

FSM法を用いた橋梁の損傷要因の階層化手法

山口大学大学院 学生員 ○石谷直文 山口大学工学部 正会員 中村秀明
山口大学大学院 学生員 水口弘範 山口大学工学部 正会員 宮本文徳
(株) ニチゾウテック 正会員 白倉篤志

1. はじめに

本研究では、これまで本研究室で開発してきた維持管理支援システムを効率よく使用するために「あいまい階層構造モデルの自動作図プログラム」を開発した。またこの階層モデルを用いて得られる診断結果を基に「グラフの重心を用いた対策システム」の構築を図った。

2 あいまい階層構造モデルの作成手法

階層モデルは要因間の従属関係を連結線で結ぶ有向グラフである。この階層モデルは従来、人間が直接手によって作図していた。しかし、各要素、境界値 P 、パラメータ λ に変化があると構造は大きく変わるため、その修正には多大な労力と時間を要していた。そこで本研究では、階層モデル作図の高速化と信頼性を上げることを目的として、階層モデルを作図するプログラムを作成した。

階層モデルは大別すると、4つの階層に分類されている。
すなわち、モデルの頂点に位置する最上層、中間に位置する中間層、底辺に位置する最下層、およびパスを持たない独立層である。しかし独立層を除く、3つの階層のみで階層モデルを描画した場合、要素数が多くなると中間層においても従属関係が生じるため、要因間の関連が複雑になり容易に判別することができない結果となることが予想される。そこで、以下に示す最下層のように中間層をさらに細かく分類することにした。図1はその模式図である。

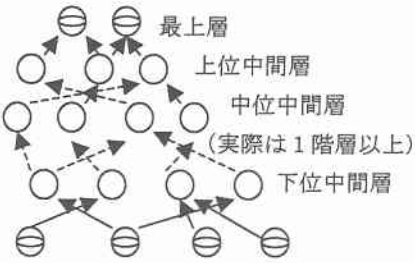


図1. 階層モデルの模式図

- ・上位中間層：最上層へのパスのみが出ており、この要素へのパスは中間層からのみである。
- ・下位中間層：この要素からは中間層へのパスのみ存在し、この要素へのパスは最下層だけである。
- ・中位中間層：上記以外の中間層を「中位中間層」と呼ぶことにする。

3. 橋梁損傷要因の階層モデル

本システムでは表1の損傷要因を選定し、階層モデルの描画を行った。

表1 損傷要因

番号	要因名	番号	要因名	番号	要因名	番号	要因名
1	耐久性	18	床版1方向ひび割れ	35	コンクリート品質の不均一	52	配合不良
2	主桁曲げ耐力	19	主桁スパン中央付近の鉛直方向ひび割れ	36	ひび割れ幅	53	凍害
3	主桁せん断耐力	20	主桁 1/4L 付近の斜め鉛直方向ひび割れ	37	床版支間	54	塩害
4	床版全体的損傷	21	支点付近のひび割れ	38	床版厚	55	中性化
5	床版部分的損傷	22	漏水	39	輪荷重の繰返し頻度	56	化学作用
6	コンクリート表層の変状	23	たわみの増大	40	配力鉄筋	57	災害
7	鉄筋、PC鋼材、シーズの腐食	24	ひび割れのずれ、角落ち	41	主鉄筋の曲げ上げ位置	58	疲労
8	主鉄筋、PC鋼材の断面減少	25	空洞、豆板	42	鉄筋の許容力過大評価	59	適用示方書
9	スターラップの断面減少	26	剥離（鉄筋露出）	43	主桁剛度不足	60	橋齢
10	鉄筋の付着力の減少	27	ハンチに沿ったひび割れ	44	主桁相互の剛度差	61	立地環境条件
11	コンクリートの強度、弾性係数の低下	28	支承の損傷	45	かぶりの厚さ	62	構造条件
12	主桁コンクリートの有効断面の減少	29	橋面帯水	46	鉄筋、PC鋼材配置の不正確	63	道路条件
13	コンクリートのせん断伝達機能の低下	30	舗装の変状	47	大型車交通量	64	設計条件
14	床版の抜け落ち	31	伸縮継手及び周辺の損傷	48	輪荷重による衝撃力	65	下部工の変状
15	床版の部分的な亀甲状ひび割れ	32	排水溝及び周辺の損傷	49	輪荷重通行軌跡		
16	床版の貫通ひび割れ	33	乾燥収縮	50	施工不良		
17	床版の2方向ひび割れ	34	主桁の不等沈下	51	要生不良、締め固め不良		

