

(13) 外圧を受ける補強円筒殻解析のための
オブジェクト指向エキスパートシステム

EXPERT SYSTEM USING OBJECT-ORIENTED APPROACH TO ANALYSE
STIFFENED CYLINDRICAL SHELL UNDER LATERAL PRESSURE

邊 吾一^{*} , 佐藤 剛^{**}
Goichi BEN(O-II BYON) , Takeshi SATOH

The expert system constructed by knowledge of specialists can solve problems like the specialists. However, it is not so easy to expand to the more generalized system compare with the original system. An object-oriented approach (OOA) is recently noticed and data and programs are capsuled in this approach. Using this approach, knowledge is able to be arranged as the way of thinking pattern in human being. As a result, it is possible to construct the realistic and objective models and is comparatively easy to develop the flexible system, that is, including other functions. The expert system to analyse the stiffened cylindrical shell under lateral pressure is demonstrated in this report, as an example.

Keyword: Expert system, Object-oriented approach
Cylindrical shell, Lateral pressure

1. まえがき

設計は部材の形状や寸法のみならずその構成や部材の属性から表現される複雑なものであり、かつ、求められる機能や要求も多岐にわたるため、明確なアルゴリズムを持たない問題 (ill-structured problem) とされている。今日、コンピュータ支援による設計の省力化の手法として、専門家が持っている知識を取込むことにより、問題を専門家のように解決することができるエキスパートシステムに期待が持たれている。また、データとプログラムが一体構造として表現できるオブジェクト指向という考え方がエキスパートシステムに有効であり、いくつかの応用例¹⁾²⁾が発表されている。しかし、近年までシステム開発の方法論としてオブジェクト指向方法論が確立されていなかったため、C++やSmall-Talk80など言語レベルで普及してきているだけでソフトウェア開発に一貫としては用いられてはいなかった。現在はP.CoadとE.Yourdonの提唱する「Coad-Yourdon法」をはじめ20以上の方法論が紹介されており、オブジェクト指向方法論によるシステム開発も本格的に定着し始めている。本研究では、外圧を受ける補強円筒殻の設計を目的としたエキスパートシステムをオブジェクト指向論に基づき構築した。

2. エキスパートシステムとオブジェクト指向

設計のプロセスにおいて設計者はある設計解を仮定し、それに修正を加えることによって要求されている条件

^{*} 工博 日本大学教授 機械工学科 (〒274 千葉県習志野市泉町1-2-1)
^{**} 日本大学大学院 機械工学科 (〒274 千葉県習志野市泉町1-2-1)

を満足させる解を求める。しかし、種々のパラメータは複雑に影響しあうため、解を求めることは容易ではなくなる。そのため、それを支援する一つの手法としてAI技術の応用であるエキスパートシステムが考えられ、さらに問題領域を「オブジェクトの集合」とそれらの間の「ネットワーク構造」として考えるオブジェクト指向でシステムを構築したほうが有利である。オブジェクト指向がエキスパートに適している点をいくつか挙げると、

(a) 部分—全体関係に基づくオブジェクトの組立構造（組織化）
問題領域を整理し実情に沿ったモデルの作成が可能であるため、専門家とシステム構築者との問題領域における誤解が無くなる。

(b) 抽象データ型（抽象化とカプセル化）
オブジェクトに知識ベース、推論エンジンを一体化できるため、知識の整理が容易に行える。

(c) 一般化—特殊化関係によるクラス分類階層とそれに基づく継承（分類法）
例外などの記述や保守性も簡単であり、ソフトウェアの再利用性も高くなる。また、オブジェクトに新たに属性と知識を添削することにより拡張性が容易である。

(d) メッセージとポリモーフィズム（意味のある語彙体系）
システムが意味的に整理され再利用がしやすくなる。
などを挙げることができる。つまり、オブジェクト指向は人間の思考パターンと良く似た知識表現を可能にする。

3. 補強円筒殻解析用エキスパートシステム

3.1 エキスパートシステムの仕様

本エキスパートシステムは任意の静水圧あるいは等分布圧力を受ける等方性材料補強円筒殻を解析し、設計を支援する。設計者が補強円筒殻各部の寸法、材質と圧力を入力することによって補強円筒殻各部における曲げおよび面内応力や座屈応力、変形を計算し、本システムが提案する箇所の寸法の修正を設計者が行うことを繰り返すことによって補強円筒殻設計を行う。または既存の補強円筒殻がある圧力を受けたとき、十分な強度を持っているかの評価を行う機能も有し、本システムに登録することによってデータベースとしての機能も有する。ユーザーインターフェイスはコンピュータに不慣れな人にも容易に操作できる用に配慮し、今後、異方性補強円筒殻、各種の補強材への拡張、有限要素法(FEM),CADの導入にも柔軟に対応できるように考慮する。

