

京都大学工学部 正員 島 昭治郎
京都大学工学部 正員 ○ 金子 義信

1. まえがき 土工作業の重要な部分である掘削において、その機構を解明しようとする試みには、現在までいくつもの研究がある。それらは、土の静的な釣り合いをもとにした受働土圧理論の立場から解析がなされたものがほとんどである。Rathje¹⁾は、せまい刃すなわち掘削深さと刃幅の比が1以上の刃について掘削抵抗を求める近似式を得た。これは破壊形状を簡単な面で近似し、受働土圧を用いて導いている。Osman²⁾はひろい刃について、すべり線をOhdeの対数線解としたとき、実験値とよくあうことを示した。その他の研究もやはり受働土圧理論の域から出ていない。今回の報告は、前年度に継続して、土中を水平に移動する刃にかかる抵抗を測定し、さらに土圧計を用いて刃前面の土圧分布を実測し、掘削抵抗との関連を考察したものである。

2. 掘削抵抗測定装置と実験結果 掘削刃にかかる抵抗を測定するために図-1に示す装置を用いた。刃をトラス構造の抵抗測定用支持具に固定し、5馬力のモーターにより台車を移動させて掘削を行なった。台車の前面は観察用のガラス張りである。掘削刃にかかる抵抗は図のA, B, C, Dの4点のひずみより掘削抵抗合力の大きさ、方向、着力点の位置をもとめた。掘削速度は0.52 m/min, 2.0 m/min, 3.26 m/minの3種類で行った。刃幅および掘削深さは表-1に示すとおりである。被削試料としては図-2に示す粒径加積曲線をもつ5種の砂および礫を用いた。ただし試料⑤のみは湿潤状態で実験した。

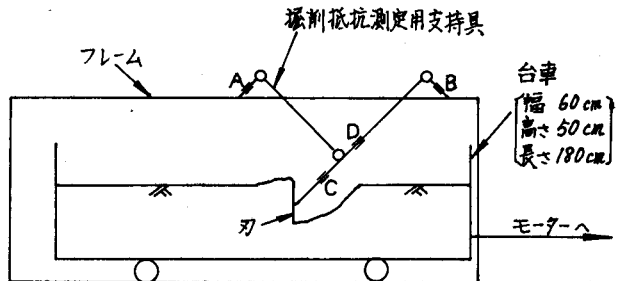


図-1 掘削抵抗測定装置

試料	①	②	③	④	⑤
刃幅 (cm)	5, 10, 15, 24, 48				10
掘削深さ (cm)	13.5				5 7.5 10

表-1 実験時の刃幅と掘削深さ

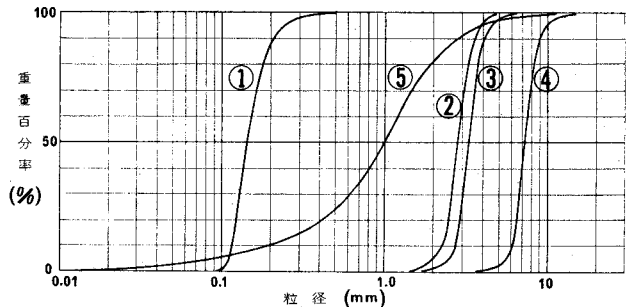


図-2 試料の粒径加積曲線

実験の結果、粘着力のある試料⑤より得られたデータには明らかにすべり面が形成される直前の、抵抗のピークが現れた。そして次々と現われるピークの谷の部分は、土塊がすべりあがる時点にあたる。試料②③④では次々とすべり面が形成されるのが観察されたもののデータ上では、そのような明確なピークは見られなかった。掘削抵抗を実測して、Rathjeの近似式による理論値と比較したものを、図-3に示す。この図より明らかにように、理論値と実測値はあまりよく合わず、近似式の仮定から当然のことであるが刃幅が大きくなるに従ってこの差は増大している。また、土槽いっぱいの刃幅48cmで2次元に近いと考えられる掘削における実測値はOhdeの対数線解による理論値のおよそ3倍であった。着力点の位置は試料②③④の粘着力のないもので、刃の下端から掘削深さの1/4の点付近にはほとんど変動なく存在し、試料⑤のように粘着力のある土では、1/3の点を中点にかなり変動することがわかった。このように、実測とこれまでの理論との間に大きなへだたりがあるのは、刃

