

連続地中壁用掘削機の位置制御に関する基礎的研究

愛媛大学工学部 正員 深川良一・室 達朗
新来島どっく㈱ 正員○森永真矢

はじめに 連続地中壁用掘削機の位置制御は現状ではまだ手動で行われているが、連続壁には遮水性などが要求されるため厳密な位置制御が必要となる。オペレータにとっては気の抜けないストレスの作用し易い作業である。ここでは、位置制御の自動化を達成し易い回転掘削型の掘削機械を対象とし、この種の掘削機械における制御特性と地盤特性の関連を調べるために一連の室内モデル実験を行った。特に、位置制御用油圧シリンダーの作動速度や地盤特性と制御結果との関係を調べた。

位置制御実験 ここでは非常に遅い貫入速度を想定し、図-1に示す様に掘削機能を持たない、2次的に自由に変位できるモデル掘削機と土槽を用いて位置制御実験を行った。図の油圧シリンダーにより載荷板を左に変位させたときの掘削機本体の右への変位量を測定した。土槽の大きさは $500 \times 510 \times 100$ mm、モデル掘削機の寸法は幅140mm、高さ186mm、奥行き90mm、重量は21.7kgfで、内部に油圧シリンダを有し、その先端に位置制御用載荷板を装着している。パソコンによって油圧ポンプと比例弁を制御し、載荷圧力 35.7 kgf/cm^2 一定で載荷-除荷を6回繰り返し、載荷板変位と掘削機本体の変位をそれぞれ本体に固定したリニアトランスデューサによって測定した。載荷板面積は $7.2 \times 10 \text{ cm} = 72 \text{ cm}^2$ で、載荷板の変位速度は0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 cm/sの5種類に変化させた。

地盤材料としては、粒状材料の豊浦標準砂、川砂、ポリエチレンビーズを用いた。これらの材料の比重は順に2.569, 0.896, 2.635、平均粒径は0.26, 0.98, 2.80mm、 $\rho_{\min}$ は1.345, 0.577, 0.636 g/cm^3 、 $\rho_{\max}$ は同様に1.625, 0.636, 1.728 g/cm^3 である。モデル地盤の相対密度は密詰めの豊浦砂で86%、ゆる詰めの豊浦砂で33%、ポリエチレンビーズで23%、川砂で36%であった。

地盤特性測定実験 ここでは地盤特性を調べるために水平方向平板載荷実験を行った。実験装置を図-2に示す。位置制御実験で用いた地盤材料、土槽と載荷板、油圧ユニットを用いて6回載荷-除荷を繰り返し、油圧シリンダに剛結したロードセルで地盤反力を、リニアトランスデューサで載荷板変位を測定した。一例としてゆる詰めの豊浦砂に対する実験結果を図-3に示す。地盤特性実験より得られた地盤反力～載荷板変位関係

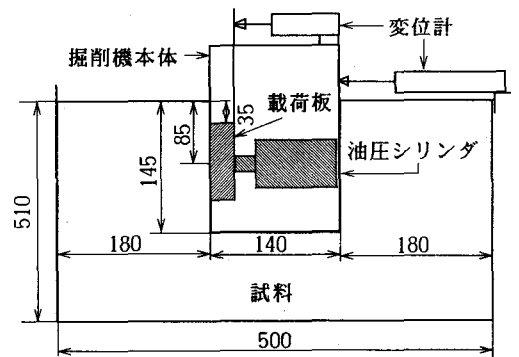


図-1 位置制御実験装置

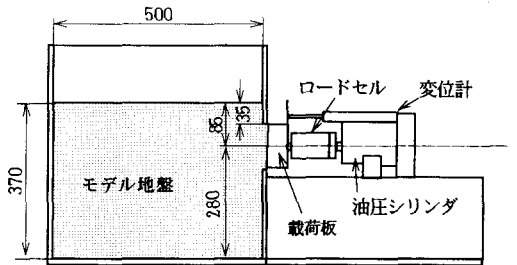


図-2 地盤特性測定実験装置

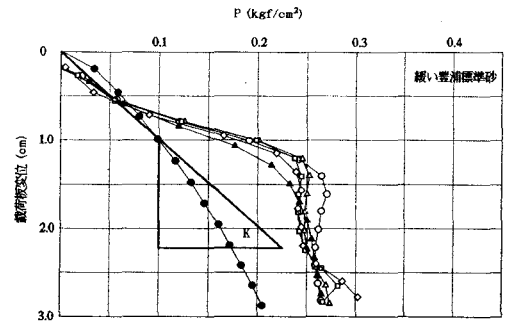


図-3 ゆる詰めの豊浦砂の地盤反力～変位関係

より、地盤特性の代表値として地盤反力係数 K_{10} を求めた。 K_{10} は式 $K_{10}=p_{10}/d_{10}$ で与えられる。ここに、 p_{10} : 載荷板変位10mmに対応する地盤反力(kgf/cm²)、 d_{10} : 載荷板変位(cm)である。図-3から分かるように応力～変位関係は1回目とそれ以降で傾向を異にする。ここでは地盤の初期応答に注目し、1回目の応答から地盤反力係数を求めた。

