

## ファジイ理論を用いた水道管の耐久性の評価手法の開発

名古屋大学工学部

学生員 ○ 馬 智 亮

名古屋大学工学部

正 員 山田 健太郎

### 1. まえがき

経年化した水道管の破損による事故は、水道管のシステムとしての機能を低下するばかりでなく、浸水被害や交通障害をもたらす。従って、水道管の耐久性を適切に評価し、経済性の観点も念頭にし、適宜に老朽管の更生・更新を行って、破損を避けることは重要である。

従来の水道管の耐久性評価手法には、修理記録分析法、統計的な分析法、物理的な分析法、経験による得点法などがある。<sup>1), 2)</sup> これらの手法は、いずれも数多くの記録データに基づいている。日本では、厚生省生活衛生局水道環境部が「水道管路更新システム調査委員会」を作って、昭和58年から調査して、統計的な方法で評価モデルを作ってきた。<sup>2)</sup> しかし、作られた金属水道管の評価モデルには、腐食で破損した管の事故のデータ及び腐食要因を考えおらず、腐食要因を含めたモデルの構築が必要と考えられる。

### 2. 評価手法の概要

水道管の腐食の問題は、多くの因子と絡んでいて、まだ未解明の部分も少なくない。またそれに対する専門家の知識は、必ずしも精密であるとは言えない。この複雑の部分を実験の思考に基づく、言語的な評価を用いて水道管の評価モデルに取り込むため、本評価手法にファジイ理論を利用して、専門家の知識をより合理的に集めることを試みる。

本評価手法は、図-1に示すように、水道管の破損に関する腐食要因と非腐食要因を考慮する。

#### 厚生省モデル

4-7は、数量化理論Ⅱ類で、日本全国19ヶ所の水道事業体の912件のデータをもとに作られたもので、その中には、管種及び継手種類、口径、土被り、大型車交通量、最高水圧、埋設年次の6項目を因子とした。

鉄、鋼に対する土壌の腐食性は、一般にANSIの土壌評価法で評価する。

しかし、水道管に対しては、必ずしも激しく腐食した水道管の周囲にある土壌がANSIの土壌評価法で腐食性があるとは限らない。朝倉<sup>4)</sup>等によると、水道管の腐食は、土壌の腐食性以外に、土壌の不均一性、直流電気鉄道などによる迷走電流、管路における異種金属（マクロセル形成するため）等の因子が要因になる。本評価手法に採用する因子及びその評価に使用する符号を表-1に示す。

因子の影響度は、次のように定義する：土壌のミクロセル腐食性が非常に大きい場合、因子の間に存在

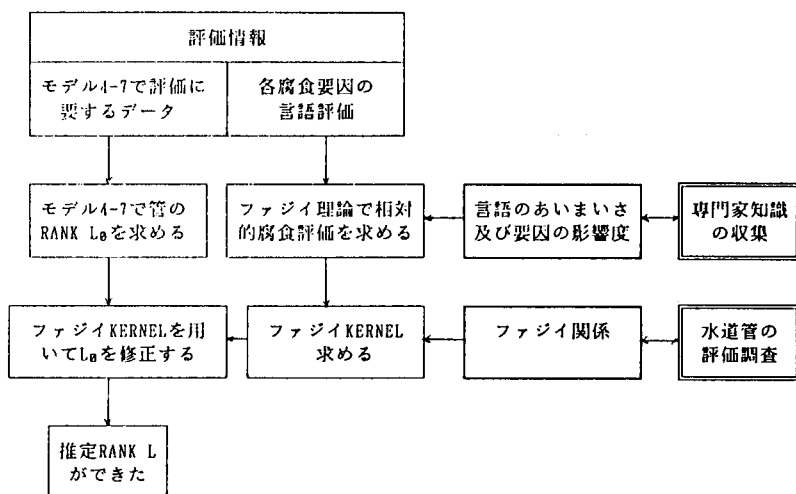


図-1 システムの流れ

する腐食に対する相対的な影響度とする。これを専門家に次の言葉を用いて評価してもらう。

・非常に大きい ・やや大きい ・普通  
・やや小さい ・非常に小さい

因子1-7の度合は、評価しようとする要因の状況が、通常その要因が有り得る範囲内のどの位置にあるかを定義する。その評価も、モデルの利用者が以上の言葉で評価するとする。因子8と9の度合は、防食効果に対して定義する。評価に際して、次の言葉を用いる。