の下端付近に、応力の集中が起こっているためと考えられる。そこで次に、掘削時の刃の前面の土中の応力を測定して、それを調べることにした。

3. 掘削刃前面の土圧分布の測定 掘削刃前面の土中の応力を測定するために、図-4に示す装置を用いた。測定球①はゴム製で、内部には水が封入されており、パイプ②により、U字管③に連結されている。測定方法は、掘削刃前面の所定の位置に測定球を置き刃をわずかに移動させると、U字管中の水銀柱のA点が下がろうとする。そこでB点側にビュレットにより、水銀を補充してA点の位置を保つようにする。そうして刃の移動前の水銀柱

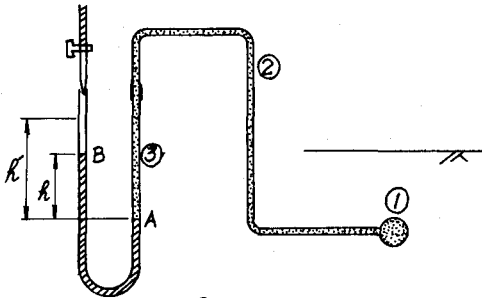


図-4 土圧計の構造

の高低差と移動後の高低差との差を、測定球の位置での土中の平均主応力とした。測定は幅48cmの刃で行い、試料①の標準砂を用いた。土中の10ヶ所で測定し、その結果、図-5に示すような圧力分布が得られた。

4. 考察 以上のように、刃の深さ方向の土圧分布は、静水圧的な分布よりはかなり下方にわたっており、土圧論において用いられる仮定に反している。そこで次のようなことが考えられる。半無限弾性体を帯状剛体で押しつけると、端部付近では応力集中が起こり、反力は無限大となって全体の反力分布は図-6(a)に示すようになる。一方、砂質土を同じように押しつける場合、端部地

表面の粒子間の応力は0でありせん断抵抗を持ち得ないから、応力集中は起こらないので図-6(b)に示すような分布となる。そこで、鉛直な平面刃が砂質土中を移動する場合、刃の下端付近では砂が逃げにくいので、応力の集中が起こり、地表面付近では起こらないので、図-6(c)のような反力分布をとると考えられる。このため土圧論を用いた理論値よりも実測値がかなり大きかったり、着力点の位置が下方にあったりするものと考えられる。

5. あとがき 土中の応力分布を測定することはかなり困難なことであり、今回の実験に用いた測定球についても、土と同じだけの体積変化をするのが理想である。今後は、そのような実験方法を開発する方向で研究を進めていく方針である。

〔参考文献〕1) J. Rathje; Schuitvorgang im Sande D.I. Forschungskeltf 350.1937 2) M.S.Osman; "The Mechanics of Soil Cutting Blades" Journal of Agricultural Engineering Research, vol.9 1964

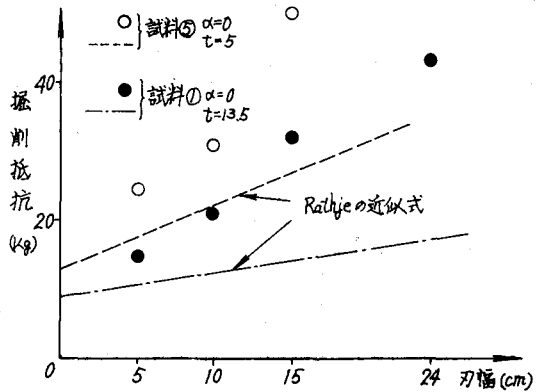


図-3 Rathjeの近似式と実測値

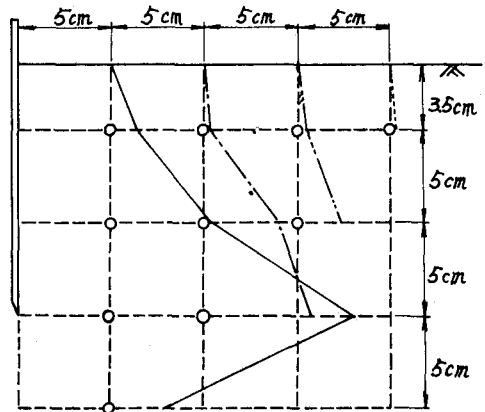


図-5 刃前面土中の土圧分布

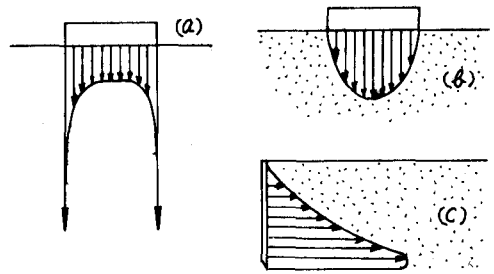


図-6 土中の応力集中