

VI-160 山留め情報化施工システムへのファジ理論の適用

山梨大学工学部
住友建設土木部
東京都

正会員 杉山 俊幸
正会員 水谷 淳
増田 慎一郎

1. はじめに

現在、大規模な掘削や軟弱地盤における掘削工事においては、山留め構造物に各種の計測機器を取り付け、山留め壁の変位等を計測しながら工事を進めるという山留め情報化施工システムが用いられている。山留め情報化施工は、山留め壁の変状より掘削地盤に関する多くの未知の土質定数、例えば地盤反力係数や内部摩擦角などを推定して掘削工事にフィードバックさせようとするものである。しかし、実測データの処理が電算化されているにすぎず、フィードバックさせる際には各段階で専門技術者の判断が要求されている。中でも、山留め壁の実測変位と各種の仮定の下に計算された解析値との整合性、すなわち、山留め壁に作用する側圧の予測結果の良否の判断などは専門技術者に委ねられているのが実状である。

そこで本研究では、山留め壁に作用する側圧の予測結果の良否に対して判定を下すまでの専門家の思考プロセスをファジ理論を用いてモデル化し、アンケート調査を利用して、専門家がその判定に際しどのような要因に着目し、各要因に対してどのような重み付けをしているかを探ることを目的とする。なお本研究は、専門家が不在の場合でも山留め壁に作用する側圧の予測結果の良否をファジ理論を用いて自動的に判定できるように山留め情報化施工システムを構築することを最終目標としている。

2. ファジ理論を導入した専門技術者の思考プロセスのモデル化

専門技術者が判定を下すまでの思考プロセスを、ファジ理論を導入して以下のようにモデル化する。

- ①山留め壁に作用する側圧の予測結果の良否の判定、すなわち、山留め壁の変位の実測値と解析値が一致しているかどうかの判定に影響を及ぼすと考えられる要因を抽出する。
- ②抽出した要因が実際にどのような状況だったかをファジ的に判断する。この判断は専門家でなくても容易にできる判定である。
- ③①で抽出した要因が最終的な良否の判定にどの程度影響を及ぼすかを評価する。この評価が専門家でないといけないものである。
- ④①～③の段階でファジ的に表現された情報に対してファジ演算を実行し、予測結果の良否を判定できるモデルを構築する。
- ⑤ファジ演算により判定した結果が専門家の判定結果と一致するように、③で取り扱った「影響度」を評価する。

3. 構築したモデルの同定

構築したモデルが有効かどうかを判定するためには専門家の判定結果と比較する必要がある。そこで、アンケートを実施することにより専門家の判定結果を得ることとする。

図1は、専門技術者83人に回答してもらったアンケートの一例である。今回は同図に示すように、掘削深27m、最終掘削深35mの場合の実測値に対して、解析値を意図的に変化させたものを27パターン作成し、実測値と解析値が「一致している」と評価するならば5点、「まあまあ一致している」なら4点、「どちらとも言えない」なら3点、「余り一致していない」なら2点、「一致していない」なら1点と、ファジ的な表現を点数で回答してもらった。また、評価する際どこに着目しているかを○で囲んでいただいた(図1参照)。そして、ある1つのパターンについて専門家がどのような割合で点数をつけているかを調べて頻度分布図を描き、メンバーシップ関数の形で表現されるファジ演算の結果がこの頻度分布図とできるだけ一致するように③のステップにおける各要因の影響度を決定することにした(図2参照)。

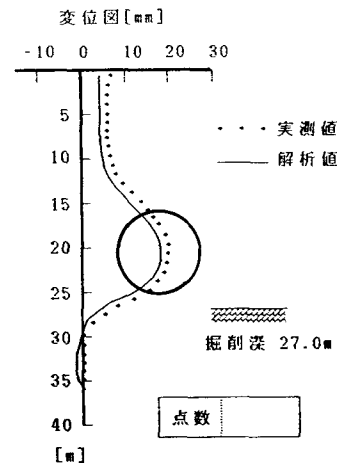


図1 アンケート調査の一例

4. 演算結果および考察

本研究では、山留め壁の変位の実測値と予測値が一致しているかどうかの判定に影響を及ぼすと考えられる要因として、

- 1) ピーク値付近差……ピーク値近傍の実測値と解析値の2乗平均誤差
- 2) ピーク深差……実測値と解析値のピーク位置の深さ方向の差
- 3) 全体差……全ての実測値と解析値の2乗平均誤差

