

武蔵工業大学 正員 成山 元一
武蔵工業大学 正員 亀田 嘉之

1. はじめに

今日、様々な土木現場において、ブルドーザは使用頻度の高い、汎用性のある建設機械として使用されているが、より効果的な機械の設計また合理的な施工計画の立案を目指す上で、“土とブルドーザ”の關係の解析・解明およびブルドーザによる土の挙動分析が必要となってくる。すなわち、前者は“土とキャタピラー”および“土とブレード”の關係に基づくけん引特性の解明を、後者は種々の条件を変えた場合の単位土工量の算定式の確立を目指すことになる。そこで、本報では、後者の問題を模型実験によって分析し、確立への足がかりを求めようとしたものである。実験では、土質、含水比、排土板、切削深さ、速度の条件を変えて、土工量、最終押土断面形状、こぼれ量（最適押土距離）の測定を、また、ビー玉を用いた押土時の土粒子の挙動の観察・測定などを行なった。

2. 実験設備

テストピットは鋼製で、サイズは $4.5\text{ m} \times 1.0\text{ m} \times 0.3\text{ m}$ である。原動機は三相モーターで、無段変速機・減速機を経て、チェーンにより前輪に動力を伝達する。台車（ $1.0\text{ m} \times 0.6\text{ m}$ ）はピット両側のギヤ型軌条上を前記動力で走行し、模型排土板は台車上に、上下左右可動できるように取り付けられている。排土板は $40\text{ cm} \times 15\text{ cm}$ で20巾級のブルドーザの $\frac{1}{10}$ 縮尺で、曲率半径の小さいA型と、大きいB型（標準型）を使用した。

3. 実験材料

関東ロームと砂を実験材料とし、これらの試料の物理的性質を下表に示す。

試料の種類	比重	液性限界	塑性限界	塑性指数	最適含水比	最大乾燥密度
関東ローム	2.70	93.3 %	72.2 %	21.1	67.5 %	0.906 g/cm^3
砂	2.76	—	—	—	17.0 %	1.645 g/cm^3

4. 実験方法

〔実験順序〕 1) 試料の調整（標準フルイ5 mm通過試料） 2) 含水比調整（散水、試料混合、1日間放置）
3) 初期条件設定（75 kg/cmのローラー4往復転圧、3 m整地） 4) 実験（条件設定、各項目の測定）

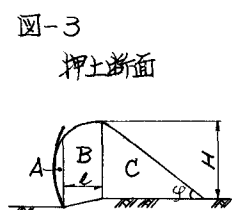
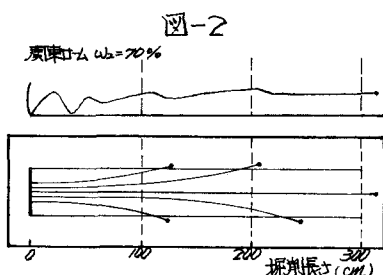
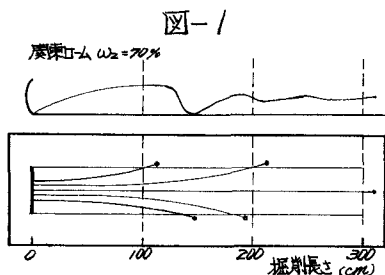
〔実験条件〕 土質（含水比）：ローム（55、70、80 %）、砂（13.5、16 %）、排土板：A型、B型
切削深さ：1、2、3 cm、掘削速度：低速（0.29 km/h）、高速（1.35 km/h）

〔測定項目〕 地山密度、押土後密度、含水比、土工量、こぼれ量、掘削断面形状、土粒子の転動

5. 実験結果

5-1 粒子転動像 実験結果の一例は図-1（排土板A型）・図-2（排土板B型）に示す通りである。

実験結果をみると、排土板による押土量が極限土量に達するまでは、諸条件によって転動状態は様々であるが、それ以後は、大略的にみてローム・砂にかかわらず、排土板A型では約50 cmサイクル、排土板B型では約100 cmサイクルで転動している。これは、排土板A型B型各々で、図-3のC部分は地盤条件にかかわらず、一定の形状を保ちながら移動していくことを示している。また、排土板A型においては、極限土量に達するまではローム・砂とも、湿潤側になるに従って、移動ピッチが短く、B型においては地盤条件にかかわらず、ほぼ同様な転動を示している。



