

FISM/fuzzyによる維持管理支援システムにおける階層構造モデル作成機能の改良

(株)ニチゾウテック 正会員○白倉篤志

(株)明治電気工業

田嶋裕士

山口大学工学部 正会員 中村秀明

山口大学工学部 正会員 宮本文穂

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の劣化現象が顕著になり深刻な問題となっている。このため、各種構造物に対して損傷度の評価を行い、適切な補修・補強をするという維持管理の必要性が高まっている。そこで、著者らは日常点検程度の入力データで専門技術者と同等の診断が行え階層構造モデルを利用した「コンクリート構造物維持管理支援システム」の開発を行ってきた¹⁾。このシステムに一機能である「階層構造モデル作成機能」は、効率性と合理性に関して十分満足のいくモデリングが行われていない。そこで、よりスムーズに専門技術者の知識や経験をシステムに組み込むプロセスの構築が必要である。そこで、本研究では、「階層構造モデル作成機能」を改良するため、ファジィ理論を導入した構造モデリング手法の1つであるFISM/fuzzy(Fuzzy Flexible Interpretive Structural Modeling)の適用を試みた。

2. 既存システムの問題点

本システムでは、FSM(Fuzzy Structural Modeling)法を用いて階層構造モデルの作成を行っているが、いくつかの問題点を抱えている。その1つにFSM法では一対比較の効率化が考慮されていないため、あいまいマトリックスの形成に多大な労力と時間を要する。また、FSM法では入力の際に特別な制約がないかわりに、構造同定を行う前に全体の推移性を考慮するため、閾値 P において制約条件を満たすようにあいまいマトリックスを修正する必要がある。FSM法の修正方法では特定の要因間の関係が全体に波及する可能性が高く、多くの修正を受けてしまう。そのため、できあがった階層構造モデルはその合理性の判定において、専門技術者の知識および経験を反映するといった意味から、さらなる修正が必要となる場合が多い。そこで、FISM/fuzzyを適用し、FSM法によるあいまいマトリックス、階層構造モデルとの比較・検討を行った。

3. FISM/fuzzyによる構造モデリング例

FISM/fuzzyは、ファジィ部分可到達行列と含意規則を用いることにより、効率よく論理的に矛盾のない構造モデリングを行う²⁾。FISM/fuzzyによる構造モデリングのフローを図1に示す。

FISM/fuzzyの適用例として、アルカリ骨材反応の発生メカニズムを取り上げ、構造化を行った。さらに、FSM法による階層構造モデルとの比較・検討を行った。

FISM/fuzzyでは、マトリックス作成が進むにつれて含意規則による制約が増え、入力における自由度は低くなっていく。また、選択した要素対によって含意される箇所が異なるため、入力順序は入力回数にも影響を及ぼす。したがって、FISM/fuzzyによる構造モデリングには、対象問題に応じた入力順序を考える必要がある。本研究では、確信度優先入力を考案した。確信度優先入力とは、入力の自由度が高い段階で、要因間の関連性について確信度が高いものから順に入力していく方法である。確信度を定義した数値の優先順位と要因の優先順位を組み合わせ設定し、以下の2種類の方法を用いてシミュレーションを行った。

方法1：要因の優先順位に従って要因を選択し、その要因の行成分について、数値の優先順位に従い入力を行う。同じ値は列成分の優先順位によって選択する。

方法2：数値の優先順位に従って、行列内における1.0を全て入力する。行列内に1.0は複数個あるので、



図1 FISM/fuzzyのフロー

まず行成分の優先順位によって選ぶ。その行内にまだ 1.0 が複数個ある場合は、列成分の優先順位によって選ぶ。同様の作業を数値の優先順に繰り返す。

2 種類の方法と単純入力による入力回数と減少率を表 1 に示す。表 1 より、方法 1、方法 2 とともに含意規則が働き、入力の効率性向上に十分な効果があったといえる。

表 1 入力回数と減少率

入力順序	入力回数	減少率 (%)
単純行入力	318	37.2
単純列入力	234	54
確信度優先入力 方法 1	195	61.5
確信度優先入力 方法 2	190	62.5

次に、方法 1 と方法 2 によって作成したファジィ可到達行列と 3 種類の閾値(0.2,0.6,0.8)を用いて、階層構造モデルを作成した。作成した階層構造モデルの例と比較のため FSM 法の例を図 2 に示す。

