

連壁用モデル掘削機の位置制御に及ぼす制御条件の影響

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 ○山本 素

1.はじめに 連続地中壁造成用の鉛直掘削機の位置制御は、建設される連続地中壁の遮水性などに重要な影響を及ぼすため、できるだけ精度良く施工される必要がある。本研究では、モデル掘削機とモデル地盤を用いた室内制御実験により、鉛直掘削機の位置制御に及ぼす各種制御条件の影響を明らかにし、より効果的な制御法を確立することを目指した。

2.実験装置 実験装置は、油圧ユニット、モデル掘削機本体、土槽、フレーム、ワイヤーリール、吸引装置などからなっている。実験装置の全量を図-1に示す。モデル掘削機本体の寸法は $133 \times 320 \times 705$ (mm)、重量58.98(kgf)である。

モデル掘削機本体は図-2に示すように片面に2つずつ、計4つの制御板と4つのドラムカッターを有している。上部はワイヤーで吊り下げられ、フレームに取り付けた滑車を通じてワイヤーリールによって上下に移動できるようになっている。従来のモデル掘削機¹⁾をできるだけ実機に近付けるよう改良している。

3.モデル地盤 気乾状態の豊浦標準砂を地盤材料として用いた。豊浦砂の諸元は土粒子比重2.57、 $\rho_{min}=1.35$ (g/cm³)、 $\rho_{max}=1.63$ (g/cm³)である。標準砂を土槽の上端面から網目の大きさ0.84(mm)のふるいを通して緩やかにそそぎ込みモデル地盤を作成した。モデル地盤の平均密度は 1.41 (g/cm³)、相対密度は33(%)である。

4.実験内容 モデル掘削機をワイヤーでフレームに自然に吊り下げた状態を傾斜および本体上・下端中央変位の基準位置とした。実験は、モデル掘削機本体の下端中央のみを基準位置に戻すという条件で実施し、また、本体の移動法は、対角に位置する制御板を伸ばし、モデル掘削機本体を回転させながら基準位置に近付ける回転移動法である。これらは実機の制御条件に近い。実験では、まず2種類の初期条件A、B(図-3)を設定した。

- ・初期条件A：本体上端中央変位+0.5(cm)、本体傾斜+1.0(deg)
- ・初期条件B：本体上端中央変位+0.5(cm)、下端中央変位+0.5(cm)

それぞれの初期条件に対して、制御板の伸縮速度 v_c を変化させた実験(3種類、1.16、1.52、2.26(cm/s))、及び制御インターバル t_i を変化させた実験(3種類、0、2、4(s))を行った。ここで、制御インターバル t_i とは、ある制御の終了直後から次の制御の開始直前までの時間のことである。制御の1サイクルは制御板の伸長、収縮および停止(t_i に対応)から成る。伸長および収縮に要する時間は各々0.5(s)である。

地盤と本体の準備が整った後、ドラムカッターを回転させ、モデル掘削機本体を平均掘削速度0.68(cm/min)で掘進させた。掘進中各種変位計のデータをコンピュータに読み込み、プログラム内で処理し、各制御板の制御を行った。