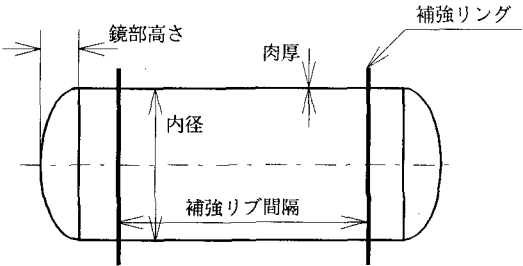


図 1 補強円筒殻の概念図

3.2 システムの構築

本システムの構築において、James Runbaughらが提唱するOMT(Object Modeling Technique)法³⁾を参考にしたが、システムの構築にはオブジェクトモデル化、動的モデル化、機能モデル化の3段階がある。今回構築に使用する補強円筒殻の概念を図1に示し、次に挙げる順番にシステムの構築化を行っていく。

1) オブジェクトモデル化

オブジェクトモデル化は、システム内のオブジェクト、オブジェクト間の関係、そしてオブジェクトの各クラス

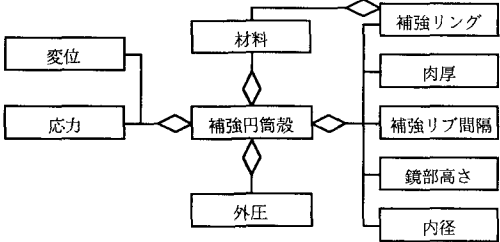


図 2 オブジェクトモデル図

を特徴づける属性や操作を示すことによって、システムの静的構造を捉える過程である。

本システムは「補強円筒殻」・「材料」・「外力」などのクラスからなりたち、オブジェクトとクラスの関係は、オブジェクトは鉄やアルミなどの具体的な材料であり、クラス「材料」はそれらを統括したものである。主なクラスの関係は図2に示すような関係となっている。各クラスについて説明すると、クラス「補強円筒殻」は、補強円筒殻の材料、各部の寸法また補強材など補強円筒殻を定義に要する値、補強円筒殻各部に発生する応力や変位など補強円筒殻に発生する値を属性として持ち、発生する応力・変位などの計算や、修正する寸法位置の推定など円筒殻に発生する事象に対するメソッド（操作）を持っている。クラス「材料」はクラス補強円筒殻の部分クラスであり、材料名、ヤング率、密度、ポアソン比、許容応力など材料の諸性質を属性で持ち、メッセージを受けると材料の物性値を返すなど材料に発生する事象に対するメソッドを持っている。クラス「外力」はクラス補強円筒殻の部分クラスで、属性として圧力を持ち、圧力を負荷するメソッドと圧力を設定するメソッドを持っている。クラス「応力」・クラス「変位」は応力または変位を属性として持ち、許容応力との比較を行いその大小を返すメソッドを持っている。このように図化することにより、システムを直観的に捉えることができる。

2) 動的モデル化

動的モデル化はあるクラスの事象、状態そして状態遷移を抽象化し状態図として表現することによって状態と事象のネットワークとして捕える過程である。

多くの状態図のうち図3に補強円筒殻に外力をかける場合の状態図を一例として挙げる。ただし、アイドルとは何も事象が発生していない状態を示している。アイドル状態のとき外力を負荷する事象を入力すると補強円筒殻に外力が負荷される事象が発生し、応力・変位が発生した状態になる。応力・変位が発生すると許容応力などと比較させる事象が発生し、許容範囲より大きな場合は破壊状態になり、寸法の再考の事象が発生し、変更すべき寸法を表示する。変更すべき寸法は各寸法のうち、許容範囲外になった応力への影響度が一番大きなものを提示するようにしている。寸法を変更すると再びアイドル状態になり、メッセージの入力待ちになる。これは、材料の変更については設計者の判断に任せ、システム内では考慮していないためである。

3) 機能モデル

機能モデルは外部入力から操作や内部データストアを経由して外部出力に至る情報の流れをデータフロー図で示したものをいう。

本システムでは具体的な計算方法などをこの機能モデルで記述した。それらの中で発生する応力の計算の機能モデルを図4に示す。円筒殻に発生する面内応力や曲げ応力は負荷される外力と円筒殻の寸法によって計算され、円筒殻の座屈応力は円筒殻の寸法とその構成材料によ