表 2 ASR による損傷発生要因

番号	要因名	番号	要因名
1	骨材の反応性	13	構造物の種類
2	ひび割れ進行性	14	膨張量
3	ひび割れパターン	15	施工時期
4	ひび割れ幅	16	施工の良否
5	ひび割れ拘束度	17	立地条件
6	骨材岩種	18	排水の程度
7	骨材産地	19	単位セメント量
8	反応性骨材混合比	20	セメントの種類
9	反応リングの量	21	水セメント比
10	ゲルの性質	22	混和材の種類
11	鉄筋量	23	ひび割れ発生時期
12	部材寸法		

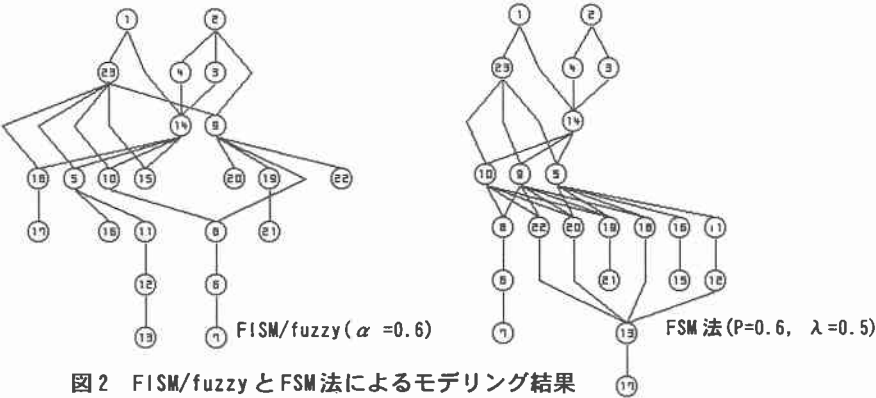


図 2 FISM/fuzzy と FSM 法によるモデリング結果

紙面の関係でここには示していないが閾値を低く設定 ($\alpha=0.2$) するとモデルが単純になり、高く設定 ($\alpha=0.8$) すると階層関係が希薄になる。以上のことから、 $\alpha=0.6$ の階層構造モデルが最も的確に要因間の関連性を表現しているといえる (図 2 参照、ただし、図の○中の数字は表 2 の要因番号を表す)。また、このことから、閾値は 0.6 付近に設定されていると判断できる。

FISM/fuzzy による階層構造モデルの連結線数について FSM 法との比較を行った。結果を表 3 に示す。

表 3 FISM/fuzzy による階層構造モデルの連結線

	FISM/fuzzyによる階層構造モデル		FSM法による階層構造モデル
	方法1 ($\alpha=0.6$)	方法2 ($\alpha=0.6$)	
総連結線数(本)	29	31	35
FSM法と同じ要因間の関係を表す連結線(本)	23	23	—
FSM法には存在しない連結線(本)	6	8	—
FSM法にのみ存在する連結線(本)	12	12	—

表 3 の結果から、FISM/fuzzy の方法 1 と方法 2 で若干違いが見られるものの、FSM 法と共通の連結線が 23 本あることは、FISM/fuzzy による階層構造モデルの大部分は合理的であったと判断できる。

4. まとめ

本研究では、構造モデリングに FISM/fuzzy の適用を試み、FSM 法との比較を行い FISM/fuzzy の有効性を検証した。本研究の主な成果を以下にまとめる。

- ① FISM/fuzzy 適用により、FSM 法に比べ階層構造モデル作成の効率性が向上した。また、閾値の設定も比較的容易になった。
- ② FISM/fuzzy による階層構造モデル化はコンクリート構造物の劣化・損傷メカニズムの構造化にも適用可能であると考えられる。
- ③ 実験の結果から、FISM/fuzzy の入力順序としては、確信度優先入力が有効であると考えられる。

参考文献

1) 白倉篤志, 水口弘範, 宮本文穂, 中村秀明: 階層構造モデルを用いたコンクリート橋の維持管理支援システムの構築, 構造工学論文集 Vol.44A, pp.1025~1036, 1998.

2) 大内 東, 三田村 保, 若林 高明: FISM/fuzzy: 柔軟なファジー構造モデリング, 電学論 C, Vol.114, No.3, pp.361-366, 1994.