

2020年9月16日

JCI研究委員会
TC-204A 性能評価型耐震設計に用いる
コンクリート構造物の非線形モデル研究委員会 第2回議事録(案)

1. 日時：2020年9月16日（水） 16:00 ～ 18:00
2. 場所：オンライン会議
3. 出席予定者：（委員長）塩原等；（幹事）壁谷沢寿一、楠浩一、中村光、藤倉修一、三木朋広；
（委員）池田周英、伊藤央、伊佐政晃、川口和広、楠原文雄、眞田靖士、小室努、谷昌典、山谷敦、鍋島信幸（下線部は欠席）

（事務局）清宮祐子

4. 配付資料：

- 資料No.2-1：議事次第
- 資料No.2-2：第1回全体委員会議事録
- 資料No.2-3：第1回幹事会議事録(案)
- 資料No.2-4：進め方案

- 参考資料No.2-1：ACI318-19 Appendix A 英文和訳対照
- 参考資料No.2-2：ACI318-19 Appendix A 和訳
- 参考資料No.2-3：ACI318-19 Appendix A 英文
- 参考資料No.2-4：進め方案（池田）
- 参考資料No.2-5：進め方案追加資料（池田周）
- 参考資料No.2-6：和訳 分担表(案)

5. 議事次第：

- (1) 新委員の紹介
眞田委員，鍋島委員，小室委員から自己紹介があった。
- (2) 議事の確認（資料No. 2-1）塩原
本日の議事次第について紹介があった。
- (2) 前回議事録の確認（資料No. 2-2）塩原
前回議事録について確認した。
- (3) 前回幹事会の議事録（資料No. 2-3）塩原

8/17に幹事会を行った。日本の地震応答解析に関する基準や規定について議論した。詳細な内容については提出資料に反映されている。議論の結果，ACI318-19付録の耐震性能照査法を参照し，本目次に沿って日本の現状を整理し把握することとしたい。土木分野と建築分野ではクライテリアが異なるのでWGで分かれて作業する。建築では骨組と壁構造，土木は電力と道路と鉄道について検討する。現状把握を行うとともに将来の課題について検討する。ACI318-19付録は幹事団で割り振り和訳した。

幹事団が和訳したACI318-19付録条文を委員長がまとめ直したファイルが参考資料No.2-2に示されている。本条文は米国で建築基準法に相当するもの (ASCE 7 Chapter.16)を補うものとなる。RC構造に適用される付加的に適用させる規定が示されている。より詳細な内容はそれよりも以前に編纂されたTBIはLATBSDC等に具体的書かれている。

- ・ 地震動は目標とする応答スペクトルにマッチングする11波以上の波形を用いて、観測された位相で水平二方向成分をセットとして用いる。構造物のモデルは3次元モデルとしている。目標スペクトルへのマッチングやスケージングはASCE7-16に記載されている。
- ・ 積載荷重は慣性質量に含めないこととなっている。
- ・ 復元力はどのぐらいの割合で倒壊するかを確率的に評価するため、耐力低下モデルを必ず導入して倒壊を判定することが求められる。ただし構造物中の一部の破壊過程のモデル化が難しい部材については限界変形に達しないことを確認する代替方法も認められている。
- ・ 降伏ヒンジが生じる梁の曲げばねと曲げモーメントをセットで変位作用と呼称している。変形を許容する場合を変位制御と呼称している。せん断ばねは弾性であるため強度作用に分類される。柱が曲げ降伏しない場合は強度制御作用となる。地震応答解析によって変位制御作用は変形が、強度制御作用は強度がクライテリアとして判定される。想定されていない破壊が起こらないようにする。
- ・ 靱性のある柱やX型配筋のカップリングビームは変位制御作用としてもよい。
- ・ 第二種構造要素的な部材は変位制御作用にはいけない。
- ・ 部材の有効剛性は誰が計算しても同じ値になるようにする。曲げばねは断面剛性3割等シンプルな方法をとっている。柱梁接合部やスラブの剛性評価もスタンダードなルールを決めている。スケルトンカーブと塑性変形と耐力低下と終局変形を5折れ線ですべての部材をモデル化する。
- ・ 材料強度は設計と施工した強度と違うので、適切なルールに基づいて選択する。柱や梁は耐震診断補修規準等で限界変形角を決める式が提案されている。ファイバーモデルであれば限界変形角を定めるのが難しい。
- ・ 強度設計させる部材の安全率は誰が計算しても同じ値となる。上限強度や実強度の増大に対する余裕度として調整係数を定めている。これらの値は設計者と学者が話し合っ決めてる。
- ・ 配筋詳細については特別な骨組や壁等の靱性補強について必要な部分のみ記載されている。
- ・ 性能評価型設計は妥当性を判断するのは難しく、第三者構造評価に提出する資料が示されている。