5-2 安息角と堆積角

各条件ごとに、実際に使用した試料の安息角(ϕ)と、最終断面の堆積角(φ)を測定した結果、堆積角は諸条件にかかわらず、土の安息角によって決定できる。その関係式は次式の如く表わされる。

$$\varphi = 0.919\phi + 3.2^\circ \quad (\text{相関係数 } r = 0.954)$$

5-3 土工量

土工量の測定結果を図-4、図-5に示す。

これより、土工量に与える影響は、ロームでは切削深さ含水比・排水板の順に大きくなっているが、砂では含水比の影響はなく、切削深さ・排水板の順になっている。

5-4 側面抵抗

図-6のように、側面抵抗の無い状態について、砂($w=16\%$)で行なったところ、この時の土工量は切削深さごとに変化はあるが、それと側面抵抗のある場合の比でみると、排水板A型では切削深さによる差異はほとんどなく、一定(1.4)となり、B型では切削深さ1cmの場合1.3、2.3cmの場合2.0となる。

5-5 最適押土距離

最適押土距離とは、押土量が排水板固有の極限土量に達した地点までの距離のことで、この距離以上押土しても、形状的には(力学的には)負荷の大きい時エンストする可能性があるが)効率的でない。

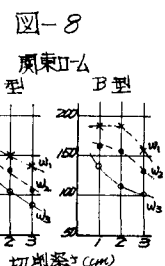
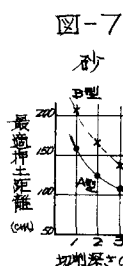
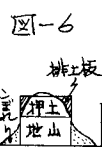
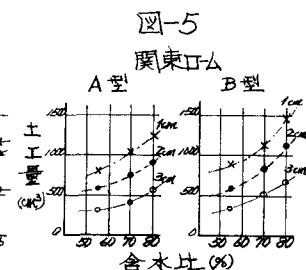
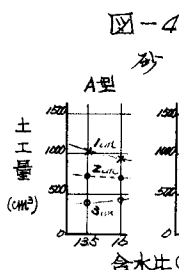
そこで、この状態から、最適押土距離を下式の如く誘導した。

その式からの算出結果を図-7、図-8に示す。

$$W = 40 \times h \times \gamma_L - \frac{1}{3} \times (40h \times \frac{\gamma_L}{\gamma_D}) \times \gamma_D$$

$$\alpha = \frac{3W}{80h\gamma_L} \quad \text{ここで } \alpha: \text{最適押土距離、} W: \text{土工量}$$

h : 切削深さ、 γ_L : 地山密度、 γ_D : 押土後密度



6 考察

上述の結果から、押土断面形状は、極限土量に達すると、図-3のC部分は排水板ごとに一定の形状を保ちつつ移動していき、B部分の変化により土工量は決まると言える。また、最終断面形状を決定する要因を分析していくと、一義的には、排水板形状、切削深さ、土質、含水比の各々が要因となるが、最終的には、上述のような形態となり、せん断力線の地山表面までの到達距離(l)および、堆積角(φ)、押土断面の堆積高(H)の要因となる。また、道路土工指針のブルドーザの土工量算定式の各要因と本実験から判明した各要因を比較検討すると、 φ は安息角、 l はせん断力線の到達距離、 M は側面抵抗およびこぼれ量、 d は最適押土距離に直接的・間接的に関係していると言える。

以上、まだ解明しなければならない点を残しているが、各要因とその特性の把握をより明確にしていくことにより、今後の解明を期することができ、本報告はその足がかりになると確信する次第です。