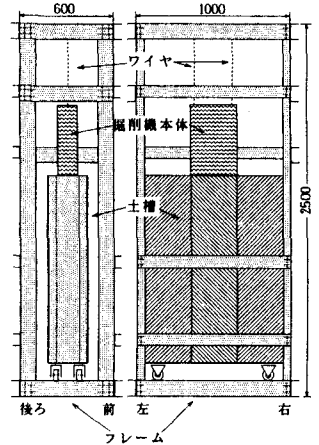


図-1 実験装置概観

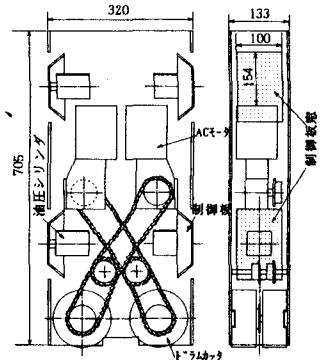


図-2 モデル掘削機本体

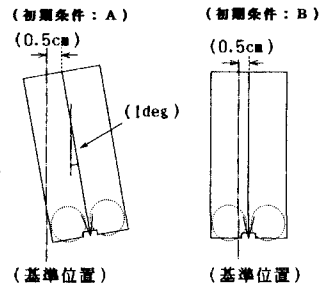


図-3 初期条件

5. 結果と考察 図-4は下端中央が基準位置に戻るまでの時間と v_c 、 t_i の関係を初期条件Aについてまとめたものである。これを見ると、本体下端中央の戻り時間が最も早いのは $v_c=2.26(\text{cm/s})$ 、 $t_i=0(\text{s})$ のときで、戻り時間の最も遅いのは $v_c=1.16(\text{cm/s})$ 、 $t_i=4(\text{s})$ のときである。どちらの初期条件(A、B)の場合でも、 v_c が速く、 t_i が短いほど下端中央の戻り時間は早い。しかし、 $v_c=1.52(\text{cm/s})$ と $v_c=2.26(\text{cm/s})$ との戻り時間の差はさほど大きくない。つまり、 v_c をある程度の速度にすれば、それ以上速度を上げる必要はないと言えるのである。実機においては、 v_c が速すぎたり、制御回数が多過ぎるのは機械に悪影響を及ぼすため、これらの結果を踏まえる必要がある。

初期条件AおよびBに対する、下端中央が基準位置に戻るまでの制御回数(サイクル数) n_c と v_c 、 t_i の関係をまとめた(図-5、6)。 v_c が速いほど下端中央が基準位置に戻るまでの n_c が少ない。初期条件Aの場合、 v_c が1.16、1.52(cm/s)のときは t_i が長いほど n_c が少ない。特に v_c が1.16(cm/s)のとき、その傾向が明瞭である。これは、 t_i が短いときは掘削機本体の掘進速度に対して相対的に制御回数が多過ぎ、ほとんど空押し状態になり制御効果が薄れるためではないかと思われる。

一方、初期条件Bで $v_c=1.16(\text{cm/s})$ の場合、逆に t_i が短いほど n_c が少ない。下端中央を基準位置に戻すとき、初期条件Bは、初期条件Aの途中の1過程とみなすことができるため、下端中央を基準位置に戻すまでの n_c を少なくするには、下端中央が基準位置に近づくに連れ、 t_i を次第に短くするという制御を実施すればよいと判断される。

6. 結論 (1)下端中央の基準位置までの戻り時間と制御板の伸縮速度、制御インターバルの関係に関しては、i)伸縮速度が速く、制御インターバル

が短いほど下端中央の基準位置への戻り時間は早い、また、ii)伸縮速度がある程度になると、戻り時間の差がなくなるので、伸縮速度は必要以上に上げなくてもよいことがわかった。(2)下端中央が基準位置に戻るまでに要した制御回数に関しては、i)伸縮速度が速いほど下端中央が基準位置に戻るまでの制御回数は少ない、また、ii)制御回数をできるだけ少なくするためには、掘削機本体の下端中央が基準位置に近づくに連れ制御インターバルを短くするという制御を実施すればよいことがわかった。

7. 参考文献 1) 深川・室・松生・澤(1993):第3回建設ロボットシンポジウム論文集、pp. 175~184.

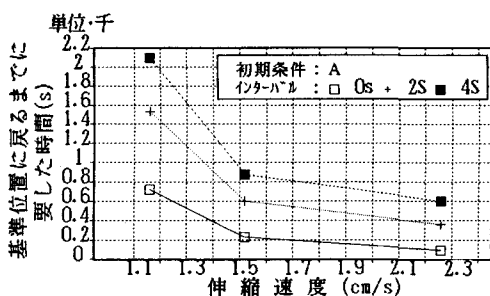


図-4 下端中央が基準位置に戻るまでに要した時間と伸縮速度の関係

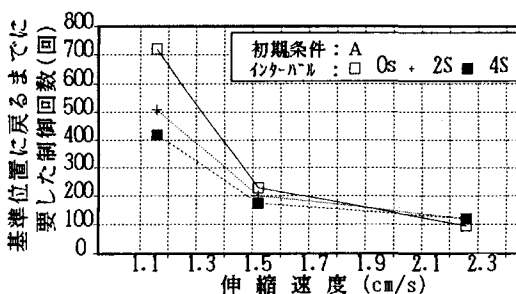


図-5 下端中央が基準位置に戻るまでに要した制御回数と伸縮速度の関係

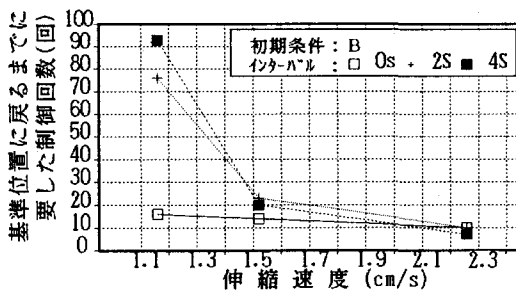


図-6 下端中央が基準位置に戻るまでに要した制御回数と伸縮速度の関係