

第2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 9 月 14 日 14:00－17:00

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，沖見，上林，川口，高橋，田嶋，田所，為広（代理：與猶），長谷川，牧，三輪，米澤，の各委員，事務局 林の以上 18 名

配布資料：

2-0 議事次第

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

2-2 非線形 FEM 解析有効活用のシナリオ

2-3 NLFEM ガイドライン項目案

2-4 WG2 の活動方針に関するメモ

2-5 非線形有限要素法の問題点（課題）

2-6 WG 構成

議 事：

1. 委員長挨拶

WG3 から質の高い提案が出ているのでじっくり議論したい旨，挨拶がなされた。

2. 委員自己紹介

今回始めて参加する，田所氏，米澤氏，牧氏，より自己紹介がなされた。また，為広氏の代理出席の與猶（よなお）氏から挨拶があった。

本日は欠席しているが，千葉大学の柏崎先生が委員として，京都大学の山本先生が協力委員として参加することになったことが委員長より報告された。また，建築分野の委員を今後も推薦してほしい旨，委員長より依頼された。

3. 議事録確認

誤字の訂正の後，承認された。

4. 有効利用法に関する議論

堤主査より，資料 2-1 の説明がなされた。以下に要約する。

- ・ 有効活用の目的を整理すれば，「設計を合理化して、安全で耐久的な構造物を経済的に建設する」ことである。
- ・ 非線形有限要素解析法は，事象（現象）の追跡，実験の代用，新しい構造の創造，施工の確実性，効果的な補修・補強の計画にその活用がある。

- ・ 解析法の技術レベルに基づき、適用フェーズを整理する必要がある。
- ・ せん断破壊耐力を評価できることが重要である。

続いて、田所委員から設計の合理化の例が紹介された。以下に要約する。

- ・ ひとつの話題は、ラーメン高架橋の接合部の性能評価である。
- ・ 接合部の要求性能はせん断破壊しないことと定着性能が確保されることであるが、せん断に関しては細目で配筋が決まり、定着に関しては棒部材の定着算定式を準用して配筋を決めている。
- ・ この接合部の合理化、すなわち、新しい定着構造や新たな材料を適用する場合には、現在は実物大の載荷実験によりその性能を確認している。
- ・ 実験に替わる低コストの性能評価方法として、非線形有限要素解析に期待が寄せられる。
- ・ もうひとつの話題は、既設構造物の安全性評価である。
- ・ 例えば、特殊な材料（丸鋼）が使われている既設構造物の曲げ耐力、せん断耐力、応力を求めることである。

ここで、質疑応答がなされた。以下に要約する。

- ・ 建築の接合部はどうなっているのか？（中村）
- ・ 建築の接合部の照査に細目はない。接合部の強度式を使っているのではないか。（金子、田嶋）
- ・ 接合部の細目の根拠はどうなっているのか？（金子）
- ・ 実験で決まっているように思われる。（田所）
- ・ 低コストの意味は何か？（中村）
- ・ 実物大の実験に比べれば、安いという意味。（田所）
- ・ 解析との比較はなされていない。（田所）
- ・ この話題提供を聞いていて、建築では有孔ばりの補強方法を検討するために解析を活用ではないかと思った。（田嶋）
- ・ 既設のビルの開口率（有効率）が問題となっている。開口部の位置の影響を解析で検討しようとしている。（長谷川）
- ・ 建築における非線形解析の活用方法として、例えば、破壊が局所化する箇所を非線形有限要素法でそれ以外を弾性解析法でモデル化しようハイブリッドな方法がある。（長谷川）

続いて、高橋委員より大規模な実験による構造性能評価に関する事例が紹介された。以下に要約する。

- ・ 新しい構造形式を採用する場合に大規模な実験を行ってきた。構造性能の確認とともに施工要領の検討を目的としている。以下に具体的な例を挙げる。
- ・ 事例1：エッジビームの効果を実験により調べた。定着突起の健全性（耐久性に問題がないかどうか）やストラットを無くしても大丈夫かといった検討を行った。
- ・ 事例2：複合トラス橋を対象とした格点部を有するトラスの実験を行った。現在は、格点部の新しい構造の非線形解析による性能確認を予定している。
- ・ 事例3：波形鋼板構造の振動実験を行っている。波形鋼板は非線形、上下床版は弾性体とした解析も行った。
- ・ 事例4：2主桁の施工時の施工手順や施工要領を非線形解析に基づいて作った。そして、実物大の実験を行い、その結果が良く一致することを確認した。（高橋）

ここで質疑応答がなされた。以下に要約する。

- ・ 土木の橋梁は常に新しい構造を採用しているのか？（金子）
- ・ その構造を大規模に適用していこうとするとこのような実験を行う。（高橋）
- ・ 温度解析における非線形の役割は何か？ 言い換えればひび割れ発生後をも対象とする意義はあるのか。（中村）
- ・ PC 橋において、ひび割れが必ずでると考えている。そのひび割れが使用上問題ないことを考える上で意味がある。（高橋）
- ・ 線形範囲に収めることを施工で考えると不合理になる。構造的な視点で考えるとメリットが出てくる。（堤）

続いて施工の確実性に関する説明が堤主査よりなされた。以下に要約する

- ・ 柱頭部の温度応力解析，支点部の温度応力解析，従来の設計方法による応力からの鉄筋比の求め方，温度ひび割れに対する鉄筋の位置の影響を知るのは難しい。非線形解析をこれらの問題において有効活用できる。
- ・ 以上をまとめると，非線形有限要素解析法の有効利用方法として，せん断破壊耐力・挙動の評価，施工時点における初期ひび割れの制御を挙げたい。

