

早稲田大学理工学部土木工学科 正員 森 麟
同 同 ○ 赤 木 寛一

1. まえがき

土圧系シールドによる地盤の掘削・排土過程で最も問題にするのは湧水砂れき地盤の場合である。昨年度の研究においては限界水圧を決める基本的条件について大体的な説明を行おうにとどまった。今回、この土圧系シールドが定常推進するときの限界水圧を決定する基本的条件を十分に究明することを目的として実験を行なつて調査した結果、一応満足すべき成果を得ることができた。

2. 実験方法の概要

実験は図1に示すようなメカニカルブライド型の模型シールド機を用いて行なつた。排土機構はスクリュー・コンベア式で、シールド機のチャンバーとスクリュー・コンベア内に排土を充填させることで、ある限度までの地下水圧に耐える性能をもたせしめたものである。したがって、この研究の結果はこのような条件下で施工するシールドに対して適用されるものである。

実験土槽はモールド内にセットした。砂層部をモールド中心部に全断面の1/4の面積をもつ柱状体として貫通させ、水圧はこの柱状砂層を通してシールド切羽に作用する。

3. 限界水圧を決める基本条件について

昨年、切羽崩壊の生じるときの限界水圧はいくつもの実験結果などから総合判断して次式で表わされることを提案した。

$$p_c = f_{02} + f_{SR} \quad (1)$$

ここに、 f_{02} はチャンバー内の土をスクリューにフィードさせるに要する推力であり、 f_{SR} はスクリュー・コンベア内に充填している土の押出し抵抗である。

上式(1)は実験的に十分実証されたものではなく、特に f_{SR} のとり方については未決定であり押出し抵抗が、(1)式のような和の形になることを推定したのにとどまっていた。今回は上式(1)について実験的に検証を行なつて修正または f_{SR} の内容を正しくとえることを目的とした。

このためにはまず切羽に作用する水圧 p とその p をうけたシールドの定常推進時の前面推力 f の関係を正確に測定する必要がある。これには f_{02} と f_{SR} が水圧 p にかかわらず実験中一定値を保つように工夫を要した。

実験によつて求められた p と f との関係は基本的に図2のようになる。図2の $p \sim f$ 関係はa, b, cの3つの領域に区別できる。

a領域は水圧が増加してもシールド前面推力はあまり変わらない。これは作用水圧 p が、水圧ゼロのときスクリューに土をフィードさせるに要する圧力 f_{02} の一部を占める水圧 p の大きさに比例代わりすることを示している。すなわち、水圧 p も土をスクリューにフィードさせるような作用をするということである。

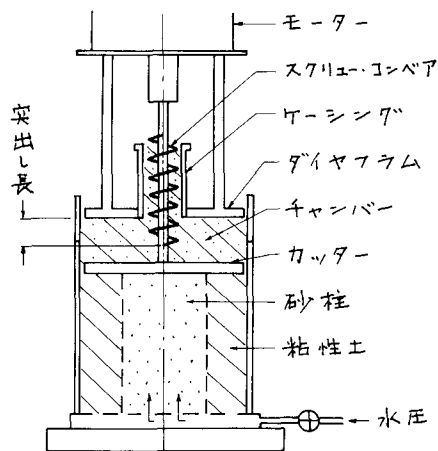


図1 実験装置の概要

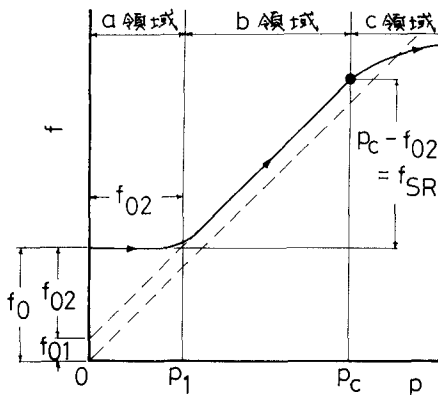


図2 前面推力 f と水圧 p の関係の模式図

b領域になると水圧が増した分だけ推力 f が増加するので45°線に平行となる。b領域の始点の水圧 p_1 はほぼ f_{02} に等しい。水圧 p_1 のとき f_{02} は全部水圧が肩代わりして水圧 p_1 だけの圧力でチャンバー内の土はスクリューにフィードされることになる。したがって、 p_1 より大きい水圧部分 $(p - p_1)$ は肩代わりするものではなく、そのままシールド前面に作用する圧力となるため、その分だけシールドの推力 f も大きくならざるを得ない。すなわち、 $f - f_0 = p - p_1$ となる。図中の f_0 はカッターが切羽を切削するのに必要な推力で水圧によっては肩代わりされないことがわかる。したがって、 $f - p = f_0$ である。水圧が p_1 をこえると $(p - p_1)$ に当る水圧分はチャンバー内の土をそれだけ余分に押す力として作用する。この力には、チャンバードアフラム反力の増加とスクリュー内の土の押し抵抗とが対抗する。

