

2021年1月13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3回議事録

1. 日時：2021年1月13日（水） 13:00 ～ 15:00
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.3-1：議事次第
- 資料No.3-2：第2回全体委員会議事録
- 資料No.3-3：第3回幹事会議事録(案)
- 資料No.3-4-1 建築WG報告書フォーマット_A7（谷）
- 資料No.3-4.2 建築WG報告書フォーマット_A10.11(楠)
- 資料No.3-4.3 建築WG報告書フォーマット_201215(小室 モデル化)
- 資料No.3-4.4 建築WG報告書フォーマット_A8(壁谷澤)
- 資料No.3-4.5 建築WG報告書フォーマット_A15(楠原)
- 資料No.3-5 土木WG報告
- 資料No.3-6 今後の進め方案

5. 議事次第：

(1) 議事の確認（資料No. 3-1）塩原

(2) 前回議事録の確認（資料No. 3-2）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. 3-3）塩原
前回幹事会の議事録について確認した。

(4) 建築WG報告（資料No. 3-4）楠

- ・ 建築WGは合計3回実施した。作業フォーマットを作成し国内の基規準から対応する部分を抜粋した。
- ・ 設計時に参照されるプログラムマニュアルや基規準を収集した。超高層建築物のための指定性能評価機関の業務方法書や民間建設会社における一般的な設計方法も調査した。
- ・ 米国・日本にそれぞれ対応箇所のない内容も付記した。
- ・ 設計実務において反映されている内容について記載し、学会の研究活動や将来の方向性等についてはコメント欄に残すようにした。
- ・ 変位制御作用に関する記述では、米国では応答変形が部材の終局変形を超えないことが記述されており、日本では層間変形角や塑性率が記述されている。学会指針等で対応するものもある。

- ・ 強度制御作用に関する記述では、米国では計算強度と実強度の差や強度低減係数が示され、日本では保証設計において材料強度で割り増すことが記述されている。安全率を見込んだ設計式が提案されているとも解釈できる。
- ・ 作用の区分に関する記述では、米国では変位制御作用と強度制御作用に分類している。強度制御作用はヒンジを作らないための設計の考え方、倒壊等に起因する部材区分について言及している。これは、日本で既存建物の耐震診断における第二種構造要素に相当する。日本では変位制御作用の区分は降伏ヒンジ部分に相当する。日本では、梁端や1階柱脚等で全体崩壊形を作成することを基本としている。米国では1階柱脚に特に変形性能を期待するための配筋や条件がある。
- ・ 入力地震動に関する記述では、ACIでは詳細を記載せずにASCEに記載された方法を引用している。日本では性能評価機関の業務方法書に記載がある。米国では2つの水平地震動を建物の3次元モデルに入力することになっているが、日本は平面直交主軸に地震力が加わった状態を検討したうえで、45度方向入力の影響も考慮する方法になっている。米国ではどういう場合に鉛直地震動は考慮すべきか明確な記載があるが日本は曖昧な記載方法になっている。
- ・ 入力加速度波形はASCEに詳細が記載されている。日本では業務方法書に告示波やサイト波に関する記載がある。従前はBCJL2というセンター波であったが地盤の増幅を考慮するように変更した経緯がある。米国では荷重係数という考え方がある。日本では許容応力度設計における長期荷重と短期荷重の考え方が該当する。
- ・ モデル化に関する記述では、米国では三次元モデルに限定しているが、日本では限定しておらず、質点系で動的解析をしている。米国のモデル化方法についても別資料に詳細が記載されている。地盤建物相互作用や減衰や復元力特性等について注意するという記載もある。米国は耐震壁に水平力を負担させるため、壁のモデル化に関する詳細な記述がある。日本では柱梁を線材で表現したモデルに対して静的解析を行い、質点モデルに置換している。近年ではファイバーモデルやMSモデルも用いられている。減衰は学会規準等に基づき3%瞬間剛性比例型にしている。復元力特性は武田モデルが用いられている。
- ・ 有効剛性に関する記述では、米国では有効剛性で降伏点変形を評価し、最大強度後の耐力低下性状を考慮している部分が特徴である。日本では鉄筋コンクリート構造計算規準と構造関係技術基準解説書に基づいたモデル化方法が主となり、耐力低下性状については考慮されていない。大阪府域内陸直下型地震に対する建築設計用地震動および耐震設計指針では靱性保証型耐震設計指針における塑性回転角を参照して部材の限界変形角を定め、部材の耐力低下を考慮した構造設計が提案されている。
- ・ 第三者構造設計者評価に関する記述では、米国では第3者評価と実施方法と性能評価の範囲について記載があり、日本では業務方法書には評価員に関する記載がある。
- ・ 審査時に提出する資料の比較が必要である。例えば、図面のみならず一般的な構造設計では提出しない振動系モデルの設定方法に関する資料等である。
- ・ 日本は自己申告で安全である。日本ではなぜ安全なのかはっきりした証明になっていない。安全性を保証するために最低限何をしなければならないのか明確にする必要がある。

