

III-55

縦型マルチフェイスシールド掘進機模型実験

(株) 日立造船技術研究所 正会員 清水賀之 鈴木基光 井坂正之 橋登志夫
日立造船(株) 西田昭二 小郷孝男

1. はじめに

マルチフェイスシールド掘進機は複数の掘削面板を有するため、効率的かつ経済的にトンネルなどの地下空間を建設することができる。著者らは、昭和63年に京葉線京橋工区で稼働した横型マルチフェイスシールド掘進機の設計、製作に先立ち、その姿勢変化特性を把握する目的で、実機の1/25の模型を作り実験砂層中を掘進させて、先行、後行各面板に作用する不釣合力を測定し姿勢変化の検討を行った。本研究は、近い将来実現する縦型について、力の不釣合力の計測を行うとともに、さらにその不釣合力で模型が砂層中をどのように姿勢変化するかについて実験を行い、先行面板が上にある型（上部先行型）と先行面板が下にある型（下部先行型）を対比しながら、解析、検討したものである。

2. 実験装置及び実験方法

実験装置の概略を図1に示す。実験装置は実機の約1/40のシールド模型（直径約300mm、離心率0.63）、セグメントに相当する後胴部と面板を回転させる駆動装置及び計測センサ類を載せた移動架台、土砂タンク及び運転制御・計測装置などで構成されている。模型は4本のスラストシリンダで後胴部に支持されており、カット軸はスプラインとユニバーサルジョイントを介して駆動されるため、掘進中の不釣合力により姿勢が変化する構造になっている。模型は移動架台を油圧シリンダによって駆動することにより砂層中を掘進する。使用した砂は、鋳物用7号けい砂である。

3. 実験結果及びその考察

上部先行型、下部先行型のそれぞれについて、先行面板と後行面板の回転数及び回転方向の組合わせを変えて、不釣合力及び姿勢変化の計測を行った。

図2は、先行、後行面板に作用するスラストについて、横軸に切込み速度比（ $=Nb/c/V$ N :回転数、 b :ビット段数 c :ビット高さ V :掘進速度）を、縦軸にスラスト T_f, T_b を掘削する部分の N 値で割って図示したものである。上部先行型にくらべ下部先行型の場合には、先行面板と後行面板の $T_f/N_f, T_b/N_b$ は、面板面積比（この模型の場合0.75）以上にその差が大きくなっている。また後行面板に作用するビット反力の水平方向（ X 方向）成分は、後行面板の一部が先行面板に隠れるために発生するものと考えられる。上部先行型にくらべ下部先行型の方が、この不釣合力 F_{xb}/Nb は小さくなっている。

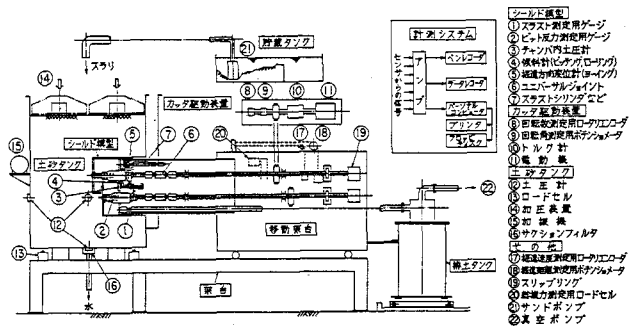


図1 実験装置の概略

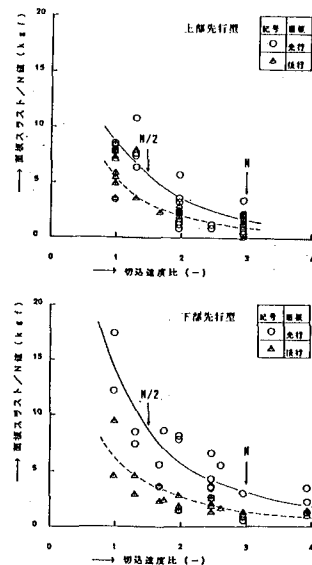


図2 スラストと切込み速度比の関係

図3は、上部先行型の姿勢変化特性の時間変化を示したもので、縦軸にそれぞれスラスト、トルク、ビット反力の水平方向成分と姿勢変化をとってあらわしている。またこれらの外力からピッチング、ローリング及びヨーイングモーメントを求めると、姿勢変化の方向は各モーメントの作用している方向と一致する。

