

ラフ集合を用いた補修材料適用設計のための影響因子特定手法に関する検討

電気化学工業(株)	正会員	○高橋	順
(有)ミツワ電器	正会員	江本	久雄
山口大学大学院	正会員	中村	秀明
山口大学大学院	フェロー会員	宮本	文穂

1. はじめに

コンクリート構造物の維持管理では適切な補修が重要となる。そのため、補修部分の材料仕様を選択する場合、補修部において要求される機能を明確にした上で材料の選択や、仕様の選択が行われる必要がある^{1),2)}。しかし、補修材料の適用設計では、材料の特性だけでなく材料の構成や外部環境なども考慮する必要がある。すなわち、補修材料の仕様選択においては影響因子の特定が重要と考えられる。

本検討では、汎用的に利用できるラフ集合のアプリケーションを開発した。これは、多くの影響因子の中から特に影響が大きい因子を特定していくものであり、この手法が補修材料の適用設計に利用できるかを検討した。適用対象としては仕様決定すべき因子の多い積層構成を選択した。コンクリート構造物における表面補修材料は、コンクリート付着面の改質、コンクリート構造物の補修性、紫外線を遮断して補修部材の寿命を長くさせるための保護機能など多目的で、それぞれ異なった機能を満足する膜により構成される場合も多い。しかしこのように多層構成になると、それだけ選択の対象となる因子も多くなるなどの理由から、積層樹脂の力学的な挙動に着目して仕様を選択するような検討はあまり行われていない^{3),4)}。そこで本検討では非常にパラメータの組み合わせが多くなる対象として4層のライニング材を取り上げ、積層化された層のどの仕様がより大きく発生熱応力に影響するかを、FEM解析とラフ集合^{5),6)}の組み合わせにより検討した。

2. ラフ集合の概要と適用手法

ラフ集合は識別不能性のもとでの集合の記述に関する数学的理論で、基礎概念としては“類別と近似”である。ラフ集合は識別不能関係を利用して、対象を識別するのに必要な最低限の属性の集合（縮約）や、対象が所属するクラスを識別する簡潔なルールを導き出す方法を与えるものである。

ラフ集合の適用としては、いわゆるデータマイニングの手法の一つとして大規模なデータからの知的発見やルール抽出の手法として用いられ、橋梁点検への利用などが試みられている^{7),8)}。これらの既往の研究では、ラフ集合を適用する際、ある特定の点検データに対応した専用の実験ツールとして作成されていたため汎用性がなかった。本検討では、この点に関して文字列の入力にも対応した汎用的な入力形式によるラフ集合のアプリケーションを開発した⁹⁾。今回は、開発したアプリケーションの適用対象として、コンクリートの補修や表面保護工として用いる樹脂材料が積層された場合の仕様選択を取り上げた。これは、適用設計におけるパラメータが多い場合でのラフ集合の有効性を確認するためである。

3. 検討の方法

3. 1 ラフ集合のアプリケーション

図-1 に開発したラフ集合アプリケーションの画面を示す。図-1では、解析するデータファイルの指定、データにおける影響因子と評価因子の設定、解析、結果ファイルの表示、という手順で行われる。

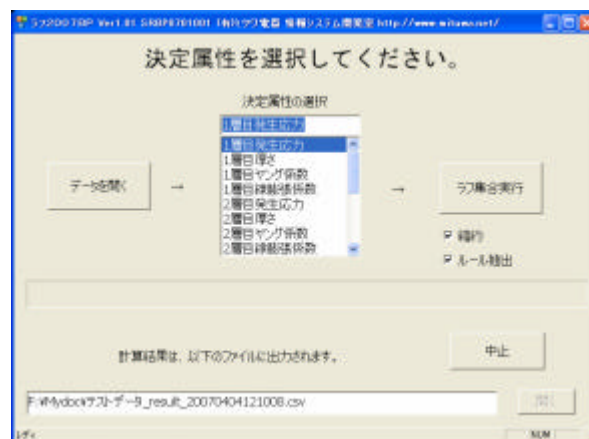


図-1 ラフ集合アプリケーション

キーワード ラフ集合, 樹脂材料, FEM解析, 積層構造, 逆解析, 仕様選択

連絡先 山口大学工学部知能情報システム工学科 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1

3. 2 適用対象

本検討では非常にパラメータの組み合わせが多くなる対象として、図-2 のような 4 層の積層樹脂材を取り上げた。各層の影響パラメータとしては厚さ、ヤング係数、線膨張係数を考えた。

