

第3回 JCI 非線形有限解析法の利用研究委員会  
議事録（案）

日 時：平成 18 年 12 月 12 日 13:00－17:00

場 所：日本コンクリート工学協会 12 階会議室

出席者：中村委員長，金子副委員長，佐藤幹事長，斉藤主査，佐藤（裕）主査，堤主査，井根，  
沖見，甲斐，上林，川口，高橋，田嶋，田所，為広，長谷川，福浦，三島，宮川，三木，三輪，  
米澤，の各委員，事務局 林の以上 23 名

配布資料：

3-0 議事次第

3-1 第 2 回 JCI 非線形有限要素解析法の利用研究委員会議事録（案）

3-2 非線形有限要素会席の利用に関する研究委員会 WG3 資料

3-3 NLFEM ガイドライン目次および分担

3-4 ガイドライン（案）

3-5 第 2 回 非線形 FEM 委員会・WG2 議事メモ

3-6 せん断破壊に関する解析の現状について

3-7 構造解析マニュアル（案）

議 事：

1. 委員長挨拶

会議の開始にあたり，活発に活動している各 WG 主査及びメンバーに対して感謝の意が述べられた。

2. 委員自己紹介

新たに委員として加わった井根氏と甲斐氏から，また，三島委員より自己紹介がなされた。

3. 議事録確認

第 2 回議事録（案）の修正箇所が確認された後に承認された。

4. WG3 の活動報告

(1)堤主査より，資料 3-2 の説明がなされた。以下に要約する。

- ・ 第 2 回委員会で明確にされた WG3 の宿題は，2 ページに示される①から④である。
- ・ そのために，非線形解析に携わっている技術者に対してアンケート調査を行った。
- ・ 60 数件の回答があった。予想よりも沢山集まった。今後詳細な分析を進める。
- ・ 回答が得られたばかりであるが，アンケート結果の分析（速報）に基づくと，有効利用のシナリオは，「実建造物の破壊は複合的破壊であり，せん断破壊に限定できるものではない。未知の事象，建造物の挙動をシミュレーションし，かつ破壊メカニズムの再現する」ことであ

り、必要な検討テーマとしては、「せん断設計される部材及び補強材の合理的な設計」と「建築構造物の破壊メカニズムの解明」が挙げられる。

(2)堤主査の説明後の議論の要約を以下に示す。

- ・ 対象者のレベルは？（中村）
- ・ 業務のなかで非線形解析を使っている技術者。ある程度の知識と経験があると考えてよい。（堤）
- ・ 建築の設計は建築基準法に拠る。設計のツールをきちんと整えるために FEM を使う。つまり、設計の合理化を図るために利用する。ただしひとりの技術者がそこまでは踏む込めない可能性が高い。（甲斐）
- ・ 建築ではバックチェックに使われているのだろうか。（中村）
- ・ ツールとして既に使われている。（甲斐）
- ・ 計算書には FEM の結果は出てこない。しかし、わからないところは何らかの方法で確認しなければならない。その方法として FEM は利用されている。（金子）
- ・ アンケートの回答における施工のひび割れの検討は、逐次弾性を対象としたものか。（中村）
- ・ そのとおり。それゆえ、例えば、補強した後の効果を直接的に調べることができない。（堤）
- ・ 「設計」におけるひび割れの発生とは何を対象としているのか？（中村）
- ・ PC 構造の使用限界を対象としたものである。（堤）
- ・ つまり、温度応力によるひび割れ発生と同じレベルと言うことになる。（中村・堤）
- ・ 案件の規模に関しては調べているだろうか。つまり、例えば、5 階建のビルには非線形 FEM を用いないが 30 階建には用いるなど、規模や対象によって何らかの傾向はあるのか。（金子）
- ・ 今回のアンケートでは規模まではわからない。（堤）
- ・ 先に説明があった検討テーマが示すところは、WG2 にガイドラインに従い計算してもらい、鉄筋量が減らせるなどに関してその有効性を示すと言うものか？（中村）
- ・ 資料の 1 ページの下段に示されているようであり、その通りである。（堤）
- ・ 通常、鉄筋が密に配置されている接合部は安全であると考えられるようだが、過密配筋である場合の安全側は一体どのように判断するのか。付着破壊を起こす場合には危険側になる場合もあるのではないか。（井根）
- ・ 弾性解析で確認しても安全側にならない場合もあるのだろう。（堤）
- ・ 加えて、接合部においては、荷重条件と境界条件の設定が難しくなる。「FEM は形状を正確にモデル化する方法」とだけに捉われやすい。形状とともに「荷重条件や境界条件をどう考えればよいのか？」、これは WG2 でも WG1 でも重要なテーマになる。（中村）
- ・ 阪神大震災後に出された政府の答申にも明記されているように、「我々が経験していない、想定していない地震に対してどう対応するのか？」が極めて重要。非線形有限要素解析はその問いに答えるための有効なツールである。しかし、構成則（特に付着破壊）が高精度化あるいは精緻化されていないなど、計算工学的にはコンクリート系の解析は未解明などところがあると言われる傾向にある。（井根）
- ・ コンクリート工学的には所要の精度で解ける。高度化するには要求性能を明確にする必要がある。（中村）

(3)以上の議論に基づきつつ、WG3 ではアンケート結果の分析を進める。主要な着目点は以下の通

り.

