

早稲田大学理工学部 正員 森 駒

佐藤工業株式会社 正員 ○石 原 金 洋

1. まえがき 最近我が国においてシールド工法が急速に発展しているが、本実験は地盤中にシールドを推進させた場合、大きな問題となる地表面に生ずる変化と推進抵抗がどのようなものであるかを、極く小規模な模型により種々の条件の下で測定したものである。

2. 実験方法の概要 シールド模型としては直径 2 cm 及び 6 cm の頭部平端又は数種の肉厚をもつ中空棒を用いた。このような貫入棒を土をつめた試料箱の側面の孔に挿入し、回転力が作用しないようにして力計を通してスクリューにより水平に土中に貫入させる。試料箱は鋼製又は木製の定容横に組立てられるもので、土をつめてから表面を箱の上縁に一致する平面に仕上げて棒貫入後の地表面の変化を定量的に求めるようにした。(図-1)

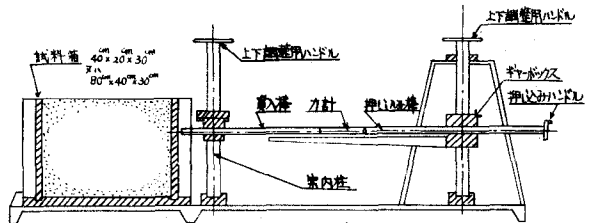


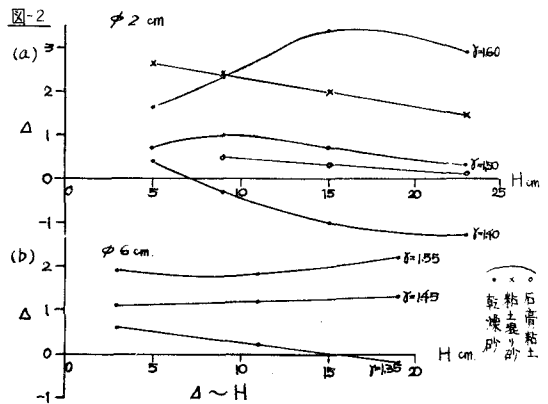
図-1 実験装置

試料土は、「乾燥砂」、石膏と粘土を水で混合し石膏の結合力によつて軟弱粘土程

度の強度に固まらせた「石膏粘土」、及び両者の中間的性質をもつと考えられる「粘土混り砂」の 3 種を用いた。

3. 実験結果及び考察

(1) 貫入によつて生ずる地表面の隆起及び沈下 貫入試験終了後土表面の凹凸をならした時の土の余剰分又は不足分を計量し、貫入した棒の体積との比を貫入により生じた膨張率又は収縮率(Δ)として、これと土被り深さ(H)との関係を図-2に示す。「粘土混り砂」や「石膏粘土」では密度や強度の差異にはあまり影響なく、土被り深さが大きくなると膨張率は減少する傾向



がある。これは土被り深さが増すと土を押上げるより貫入棒先端附近に土を圧縮する方が仕事量が少なくすむためと考えられる。「乾燥砂」の場合膨張率は土被り深さのほかに密度によつても明瞭な区別がある。即ち密度がごく小さいとき土被り深さが増すと収縮が生じ、密度が大きい場合は膨張して土被り深さが大きくなるほどこの量は増加しているが、おそらくある程度以上土被り深さが大きくなれば膨張率は減少するものと考えられる。

(2) 土のすり上り角度 図-3の如く貫入棒と土表面の変化した末端とを結ぶ線が水平線となす角 θ 、 α を定める。この場合全て土表面盛りりのときの角度である。角 θ は一般に土被り深さと共にやや大きくなつており、「乾燥砂」で ϕ 6 cm の場合 $\theta \sim 44^\circ$ 、 ϕ 2 cm

