

連壁用モデル掘削機の挙動と制御条件

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

(株)鴻池組技術研究所 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は制御板の伸縮によって位置制御を行うために、制御結果は地盤の影響を受けやすく、地盤条件によっては掘削機の挙動にかなりの変化が生じる。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地盤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。モデル掘削機本体は図-1に示すように片面に2つずつ、計4つの制御板（制御板サイズ120×130mm）と4つのドラムカッタを有している。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。寸法は150×400×930mm、重量91.50kgfである。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。ドラムカッタによって掘削された砂は吸引装置の負圧により、本体の外部に排出される。

3.モデル地盤 豊浦標準砂を地盤材料として用いた。豊浦砂の土粒子比重、 ρ_{min} 、 ρ_{max} は、各々2.57、1.35g/cm³、1.63g/cm³である。また用いた試料の含水比 w は11.6±0.4%である。湿潤砂を土槽の上端面から網目の大きき19.1mmのふるいを通して緩やかにそそぎ込み自然に堆積させた状態のものを緩詰め地盤とした。さらに湿潤砂が5cm堆積する毎に重さ1.6kgfの平板を20cmの高さから1回落下させて締め固めたものを中詰め地盤、平板を5回落下させて締め固めたものを密詰め地盤とした。地盤特性を評価するために、水平方向平板載荷試験を行い、地盤特性の代表値として基準地盤反力定数 K （載荷板深さ9cm）を求めた。その値は緩詰め地盤から密詰め地盤までそれぞれ0.064, 0.118, 0.238kgf/cm³である。

4.実験内容 上記の3種類の地盤に対して制御板の伸縮距離を変化させた実験（4種類、10, 15, 20, 30mm）を行った。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。まず初期条件として本体を右側に1cm平行にずらした状態を設定し、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験を実施した。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。地盤と本体の準備が整った後、ドラムカッタを回転

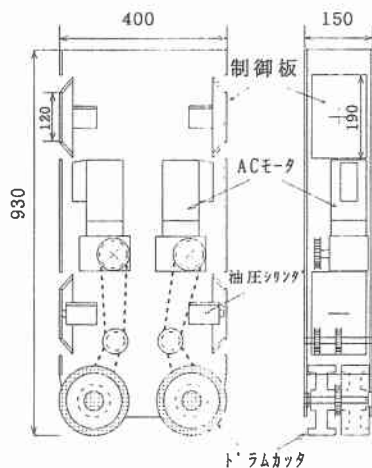


図-1 モデル掘削機の構造

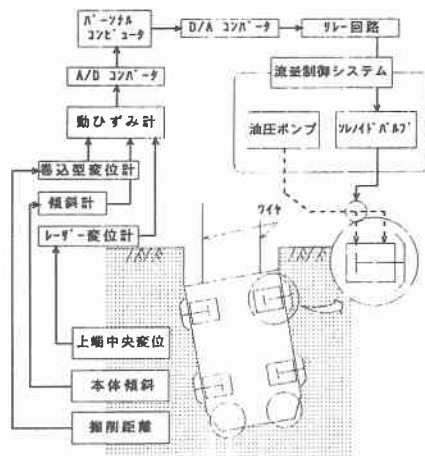


図-2 システム構成

させ、モデル掘削機本体を平均掘削速度1.23cm/minで掘進させた。掘進中各種変位計のデータをA/Dコンバータを通してコンピュータに読み込み、プログラム内で処理した後D/Aコンバータからリレー回路に送り、最終的にソレノイドバルブを操作して各制御板の伸縮を行った（図-2参照）。なお今回の制御は制御板を一定伸縮速度（2.26cm/sec）で一定時間（1.33sec）連続的に伸縮させるような制御である。

5. 結果と考察 モデル掘削機は制御を繰り返すことにより本体下端中央を基準位置に近づける。図-3は、制御板伸縮距離30mmの場合における制御板の伸縮回数と基準位置からの下端中央変位量の関係である。制御板の伸縮回数が増えるにつれ、下端中央変位量は増加し、さらに、地盤が密になるにつれて下端中央変位量は減少している。地盤条件による差は特に伸縮回数1回目において顕著に現れていることがわかる。この傾向は地盤反力定数に基づいてまとめた図-4でより明瞭に示されている。下端中央変位量は1回目の制御板の伸張によってほとんど決まり、2回目以後の伸縮では地盤密度の差がそれほど明瞭でない。これは、モデル地盤材料が湿潤砂でありそれが自立するため、制御板の伸縮を何度も繰り返すことにより、2回目以後は地盤からの反力をあまり得られなくなった結果であろう。そこで、制御の結果がより直接的に反映されている伸縮回数1回目について考察してみる。制御板の伸張1回目の下端中央変位量を基準地盤反力定数に対してとりそれぞれの伸縮距離についてまとめたものを図-5に示した。地盤が密になるほど（K値が大きくなるほど）、制御板の伸縮距離が小さくなるほど変位量が減少している。さらに、制御板の伸縮距離を横軸にとり各地盤条件についてまとめたものを図-6に示した。地盤条件によって伸縮距離に対する変位量の増加傾向が微妙に異なることがわかる。つまり、地盤が緩い場合は小さい伸縮距離で大きな変位が得られるのに対し、ある程度密になると応答はよりリニアなものとなる。

6. 結論 (1) 下端中央変位と伸縮回数との関係に関して、伸縮回数1回目の変位量に対し2回目以降では変位増分が減少することがわかった。(2) 制御板の伸張1回目において、下端中央変位量は地盤特性の影響を大きく受けることがわかった。(3) 地盤が緩い場合小さい伸縮距離で相対的に大きな変位が得られるのに対し、ある程度密になってくると応答はよりリニアになることがわかった。

7. 参考文献 1) 深川・室・保積・松生・澤(1994): 第4回建設ロボットシンポジウム論文集、pp. 15～22.

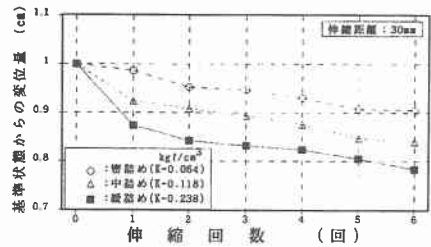


図-3 下端中央変位の推移

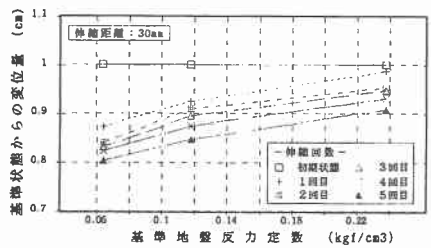


図-4 下端中央変位の推移と
基準地盤反力定数

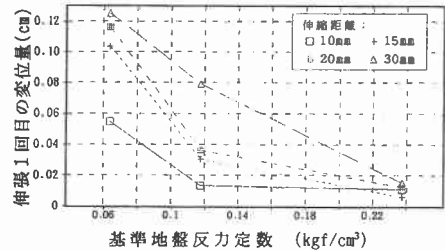


図-5 伸張1回目の変位量と
基準地盤反力定数の関係

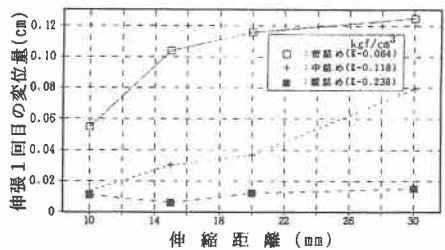


図-6 伸張1回目の変位量と
伸縮距離の関係