

ブルドーザブレードのファジィ制御に関する室内モデル実験

愛媛大学工学部 正 員 深川良一・室達朗

愛媛大学工学部 学生員 鈴木貴雄

住友建機(株) 正 員 〇久保勝也

はじめに ブレード前面に堆積する土量が増加したり掘削に要する力が増大してくると、オペレーターはブレードの上昇のみならず前傾あるいは後傾という操作を加えて円滑な押土、掘削作業を実現しようとする。本論文では、こうしたブレードの上昇および前傾という2つの動作をファジィ制御により自動化し、単位時間当たりの掘削土量で定義される押土能率の改善にどの程度寄与するか考察した。

モデル実験の概要

(a)実験装置 試料砂には豊浦標準砂を使用した。土槽底面から8cmの高さまでを基礎地盤、基礎地盤表面から5cmの高さまでを盛土(被押土)部分とした。基礎地盤および盛土部分の密度、相対密度は各々 1.58g/cm^3 , 82%, 1.41g/cm^3 , 24%である。実験装置の内、台車、車両牽引装置については基本的に深川・室・鈴木(1991)で用いたものと同一である。ブレード前傾のための装置およびブレードをFig.1に示す。またファジィ制御システム構成についてFig.2に示す。

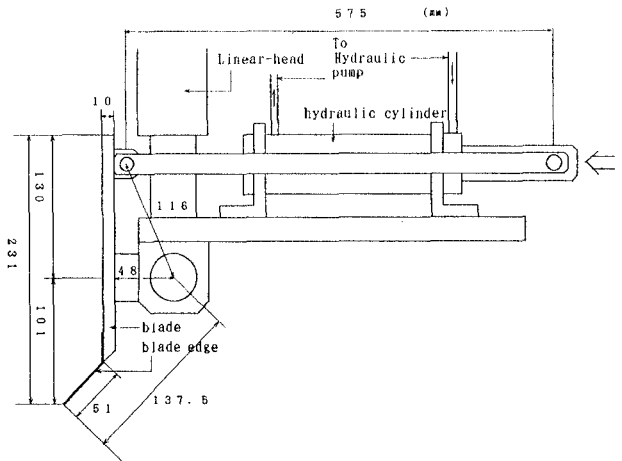


Fig. 1 Outline of forward inclination mechanism

(b)制御条件およびメンバーシップ関数の決定

今回は1入力(ブレードにかかる水平方向の力: F_h) 2出力(ブレードの上昇および前傾)の実験を行ったが、比較のためにブレードを傾けない上昇のみの1入力1出力制御実験も並行して行った。1入力2出力制御におけるメンバーシップ関数の設定は、1入力2出力制御においてブレードにかかる力~ブレードの上昇関係に関して設定されたものと同一である。またブレードの前傾に関わるメンバーシップ関数も基本的にこれらと同一パターンの設定である。ここでメンバーシップ関数のラベル数は5つとした。またブレードにかかる力の最大値を30kgfとし、最小値を0~80%まで20%刻みで変えて実験を行った。最小値の変更は、通常オペレータがブレードにかかる力がある程度の大きさになるまでブレード操作を開始しないということに対応している。以上で述べた基本的なメンバーシップ関数のパターンは深川ら(1991)に述べたものと同じである。Fig.3にブレードを上昇および前傾させた場合の結果の一例を示す。図中 D_v はブレードの上昇量(リニアヘッ

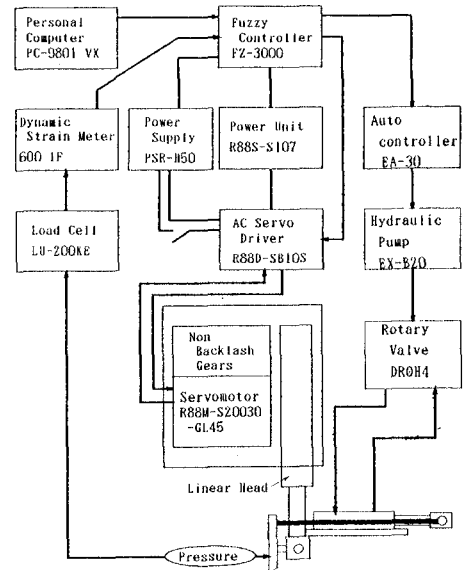


Fig. 2 System constitution in fuzzy control

ドの伸縮量として定義)を示し、FI, WFIは各々前傾を加えた場合、加えない場合に対応している。前傾を加えるほどブレードの上昇速度が速いことがわかる。他の設定最小値についても同様の傾向がみられた。