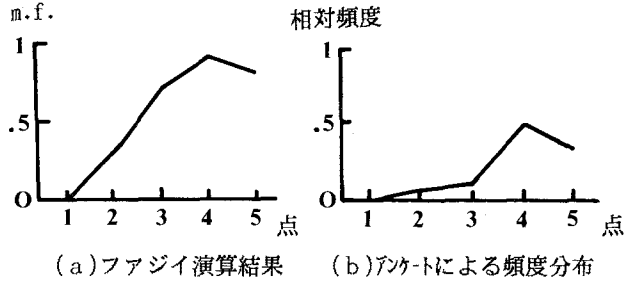


図2 ファジィ演算結果とアンケートによる頻度分布図の比較

の3つを抽出した。そして、前述したプロセスで、どのような要因にどのような重み付けをして専門家が予測結果の良否の評価をおこなっているかを検討した。

図2は、図1に示すパターンに対して、ファジィ演算結果の得られたメンバーシップ関数とアンケートにより得られた頻度分布図を比較したものである。縦軸はメンバーシップ関数の値(図2(a))および相対頻度(図2(b))、横軸は山留め壁の予測変位と実測変位との一致の度合を評価した点数を表わしている。これより、ファジィ演算結果のピークおよびアンケート結果のピークが共に4点になっており、専門技術者の思考プロセスのモデル化がある程度成功していることがわかる。

同様のことを27のパターンについて実施し、山留め壁に作用する側圧の予測結果の良否の判定に影響を及ぼすと考えられる3つの要因が最終的な良否の判定に及ぼす影響度をメンバーシップ関数の形で調べたのが図3である。これより、以下のことがわかる。

- 1) ピーク値付近差については、「まあまあ影響度が高い」と見なせるメンバーシップ関数となっている。これは、専門技術者の思考プロセスにおいて、ある程度の影響力を持っているが、実測値と解析値がピーク値付近でかなり近い値を示したとしても、他の2つの要因、すなわち全体差とピーク深差の評価が「悪い」場合には、専門技術者はピーク値付近の差を意識しなくなってしまう要素を含んでいるためと考えられる。
- 2) ピーク深差については、差が小さいときは影響度が低く、差が大きくなると影響度が高くなるというメンバーシップ関数となっている。これは、実測値と解析値のピーク深差が小さいときは思考プロセスにあまり関与しないが、実測値と解析値のピークのずれが大きくなってくるとかなり影響度が高くなることを意味している。
- 3) 全体差に関しては、影響度が高いメンバーシップ関数となっている。これは、全体的な形状の相違は、専門技術者にとって図を見たときの最初の印象となり得るものであるため、アンケート調査でも多くの技術者が着目点としており、全体差は総合評価に対し支配的であることを示唆している。

5. まとめ

山留め壁に作用する側圧の予測結果の良否を評価する際の専門家の思考プロセスをファジィ理論を導入してある程度モデル化することができた。そして、構築したモデルをアンケート調査に基づいて同定したところ、専門技術者は予測結果の良否の判定に際して「全体差」、「ピーク値付近差」、「ピーク深差」の順でこれらの要因を重視していることが明らかとなった。

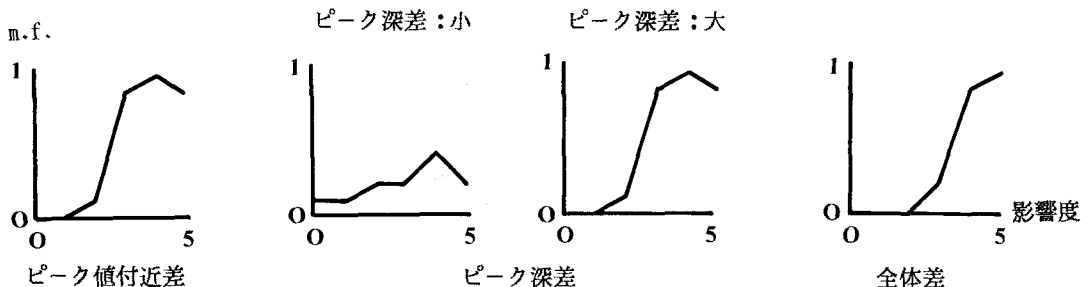


図3 「ピーク値付近差」、「ピーク深差」、「全体差」の3つの要因が最終的な良否の判定に及ぼす影響度