3. 3 検討の方法

本検討では、ラフ集合のためのデータとして FEM 解析の結果を用いた。この手順を図-3 に示す。手順としては、適用対象とした積層樹脂構成に $\Delta T=40^{\circ}\text{C}$ の熱負荷を与える FEM 解析モデルを作成し、樹脂の付着部での発生熱応力を求めた。解析における入力値は表-1 のとおりで、これを図-2 の各層に組み合わせを行いながら入力値として設定した。この解析結果をデータとして、ラフ集合により、付着部の発生応力に大きく影響する因子の特定を行った。

4. 検討結果

図-2・点 A での剥離応力に対しては、1 層目の厚さの影響が大きく、図-2・点 B での相当応力に対しては、1 層目、2 層目のヤング係数の影響が大きいことがわかった。また、発生熱応力に対する対応として付着材料の線膨張係数の設定に重点が置かれる場合が多いが、表-1 の設定範囲で行った。今回の結果では、双方の評価点ともヤング係数や厚さに比べあまり影響が大きい結果にはならなかった。

5. 考察

ラフ集合による影響因子の特定を行う場合、入力データのクラス分けによって影響因子の傾向が変わる場合が見られた。したがって、①入力データのクラス分けの理由が不明確な場合、②相関がわかりにくいデータの場合などでは、入力データのクラス分けの部分に工夫を要することがわかった。

6. まとめ

本研究では、補修材料の適用設計を行う場合を対象として、利用しやすいラフ集合アプリケーションの開発を行い、これを用いて影響因子の特定を行い、手法の有効性を検討した。その結果、開発したラフ集合アプリケーションは設計要因の特定に有効であることがわかった。そして、その有効性をさらに高めるためには入力データのクラス分けを工夫する必要があることがわかった。

参考文献

1)高橋順, 清水祥夫, 宮本文穂: 床版防水層の付着特性に関する応力解析と性能評価に関する検討, 土木学会論文集, No.753/V-62, pp.51-64, 2004.2.
2)Jun Takahashi, Ayaho Miyamoto : Materials Selection System in Mechanical Design of Waterproof Layer on Concrete Slab, 6th International Congress, Global Construction, Dundee, 2005.7.
3)宮本文穂, 森川英典, 木村聡文, 若原直樹, 藤岡英博: 積層化樹脂材の力学的挙動と材料選定指標の確立, 神戸大学建設工学研究所報告書, Vol.33, 1991.12.
4)宮本文穂, 森川英典, 木村聡文, 若原直樹: コンクリート補修用積層化樹脂材の力学的挙動と材料設計に関する基礎的研究, コンクリート工学論文集, Vol.5, No.2, 1994.7.
5)森典彦, 田中英夫, 井上勝雄: ラフ集合と感性, 海文堂, 2004. 4.
6)Z.Pawlak: Rough sets, Int. J.Inform. Comput. Sci., Vol.11, No.5, pp.341-356, 1982.
7)古田均, 広兼道幸, 田中成典, 三雲是宏: 橋梁の損傷要因診断事例からのラフ集合を用いたルール型知識の獲得方法, 構造工学論文集, Vol.44A, pp.521-528, 1998.3.
8)加賀山泰一, 河村圭, 宮本文穂, 田中伸也: ラフ集合の概念による橋梁伸縮継手損傷のルール型知識獲得, 土木学会論文集, No.735, VI-59, pp.157-170, 2003.6.
9)江本久雄, 絹谷一郎, 三角俊介, 河村圭: 鋼橋点検データからの知識抽出のためのラフ集合論を用いたアプリケーション開発, 第 9 回土木・建築ソフトコンピューティング応用シンポジウム, 2007.3.

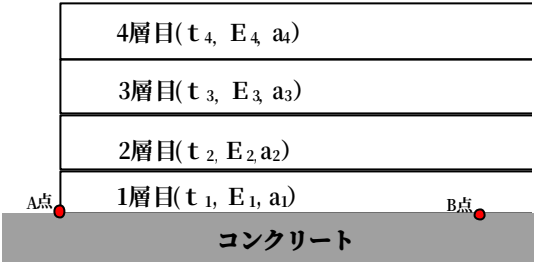


図-2 評価の対象とした積層構成

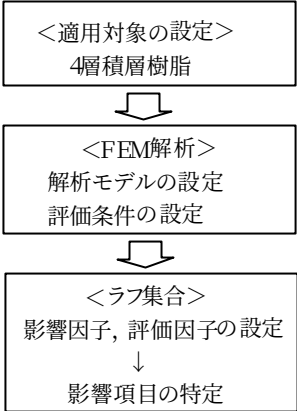


図-3 検討の進め方

表-1 入力設定値

項目	入力値
層の厚さ(mm)	0.2, 2.0
ヤング係数(N/mm ²)	10, 1000
線膨張係数(×10 ⁻⁵ /deg.)	5, 50