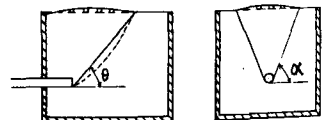
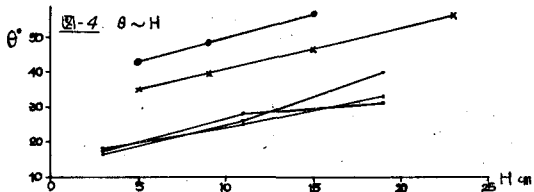
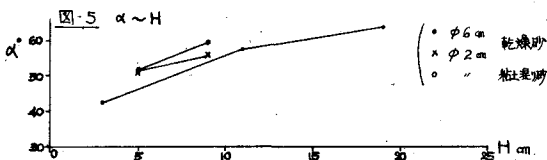


図-3

の場合は「乾燥砂」で $23^\circ \sim 65^\circ$ 、「粘土混り砂」で $28^\circ \sim 61^\circ$ 、「石膏粘土」で $45^\circ \sim 77^\circ$ であり内部摩擦角が小さく土の強度のうち粘着力の占める割合が大きくなるほど θ が大きくなるようである（図-4）



角 α についてはあまり実測値をとれなかつたが θ と同じように土被り深さと共にやや大きくなる傾向が見られる。（図-5）



(3) 貫入量と貫入抵抗との関係 一般に貫

入抵抗は貫入量と共に増加する。この増加の程度を貫入量 2.5 cm の時の貫入抵抗の貫入量 5 cm の時の貫入抵抗に対する倍率で表わすと、貫入棒が中空でない場合は土質、密度、硬さ、土被り深さ、貫入棒の太さ等に余り関係なく大体 $1 \sim 2$ 倍の範囲にあるが、中空棒の場合頭部填充率がこの倍率にかなり影響する。「乾燥砂」は填充率大体 $0.3/1$ 以下でこの影響があらわれ、 $\phi 6\text{ cm}$ では填充率 0.1 で約 7 倍 $\phi 2\text{ cm}$ では填充率 0.23 で 4 倍程度になっている。「粘土混り砂」は填充率 0.32 で 3 倍程度となり「石膏粘土」は大体「乾燥砂」の場合と同様と考えられる。この様な現象は貫入量が大きくなると中空部分に入り込んだ土で実質的に頭部填充率が 1.0 に近くなってくる為である。

(4) 先端抵抗と周面マサツ抵抗

貫入抵抗は先端抵抗と周面摩擦抵抗とで構成されている。又貫入抵抗 Q と貫入量 L の関係は一般には図-6のA、Bのような2つの型状になるものが多く、Bは貫入抵抗の小さい場合、Aは貫入抵抗が比較的大きい場合でありB及びAの l 以後は周面摩擦力のみが貫入量と共に増加することを示すものと考えられる。図-6 A、Bの傾斜角 β と土の密度、土被り深さとの関係を図-7に示すが、実際にはばらつきが大ききど β も常に周面摩擦抵抗を表わすとは考えられない。又貫入試験後引き抜き試験を行なつて周面摩擦抵抗を実測してみたがやはり β が常に周面摩擦を表わすとはいえず、周面摩擦抵抗が全貫入抵抗に対して占める割合は「乾燥砂」で $13 \sim 30\%$ 、「粘土混り砂」で $10 \sim 30\%$ 、「石膏粘土」で $60 \sim 90\%$ であつた。

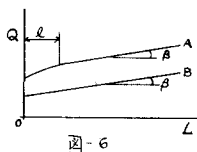


図-7 $\beta \sim l$

たがやはり β が常に周面摩擦を表わすとはいえず、周面摩擦抵抗が全貫入抵抗に対して占める割合は「乾燥砂」で $13 \sim 30\%$ 、「粘土混り砂」で $10 \sim 30\%$ 、「石膏粘土」で $60 \sim 90\%$ であつた。