(5) 土木WG報告（資料No. 3-5） 三木

- ・ 土木WGは2回実施し、対応する国内規準の内容を調査票にまとめた。参照した資料は①コンクリート標準示方書②道路橋示方書③鉄道構造物等設計標準④原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針⑤タンク構造物に対する非線形FEM解析手法⑥NEXCO設計要領の6つとした。これらの図書ごとに整理した。
- ・ A9については日本側に対応する記載項目が見当たらない。設計材料強度には、試験強度を使う、実績を勘案した強度を使う、安全係数を乗じる等の方法があるが明文化されていないケースもある。
- ・ モデル化に関する項目は非常に多いが、有効剛性に対応する条文も記載しづらい。
- ・ 現行規準で地震応答のばらつきや再現性について記述が無いか確認している。
- ・ 建築WGの内容に合わせてACI規準の記載分量に合わせるようにしたい。

- ・ コンクリート標準示方書については地震動に関する記載が少なく、地震波は例示されたものを用いている。モデル化についてはスラブや柱梁ラーメン等部位ごとに詳細な記述がある。有限要素法を用いてモデル化するため、有効剛性を網羅する形になっている。
- ・ 道路橋示方書では加速度波形を3波用いることになっている。解析モデルは質点ばね系であり、曲げモーメントー曲率関係から定義される。また、実際の設計における実務者の観点から地震動の作成方法や入力方法について追記している。
- ・ 鉄道構造物等設計標準ではプッシュオーバー解析がA8の有効剛性の設定に該当する。
- ・ 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針ではFEM解析を基本とし、地盤と建物を一体としたモデル化の説明になっている。
- ・ タンク構造物に対する非線形FEM解析手法はタンク構造を絞って認証できる数値解析方法を紹介している。
- ・ NEXCO設計要領では高速道路の設計方法について紹介している。
- ・ 第三者構造設計者評価に関連して土木学会の土木構造物共通示方書において責任技術者の責任に関する記載がある。発注者と設計者と照査者を分ける体制を確立することが望ましいという記載があるが実際には重要な構造物のみとなっている。
- ・ 兵庫県南部地震において阪神高速道路等で見られた不具合を減らすための検討資料が日経BP社から出版されている。第3編 審査照査制度と設計責任では異分野や海外等における設計照査体制を文献調査している。国土交通省の設計者と施工者で第三者会議する等の方法が例示されている。海外の事例ではCALTRANSの設計照査制度が紹介されており、入力等の人為的なミスではなく、設計方法をチェックしているが、この照査に設計費の20%が積算されている。第4編設計品質向上の実践例では重要な構造物を対象としては審査の方法を明確にしている。動的解析では解析結果がブラックボックス化するので第三者を設けてもう一度解析してみることを提案している。
- ・ 線材で解析する場合とFEMで解析する場合は各部詳細の応答が全体に影響するかどうかを総合的に判断して選択させている。
- ・ 地震時にどの程度塑性化を見込んでいるかは構造物によっても異なる。既存の鉄道橋では鉄筋降伏変形の10倍ぐらいの変形を見込む場合もあるが、新設の道路では残留変形を小さくしたいという目的から塑性化をあまり許容していない場合もある。動的解析では応答変形が生じるが基本的には耐荷量や変形性能を照査している。
- ・ 原子力では弾性範囲に応答を留めたいが入力が大きくなるため、地盤もかなり塑性化する。上部構造の非線形性を考えないと設計できなくなる場合もある。配管設計では地盤変形の影響が大きいためFEM解析を実施することになっている。
- ・ 弾性応答に留まる設計については今回は検討に入れなくても良いのではないかと。既設構造物では大きな変形が生じる照査になることが多い。新設構造物では強非線形ではなく弾性から非線形応答がやや生じる程度の設計が一般的である。

(6) 本委員会の進め方（資料No. 3-6） 塩原

- ・ Google Driveの共有Documentを共同編集し、ワークショップ形式で各条文のキーワードをまとめる。キーワードについて合意出来たら、目次にして報告書の執筆を開始する。
- ・ 各委員が共有フォルダ内のファイルを同時編集可能か確認した。所属機関のセキュリティの関係で川口委員、小室委員、Googleアカウントが無いため中村委員は参加できていない。
- ・ ACI規準の各条文に対応させた枠を作成した。次世代の解析設計技術者に対してここだけは知ってほしいという、調べた日本の現行規準と米国の設計規準の特徴をキーワードとして記入していく。また、規準だけではなく研究動向やプログラムに関する事項についても列挙する。
- ・ 作業時には記入者・建築／土木・日本／海外・章がわかるように記載する。本日から1週間程度を目安に各委員が時間がある時に思いついた内容を記載してもらおう。
- ・ キーワードは担当外の章についても追記してもらいたい。ある程度形が出来たら報告書の執筆箇

所希望を調査するので事前に考えておく。

- ・ Google Documentは自動で保存される。Microsoft Wordと様式が異なるので報告書に転用する場合にはフォーマットが崩れる危険性がある。
- ・ 次回2回は建築・土木合同WGとして開催し、Google Documentのキーワードについて引き続き検討する。委員会については新年度に開催する。

(7) その他

第1回 建築土木合同WGは

2/4, 2/5, 2/10, 2/17, 2/18, 2/19 (午前, 午後, 夕方)の中から事務局が日程調整を行う

第2回 建築土木合同WGは

3/8, 3/9, 3/10, 3/11, 3/12 (午前, 午後, 夕方)の中から事務局が日程調整を行う

以上