

2019年度 鋼構造塑性設計小委員会 第1回 議事録

日時：2019年6月1日（土） 14:00～17:30

場所：名古屋工業大学 24号館 114室

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

資料

- No.01-01 2018年度鋼構造塑性設計小委員会第5回議事録（案）
- No.01-02 鋼構造塑性設計小委員会 活動計画案（2019～2022年度）（聲高）
- No.01-03 規準・指針のあり方（井戸田）
- 01-03-01 鋼構造関連の規準・指針の位置づけ
 - 01-03-02 構造関連規準・指針の将来検討WG報告書
 - 01-03-03 鋼構造関連の規準・指針の編成
 - 01-03-04 学会規準・仕様書のあり方検討委員会 報告書
 - 01-03-05 鋼構造躯体の性能表示 -鋼構造建築物の性能設計に関する研究 その1-
 - 01-03-06 鋼構造建築物の修復限界 -鋼構造建築物の性能設計に関する研究 その2-
- No.01-04 2019年度大会PD 英文化小委員会（岡崎）
- No.01-05 材料特性・全塑性耐力（五十嵐）
- No.01-06 鋼構造塑性設計指針に対する質問（金尾）
- 01-06-01 質問内容
 - 01-06-02 回答案
- No.01-07 2019年度大会梗概 角形鋼管，2018年度九州支部研究報告書 H形断面（佐藤）
- 01-07-01 軸方向力と2軸曲げモーメントを受ける角形鋼管柱の実験的研究 その1
 - 01-07-02 その2
 - 01-07-03 軸方向圧縮力と単調一端曲げモーメントを受ける細幅H形断面鋼柱の耐力評価
- No.01-08 ブレース付鋼架構の使用と設計に関するアンケート調査（岡崎）
- No.01-09 H形鋼梁部材の平均耐力式と変動係数（井戸田）

審議議題

1. 前回議事録（2018年度第5回）の確認

資料 No.01-01 に基づいて、前回議事録（案）を確認した。

- ・ 聲高委員より紹介のあった接合部パネルの研究成果において、「真応力—真塑性歪の関係性を完全弾塑性としている点に違和感があるとの意見があった」について、正しくは「公称の応力度—歪関係の完全弾塑性とした」との説明があった。その他の内容については、異議なく承認された。

2. 鋼構造塑性設計指針4版改定に関連する研究成果等

資料 No.01-02 に基づいて、4版全体の改定方針、刊行スケジュールを議論した。

- ・ 2017年～2018年委員会議事録から指針全般の改定方針について、審議してきた内容を確認した。
- ・ 「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

定して、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」について、井戸田委員から抵抗感があるとの意見があった。その理由として、「保有水平耐力計算」は建物の構造安全性を保障するための一つの手法であり、その他の確認手法もある中では、名称に含めることは適当ではないとの説明であった。

- ・ 各章の改定方針（3版の積み残し内容）については、各担当委員が確認し、次回以降に改定方針案を提示することとなった。
- ・ 中野委員は委員会に2017年から加わった（活動履歴表に追記）。
- ・ 4版の刊行は2026年（当初の2022年から+4年）とし、しっかり議論して進めることとなった。
- ・ 執筆担当者（案）が示され、山西委員を8章（柱脚）の担当に加えることとした。その他の執筆担当者については変更がないことを確認した。
- ・ 各章の重点審議は、年度に1回程度とし、改定内容を議論することとした。次回委員会で重点審議する章は、「4章」（五十嵐委員）、「6章」（佐藤委員）、「8章」（中野委員）とした。

資料 No.01-03 に基づいて、井戸田委員より、鋼構造関連の設計図書の改定方針に紹介された。

- ・ 紹介された改定方針は、井戸田委員が考えるビジョンであり、運営委員会でのコンセンサスを得る必要はある。
- ・ 構造設計における基本的な考え方は、限界状態（使用限界、損傷限界、修復限界、安全限界）に対応する設計図書を整備する。塑性設計指針は、安全限界を保障するための設計図書といえる。既存の設計規準・指針では、修復限界に対応する設計図書は存在しない。鋼構造限界状態設計指針は限界状態を定める設計図書となり（構造設計の理念）、限界状態に対応した設計規準がそれぞれ準備される。使用限界には鋼構造許容応力度設計規準、安全限界には鋼構造塑性設計規準が対応する体系として移行する。鋼構造設計指針ではなく、鋼構造塑性設計規準にする。接合部設計指針、座屈設計指針などは規準を支援する設計図書の位置づけとなる。
- ・ 構造設計規準等の基本原則（案）では、規準等の作成に当たって含めるべき内容とその構成が示されている。章構成の中には、「第6章 限界状態の設定」があり、当該設計規準が設定する限界状態を定義する必要がある。現在の塑性指針では該当する章はないが、塑性指針の安全限界を定義する必要性はある。安全限界の定義としては、倒壊を防ぐことを保障する必要は無く、想定している変形状態（最大耐力後わずかに耐力劣化する程度）、塑性変形能力あるいは塑性率などの数値を示すことで定義すればよい。また「目標構造性能の設定」が第7章にあり、できるかぎり検証可能な工學量で設定するとしている。そして「目標構造性能の検証」が第9章にあり、どの程度の確からしきで目標構造性能を満足できるかを明示できる必要がある。荷重効果のばらつきを考慮する荷重係数（建築物荷重指針が参照される）と耐力のばらつきを考慮する耐力係数を目標とする構造信頼性（例えば信頼性指標）に基づいて定めることで、目標構造性能を担保できる確からしきを明示することはできる。
- ・ 鋼構造塑性設計指針を「規準」とする場合には、基本原則に沿った章構成にする必要があり、現指針の2・3章の内容は付録、あるいは別冊にする方向になる。
- ・ 現指針10章では、部材の変形量の必要値を求め、部材の保有値を満たすことで構造安全性を確認している。建築基準法で定める構造特性係数に基づいた設計ではないが、理解できる構造設計者は変形量に基づいた設計を実施すればよい。理解できない場合には、耐力ベースの構造特性係数に基づく設計に従えばよいといえる。なお、変形量に基づく設計が現行の耐力に基づく設計よりも結果に