和訳してみてexpected strengthが設計に期待する強度なのかどうかはわからなかった。ここでは規格強度に対して平均的な値をexpectedという意味で用いられていると思われる。明確に規定したい概念なのでここで定義している。構造に共通する用語はASCE/SEI 7で定義されている。

詳細な内容は前回の委員会提出資料のリストにある米国のガイドラインに記載されている。本付録は基準法に相当するASCE/SEI 7 の Chapter 16 を鉄筋コンクリート造に適用する時に最低限必要な規定をまとめている。

(4) 本委員会の進め方 (資料No. 2-4) 塩原

日本と米国の性能評価型耐震設計の現状認識を行った。米国はASCE7のChapter16に基準がある。設計者が崩壊機構を設計する。三次元モデルを用いて、履歴モデルのばねで組み立てた骨組の地震応答解析を行う。最低11波形以上の地震動を入力し、クライテリアを満足するか確認する。応答に応じて保証設計する耐力設計法の動的な検証となっている。5000年に1回の地震に対して倒壊する骨組モデルを使って検討する。修復性能や倒壊に対する余力や非構造部材の挙動も定量的に保証できる。倒壊までの過程で他の崩壊機構にならないこともチェックすることができる。地震応答解析を用いた設計によるコストダウンは目指していない。既存建物と新築建物を同じクライテリアで評価できる意

義も大きい。

日本では骨組モデルをせん断バネモデルに変換するのはデファクトスタンダードとなっている。レベル2で層間変形角が1/100以下とされ、倒壊余裕度は求められていない。レベル3に対する検討をしていないため、免震層等の変形で昨今の課題が出てきている。設計者が慣れ過ぎているため耐震安全性のコストダウンに用いることもある。非線形領域における地震力を確かめる補助的なツールとして役割を果たしている。設計と解析は別になっている。

成果物は現状の地震応答解析方法を分析し、動的な耐力設計法を確立するための基礎資料としたい。我が国の性能型耐震設計の現状と問題点と課題を整理した資料を作成する。土木と建築で別に作業するが、ACI319-19付録の目次に沿って知見や課題をまとめることで同じ次元で検討を行う。米国基準との差異はおのずと明らかになる。

日本米国の性能型耐震設計適用範囲と現状と問題点を整理し、余力があれば設計ツールをまとめたい。作業のスケジュールはACI318-19付録Aの目次に沿って現状の得られる知見をラベリングする。建築は骨組と壁式構造、土木は電力・道路・鉄道に関して内容を整理する。本年度12月から1月までフェーズ1として資料のインデックスをリストに書き込んでいく。適宜項目を追加してもよい。これらの作業は建築WGと土木WGでそれぞれ実施する。とりまとめ表に文献番号と内容を入れる。

フェーズ2ではリストに整理された内容について担当を割り振り、報告書素案を作成する。これを次年度6月までに実施する。フェーズ2では次年度10月までに報告書素案をベースとして現状の問題や課題を討論する。フェーズ3では現状の問題点等を確認して適宜報告書の内容を修正追記する。フェーズ4として、全体のとりまとめを行い、最終報告書案を作成し、査読する。フェーズ3でリストを建築と土木での検討結果をまとめる。建築WGは楠先生に主査、土木WGは三木先生に主査をお願いする。当分はWGでの検討作業とし、第3回の全体委員会はフェーズ1が終了した段階で開催する。

