CAE の効率的活用に関する研究

片山　聡* 須貝　裕之*

Research on efficient use of CAE

KATAYAMA Satoshi* and SUGAI Hiroyuki*

1. 緒　　言

FEM（有限要素法解析）を中心とした CAE（Computer Aided Engineering）技術は、近年のミッドレンジ 3 次元 CAD の急速な普及に伴い県内企業においても導入が進んでいる。しかし CAE 技術の効率的活用には、条件設定や材料特性の把握など経験を要することが多い。そのため中越地域では『長岡モノづくりアカデミー』（長岡技術科学大学、長岡工業高等専門学校、NICO 共催）の中で CAE 講座を設けるなど、技術者の CAE 教育にも力を入れている。

当センターでは H19 年度に CAE に関する 7 件の企業等技術課題解決型受託研究（ミニ共同研究）を実施したほか、長岡モノづくりアカデミー受講者をフォローアップする目的で CAE 研究会を設立した。これらの活動を通じて得られた成果と、情報共有化を柱とした CAE 技術の効率的活用方法について紹介する。

2. CAE 技術支援、普及に関する取組み

2.1　ミニ共同研究および技術相談

表 1 に H19 年度に当センターが実施したミニ共同研究（CAE 関連）と技術相談実績（ミニ共同研究へ発展したものを除く）を示す。線形構造解析については CAE 関連装置を所有していない企業からの問い合わせ・依頼が多く、非線形構造解析については CAE 関連装置を所有しているものの自社内で対応できないことから相談・依頼を受けることが多かった。なお、非線形構造解析の中には ANSYS による解析だけではなく、LS-DYNA を用いた破壊解析の相談が 2 件含まれている。また今年度実施したミニ共同研究のうち、設計の初期段階にて実施されたものは 2 件。ほか 5 件は製品完成後に設計や加工法案の正当性を確認する目的で解析を実施した案件であった。

表 1　H19 年度 CAE 関連実績

解析分野	ミニ共同研究	相談
線形構造解析	3	6
非線形構造解析	3	3
振動解析	0	2
伝熱解析	1	3

2.2　CAE 研究会および講習会

前述のとおり、主に長岡モノづくりアカデミー受講者を対象に CAE 研究会を設立した。参加者の要望より各解析分野についてセミナーを実施するとともに、CAE 技術利用について意見を交換した。CAE 研究会の活動内容を表 2 に示す。また 11～12 月には上越地区にて CAE 技術セミナー（主催：上越商工会議所、上越技術研究会）を 4 回実施した。

これらの活動を通じて講習会スライドや学習

表 2　CAE 研究会の活動内容

	内　　容
第 1 回	基調講演（長岡技大　田辺教授）
第 2 回	進め方に関する検討会
第 3 回	静解析、品質工学セミナー
第 4 回	LS-DYNA セミナー
第 5 回	振動解析セミナー
第 6 回	非線形解析セミナー
第 7 回	これまでのセミナーのまとめ

*　　中越技術支援センター

用データなどの整備により CAE 技術者育成への支援体制を強化することができた。

3. CAE 技術の効率活用

3.1　当研究所の CAE 支援体制について

当研究所ではメインサーバを下越技術支援センターに置き、県央・中越・上越支援センターとはネットワークを経由して ANSYS 等のライセンスを共有している。そのため、どの支援センターにおいても CAE 技術に関する支援を行うことができるが、その一方で各センターにて実施した解析事例を共有することが難しい状態にあった。

ミニ共同研究や技術相談に対して迅速に対応するためには、過去の解析事例より材料特性や境界条件を参照することが必須である。そこで、これらの情報を共有する手法について検討した。

3.2　解析事例の共有化について

解析結果ファイルは大きいもので数 GB に達することもあり、数多くの結果を端末に保存しておくことは難しい。また一連の解析が終了すると、結果を多角的に検討する機会はほとんどなくなる。そのためミニ共同研究の場合は報告書を、技術相談の場合は ANSYS Workbench のレポート機能を用いて結果を PDF 化し、メインサーバへ保存することとした。

過去の解析事例を比較すると、表 3 に示した項目について担当者による差異が生じていることが分かった。これら解析条件については定型書式により整理し、少ないキーワードで検索できるようにした。なお ANSYS は入力データをテキスト保存しているため、複雑な条件設定を行った事例についてはこれを添付し、再利用できるようにした。

表 3　差異のみられた計算条件の例

解析分野	条件
構造解析	材料定数（降伏応力、n 値） 接触モデル（定式、剛性） 幾何非線形
伝熱解析	熱伝達係数 接触熱抵抗

従来は接触モデルの検討など、複数条件にて計算を実施していたが、過去の事例が参照できるようになったことでモデル検証の時間を 1/2～1/4 程度短縮することが可能となった。今後は複数の条件ファイルを自動作成できるよう、代表的な入力データをマクロ化するなど効率化を進めたい。

