

(株)建設技術研究所 正会員 木下 勝也
 東京大学生産技術研究所 正会員 魚本 健人
 芝浦工業大学 正会員 矢島 哲司

1. 序論

コンクリート構造物の劣化原因を調査する場合、目視による一次診断、専門調査による二次診断があるが、一次診断である程度劣化原因を特定できれば、その後行われる二次診断をより有効なものにすることができる。目視検査で得られる情報から劣化原因を特定する場合、検査員の知識や経験が重要となるが、必ずしも検査員はコンクリート劣化の専門家であるとは限らない。さらに目視による情報は、主観などの曖昧さを伴うため一次診断で劣化原因を特定することは困難といえよう。

そこで本研究では、曖昧さを理論的に扱えるファジィ推論を利用して、目視検査で得られる情報から劣化原因の推定を行い、ある程度劣化原因を特定することができるシステムの構築を目的とするものである。

2. 劣化診断システムの概要

データの入力は、経験の浅い人でも簡単に行えるように対話形式にする。

システムの概要を図-1に示す。

- ① 対象とする全ての劣化原因に対して、それが原因になり得る環境条件、それが原因で生じる現象（変状）を図-2に示す劣化フローにまとめ、劣化の進行過程、劣化パターンを想定する。
- ② ①で想定した劣化パターンをファジィ関係に置き換え「診断Ⅰ」（裏からの診断¹⁾）で、「環境条件」から推論される劣化原因（a）、「変状条件」から推論される劣化原因（b）を特定する。
- ③ ②で推論された劣化原因（a）、（b）を合成して劣化原因を絞り込む。
- ④ ③で劣化原因としてあげられたそれぞれに対して、「診断Ⅱ」（表からの診断²⁾、裏からの診断）を行い、①で想定した劣化フロー上のどこに位置するか判定する。その際、現在の状態が劣化フロー上のどこに位置するか特定することによって、次に現れる変状（または、すでに現れているが検査時に発見できなかった変状）を予測することが可能となる。さらにこの考え方を応用すると「環境条件」を考慮していることから、まだに劣化していない健全な構造物に将来起こると考えられる劣化を予想することも可能になる。

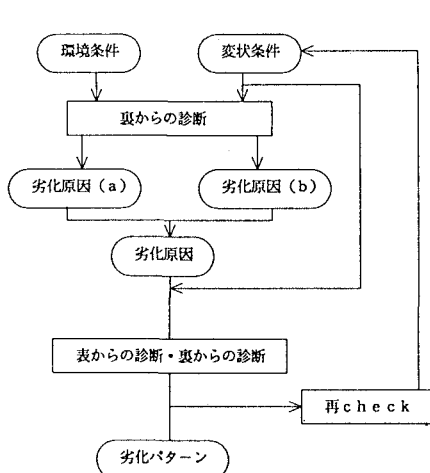


図-1 ファジィ劣化診断システム

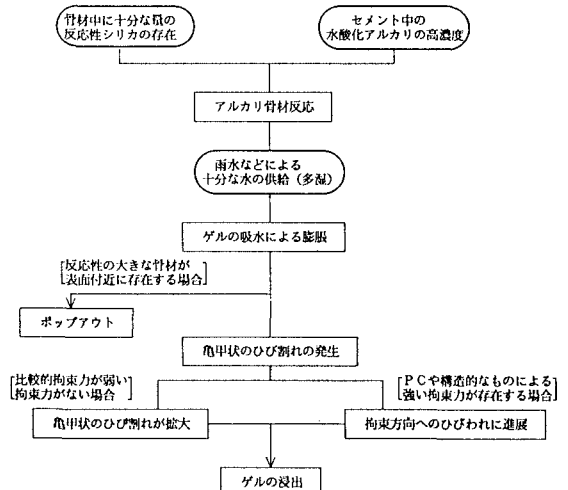


図-2 アルカリ骨材反応における劣化フロー

3. 診断例

入力するデータは、経験の浅い人で 簡単に行えるように対話形式とし、「環境条件」と「変状条件」を入力する。「環境条件」は、図や表を見ながらの入力となり（図-3、表-1）、「変状条件」はひび割れなどの写真を参考にしながら対象となる構造物の変状が、どの変状にどの程度あてはまるかを判断し入力を行う（表-2）。表-3は、一般の人（学生、主婦等11人）がある劣化した構造物の写真（写真-1）を見て行った「診断Ⅰ」の一例である。



写真-1 劣化した構造物

表-1 環境条件入力データ

問1	塩害範囲
問2	凍害危険分布図
問3	水分の存在
問4	有害化学成分の存在
問5	海洋環境区分1
問6	海洋環境区分2
問7	海洋環境区分3
問8	海洋環境区分

その結果、表-3に示すように、「アルカリ骨材反応」と「乾燥収縮」が同程度の確からしさで、劣化原因であると診断された。さらに、本報告では示していないが「診断Ⅱ」を行った結果、アルカリ骨材反応の劣化フロー（図-2）上において、A3（亀甲状のひび割れ、ゲルまたはエフロレッセンス浸出）の劣化パターンにあると判定し、剥離の可能性もあることも判定されていることを付記する。

4. 結論

今回「環境条件」のように今まで生かされていなかった要因も考慮したことで、確度の高い原因推定が可能になった。今後の課題として、このシステムにおいて最も重要となる図-2に示す劣化フローの解明や、専門家の知識をいかにうまくファジィ関係に取り込むか、などがあげられる。

なお本研究は芝浦工業大学の卒業研究として、東京大学生産技術研究所第5部魚本研究室で行ったものに改良を加えたものである。本研究を実施するにあたり御支援頂いたすべての方々に、心から感謝いたします。

表-2 変状条件入力データ

問1	亀甲状のひび割れ
問2	細かく不規則なひび割れ
問3	軸力方向に延びるひび割れ
問4	軸力方向に直行するひび割れ
問5	軸力方向に対して斜めのひび割れ
問6	配筋方向のひび割れ
問7	スケーリング
問8	モルタル表層部の軟化
＜入力値＞	
①	よくあてはまる
②	あてはまる
③	どちらともいえる
④	あてはまらない

表-3 診断Ⅰの結果

劣化原因	確信度
アルカリ骨材反応	0.85
塩害（内部含有）	0.00
塩害（外部侵入）	0.00
凍害	0.09
酸による腐食	0.00
乾燥収縮ひび割れ	0.85
構造ひび割れ	0.00