

京都大学大学院 学生会員 ○内海知彦 海老原哲郎

清水建設(株) 正会員 野崎俊介

京都大学大学院 正会員 建山和由

1. はじめに

近年、シールド掘進機を用いたトンネル施工においても省力化が図られ、シールド掘進機の自動方向制御システムの開発が進められている。また最近の過密な都市地下部におけるシールド施工では、大深度で複雑に入り乱れた地盤条件の中を、既存構造物や周辺地盤への影響を最小限に抑えて、正確な設計軌道の掘進を要求されることが少なくない。

そこで著者らは過去の研究において、掘進中に周辺地盤状況を把握し最適推進モーメントを決定するプログラムを作成した¹⁾。このプログラムでは、シールド掘進機が曲線軌道を掘進する際の地盤から機体に働く抵抗力を予測し、曲線軌道の掘進に必要な推進モーメント（推進力とその作用位置）を決定している（図1参照）。このプログラムの適用性を検証し、改良点を明確にするためには、実際の地盤内で推進モーメントを与えたときの機体挙動を計測する必要がある。よって本研究では、与えた推進モーメントと機体挙動の関係を把握することを目的として、室内シールド模型実験を行った。

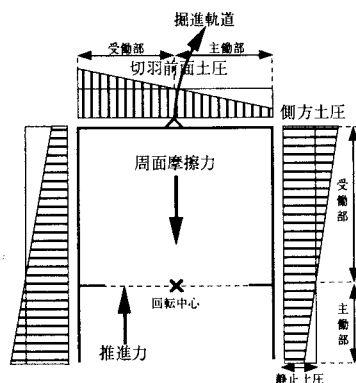


図1 機体に作用する抵抗力

2. 室内模型実験概要

今回実験で用いたシールド掘進機の模型を図2に示す。前胴は土砂の取り込みを行い、中胴には機体方向角を計測するためのジャイロを設置した。後胴は油圧ジャッキで発生した推進力を、中心から偏差させて与えるための推進力伝達部である。また前胴と中胴の間に角度づけされたプレートを含むことで、中折れ型シールド掘進機を模擬した。

実験方法は図3に示すように、砂を充填した土槽内に模型を設置し、推進モーメントを与えて機体を曲線掘進させる。その時の与えた推進力と機体方向角変化、および機体位置変化を計測する。地盤材料としては炉乾燥させたケイ砂6号を用い、疎密2種類の地盤を作成した。実験は単胴型と中折れ型（中折れ角5度および10度）の3種類のシールド模型を用い、土かぶり10cm、20cm、30cmの3種類について行った。