位置制御結果への諸要因の影響

1) 載荷速度 位置制御実験の結果を載荷速度で整理したものを図-4に示す。評価基準としては載荷板変位10mmに対応する本体の戻り変位量を採用した。今回のモデル実験では粒状材料を用いたため、載荷速度の影響はほとんど見られないことが分かる。

2) 地盤反力係数(地盤特性) 載荷板変位10mmに対応する本体の変位量と地盤反力係数 K_{10} の関係を図-5に示す。ここではピークを持つ凸型の結果が得られた。例えばある量だけ掘削機本体を変位させたい場合、地盤が軟らかすぎてもあるいは堅すぎてもその制御結果は思わしくないということを如実に示している。勿論、これらの傾向は特に定量的に載荷板面積や最大載荷圧力の影響を受けることが予想される。

3) 初期応答係数(地盤特性) 載荷板変位に対する本体変位の変化の割合と載荷板変位の関係を図-6に示す。ここで、得られた曲線に原点から接線を引き、その傾きを初期応答係数 R と定義する。初期応答係数と地盤反力係数の関係は図-7に示すように直線的になり、その関係は次式 $R=\alpha K_{10}$ で示される。ここに、 α : 比例定数である。地盤反力係数は載荷板変位に対する本体の初期応答を表す指標となることが分かる。

まとめ 回転掘削型の連続地中壁掘削機の位置制御に関して、位置制御用載荷板の載荷速度や地盤反力定数などいくつかの要因の制御結果に及ぼす影響について実験的に明らかにした。今回の実験結果は、当然載荷板サイズや掘削機の貫入深度の影響を受けるが、これらについては鈴木(1993)が一部その影響を力学的に明瞭な形で評価したように、何らかの合理的な解釈および展開が可能であると考えている。

謝辞 研究を進めるにあたり、御協力頂いた前・愛媛大学大学院生・鈴木貴雄氏、および鴻池組技術研究所・松池隆司、澤芳幸の諸氏に感謝の意を表す。

参考文献 鈴木貴雄(1993): 愛媛大学修士論文。

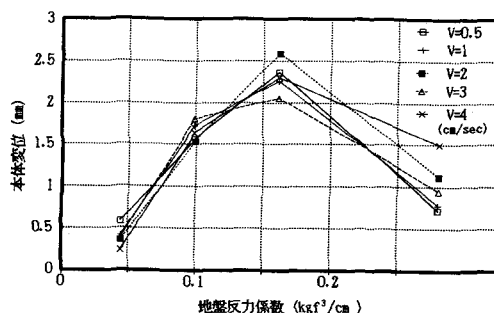


図-4 位置制御結果に及ぼす載荷速度の影響

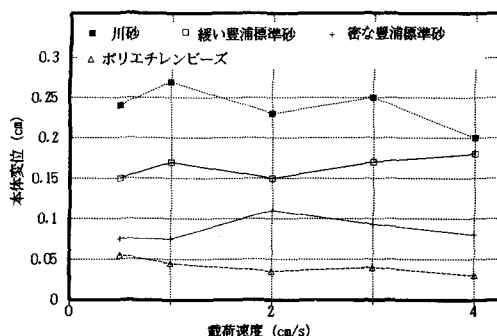


図-5 制御結果に及ぼす地盤特性の影響

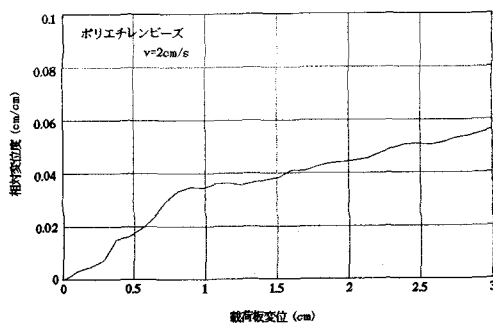


図-6 相対変位度～載荷板変位関係の1例

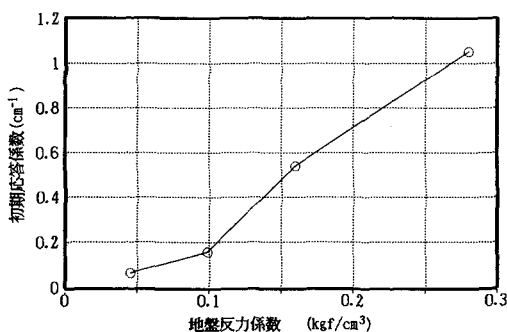


図-7 初期応答係数と地盤反力係数