(5) 土被り深さと貫入抵抗の関係

貫入抵抗は貫入量によつて変化するので、ここでは貫入量 $0 \sim 2.5\text{ cm}$ の平均貫入抵抗 Q_m をとり、これと土被り深さ H との関係を調べた。図-8にその代表的なものを示す。

「乾燥砂」では密度の低い時の Q_m は土被り H に大体比例して直線的に増加するが、密度が高くなると H^2 に比例してくる。「石膏粘土」では強度の小さいものは H に対する Q_m の増加率が極めて小さい

が、強度の大きいものは H に対する Q_m の増加率はかなり高い。しかし H がある程度大きくなると Q_m の増加率は減じ次第に一定値に近づくようである。又「粘土混り砂」の場合は「乾燥砂」と「石膏粘土」

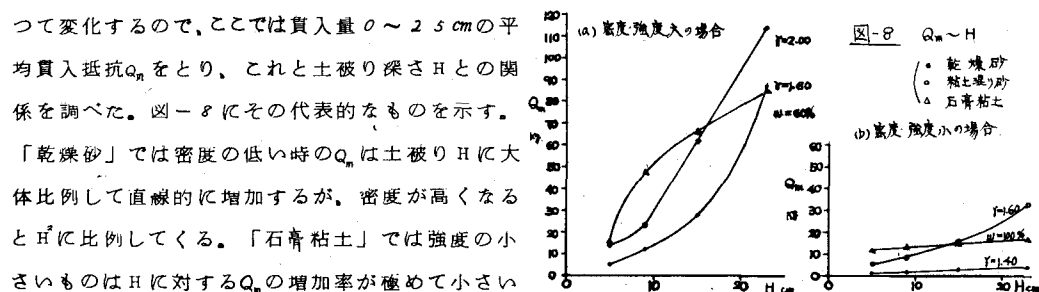


図-8 $Q_m \sim H$

の中間的な形状に近い。

(6) 頭部填充率及び刃先形状の影響 $\phi 6 \text{ cm}$

貫入棒で「乾燥砂」の場合につき、土表面の隆起沈下及び貫入抵抗がどのように影響されるかを図-9, 10に整理した。これによると膨張率 Δ と貫入抵抗 Q_m が大体同じような傾向のものであることが分る。又貫入棒の頭部填充率が小さくなるほど、いいかえれば開口率が大きくなるほど Q_m は減少するという常識的な結果が表われているが、特に目立つことは頭部形状CDのものが他とかなり異なる値を示すことである。この原因は、CDには図-11に示すようなエッジがついているので密度の小さい場合は進路直前の砂を圧縮して管の中に入れる作用が大となり先端附近に圧縮すべき砂の量が減少して貫入抵抗が小さくなり、又密度の大きい時の砂は膨張する傾向があるので刃の部分に作用する圧縮力によつて開口部附近に砂のアーチ作用が生じ、貫入抵抗が増加するものと推定される。

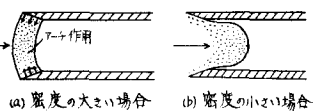
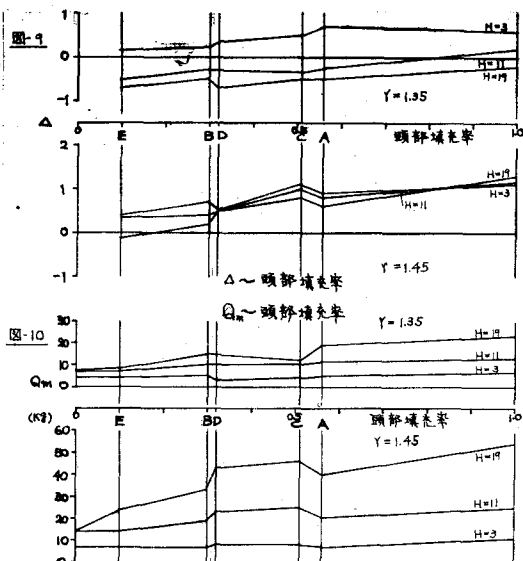


図-11