利点があることを確認しておく必要はある。変形量に基づいた構造安全性の検証においても、担保できる確からしさを明示する必要はあり、ばらつきに基づいた評価に倣う場合には部材の変形性能についてもその平均値とばらつき（変動係数など）を明示する必要がある。現時点での情報を提示し、データの充実は今後との努力目標として対応する。

- ・ 将来的には全塑性耐力を満たさない部材についても塑性設計指針（規準）に含めることは可能である。例えば、FD ランクの部材については、弾性設計であり塑性変形に期待できる構造ではないため、耐力設計（構造特性係数に基づく設計）に従う設計になることを明記すればよい。ただし、現時点では塑性解析を適用する構造形式のみを対象として、適用範囲についても明記する方向で検討する。
- ・ 今後も継続して議論することとした。

資料 No.01-04 に基づいて、岡崎委員より、英文化小委員会が今年度実施予定の PD 内容について紹介があった。

- ・ 日本建築学会が刊行する図書は、学術成果の集大成であり、必ずしも建築基準法を意識していない。結果として、設計者の拠り所となるものになっていない。また、国外に発信したい技術は、大臣認定されたものであり、そのような技術とは距離がおかれたものになっている。
- ・ 米国の鋼構造関連規準（重量鉄骨を例に）は、明瞭簡潔であり、構造設計者が参照すべき図書が明確にできている。ASCE-7 は法律ではなく、学会の図書であるが、法律に相当する **International building Code (IBC)** が ASCE-7 を引用することで、実質的には法律相当になっている。ただし、日本との違いは、ASCE-7 が改定されると同時に IBC も反映されることになる。
- ・ 海外に日本の情報を発信するためには、学会の図書に最新の研究成果や技術を取り込む必要があり、建築基準法との位置づけを明確にする必要がある。
- ・ 学会図書の編集方針の提案としては、親規準（鋼構造設計規準）の作成であり、これは現在の許容応力度設計規準、限界状態設計指針、塑性設計指針を統合して、一つにまとめるものである。現在独立している設計に必要な基礎情報を一つにまとめ、研究者と実務者が議論できるプラットフォームを整備することを目指す。
- ・ 残される課題としては、建築基準法との関係をどのように整理するかであり、現状のような独立したものか、補完するものか、あるいは対案はあるのか方針を考える必要がある。
- ・ 学会図書の提案に対して、建築基準法の制度が変わらない限り成立しない非常に高いハードルとの意見があった。
- ・ 欧州の設計体系について質問があり、ユーロコードについて説明があった。ユーロコード（EC）は EC0～EC9 があり、EC0 は限界状態の設定と構造安全性を担保する手法（設計概念）が規定されており、EC1 が荷重効果（Action）、それ以降は各種構造について規定されている。鋼構造は EC3 であり、耐震設計法は EC8 で規定されている。

資料 No.01-05 に基づいて、五十嵐委員より、全塑性耐力について考察した結果の紹介があった。

- ・ 計算に基づく全塑性耐力 M_p は素材引張試験に基づく降伏応力度と断面性能（塑性断面係数）から求められる。紹介された結果では、素材引張試験から降伏応力度を 4 種類の方法で定義し、また部材実験から得た荷重変形関係から実験の全塑性耐力を同様の定義で求め、両者の対応関係について示された。
- ・ 一般的には、0.2%オフセットに基づく降伏応力度と断面性能（塑性断面係数）から求まる全塑性モ

ーメント M_{pc1} と実験結果の接線剛性が初期剛性の 1/6 に等しくなる曲げモーメント M_{exp3} の定義に基づく耐力が比較され、計算耐力の方が実験耐力よりも若干低めの値になるといわれている。回帰直線が示すように、同様の傾向が確認できる。