c領域では水圧を上上げた分だけ推力 f が上からず、曲線の勾配は45°より次第に下がり切羽崩壊が生じる。もし、c領域始点の水圧 (b領域の終点に相当する) で長時間推進すれば徐々に推力 f は低下し切羽崩壊に至るはずで、このc領域始点の水圧を限界水圧 p_c とする。水圧が p_c に到達するとスクリュー内の土が水圧によりスリップし押し出されて、切羽崩壊に至る。

この場合のスクリュー内の土の押し抵抗を F_{SR} とし、単位面積当たりのものを f_{SR} とすると、

$$f_{SR} = F_{SR} / A_s = C_u \cdot A_f / A_s \quad (2)$$

こゝに、 A_f は押し抵抗が発生するスクリュー内の通路内表面積、 C_u はスクリュー内の土の粘着力、 A_s はスクリューケーシングの断面積である。

(2) 式から求めた f_{SR} を図2のような実験結果をもとに求めた $(p_c - f_{02})$ と比較すると図3のとおりであり、個々のデータはバラツキがあるが平均的にはよく一致している。したがって、 $p_c - f_{02} = f_{SR}$ ということになり、(1) 式が実験的に検証されたわけである。

この f_{SR} は F_{SR} と A_s で割ったものであるが、このことはスクリュー内の土の押しに寄与する水圧はスクリュー断面のみに作用する水圧であり、チャンバー内ではスクリュー先端正面の面積すなわちケーシング断面積以外に作用している圧力はすべてチャンバードアフラム(偏圧)の反力により受持にれていることを意味している。このスクリューケーシングの断面積 A_s はシールド断面の数のため f_{SR} は限界水圧に大きな影響を及ぼす。また、(2) 式の右よりわかるとおり、 f_{SR} の大きさはスクリュー内の土の粘着力 C_u の値とスクリューコンベアの形状構造とで決まる。このうち、 C_u の大きさは定常推進時には非排水状態が保たれ、含水量不変のため、地山の土質(作泥材を添加する場合にはその分量)とカッター、スクリューなどの旋削効果によって定まるが、作泥材を添加する場合を除いては C_u の大きさはあまりコントロールできないので、スクリューコンベアの形状構造を変えることで f_{SR} の大きさを加減すべきである。

p_c の大きさを決めるもうひとつの要素 f_{02} はチャンバー内の土の粘着力 C_u とスクリューコンベアの径、突出し長、回転数などにより異なってくる。たとえば、スクリューの突出し長を長くしたり、回転数を上げると f_{02} の値が下がり、限界水圧もその分明らかに小さくなる。

4. まとめ

今回、土圧系シールドにより定常的に掘削・排土のできる限界水圧の大きさを決める基本条件について実験を行って調査した結果、排土装置のスクリューコンベア内の土の押し抵抗が限界水圧に大きな影響を及ぼすことを明らかにし、この押し抵抗を適切にコントロールすることさえすればシールド限界水圧とカッターの幅で変えることが可能であることを示した。

(参考文献)

森廣典・横山知幸：滞水砂質地盤における土圧シールドの適用性についての基礎的研究，

第17回土質工学研究発表会，No. 319，1982

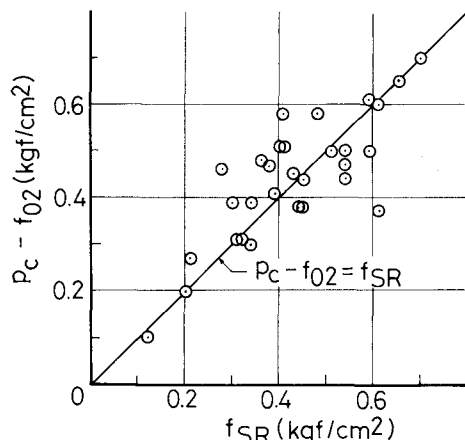


図3 実験により求めた $(p_c - f_{02})$ と f_{SR} の比較