

## 2017年度 鋼構造塑性設計小委員会 第4回 議事録

日 時：2017年12月28日（木） 15:00～17:00

場 所：名古屋工業大学 24号館 116室

出席者：五十嵐規矩夫（主査）、石原清孝、井戸田秀樹、岩間和博、岡崎太一郎、金尾伊織、  
佐藤篤司、中野達也、向出静司、山西央朗、聲高裕治（記録）

（※下線部：欠席者）

### 資 料

- No. 04-01 2017年度鋼構造塑性設計小委員会第3回議事録（案）
- No. 04-02 2017年度第3回 鋼構造運営委員会報告（塑性設計小委員会関連）（五十嵐）
- No. 04-03 軸方向圧縮力と2軸曲げモーメントを受ける正方形中空断面鋼柱の構造性能評価（佐藤）
- No. 04-04-01 角形鋼管柱を有する鋼構造立体骨組の地震応答に及ぼす入力方向と柱梁耐力比の影響（聲高）
- No. 04-04-02 角形鋼管柱を有する鋼構造立体骨組の必要柱梁耐力比に及ぼす保有水平耐力の影響（聲高）
- No. 04-05 鋼構造関連の規準・指針の位置づけ（井戸田）
- No. 04-06 塑性設計指針を、建築基準法が定める「保有水平耐力計算」に対応した設計法に位置付けるべきか（岡崎）
- No. 04-07-01 想定外に思いを馳せるために（井戸田）
- No. 04-07-02 座屈に関わる安全性の定量的評価に向けて（井戸田）
- No. 04-07-03 横座屈する梁を含む鋼構造ラーメン骨組の構造特性係数（井戸田）
- No. 04-07-04 限界状態設計法における構造特性係数 $k_D$ 値の統計量の簡易評価手法 その1（井戸田）
- No. 04-07-05 限界状態設計法における構造特性係数 $k_D$ 値の統計量の簡易評価手法 その2（井戸田）
- No. 04-07-06 耐力と変形性能の不確定性を考慮した鋼構造骨組の構造特性係数（パワポ）（井戸田）
- No. 04-07-07 素材特性の不確定な変動を考慮したH形鋼梁部材の耐力と変形性能（井戸田）
- No. 04-07-08 横座屈で耐力が決まるH形鋼梁の繰返し履歴モデル（井戸田）
- No. 04-07-09 部材耐力の不確定な変動を考慮した鋼構造骨組の耐震安全性評価法（井戸田）
- No. 04-08 弱軸周り全塑性耐力におよぼすせん断力の影響（山西）

### 審議議題

#### 1. 前回（2017年度第3回）議事録の確認

- 資料 No.04-01 に基づき前回議事録が読み上げられた。
  - 資料 No.03-05 に関する議事録のうち、「8章」という記述を「7章」に修正する。
  - 山西委員より、3版で下界定理による説明を削除した意図を高松先生に確認したところ、「指針の内容を簡素化し、上界定理による説明に一貫させるためであった」との報告があった。
  - 実際の構造設計で、プッシュオーバー解析に用いるブレースの耐力は、どのような算定式に基づいているかについて、引き続き調査することとした〔担当：岩間委員〕
  - 上記以外は特に意見なく、了承された。

## 2. 鋼構造運営委員会の動向について

- 資料 No.04-02 に基づいて、鋼構造運営委員会の動向について五十嵐主査より説明があった。
  - 2018年度は、鋼構造運営委員会の予算増額に伴い、当小委員会の予算が560,000円となる。
  - 次回の運営委員会（2018年3月20日）で、当小委員会の活動について重点審議が行われる。

## 3. 4版の改定に向けて

- 資料 No.04-03 に基づいて、佐藤委員より、軸力と2軸曲げを受けるときの正方形中空断面の耐力と塑性変形能力に関する検討結果の説明があり、この内容について議論した。
  - 3版では、2軸曲げを受けるときの柱の耐力に直線式を用いており、円形に近い全塑性耐力式よりも安全側の評価となっている。4版では、全塑性耐力を適用できる条件を明示したいと考えている。
  - 本資料では、全塑性耐力を満たす軸力比と曲げ座屈細長比の組合せを検討し、その条件は45° 載荷時が最も厳しいことを確認した。また、塑性変形倍率  $R$  を3以上を確保できる条件についても提案した。
  - 図6の0°と15°を除き、ほぼすべてのケースで  $P\delta$  モーメントに起因する耐力低下が生じた。
  - 曲げ角度  $\alpha$  が0°と45°の場合を除き、 $M_{maxx}=M_{max\alpha} \cdot \cos \alpha$ 、 $M_{maxy}=M_{max\alpha} \cdot \sin \alpha$  の関係が成立しないので、図9の整理方法を再検討したほうがよい。
  - 図11は載荷方向の塑性変形倍率  $R$  なので、45° 載荷時には構面方向の塑性変形倍率  $R$  は図11の値の  $1/\sqrt{2}$  倍になることに注意が必要である。
  - 今後、実験による検証を行う予定である。
- 資料 No.04-04-01, No.04-04-02 に基づいて、聲高委員より、鋼構造立体骨組の部材の塑性変形応答と柱梁耐力比の関係について数値解析結果の説明があり、柱梁耐力比の要求値について議論した。
  - 本資料では、塑性変形によって吸収するエネルギーを、骨組ごとでそろえた数値解析を行っている。解析で得られた柱の累積塑性回転角が、加藤・秋山の提案する角形鋼管の履歴モデルで最大耐力到達時の回転角（保有性能）以下に収まるための柱梁耐力比を、骨組の保有水平耐力に応じて統計的に求めている。
  - 柱梁耐力比の要求値の考え方については、概ね問題ないものと思われる。
  - 最下層柱脚の吸収エネルギーがかなりの量を占めており、これが減少すると梁端や柱端の累積塑性回転角が増大する。小川らの研究と比べて最下層柱脚の吸収エネルギーの割合が大きいと感じられるため、解析結果について検証が必要と考えられる。
  - 保有性能を定める際、各ランクでの幅厚比の上限値を用いていること、加藤・秋山の履歴モデルを用いていることなどが理由で、特にFAランクでは保有性能をかなり過小評価しているものと思われる。
  - 柱梁耐力比の下限値が1.4となっているのは、45° 方向入力に対して決定される入力方向に投影した柱梁耐力比を、構面方向に投影し直したことに起因している。