- ・ 回帰分析は、計算耐力と実験耐力の絶対値の値を用いて実施されているが、絶対値での回帰分析は大きな値のばらつきに結果が引っ張られる。ばらつきの見方としては、計算耐力と実験耐力の差の計算耐力に対する比の平均値とすることで均等に扱うことができる。この算定方法に基づいて今回の結果を再度考察する。
- ・ 断面係数と降伏応力度から求まる降伏モーメントについても検討して欲しいとの要望があった。

資料 No.01-06 に基づいて、金尾委員より、スラブ付き梁の質問への回答について説明があった。

- ・ 「完全合成梁であれば無条件に問題ないということではありません」という記述を、「完全合成梁であっても条件が必要です。制約条件が不明瞭でした」とする。
- ・ 前提として梁が全塑性モーメント M_p を確保できることが前提であり、4章で規定する幅厚比を満たしていることが前提となるが、囲み部分だけではその情報が見落とされる場合がある。なお、解説では梁せいとスラブ厚の適用範囲は示されている。適用範囲を同時に記述する。
- ・ 「一般的な許容応力度設計法に基づいた材長の完全合成梁」とする記述は次期増版で修正することを検討する。
- ・ 回答については、再度検討し、修正（案）を確認後、回答書として提出する。

資料 No.01-07 に基づいて、佐藤委員より、鋼柱の実験結果について紹介があった。

- ・ 角形鋼管柱について、材端曲げモーメントの載荷軸を断面の対角と一致させた（載荷角度 45° ）単調一端曲げモーメントの結果が紹介された。試験体は LSD が定める C-I 区分の柱であるが、その大半は塑性ヒンジを形成する柱の条件式を満たさないものであった。軸力比 0.75（指針上限値）以外の試験体は、最大曲げモーメントが理論的に求められる軸力を考慮した全塑性モーメントを超え、曲げ面内の変形から求まる塑性変形倍率 R は 3.0 以上の値となった。
- ・ 塑性指針あるいは LSD が定める 2 軸曲げモーメントを受ける設計耐力式（直線式）と比較すると、実験の最大曲げモーメントは設計耐力を大きく上回った。
- ・ 試験体の最大曲げモーメントは全て Pd モーメントによって決まり、耐力劣化が生じた後に載荷点付近に局部座屈が発現した。既報の実験結果との比較から、崩壊形式が Pd モーメントで決まる鋼柱の塑性変形能力は載荷軸の影響を受けず、軸力比と曲げ座屈細長比で決まる指標 $(n_y \cdot \lambda_{c0}^2)$ で評価できる可能性が示された。
- ・ 細幅 H 形断面柱について、強軸まわりに単調一端曲げモーメントを受ける実験結果が紹介された。試験体は横座屈細長比の制限をパラメータとしており、曲げ面内耐力で決まる柱（C-II 区分）も対象とした。実験では軸力を考慮した全塑性モーメントに達した試験体は無かったこと、かつ柱区分に対応する設計耐力を満たした試験体も無かった。部材弾性域から素材試験片を採取し、鋼材強度について再確認しているとの説明があった。

資料 No.01-08 に基づいて、岡崎委員より、ブレース付鋼架構の使用と設計に関するアンケート結果について紹介があった。

- ・ 構造設計に従事する実務設計者に対するアンケート結果が紹介された。

- ・ 2次設計ルート3で保有水平耐力を算定する際に用いる圧縮耐力について紹介があり、短期許容圧縮応力度（43%）、長期許容圧縮応力度 $v=1$ （18%）、LSD指針の座屈荷重（22%）と算定法は1つに限られていない。
- ・ H形鋼断面ブレースに採用される接合部型式としては、ガセットプレートを水平・鉛直スチフナで補強する型式が多かった。
- ・ 閉形断面ブレースに採用される接合部型式としては、二面せん断で高力ボルト接合し、ガセットプレートを水平・鉛直スチフナで補強する型式が多数であった。
- ・ アンケート回答の6割程度は、北海道と首都圏であり、地域性については分析できなかった。
- ・ 2015年版の技術基準解説書（黄色本）改定までは、2次設計時のブレースの耐力は圧縮ブレース座屈耐力 N_{cr} の2倍（引張ブレースも N_{cr} として評価）として計算されていた（2007年版では認められていた）。その背景についての問いに、手計算がまだ主だった時代の名残ではないかとのコメントがあった。

資料 No.01-09 に基づいて、井戸田委員より、耐力係数の定め方について紹介があった。

- ・ 荷重係数耐力係数設計法（LRFD）では、目標信頼性指標に対応する耐力係数を公称耐力に乗じて構造安全性を確認することになる。耐力係数算定は、2次モーメント法に基づく場合には平均耐力と変動係数が必要となる。有限要素法解析に基づく H 形鋼梁部材の数値解析結果から、平均耐力と変動係数の評価式について紹介があった。

中野委員の資料は次回以降に審議することとなった。

3. その他

次回小委員会

2019年8月～9月に開催することとし、別途日程を調整する。

調整の結果、2019年8月31日（土）14：00～ 建築会館にて開催する。

以上