

VI-271

地中連続壁掘削機の位置制御における適正な制御条件の推定

愛媛大学 学生員 保積 浩二 愛媛大学 正 員 深川 良一
愛媛大学 正 員 室 達朗 鴻池組 正 員 松生 隆司

はじめに

掘削周辺地盤への影響が少なく、低公害工法である地中連続壁工法が最近良く用いられている。筆者らは、比例制御動作に基づく室内モデル試験により地中連続壁掘削機の位置制御結果に及ぼす制御条件あるいは地盤条件の影響を明らかにしてきた^{1) 2)}。特に、制御結果は掘削機の掘削貫入速度および地盤変形特性の影響を深刻に受けること、しかもそれらの相互関係が単純なものでないことが分かった。ここでは、モデル実験結果をもとにファジィ推論により掘削貫入速度および地盤の変形係数から最適感度を推定した。

実験時諸条件および地盤変形係数

一連の実験結果により、最適感度は掘削機の貫入速度および地盤の変形特性の影響を強く受けることが分かった。ここに最適感度とは、貫入速度を一定とし感度を種々変化させて行った一連の実験において相対的に良好な制御結果を与えた感度のことである。貫入速度は0.35, 0.6, 1.0mm/secの3種類を採用した。ちなみに実際の掘削機の標準的な掘削速度は2.0m/h(=0.56mm/sec)程度である。地盤変形係数は水平方向の平板載荷試験から求め、載荷板の変位10mmに対応する載荷圧力の比として定義した¹⁾。この変形係数は通常の平板載荷試験の地盤反力係数に相当する。実験では4種類の粒状材料を使用した。求められた各試料の変形係数は、豊浦砂、発泡スチロールビーズ、川砂、ポリエチレンビーズに対して、それぞれ、0.130, 0.0086, 0.259, 0.0378kgf/cm³となった。

地盤変形係数と最適感度の関係

貫入速度が0.35mm/secの場合(Fig. 1), かなり軟らかい地盤(発泡スチロールビーズの場合)と堅めの地盤(川砂)では最適感度の幅が絞られている。一方、それらの中間的な変形係数の地盤では最適感度の幅が広い、つまり制御が容易であることが分かる。貫入速度が0.6mm/secの場合(Fig. 2), 全体の傾向は貫入速度0.35mm/secの場合に類似しているが、総体的に最適感度の幅が狭くなっている。また1.0mm/secにおいては(Fig. 3), 前2者とは大きく傾向が異なっている。即ち、変形係数が大きくなるに連れ最適感度を少し大きめに設定する必要があることが分かるし、その幅自体も川砂

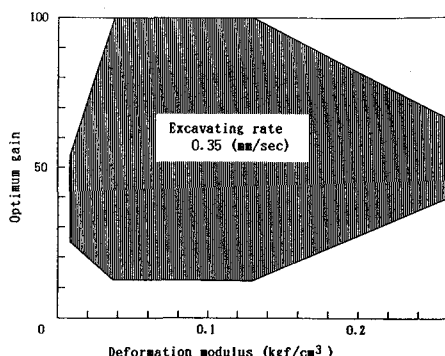


Fig.1 Effect of deformation property of material on optimum gain (excavating rate is 0.35mm/sec)

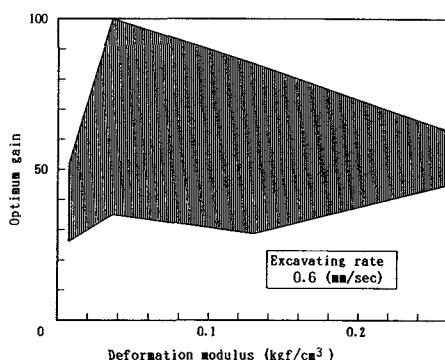


Fig.2 Effect of deformation property of material on optimum gain (excavating rate is 0.60mm/sec)

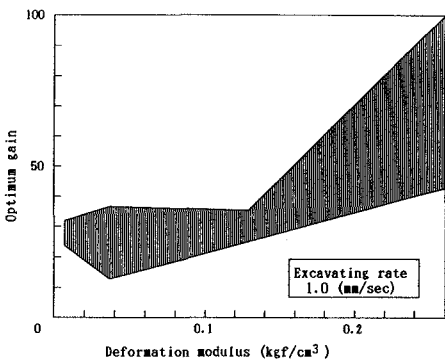


Fig.3 Effect of deformation property of material on optimum gain (excavating rate is 1.0mm/sec)