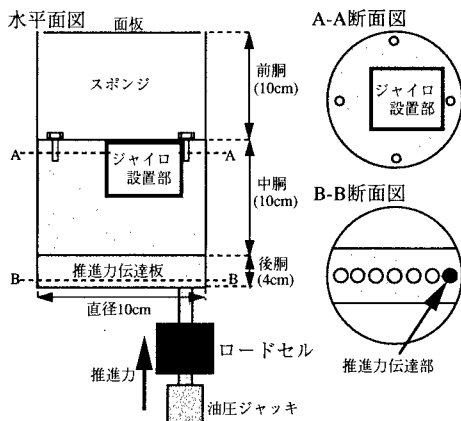


図2 シールド掘進機模型

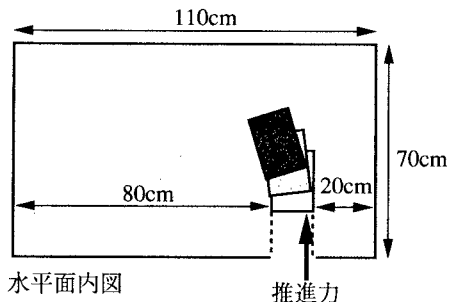


図3 実験方法

Tomohiko UTSUMI, Tetsuo EBIHARA, Shunsuke NOZAKI and Kazuyoshi TATEYAMA

3. 実験結果および考察

＜単胴型における実験結果と考察＞

土かぶり20cmにおける推進モーメントと機体挙動の掘進中の変化を図4に示す。機体挙動については、水平面内での機体前面中心の位置変化と機体方向角の変化で表す。図4より疎地盤 ($\gamma=1.36\text{gf/cm}^3$ $\text{Dr}=23.8\%$) においては、推進モーメントの増加に伴い機体は旋回するが、徐々に旋回しにくくなる傾向が見られる。密地盤 ($\gamma=1.48\text{gf/cm}^3$ $\text{Dr}=65.5\%$) については、初期にわずかに旋回した後は、推進モーメントが増加しても機体は旋回せず、ほぼ一定の方向角のまま旋回外側に平行移動することが分かる。この原因としては、旋回内側において地盤から機体に働く抵抗力が増大すること、および旋回外側の地盤から十分な反力が得られていないことが考えられる。つまり単胴型では与える推進モーメントを増加させても、旋回内側と外側の地盤からの抵抗力がアンバランスであるために、機体は旋回せずに旋回外側に平行移動する傾向が見られる。

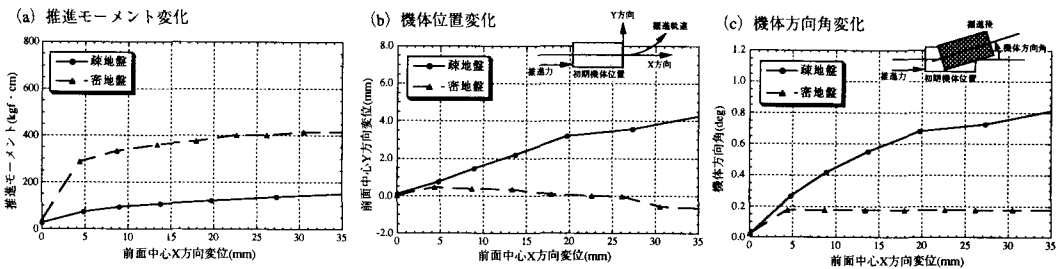


図4 推進モーメントと機体挙動の関係（単胴型、土かぶり20cm）

＜中折れ型における実験結果と考察＞

土かぶり20cmの密地盤 ($\gamma=1.48\text{gf/cm}^3$ $\text{Dr}=65.5\%$) における推進モーメントと機体挙動の変化を図5に示し、推進モーメントと機体挙動の関係の中折れ角による比較を行う。中折れ角を増加すると、図5(a)に示すように与えた推進モーメントがほぼ等しいにも関わらず、図5(b)(c)に示す計測結果より機体が大きく旋回したことが分かる。この原因としては、中折れ型では前胴が角度づけされたことによって、旋回外側地盤からの抵抗力を有効に利用することが可能であると考えられる。つまり中折れ型では、旋回内側と外側の地盤からの抵抗力のアンバランスが解消され、推進モーメントの増加とともに機体が旋回することが分かる。

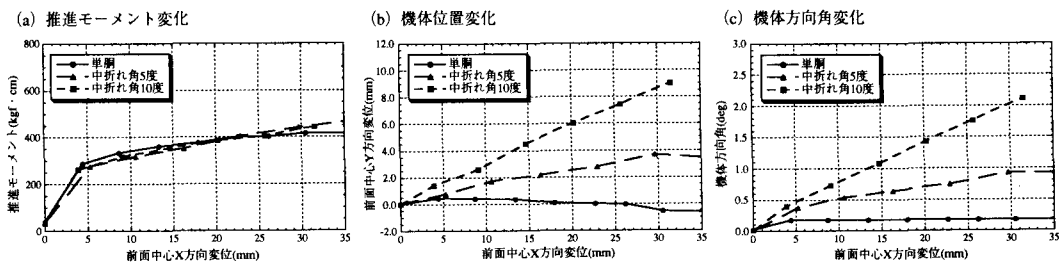


図5 推進モーメントと機体挙動の関係（密地盤、土かぶり20cm）

4. おわりに

本研究ではシールド掘進機の自動方向制御システムに関する研究の一環として、機体に与えた推進モーメントと機体挙動の関係を把握するために室内模型実験を行った。この実験よりシールド掘進機の方方向制御には、推進モーメントのみではなく、地盤から機体に作用する抵抗力の釣り合いも重要であることが分かった。今後はこの実験結果を利用して、方向制御法の改良を行う必要がある。

参考文献

- 1) 建山和由、深川良一、野崎俊介：地盤特性の評価とその建設ロボットへの応用、第40回地盤工学シンポジウム論文集、pp.271-278、1995