ブレードの前傾が作業能率、押土能率に及ぼす影響

作業能率は単位時間当たりの作業量として定義できる。今押土を開始してからブレードがある一定高さに達するまでを1工程とする。1工程にかかる作業時間を t とし、その間の押土量を V とすると、1工程当たりの押土能率 E は次式で表される。

$$E = \frac{V}{t} \quad (1)$$

ブレードに前傾を加えた場合、加えない場合の1工程に対応する作業時間、押土量及び押土能率をそれぞれ t_f , t_w , V_f , V_w , E_f , E_w とすれば、1工程当たりの押土能率比は

$$\frac{E_f}{E_w} = \left(\frac{V_f}{V_w} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right) \quad (2)$$

となる。押土能率比が1より大きければ、ブレードに前傾を加える程押土能率としては有利であることになる。押土量はブレード下端の軌跡より算定した。Fig. 4に押土能率比の算定の手順を概念的に示したが、具体的な手順は以下の通りである。

- i) ブレード変位～押土距離関係曲線からブレードが一定の高さに達したときまでに経過した押土時間 t_f , t_w を算定する。
- ii) t_f , t_w に対応した押土量を押土量～押土時間関係曲線から読み取る。
- iii) 式(2)に基づいて押土能率比を算定する。

以上の手順で算定された押土能率比を設定されたブレードの限界高さに対してFig. 5に示す。盛土地盤初期表面高さを0として設定している。全ての設定最小値に対して押土能率比が1以上となっている。このことは前傾を加えた方が良好な押土能率を与えることを意味している。ただし実際のブルドーザによる作業のサイクルタイムは、車両の後退時間などが含まれるから、今後はこうしたものを考慮に入れて、総合的に前傾の効果が判断されるべきであろう。

まとめ 押土作業中にブレードに前傾を加えた場合、ブレードの変位速度が前傾をしないものよりも速く、作業能率の点で有効であることが分かった。また、ブレードの限界上昇高さという一種の制御規準を設定した場合、押土能率という点でも前傾を加えた方が良好な結果を与えた。

参考文献 深川・室・鈴木(1991):平成3年度土木学会中四支部研究発表会講演概要集, PP. 608～609.

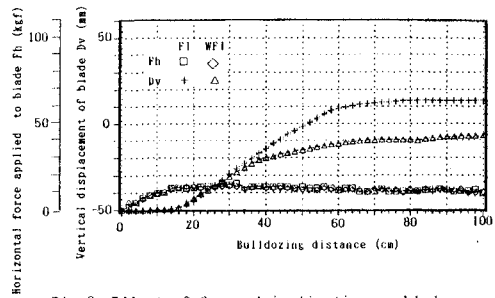


Fig. 3 Effect of forward inclination on blade performances (Minimum value to start blade control is 40% of the maximum applied force to blade)

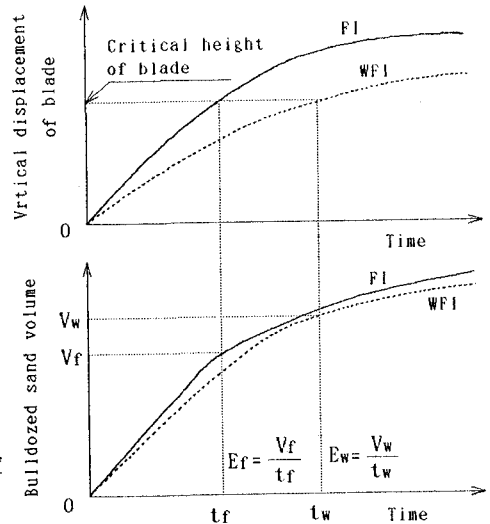


Fig. 4 Derivation of the ratio of bulldozing efficiency

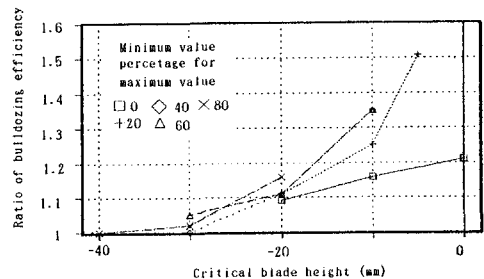


Fig. 5 Effect of forward inclination of blade on the ratio of bulldozing efficiency