3.3　共有化された情報の例

共有された情報の例として、LS-DYNA における材料定数同定について紹介する。

LS-DYNA の特徴の一つとして、破壊モデルを有していることが挙げられる。破壊挙動は *MAT_ADD_EROSION を用いて材料モデルに破壊判定基準（最大主応力など）を付与する方法のほか、*MAT_PLASTIC_KINEMATIC のように破壊判定基準を有す材料モデルを用いることで表現できる。本研究ではこれらの特性を把握するため、鋳物（FC）の曲げ破壊試験を実施し、LS-DYNA による計算結果と比較した。

曲げ破壊試験の概要を図 1 に示す。試験には（株）島津製作所製万能材料試験機を用いた。曲げ支点間距離は 450mm、その中央部をポンチにより押し込んでいく。このときのポンチ荷重とストロークの関係を記録し、LS-DYNA による計算結果と比較した。

LS-DYNA ではポンチ、支点とも剛体として設定し、それぞれ表面のみモデリングした。材

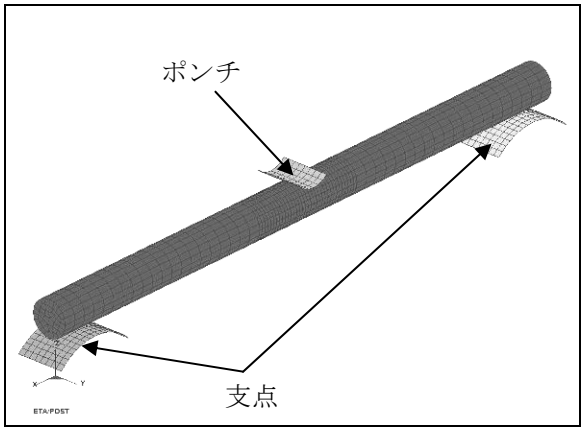

図 1　曲げ破壊試験概要図

表 4　計算条件

条件	材料モデル
1	*MAT_PLASTIC_KINEMATIC *MAT_ADD_EROSION
2	*MAT_PLASTIC_KINEMATIC
3	*MAT_PLASTICITY_ COMPRESSION_TENSION

料モデルは表 4 に示す 3 パターンとし、ヤング率、ポアソン比はすべての材料モデルで同一の値を用いた。

破壊判定は条件 1 では最大主応力、条件 2 および 3 では塑性ひずみにて行うよう設定した。また条件 3 では引張方向と圧縮方向の降伏応力および加工硬化係数を異なるものとし、引張荷重により破壊するよう材料モデルを調整した。これは圧縮荷重に対して強い鋳物の特性をモデル化したものである。

曲げ破壊試験と計算結果の比較を図 2 に示す。LS-DYNA による計算では降伏後の挙動に差が生じていることが分かる。条件 3 において特に実験値と近い傾向を示していることから、鋳物については引張および圧縮方向の特性をそれぞれ設定することが重要であることが分かる。また鋳物など脆性材料を扱う場合、塑性変形は微小となるため無視することが多いが、破壊まで計算する場合には降伏応力および加工硬化係数に現実に近い値を設定する必要があることが分かる。

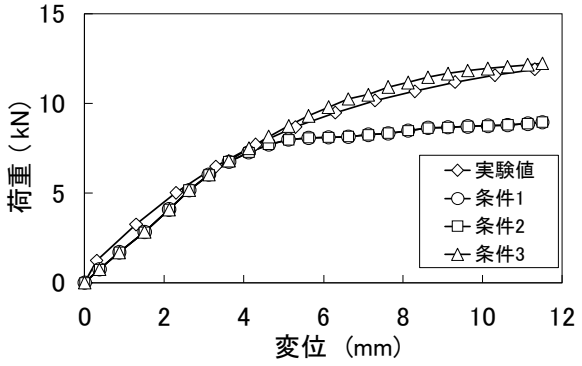

図 2　曲げ破壊試験と計算値の比較

このような材料情報を共有せずに解析を進める場合、同様の予備解析を実施する必要がある。しかし情報を共有することでそれを省略できるほか、材料定数を決定した経過も併せて共有化することで解析技術の向上にも繋がる。

4. 結　　言

(1) ミニ共同研究、技術相談に対し迅速に対応できるよう、解析事例および条件設定を共有化する手法について検討した。その結果、PDF による報告書のインデックス化、入力ファイルの共有化などにより、モデルの検証時間を 1/2～1/4 程度に短縮することができた。

(2) LS-DYNA における鋳物の破壊モデルについて検討した。引張、圧縮方向それぞれで特性を設定した材料モデルにて実験値に近い計算結果を得ることができた。