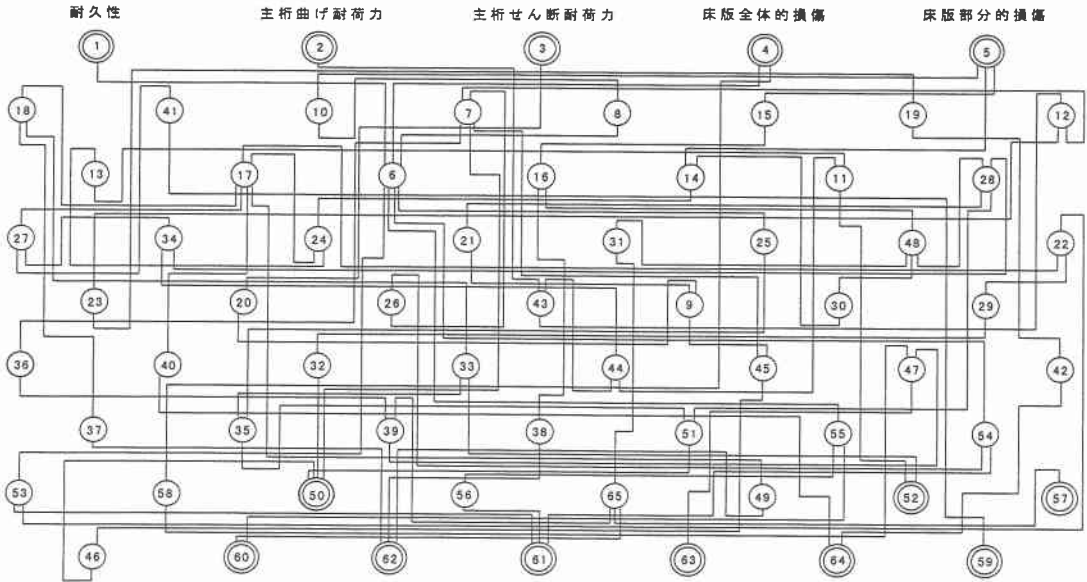


図2 橋梁の損傷要因の階層モデル

4. グラフの重心を用いた対策評価

本システムでは橋梁の状態を帰属度関数として得られたグラフ(図3)の重心を求めることにより対策の指針を提示する。図4は図3の重心位置を求めた結果で、その値を63.84としている。そして、この値は図形の中心位置の50.00を超えているため、対策が必要だと仮定し、最も悪影響を及ぼしている要因を求め表示している。

次に、この要因に対して対策が施されたとして、要因を最良に評価し、診断結果を再び求めると図5, 6が得られる。この時の重心位置は54.47であり、これは対策前の重心位置63.84に比べて改善されたことを示している。また、この値は50.00を超えているため、さらに悪影響を及ぼしている要因を表示している。

以上の処理を重心位置が50.00未満になるまで繰り返す。

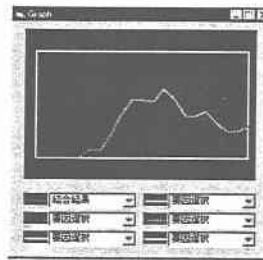


図3 診断結果の例



図4 図3の重心位置

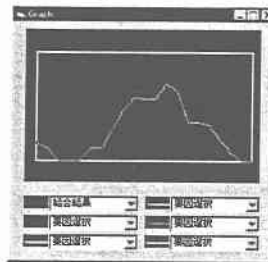


図5 診断結果(対策後)



図6 図5の重心位置

5 まとめ

本研究によって、極めて高速に階層モデルを作図するプログラムが得られた。また、グラフの重心を用いた対策法により、より総合的な維持管理支援システムの構築が可能になった。

参考文献

- 1) 田崎栄一郎：あいまい理論による社会システムの構造化，数理学，No191，pp. 54-66，1979. 5.
- 2) 古田均，小尻利治，宮本文穂，秋山孝正，大野研，背野康英：ファジィ理論の土木工学への応用，森北出版，pp.193～197，1992.8.