4. 姿勢変化に関する考察

(1) ピッチングモーメント

(a) スラスト差

(b) 後行面板が掘削する部分の砂層の局部的なゆるみ

(c) 自重

表1は、図2の実験結果から各運転条件におけるピッチングモーメントを求めたものである。ピッチングモーメントは面板の回転方向に無関係である。また砂層のゆるみによるピッチングモーメントは下部先行型の場合に、後行面板の掘削する部分のゆるんだ砂が上

載荷重としてシールド掘進機に付加されるため発生すると仮定した。上部先行型にくらべ下部先行型の方がピッチングモーメントが大きくなる傾向にある。

(2) ローリングモーメント

(a) トルク差

(b) 後行面板のビット反力の不釣合成分

ローリングモーメントは、面板の回転方向によってその方向が変わる。

(3) ヨーイングモーメント

(a) 後行面板のビット反力の不釣合成分

上部先行型は下部先行型とくらべ発生するモーメントは若干大きい、特に問題となる大きさではない。

5. まとめ

縦型マルチフェイスシールド掘進機の姿勢変化特性に関する模型実験を行った。その結果、面板に作用する不釣合力は砂のゆるみが影響して下部先行型の方が大きくなり姿勢変化しやすいことがわかった。しかしながらこの不釣合力によって発生するモーメントは、それほど大きくないため従来の姿勢制御方法で対処できるものと考えられる。またこの不釣合力は、面板の回転数及び回転方向を変えることにより、その大きさ及び方向が変わることがわかった。したがってこの特性を利用して姿勢制御できるものと考えられる。

最後に本研究の実施に際して貴重な御助言を賜りました東京大学 松本嘉司教授、新潟大学 山本 稔教授並びにJR東日本（株）、（株）熊谷組の方々に心から感謝します。

（参考文献）

- (1) 鈴木他：マルチフェイスシールド掘進機模型実験、日立造船技報、vol.49, No.1, pp9-16(1988, 6)

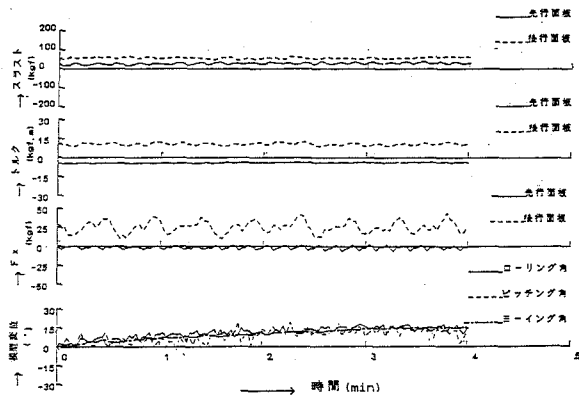


図3 シールド模型の姿勢変化特性

表1 各運転条件でのピッチングモーメントの比較

上部先行型 (単位: kgf・m)					下部先行型 (単位: kgf・m)				
回転方向 後行	1	2	3	4	回転方向 後行	1	2	3	4
先行 N	0.1	0.1	0.1	0.1	先行 N	0.4	0.4	0.4	0.4
後行 N	0.4	0.4	0.4	0.4	後行 N	±0	±0	±0	±0
先行 N/2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	先行 N/2	1.0	1.0	1.0	1.0
後行 N/2	±0	±0	±0	±0	後行 N/2	0.6	0.6	0.6	0.6