・よい ・少しよい ・普通  
・余りよくない ・よくない

各評価に用いる言葉のメンバーシップ関数は評価する人に対して調査し、統計的に決定する。

まず、腐食に対する相対的な評価は、次のファジイ集合の和集合と共通集合を含める式とする。

$$P = \{ [\bigcup_{i=1}^7 (E_i \cap S_i)] \cap S_0 \cap T_1 \} \cup (E_8 \cap S_8 \cap T_2)$$

次に、ファジイ関係Rを以下の形を取って、水道管の評価調査によって決める。

「もしPが大きいなら、ファジイKERNEL Qが大きい、もしPが・・・」

但し、 $Q = a_1/L_0 + a_2/(L_0+1) + a_3/(L_0+2) + a_4/(L_0+4)$ 。Rは管種によって異なる。

最後に、この評価手法の推定ランクは、相対的な腐食評価とファジイ関係の合成によって決める。

$$L = \text{DEFUZZIFY}(P \circ R)$$

### 3. 専門家の知識の収集について

専門家の知識だけによって評価システムを作るのが望ましいが、水道管の耐久性を完全に評価できる専門家は見つけにくい。水道管の修理の現場に長期間携わってきた人達は、水道管の破損現象を通じて、各腐食要因の相対的な影響度が、直感の形で頭の中に入っているのは容易に想像できる。本手法では、このような現場経験者の貴重な経験を利用することを考えている。

専門家の知識を収集するに際して、二つの点について考えなければならない。一つは、質の高い知識を取得するため、十分な現場経験を持っている専門家を選ぶことである。もう一つは、選んだ専門家と十分に討議して、各因子の定義が互いに合致した上に、その相対的な影響度を評価してもらうことである。

### 4. あとがき

本研究では、水道管の腐食について、専門家の知識を収集し、ファジイ理論を用いて、専門家の知識と既存の非腐食要因に対する評価モデルを合成して、水道管の耐久性を評価する方法を試みた。この手法によって、通常の統計的な方法に要する数多くのデータの調査を避けて、腐食に対する要因が言語で評価できるためより経済的に評価モデルを作ることができ、評価結果を状況ランクの形で与えられると思われる。また、このようなモデルは、腐食性の評価のための化学分析などを必要とせず、使いやすいという利点もある。

#### 参考文献

- 1)厚生省生活衛生局水道環境部：水道管路更新システム開発調査報告書，昭和61年3月
- 2)AWWA Research Institute Foundation: Water Main Evaluation for Rehabilitation/Replacement, 1986
- 3)Zadeh, L. A.: Outline of a New Approach to the Analysis of Complex System and Decision Process, Trans. Systems, Man and Cybernetics, IEEE, 1973, SMC-3
- 4)朝倉祝治など：腐食のメカニズムとその対策（連載第1～5回），管路情報, Vol. 3, No. 3-7

表-1 腐食因子及び表示

| No. | 因子             | 影響度            | 度合評価           |
|-----|----------------|----------------|----------------|
| 1   | 土壌の通気差         | E <sub>1</sub> | S <sub>1</sub> |
| 2   | 埋め戻し土の不均一性     | E <sub>2</sub> | S <sub>2</sub> |
| 3   | 「コンクリート・土壌」腐食性 | E <sub>3</sub> | S <sub>3</sub> |
| 4   | 異種金属による腐食性     | E <sub>4</sub> | S <sub>4</sub> |
| 5   | 迷走電流           | E <sub>5</sub> | S <sub>5</sub> |
| 6   | 水道水の腐食性        | E <sub>6</sub> | S <sub>6</sub> |
| 7   | 土壌のマイクロセル腐食性   | /              | S <sub>0</sub> |
| 8   | 外面防食の良否        | /              | T <sub>1</sub> |
| 9   | 内面防食の良否        | /              | T <sub>2</sub> |