を考えることはロバスト性向上に分類されるか？（竹脇主査）
→ 全体の構造形式から見れば不静定次数が上がり冗長性が上がったと言える。冗長性とロバスト性どちらを考えているかは見方によると言える。（高田委員）
→そのような解説を冒頭でして欲しい。（竹脇主査）
- ・ 塑性解析も扱えるのではないか？塑性化の方が冗長性との関連が深い。可能であれば、塑性解析との関連も簡単に紹介してほしい。（竹脇主査）

2.5. ロバスト性と冗長性の数理（寒野委員，資料 No. 01-07）

- ・ 1 節に図と説明を追加した。「単一の荷重条件下では最適解が不安定構造となることに対して荷重条件の不確定性を考慮したロバスト最適解では安定構造となる例」，および「不静定次数だけでは構造物の安全性を判断できない例」を示した。（寒野委員）
- ・ ロバスト性の高低は外力の不確定性に依存するので，どういう条件を考えているかを明確にする必要がある。（寒野委員）
- ・ キーエレメント，進行性崩壊と関係がある？（竹脇主査）
- ・ ばらつきのレベルはどのように変動するのか？円以外の非対称な不確定変動も扱えるのか？（趙委員）
→変動範囲は対称に限らず扱える。ただし，理論的に扱えるのと実際に解けるかは別であり，この方法でどこまで扱えるかを答えることは難しい。（寒野委員）

2.6. 信頼性と冗長性（趙委員，資料 No. 01-08）

- ・ 信頼性指標を使って冗長性，頑強性との関係を説明する。（趙委員）
- ・ 図 7.1 では一部材モデルを用いて強度の余裕度と確率論的な扱いを説明した。平均値を使った余裕度だけでは安全性を保証できないので，信頼性指標の導入が必要となる。（趙委員）
- ・ 例を使って並列システムと直列システムの比較を行う。冗長性指標に何がよいかはまだ検討段階であり，信頼性指標と定量的にどのように関係があるかも明らかではない。（趙委員）
→二部材トラス等の単純な例を使って，同じ確率分布の下での並列・直列システム，余裕度との関係を信頼性指標から整理してほしい。（竹脇主査）
- ・ (7-11)式の不等号の向きは誤り？(7-6)式の μ ， σ の定義が最初に欲しい。（寒野委員）
- ・ 信頼性指標よりも破壊確率になじみがある読者が多いので，その対応関係を意識した説明があると読みやすい。（中村委員）

2.7. 「建物と地盤の動的相互作用における冗長性と頑強性」の概要案（中村委員，資料 No. 01-09）

- ・ 地盤建物相互作用の概要を説明し，非線形相互作用を紹介した。非線形相互作用においては知見の蓄積がまだ不十分なので設計への反映が難しい。（中村委員）
- ・ 相互作用を利用した入力・応答低減のための工法を，頑強性向上・冗長性向上の観点から分類・整理した。（中村委員）
- ・ 表 1 の入力・応答低減は頑強性向上で良いのか？（竹脇主査）

→建物の耐力を高い側にすることを頑強性向上とするならば、応答低減により結果として壊れにくくなることも頑強性向上と解釈した。(中村委員)

→余裕が大きくなっているのに冗長性とも言えるのでは？定義をはっきりさせる方がいい。(竹脇主査)

- ・ 「頑健性」は「頑強性」に用語として統一してほしい。(竹脇主査)
- ・ ノン線形性を利用した入力・応答低減は、並列に利用できるのか？(竹脇主査)
→基本的には全て同時に起こりうるので、その中のいくつかを組み合わせることは可能である。(中村委員)
- ・ 「入力の低減」は「入力効果の低減」ではないか？(竹脇主査)
→「入力損失」とも言う。(中村委員)

2.8. キーエレメントによる冗長性評価 (伊藤委員, 資料 No. 01-10)