池田委員から提出資料の説明があった。リストアップされて文献から日本と米国を比較し、異なる部分について項目を抽出して検討する方法を提案した。超高層建物でコア壁の設計や耐力低下のモデル化等の知見について興味があった。靱性型柱梁フレームの設計について1事例について抽出した内容を例として示した。RC以外の部分も含めると多岐にわたるため委員長ご提案のACIの付録に沿った項目の提案の方が良いと思う。

フェーズ1の詳細な検討方法はWGで検討してもらった方が良いが、土木と建築で横並びにしたいので既存の行はできれば削除しないでほしい。土木の分野は道路と鉄道と港湾では規準が違うためそれぞれの構造について分けて記載する必要が出てくる。モデル化や解析方法や有効剛性や配筋詳細については作業量が多少多くなる懸念がある。期待させる材料強度は個々のケースにより違いが見られると思う。

(5) WG議論のシミュレーション

(建築)

業務方法書は評価機関で概ね同じ内容が記載されている。目標スペクトルは告示で与えられているが、既往波の波形、位相の作り方は指定されていない。米国では地震位相は実観測記録からスペクトルからマッチングすることを求められる。時刻歴応答解析でプログラムは自社開発のものを用いるが、公開するのは評定資料に求められたもののみである。減衰定数は建築学会発行の減衰の考え方等が参照される。武田モデルの除荷剛性低下指数 λ の設定の根拠はよくわかっていない。日本の場合は質点系に置き換えるモデル化も各社独自だが評価機関で方法を調整している。塑性化が大きくない範囲での検討なので倒壊に達する変形領域までは適用できない。骨組応答の解析モデルでも評定を見てもらえるが審査する先生から質点系での結果を聞かれるため結果的に検討が必要になるケースが多い。

(土木)

設計時の地震動や部材の応力照査法は道路橋示方書に記載されている。L2地震動は内陸と海溝の地震に分かれている。モデル化方法として材料特性や曲げの曲率に関する記載もある。米国では評定機関が無いので何人か設計者を任命し、役所と一緒にチェックしている。第3者構造設計者評価について土木では大きなプロジェクトでは別のコンサルによる照査や大学の先生による諮問委員会による検討等があるが、詳細なところまでは調査しない。審査者と設計者と施主がトライアングルの体系になっていない。ピアレビューではあるが責任はない等、規準の中で責任の所在を含めて明示されているので調査する。

リストの項目としてモデルの精度、市販のプログラムでどのくらい結果が違ったか等の知見はまとめるべきかどうか。あれば良いが、作業として難しい。米国の耐力低下モデル(Ibarra-Krawinklerモデル)の質点系の応答解析を塩原研究室の学生が現在検討している。履歴モデルでは目標点を下げたり勾配を下げたりといったモデル様々な低下のモデルが設定可能である。米国の耐力低下に対するモデルとして日本の知見で耐力低下モデルを用いる場合は芳村先生の包絡曲線等の検討は有るが、履歴曲線に関する知見は少ない。繰返変形に対する梁の耐力劣化性状などは研究論文では見かける。

土木側では実態を知るために事例ベースで記載したいと思っている。道路橋示方書では細かい部分まで記載されているが、対象構造物が一般的な形状とはならないので適用方法が異なるケースが多いと考えている。建築側では各委員がWG前に業務方法書をインターネットでダウンロードして事前に把握しておく。市販のソフトウェアのマニュアルについてはどのように集めるか考えておいてほしい。

(6) 次回以降について

次回(第3回) 1月13日13:00~15:00とする

次回から土木・建築WGに分かれた検討作業とする。9月25日の次回幹事会でWGの進め方や日程調整を行う。各委員はWG主査指示のもとに今年一杯の作業をお願いしたい。

次回第2回幹事会を9/25(金) 10:00~12:00に開催する