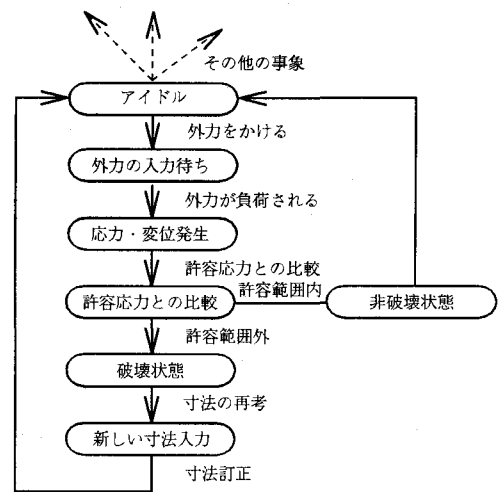


図3 外力をかけたときの状態図

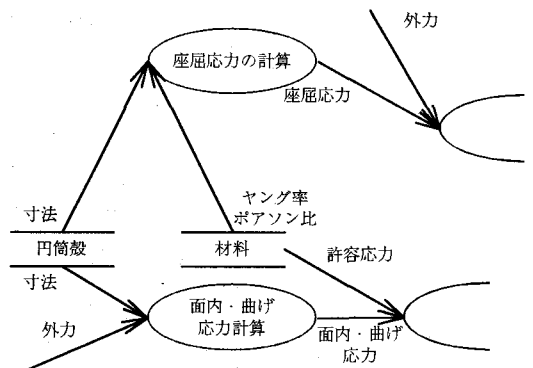


図4 発生応力の計算の機能モデル図

て計算される。円筒殻の応力計算に使用する式には、補強円筒殻の補強リング付近の面内応力は溝口の式⁴⁾、円筒殻と鏡部の不連続部分付近の面内応力にはTimoshenkoの式⁵⁾、鏡部・円筒殻部などの座屈応力の式にはHandbook of Structural Stability⁶⁾の式をそれぞれ用いた。

4. 実行結果

以上のように補強円筒殻モデル化し、それにしたがってエキスパートシステムをMacintosh Centris650上でHyperTalkを用いて構築した。その動作画面を図5に示す。ユーザーは設計しようとする補強円筒殻の寸法・材料をコンソールから順不同に入力、またはデータベースから登録済みの補強円筒殻を選択する。画面には円筒殻のグラフィックが表示され、各部の寸法が一目で確認できるようになっている。次に負荷する外力を設定し、外力を円筒殻に与える。計算結果もグラフィック上に表示され、どこにどれくらいの応力や変位が発生しているかを確認できる。もし、発生している応力や変位が許容範囲を超えている場合、ウィンドウ画面

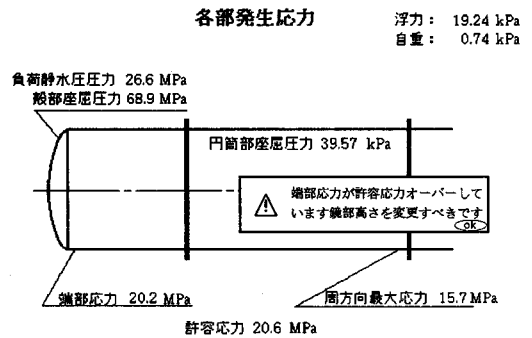


図5 エキスパートシステム実行例

に許容範囲をオーバーしている箇所をしめし、変更すべき寸法を指示してくる。寸法変更後再び計算し、以上のような行程を繰り返すことによって設計を進めて行く。このシステムは選択できる操作はツリー構造にして極力減らしたり、GUI(Graphical User Interface)やヘルプ機能を充実することによってユーザーに不要なプレッシャーをかけず、コンピュータに不慣れな人にも容易に操作できるように工夫している。また従来のプログラムのように項目に入力する順序は規定されてはおらず設計者が自由に項目を入力できる。

5. 結言

補強円筒殻解析のためのエキスパートシステムの開発をオブジェクト指向を用いて開発することを試みた。現在、このエキスパートシステムは解析解が得られる形状にたいしてのみ対応しているが、CADや有限要素法のソフトウェアとリンクさせることにより、補強円筒殻の材質を異方性材料に拡張することによって、オブジェクト指向の拡張性の高さを実証したい。また、有限要素法自体のエキスパートシステムの性質も併せ持つ、より高度なエキスパートシステムとすることを目指したい。

参考文献

- 1) 赤木新介、藤田喜久雄：オブジェクト指向に基づく設計エキスパートシステムの研究、機械学会論文集(A)、54巻、500号、p1017-1024、1988
- 2) 三木光範、杉山吉彦：オブジェクト指向による複合材料の力学的解析、機械学会論文集(A)、56巻、527号、p1648-1653、1990
- 3) J.Rumbaugh, M.Blaaha: Object-Oriented Modeling and Design, Prentice-Hall, 1991
- 4) 溝口孝喜：等間隔に支持を有する横置貯そうの強さ、機械学会論文集(A)、20巻、95号、p483-491、1954
- 5) S.Timoshenko, S.Woinowsky-Krieger (長谷川節訳)：板とシェルの理論(下巻)、ブレイン図書出版、p439-457、1973
- 6) 日本長柱研究委員会編：Handbook of Structural Stability、コロナ社、第4章、1971