- ・ 6.2.1 節の変更と、6.2.2 節の追加を行った。(伊藤委員)
- ・ 部材が消失した場合に抵抗機構が存在するかを調べる方法と位置づけて、部材感度解析を用いて壊してはいけない部材を特定する方法を解説する。(伊藤委員)
- ・ 「キーエレメントによる」から「キーエレメントの概念を用いた」にタイトルを変更した方が良いのでは？(竹脇主査)
- ・ 部材感度だけではキーエレメントを測れないこともある。(伊藤委員)
→冗長性の評価等で1,2章との関係性が説明されていると読みやすい。(竹脇主査)
- ・ どれぐらい例をとけば一般的な結論と言えそうか？p.10のように多数解く必要があるか？(寒野委員)
→この例ではこのような結論ということであり、それ以上の一般性は主張していない。(伊藤)
- ・ 例題の数をこれ以上増やす必要はない。専門でない人が読むので、短くまとまっている方がよい。解説書としての位置づけを意識してほしい。(竹脇主査)
- ・ 参考文献の表記方法を1,2章の様式に合わせてほしい。(竹脇主査)

2.9. 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. 01-11)

- ・ なぜ応答曲面法を使うのか？(前回竹脇主査の質問)
→「現実的な規模になったときのことを考えて、順解析の回数を減らしたい。」、「崩壊荷重の二次曲面を一度求めておけば、ロバスト最適化に適用しやすい。」の二点を説明した。(曾我部委員)
- ・ ばらつきを最小化する意義がわからない。(前回竹脇主査の質問)
→最終的には柱梁耐力比等との関係を図表も用いて、説明するようにしたい。(曾我部委員)
- ・ (2)式は平均値か？(竹脇主査)
→ $E[Qu]$ に表記を修正する。(曾我部委員)
- ・ (3)式は表現がおかしいのでは？(寒野委員)
→(3)式は不要なので削除する。(曾我部委員)

- ・ **Qun** は x の関数ではないのか？（竹脇主査）
→ここでは x の関数と考えてない．説明を追加する．（曾我部委員）
- ・ 論文ではなく解説書なので、「本研究では」を「本章では」に、「報告する」を「解説する」と表現してほしい．（竹脇主査）
- ・ いろいろな方法を用いているので、フローチャート等の図表を用いてどの部分に何が必要かをわかりやすく説明してほしい．（趙委員）
→各方法をなぜ使う必要があるかも例で示して欲しい．（竹脇主査）
- ・ 冒頭で最適化問題の意義を述べてほしい．保有水平耐力がある程度以上でばらつきを小さくすることの意義を丁寧に解説してほしい．ばらつきが大きくても良いのでは？（竹脇主査）
→平均値が同じならば、ばらつきが小さいと破壊確率が低くなる．この点についてわかりやすく解説する．（曾我部委員）
- ・ (9)式も解説的に文中で導いて説明して欲しい．（竹脇主査）
→過去の応用力学シリーズを参考にできる．（伊藤委員）
- ・ 図5はロバスト最適解を示しているのか？（竹脇主査）
→この手法で求めたロバスト最適解と鋼材量最小解に対して、モンテカルロ法を用いてロバスト性の確認をした．（曾我部委員）
→この結論は必ず成り立つのか？（寒野委員）
→定性的には成り立つと予想される．ただし、どうしてこれほど差が出るのか定量的にわからない部分はある．ロバスト最適解では柱梁耐力比が1.5程度であり、このことが影響していると思われる．（曾我部委員）
→鋼材量最小解は全応力設計に近くなることが原因の一つではないか？（寒野委員）
→モンテカルロ法における強度のばらつかせ方等の説明もほしい．（竹脇主査）
- ・ 読者は日本人なので、凡例を日本語にしてほしい．（竹脇主査）

3. その他

- ・ 神奈川大学で開催される信頼性工学の国際会議のお知らせ．（趙委員）
- ・ 次回小委員会は9月か10月に行いたい．メールで日程調整を行う．（竹脇主査）
- ・ 章番号は未定だが、委員ごとに章立てをするつもりである．委員会だけでなく、メールでのやりとりもして進めていきたい．（竹脇主査）