- ・ 梁の累積塑性回転角についても確認した方がよいと思われる。
  - ・ 今後、解析結果の検証、他の骨組の解析結果の追加、パネルを考慮したときの検討を行う予定である。
- 資料 No.04-08 に基づいて、山西委員より、弱軸まわりの全塑性耐力に及ぼすせん断力の影響に関する有限要素解析結果の説明があり、この内容に関して議論した。
    - ・ シアスパン比を 1～7 の範囲で変化させ、強軸まわりと弱軸まわりの 2 とおりで有限要素法解析を行った。強軸まわりでは、せん断スパン比 5 以下でせん断力の影響を無視した全塑性耐力を下まわったが、弱軸まわりでは、せん断スパン比 2 まで、せん断力の影響はほとんど見られなかった。
    - ・ 解析結果を全塑性耐力の理論式と比較した方がよい、軸力の影響や 2 軸曲げを受ける場合の検討を進めてみてはどうか、という意見があった。
    - ・ 今後、可能な範囲で実験を実施したいと考えている。

#### 4. 鋼構造関連の規準・指針の位置づけについて

- 資料 No.04-05 に基づいて、井戸田委員より、鋼構造運営委員会での規準・指針の位置づけに関する検討内容が説明された。
  - ・ 資料 No.04-05 は、鋼構造運営委員会で配布された資料の抜粋である。
  - ・ 現状では「修復限界」に対応する設計体系の整備が進んでいない。規準・指針のカバーする範囲や位置づけを含めて、検討を進めていく必要がある。
  - ・ 本指針を、「鋼構造保有水平耐力計算規準（案）・同解説（または鋼構造保有水平耐力設計指針・同解説）」と改名して、現行の 2 次設計体系と整合したものととして整備することなどが運営委員会で提案されている。
- 資料 No.04-06 に基づいて、本指針を建築基準法が定める「保有水平耐力計算」に対応した設計法に位置付けるべきかについて議論した。
  - ・ 本資料は、鋼構造運営委員会で寄せられた標記の意見に対する岡崎委員の私見であり、現状では不足している「設計法」と「設計荷重の算定法」を加えた指針にすることで、そのまま実務に利用できる設計体系への整備を目指すべきとの考えである。
  - ・ 設計荷重を本指針に組み込むことの是非、鋼構造全般で設計規準・指針の位置づけをどのように考えるのかなど、当小委員会で引き続き意見を交換しながら議論を深めていくことを確認した。
- 資料 04-07-01～04-07-09 に基づいて、井戸田委員より、損傷の程度から構造特性係数を定める方法について一連の研究成果が紹介され、関連する内容について議論した。
  - ・ 目標とする損傷の程度を決めれば、資料 No.04-07-01 の図のように、入力レベルに応じて構造特性係数を定めることが可能である。一連の研究では、Bi-linear 型や Tri-linear 型の履歴モデル、横座屈に伴う耐力低下を考慮した履歴モデルなどを用いて、骨組の塑性率を指定値以下に留めるための構造特性係数について様々な検討を行っている。さらに、素材

特性の不確定な変動を考慮した場合の検討も行っている。

- 資料 No.04-07-06 にまとめられているように、①許容塑性率の影響関数  $K$ 、②固有周期の影響関数  $f$ 、③二次勾配の影響関数  $g$  をそれぞれ定めることで、構造特性係数を求める手法を提案している。
- 許容塑性率の影響関数  $K$  については、変位一定則とエネルギー一定則の両方で検討しており、変位一定則の方が解析結果との対応がよい。
- 塑性化に伴う周期の伸びについては、固有周期の影響関数  $f$  の中に暗黙に含まれているものと考えられる。
- 上記の検討は骨組レベルでの損傷を取り扱っており、個別の部材の損傷との対応については、資料 No.04-07-09 の検討を進めているが、構造特性係数の提案には至っていない。
- 設計で要求される構造特性係数を本指針で取り扱う場合には、地震動の入力レベルやスペクトル特性をどのように考えるか、3 版の内容とどのようにすみ分けるか、熟慮する必要がある。次回以降、引き続き議論していくことで一致した。

## 5. 今後の予定

- 次回小委員会
  - 2018年3月8日（木）14:00～17:00 に開催する（@名古屋工業大学）。
  - 会場の詳細については、後日、佐藤委員から委員全員に連絡する。

以上