以外の試料では狭まっている。制御条件の設定に特に留意する必要がある。

制御条件

変形係数、貫入速度および最適感度の関係にある関数で表現できれば位置制御を実施する上で便利であるが、あまり単純でなく定式化は容易でない。そこで貫入速度と地盤変形係数を入力情報とし最適感度を出力情報とする2入力1出力のファジィ推論を実施した。まずファジィ推論規則を構築し、ファジィ推論シミュレーションを実施した。ファジィ推論規則はいわゆるif～thenルールに基づいて作成したが、入力側においては変形係数を0～0.3kgf/cm³、貫入速度0.2～1.1mm/secと設定し、メンバーシップ関数をFig. 4のように決めた。また、同様に出力側においては感度を0～100とし、メンバーシップ関数をFig. 4の様に設定した。いずれの場合もラベル数は7である。ファジィラベルとしては各々、VS：とても小さい、MS：小さい、S：やや小さい、M：普通、L：やや大きい、ML：大きい、VL：とても大きいの7種類を選択している。推論規則はFigs. 1～3の実測値をもとに作成したが、実測値の得られていないところではより滑らかになるように規則を選択した。最終的に使用したファジィ推論規則をTable 1に示す。

ファジィ推論結果

推論結果をFig. 5に示す。実測値(モデル実験によって得られた最適感度の範囲の中央値)とファジィ推論によって得られた推定値との比較である。実測値に対して推定値が、ほぼ直線上に分布している。よって、ファジィ推論によりかなり良好に最適感度の決定ができることが分かった。さらに制御条件あるいは地盤条件の数を増やして一連の実験が実施できれば、最適感度の推定精度はさらに向上するだろう。ただし、これらの推論はモデル実験結果に対応するから、実際にそのまま役立つと言うわけではない。しかし、同様なファジィ推論は実際問題へも容易に適用することができる。

参考文献 1) 深川・室・鈴木・松生・澤(1993), 第3回建設ロボットシンポジウム論文集, 2) 深川・室・鈴木・松生(1993), 土木学会年次学術講演会講演集。

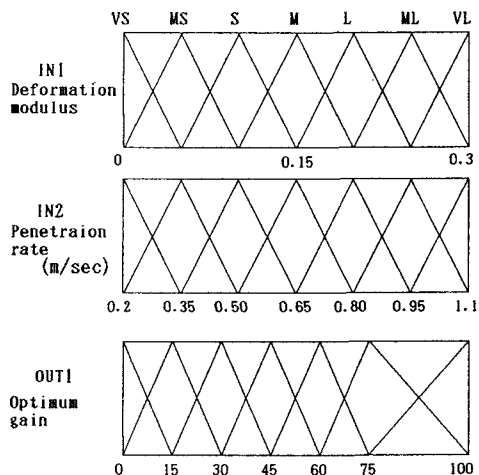


Fig. 4 Membership functions in fuzzy reasoning

Table 1 Fuzzy rules in fuzzy reasoning

	VS	MS	S	M	L	ML	VL
VS	M	M	M	M	M	M	M
MS	M	L	L	L	L	L	L
S	M	L	L	L	L	L	L
M	M	L	L	L	L	L	L
L	S	M	M	M	M	L	ML
ML	S	S	S	S	M	ML	VL
VL	MS	MS	MS	MS	M	VL	VL

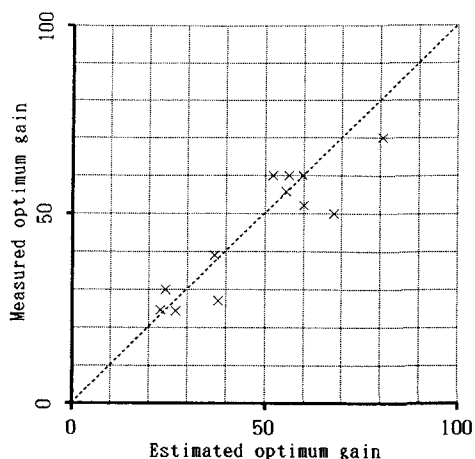


Fig. 5 Estimation of optimum gain based on fuzzy reasoning simulation