

VI-6

連壁用掘削機の位置制御に関する室内モデル試験

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 ○山本 素・保積浩二
 鴻池組 正 員 松生隆司

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。実験装置の全景を図-1に示す。モデル掘削機本体の寸法は $133 \times 320 \times 705(\text{mm})$ 、重量 $59.0(\text{kgf})$ 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 、 $\rho_{\min}=1.35(\text{g}/\text{cm}^3)$ 、 $\rho_{\max}=1.63(\text{g}/\text{cm}^3)$ である。標準砂を土槽の上端面から網目の大きさ $0.84(\text{mm})$ 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 $1.41(\text{g}/\text{cm}^3)$ 、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、本体を基準位置から右側に $0.5(\text{cm})$ だけ平行移動させ、初期条件とした。この初期条件に対して、制御板の伸縮速度 v を変化させた実験(3種類、 1.16 、 1.52 、 $2.26(\text{cm}/\text{s})$)、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 、 $4(\text{s})$)を行った。ここで、制御インターバル t_i とは、図-3に示すように作動区間と作動区間の無作動区間のことをいう。つまり、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 $0.5(\text{s})$ 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 $0.68(\text{cm}/\text{min})$ 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

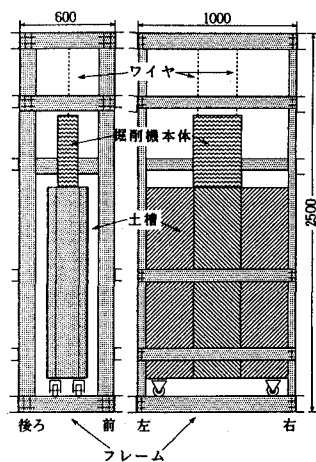


図-1 実験装置概観

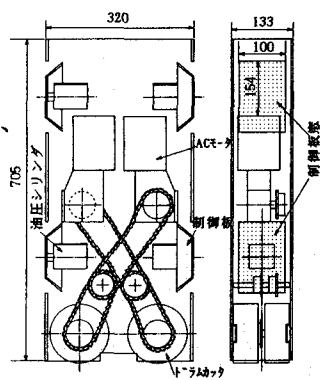


図-2 モデル掘削機本体

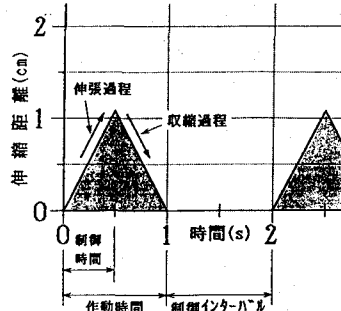


図-3 制御板の作動パターン

制御を行った。

5. 結果と考察 本体下端中央が基準位置に戻るまでに要した時間、制御回数については既に報告した²⁾。ここでは、下端中央が基準位置に戻った後の、下端中央の基準位置からの変位量に着目した。実験開始より、下端中央がはじめて負の値を示したときを基準位置に戻ったとみなし、そこからn回目までの測定値を抜き出し、以下の式によって算出した値を比較検討してみた。

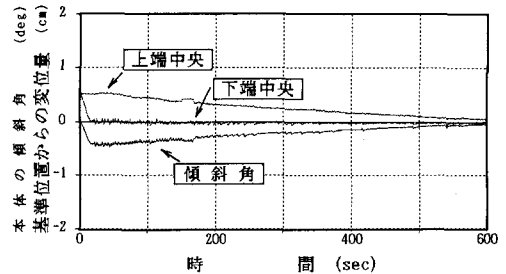
$$S_d = \left\{ \sum_{i=1}^n (x_i)^2 \right\} / n$$

ここに、 S_d : 基準位置からの変位量に関する指標 (cm^2)、 n : データ数、 x_i : 下端中央の基準位置からの変位 (cm) である。 S_d が大きい程、基準位置からの変位量が相対的に大きいことを表す。

図-4は、1例として $v_e = 1.16 (\text{cm/s})$ 、 $t_i = 0 (\text{s})$ のときの制御結果を示している。このような制御結果を各 v_e 、 t_i ごとに調べてまとめたのが、図-5、6である。測定回数を20回分、50回分と分けたのは、下端中央が基準位置に戻った直後の下端中央変位量と、基準位置に戻った後しばらく時間が経過した時点までの下端中央変位量を区別するためである。図-5は下端中央が基準位置に戻った直後の応答に関するものであるが、 v_e が速いほど、 t_i が短いほど、 S_d が大きくなっている。つまり、基準位置近傍ではこれらの制御条件が過剰な応答を引き起こしていることがわかる。また、 v_e が遅いほど t_i による変位量への影響は小さくなる傾向が見られる。図-6は、さらに対象区間を長くとした場合の S_d をまとめたものである。 $v_e = 1.16 (\text{cm/s})$ のときの $t_i = 2, 4 (\text{s})$ は基準位置からの変位量がかなり大きいことがわかる。これは、制御がルーズ過ぎて下端中央が基準位置を維持することができず、基準位置から離れていったためである。測定回数を50回分以上にすると、この傾向はより顕著になる。

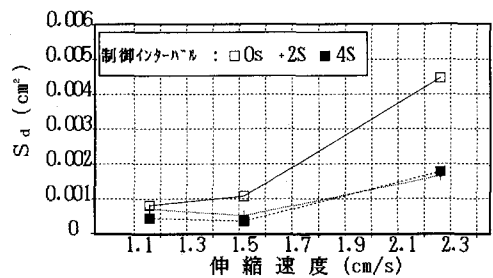
6. まとめ 下端中央が基準位置に戻った後、精度の高い制御(基準位置からの下端中央変位量を最小にする制御)をするには制御板の伸縮速度 v_e は遅い方がよい。ただし、この場合制御インターバル t_i を長くとり過ぎると、制御がルーズになり過ぎて逆効果である。

7. 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, pp. 175~184,
2) 深川・室・山本(1994): 平成6年度土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集。



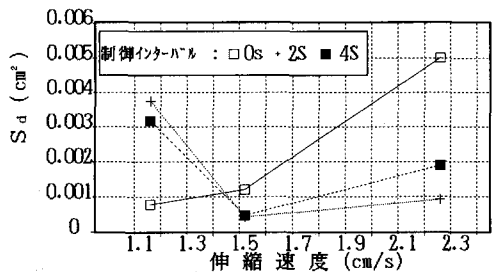
伸縮速度1.16cm/s、制御インターバル0s

図-4 制御結果の1例



測定回数20回分、制御時間0.5sec

図-5 伸縮速度と基準位置に戻った後の下端中央変位量の関係



測定回数50回分、制御時間0.5sec

図-6 伸縮速度と基準位置に戻った後の下端中央変位量の関係