

VI-230

スイングドラム型矩形断面(SDR)シールドの開発(その3)

ー 負荷能力設計法に関する実験的検討 ー

西松建設(株) 技術研究所 正会員

坪井 広美

機材部

高橋 鉄也

1. はじめに

本稿では、SDRシールド実証機の掘削機構¹⁾（写真-1）の負荷能力設計に関し、掘削土中での土の抵抗によって発生する機構本体のスイングトルクと土砂攪拌羽根回転トルク設計式の妥当性を負荷実験により検証した結果を報告する。

2. 設計式と設計値

掘削機構スイングトルクと土砂攪拌羽根回転トルク設計式を表-1に示す。今回検証する土の抵抗によって発生するスイングトルク（ T_{sm} ）と土砂攪拌羽根回転トルク（ T_{m1} ）の設計式と設計値を表-2に示すが、これらの設計式は縮尺1/6模型による要素実験²⁾で確認されたものである。

T_{sm} は、要素実験においてスイングトルクがスイング速度の影響を受けなかったことから、掘削土中の土の抵抗は投影面積に比例するとし、表-2の設計式を提案した。また、要素実験から得たスイングトルク係数は、 $\alpha = 0.34$ 、 $\alpha' = 1.21$ である。

T_{m1} は、要素実験で羽根径の3乗に比例することを確認し、土砂攪拌トルク係数 $\beta = 0.8$ を得た。そして、要素実験装置と実証機の攪拌羽根形状が相似であることから、これを用いて設計することとした。

3. 負荷実験の概要

(1) 実験方法

実験は、土槽（幅3.3m、長さ2.2m、高さ4.7m）にSDRシールド前胴部をセットし、これに塑性流動化させた土砂を充填し、掘削機構の負荷測定を行う。なお、実験用土砂は、図-1に示すとおり、シルト混じり砂質土と礫混じり砂質土（礫率は徐々に増加させる）の2種類を用いた。

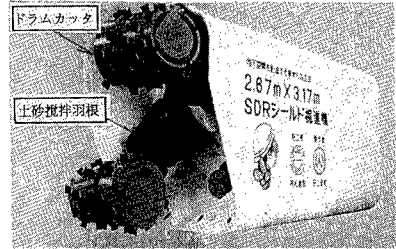


写真-1 SDRシールド実証機

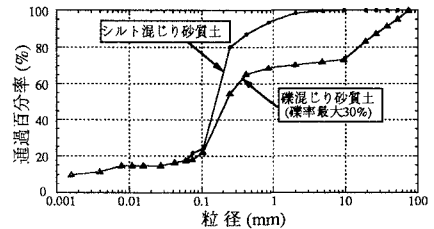


図-1 実験土砂の粒度度分布

表-1 負荷能力設計式

項 目	設 計 式
掘削機構スイングトルク 上昇時：ST1 (tf・m) 下降時：ST2 (tf・m)	$ST1 = T_{sc} + T_{sw} + T_{sm} + T_{sf}$ $ST2 = T_{sm} - T_{sc} - T_{sw} + T_{sf}$ T_{sc} ：カッターの切削反力によるトルク (tf・m) T_{sw} ：自重によるスイングトルク (tf・m) T_{sm} ：土砂の抵抗によるトルク (tf・m) T_{sf} ：機械摩擦抵抗によるトルク (tf・m)
土砂攪拌羽根回転トルク ： T_m (tf・m)	$T_m = T_{m1} + T_{m2}$ T_{m1} ：土砂の抵抗によるトルク (tf・m) T_{m2} ：機械および駆動抵抗によるトルク (tf・m)

表-2 T_{sm} 、 T_{m1} の設計式と設計値

項 目	設計式と設計値
土砂の抵抗によるスイングトルク T_{sm} (tf・m)	$T_{sm} = \alpha \sum (a_i \cdot L_i) + \alpha' \sum (a' \cdot L' \cdot i)$ $= 18.5$ (tf・m) α ：回転部に対するスイングトルク係数 (要素実験より $=0.34$) α' ：非回転部に対するスイングトルク係数 (要素実験より $=1.21$) $L_i(L'_i)$ ：スイング軸中心から $a_i(a'_i)$ 圆心までの長さ(m) $a_i(a'_i)$ ：スイングアーム(非)回転部の平面投影面積(m ²)
土砂の抵抗による土砂攪拌羽根 回転トルク T_{m1} (tf・m)	$T_{m1} = \beta d^3$ $= 0.583$ (tf・m) β ：土砂攪拌羽根トルク係数(要素実験より $=0.8$) d ：土砂攪拌羽根の径(m)