ここで質疑応答がなされた。以下に要約する。

- ・ 温度解析におけるクリープの考慮に仕方は？ 有効弾性係数か？（長谷川）
- ・ 通常は有効弾性係数を用いる。（堤）
- ・ ひび割れ発生後の応力の再分配を考慮しないと難しい。モデル化に関してもまだ大いに議論の余地がある。これまでマスコンとせん断の問題は別々に考えられてきた。ここでも一緒に扱うととてもタフな課題となる。（長谷川）
- ・ クリープや初期応力をどのレベルから考えるかが重要。せん断でも初期応力の影響がある。どこからモデル化を図るかにより問題は変わる。現状の技術レベルとして何ができてどこからスタートできるのかを明確にする必要がある。（中村）
- ・ JCI マスコンクリートソフト作成委員会の最新の成果を入手し，本研究委員会の調査活動に活かしてはどうだろうか。（三輪）
- ・ 適度にチュウナップされたプログラムが出ているが，どこまで適用できるのが判明していない。（長谷川）
- ・ せん断とひび割れができると使い勝手が良いのではないかという提案なのだが，他に何か問題がないか。（中村）
- ・ 免振やせ制振構造における接合部の性能確認がある。（長谷川）
- ・ その範囲において RC そのものの問題は変わらない。複合化の問題と考える。（中村）
- ・ FEM で大きな問題として，部分モデルを解くときの境界の扱いがあるのではないか。（中村）
- ・ せん断破壊耐力＝部材のイメージだが？（中村）
- ・ 構造物ではなく，部位の評価を前提としているということであろう。（沖見）

ここで三輪委員より資料 2-5 の説明がなされた。これは，斉藤主査より出された「非線形解析の何がいやなのか？」に対する答えである。その説明及びその後の意見を要約する。

- ・ 問題点として，実務的優位性が低い，経済的メリットが不明，時間と解の保障，パラメータの決定が困難，出力されるひび割れ幅に関する結果の精度，ブラックボックス化が進むこと

への懸念，が挙げられる。

- ・ 良くまとめられている。WG2 の調査研究に活かしてほしい。（中村）
- ・ 通常，建築の規準に基づいて設計する。適用範囲であれば規準だけで足りる。適用範囲外となるケースに非線形解析を使う。ただ依頼者は実験結果の方を信用する傾向にある。費用及び時間上の制約が高いときに解析が活用される。（米澤）
- ・ 境界条件が違くと耐力が大きき変わる可能性があるので，単純ばかりから求めた実験式をそのまま使えない場合が多々ある。そこに解析のメリットがある。（田所）
- ・ せん断破壊を対象としたガイドラインは作成できると思う。しかし，初期ひび割れに関してはきわめて難しいのではないか。（長谷川）
- ・ ガイドラインにできないとしても，ひび割れ評価の技術を整理することの意義は高い。（佐藤靖）

以上の議論の結論として以下の 2 点が得られた。

- ・ 部材や部位の耐力（曲げとせん断）と変形，ひび割れ評価に関するガイドラインの作成を目指す。
- ・ 非線形解析を使うと何かわるのかを WG3 において継続的に議論する。

5. WG1 と WG2 の活動内容に関する議論

佐藤（裕）主査から資料 2-3 の説明がなされた後，議論がなされた。以下に要約する。

- ・ JCI の線形の FEM の章立てを踏襲したガイドラインの章立ての案。しかし，せん断及びひび割れに注力するとすればこのままでは使えない。今日の議論に基づき修正を施す。（佐藤裕）
- ・ 頭に中では整理されている項目はどんどん書き進めてほしい。（中村）
- ・ 「6. 作用」をどの範囲までどのように与えるのかしっかり議論してほしい。（金子）

続いて，齊藤主査から資料 2-4 の説明がなされた後，議論がなされた。以下に要約する。

- ・ 有効利用に関する検討課題として，信頼性，使用性，機能性の観点から整理した。この中のどのようなところを検討していくのかを議論する。（齊藤）
- ・ ひずみなどの有効利用方法を検討してほしい。（中村）
- ・ 問題を絞らないと詳しく書き込めないのではないか。（長谷川）
- ・ 今あるコマースのプログラムをきちんと使うことも有効利用であろう。使い方のマトリックスを提示して適切なパスを選べるようにする必要がある。（中村）
- ・ 具体的にしないとピンボケしてしまうのではないか。（長谷川）
- ・ ガイドラインを 3 段階くらいに考えると良いだろう。すなわち，共通項目を示したレベル，複数の選択方法が示されているレベル，さらに絞り込み適切なパスが示されているレベルである。（佐藤靖）
- ・ WG3 では，具体的な有効利用のストーリーを作してほしい。（金子）
- ・ フェーズごと（解析技術の完成度ごと）にストーリーを作る。（堤）
- ・ 建築の事例を忘れないでほしい。（金子）

6. 今後のスケジュール

WG に分かれて若干の議論がなされた後，以下のことが決まった。

- 10月に主査幹事会を開催
- 12月12日（火）に全体委員会（13:00－15:00）とWG（15:00－17:00）を開催
- 次回の全体委員会までは、WGごとに活動する.

（文責：佐藤 靖彦）