



## 鉄筋コンクリート構造物の非線形解析

written by Satoshi TSUCHIYA and made by Cheri YAHATA as a version 1.0.

### 1. 総論

現在、コンクリート研究室では、鉄筋コンクリート構造物の耐震性能評価方法を確立するために、主に非線形動的解析プログラムの開発に力を注いでいます。これは、コンクリート構造物の『製造されてからその使用を終えるまでのすべての段階において、その状態と機能を定量的に把握する』という研究室での大きな目標の中で、地震が発生した時の RC 構造物の挙動および損傷を解析によりきちんと把握出来るようにするために行われているものです。永い年月にわたる研究の結果、世界的に見ても精度の良い解析プログラムの開発に成功していますが、より精度を上げるために更なる研究が日夜行われています。これら研究の成果については、数々の論文やコンペティションにおいて、発表ならびに検証がなされています。

この解析手法は、(性能照査型)設計および耐震診断に全く同じように使用できるものであると考えており、その方向で研究を進めています。

### 2. 研究手法

#### (1) 構成モデルの開発

解析結果と実験結果が一致しない場合に、それが何によってもたらされるのかを考え、確立すべき構成則(材料モデル)を絞り込み、それを構築するというものです。これらは、主にオリジナリティーあふれる実験を行うことにより、既存構成モデルの改良/新規構築を目指すこととなります。

最近の例としては、低鉄筋比領域での付着に関する実験があります。[Hamed; 1997]今後開発すべき構成モデルとして、「座屈を含む鉄筋の圧縮挙動」「被りコンクリートの剥離」「コアコンクリートの拘束効果」などが挙げられます。

#### (2) 外力作用時挙動の予測

もともと数値解析は、労力の面からも、経済的な面からも、実行することが非常に困難な土木構造物の実物実験の代用として用いることが主目的だったのですが、1995年の阪神大震災以降、地震時の被害分析のためにより多く行われるようになりました。この場合、未だ構築されていないモデルによる効果を差し引いて(逆算して)、解析結果を判断することになります。この解析結果から問題点が浮かび上がり、考慮すべき構成モデルが明確となって、(1)にフィードバックされることも良くあります。

#### (3) Pre Processor, Post Processor の開発

解析ツールをより一般的なものとする(汎用性を高める)ために行われています。目標は、「誰が解析を行っても結果が同じになる」ということと、「誰が見ても解析結果を理解できる」となります。後者の目標に対して、CABIN を使った解析結果の視覚化というテーマで、1998年に初めて本格的に研究がスタートし、大きな成果を得ました。[高橋敏樹氏修士論文]

#### (4) DuCOM との連成解析および初期欠陥の耐震性能への影響評価

初期欠陥(乾燥ひびわれ等)が一切存在しないというこれまで条件下で行われてきた研究領域の拡大を目指すものであり、「コンクリートの一生を予測する」ための研究の第一歩と言えるでしょう。本格的には、本年より



スタートする予定です。

### 3. 解析プログラムの概要

コンクリート研究室における解析プログラムの開発への取り組みは、1974年まで遡ることができ、既に二十数年が経過しました。この現在も開発中のプログラムの特徴は、鉄筋コンクリート構造物の振る舞いを「コンクリート」と「鉄筋」に分けて、それぞれの応力と剛性を「平均応力-平均ひずみ」の関係で与えられる材料構成則から求め、それらを足し合わせることで求めるという方法を採用しています（分散ひびわれ法）。これら材料モデルを基に、有限要素法を用いて非線形方程式を解くことにより、RC構造物全体の挙動を求めています。

従って、我々の研究の主眼は、如何に精度が良く汎用性の高い材料モデルを構築するかということにあります。これまでの研究成果として、「弾塑性破壊モデルに基づくコンクリートの圧縮モデル」「コンクリートの引張モデル」「接触密度関数に基づくせん断伝達モデル」「RC非線形解析に用いる鉄筋の繰り返し履歴モデル」などが挙げられます。

### 4. 研究の成果

#### (1) WCOMD, COM3

2次元・3次元有限要素動的解析プログラムであり、既にFORUM8社から販売されております。扱える要素は、鉄筋コンクリートの他、弾(塑)性要素・接合要素・地盤要素があり、阪神大震災直後には、限られた情報のもとで動的解析を行い、大きな成果を挙げました。(特に地下鉄構造物)もちろん、静的載荷も解析可能です。