- ・ なぜ非線形解析を行わなかったかの理由を整理とその際の問題点の整理.
- ・ 非線形解析を使い、その結果を実務にどのように落とし込むのかに関する検討.
- ・ 解の保証、安全率、建築基準法や各種規準の中での非線形解析の位置づけに関する検討.

## 5. WG1 の活動報告

佐藤主査及び WG1 のメンバーより、資料 3-3 と 3-4 の説明がなされた。決定事項も含め、以下の要約する。

- ・ 現在、JCI の線形 FEM のガイドラインの構成を参考に、ガイドラインを作成している。
- ・ 具体的には、他の WG の議論を反映するところまでには至っていないが、既に共通認識になっていると思われる内容を 50 ページ程度でまとめている。
- ・ 適宜用語を増やしていく。
- ・ 3 次元全体でモデル化することを原則として、2 次元及び 3 次元要素を用いる場合を対象としている。
- ・ 線材モデル（要素）は除外する理由は何か？ 既に線材モデルのガイドラインがあるのか？（井根）
- ・ 線材モデルを対象としたガイドラインができていないわけではない。（佐藤裕）
- ・ 何をもちいて有限要素法を言うのか？ はり要素を入れた方が良いと考えるか？ をこの場で決めたいと思う。（中村）
- ・ 計算工学的な立場では、重み付き残差法（ガラーキン法）に基づく、1 次元有限要素、2 次元有限要素、3 次元有限要素の全てが有限要素である。（井根）
- ・ 土木学会コンクリート標準示方書の 2002 年版では、はり要素でも、ファイバーモデルで応力ひずみ関係を使う場合には有限要素モデル、武田モデル等の骨格曲線を使う場合は線材モデルと言っている。（中村）
- ・ 目的が何かによってその定義の仕方も変わってくる。（三島）
- ・ 2 次元及び 3 次元の利用を広げることを目的として、2 次元と 3 次元を対象としては如何か。（斉藤）
- ・ 使い勝手に着目すると、メカニズムは分からないけども 1 次元要素を用いることによるメリット（構造物全体の挙動を知る）は大きい。その意味において、応力-ひずみに基づくものを対象とすれば良いのではないか。（甲斐）
- ・ 色々な意見があると思うが、ここでは、コンクリートに対しては 2 次元と 3 次元としたい。（中村）
- ・ 計算規模が大きくなれば全て連続体としてモデル化できないだろう。それゆえ、今はこのスタンスで進んでいって、後で変更が必要だと言うことになれば変更すればよい。どこでどのような要素を用いた解析が必要なのが示されたフローが必要ではないか。フローに基づく解析例を示すべきである。（金子）
- ・ ガイドラインでは解の保証をどのようにするかを示すことが重要。今作成しているガイドラインでは必ず実験を行うのか？（堤）
- ・ どんな場合も実験を行うわけではない。（佐藤）

- ・ 建築学会が実験結果を集めている。それを利用できる。(金子)
- ・ 適用範囲を明確にすることが重要。その適用範囲を超えて使うことが問題。(中村)
- ・ 要素及び境界条件の適切な設定方法や留意点について記述する。
- ・ 多積分点がある要素における構成則の留意点に関しては、要素分割のところに書き加える。
- ・ 平均化する領域(スケール)を定義する。

## 6. WG2 の活動報告

斉藤主査から、資料 3-5 及び 3-6 を用い WG2 の活動状況の説明がなされた。また、構成則の組み合わせ方や重要となる構成則は対象によって異なるため、せん断破壊を対象とした場合の選択フローを作成することが述べられた。中村委員長より、破壊を示す指標については是非検討してほしいとの要望があった。

## 7. その他

中村委員長より資料 3-7 を用いて、土木学会コンクリート標準示方書「設計編」において非線形解析の記述がかなり入る方向で議論されていることが紹介された。

## 8. 今後の活動と委員会の開催予定

今回は、3月7日(水) 13時から15時 全体委員会、15時から17時 WG, とする。なお、会議終了後、懇親会を開催する。

金子副委員長より、解析を「実験の代用」と位置づけるのに違和感がある。「実験と解析の双方が互いを補え合う」といった関係を構築できるようにしたいとの意見が述べられた。

(文責：佐藤 靖彦)