（２）測定項目

この実験では、土砂未充填時に機械摩擦および自重によるトルクの計測を、充填時に土砂の抵抗を含めた全体トルクの計測を行う。したがって、両実験での計測トルクの差し引きにより、土の抵抗によって発生するトルクを求めることができる。ただし、土砂充填による実験のため、地山切削により生じる切削反力トルクの計測は含まれない。

4. 実験結果と設計法の検証

実験は計測時間15分を1リングとして区切った。以下、 T_{sm} と T_{m1} について、1リング内の計測値の最大最小の範囲とリング内平均値をプロットした実験結果を示し、設計値と比較することにより設計法を検証する。

（１） T_{sm}

T_{sm} の実験結果を図-2に示す。実験結果は、シルト混じり砂質土地盤において設計値と良い対応を示す。しかし、礫混じり砂質土地盤では、設計値より小さく、礫率による影響も少ない。設計値に対して実験値が全般に低い結果となったことは、土槽上部の土砂の拘束や、チャンバ内土圧など実験条件の相違によるものと考えられる。全体的に要素実験の再現性は確保されており、土の抵抗によるスイングトルク T_{sm} の設計法の妥当性が認められる。

（２） T_{m1}

T_{m1} の実験結果を図-3に示す。シルト混じり砂質土での実験結果の平均は、設計値をやや上まっている。一方、礫混じり砂質土での平均値は、設計値と良い対応を示している。したがって、 T_{m1} は羽根径の3乗に比例するという設計式の妥当性が認められる。しかし、土砂攪拌トルク係数（ β ）は、設計値を大きく左右するので土質に応じて慎重に設定する必要があると考えられる。

5. おわりに

SDRシールドの掘削機構の負荷能力設計法について、実証機の負荷実験を通して検証した。その結果、要素実験から導いた掘削土中の土砂の抵抗によるスイングトルク T_{sm} および、土砂攪拌羽根回転トルク T_{m1} の設計法の妥当性が確認できた。

今後は、これら設計法を断面の拡大化へ展開するとともに、実地盤の掘削を行うことにより全体的な機械能力のバランスを図り、施工性に関わる項目を中心にさらに研究を重ねていく予定である。

【参考文献】

- 坪井 他：矩形断面シールド工法の開発（その2），西松建設技報，vol. 16，pp. 17-24，1993
- 三戸 他：スイングドラム型矩形断面（SDR）シールドの開発（その2），土木学会第47回年次学術講演会，VI-79，1993

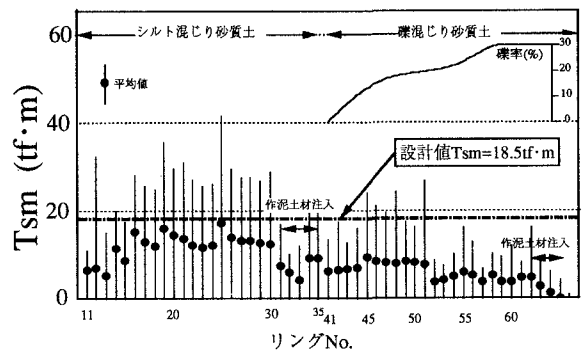


図-2 T_{sm} （掘削機構の土砂の抵抗によるスイングトルク）

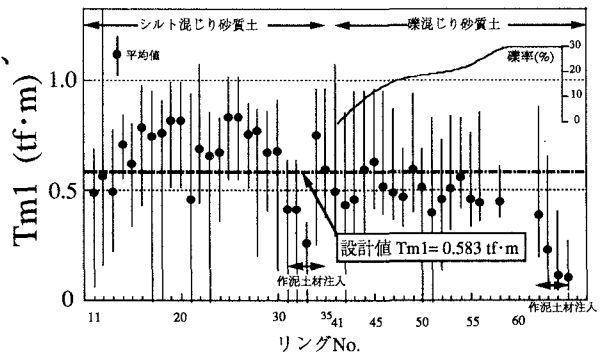


図-3 T_{m1} （土砂の抵抗による土砂攪拌羽根回転トルク）