

大林組技術研究所 正員 斉藤 二郎
同 同 内藤 和章
同 同 藤原 紀夫

1. まえがき

シールド切羽は時として崩壊することがある。崩壊しないまでも地表面沈下の大きな誘因となつてしばしば問題を起す。切羽が掘削されるとそこに応力が集中し、塑性領域が拡大され、同時にそれまでこの部分が受けていた土圧は外方の地盤に転嫁されて、いわゆる三次元的なドーム作用によって外圧を支持することになる。¹⁾この研究の目的は切羽崩壊のメカニズムを実験的に明らかにし、切羽安定方法の基礎資料を得ることにある。実験は二次元と三次元の二つの模型を用いて行ない、二次元模型で縦断方向の、三次元模型で横断方向の切羽崩壊現象を調べた。ここでは三次元模型実験を主にして述べることにする。二次元模型実験の詳細については他²⁾に述べてあるので参照されたい。

2. 実験装置および実験方法

2.1 実験装置

実験槽は(図-1)に示すごとく高さ1.40、幅2.50、奥行き0.90^mの内法寸法をもった鋼鉄板製の箱で、前面は透明アクリル板で作っており実験中に砂の動きが観察できるようにになっている。底面から20^{cm}の所にシールド切羽に相当する $\phi 302\text{mm}$ の孔があけてある。この孔の部分の詳細図を(図-2)に示す。孔を押えるために $\phi 800\text{mm}$ 、長さ150^{mm}の内筒が下にボールベアリング($\phi 8\text{mm}$)をしいておかれている。実験槽に砂を詰めるとこの内筒の前面に土圧が作用して内筒を押し出そうとする。この力を切羽面に作用する合土圧と考える。この力は内筒の後方で支えられたブルーベリングによって測定される。

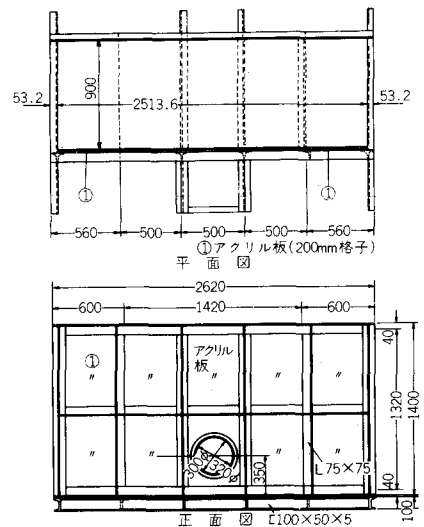


図-1 実験槽

2.2 実験試料土

試料土は荒川上流で採取した川砂を天日で乾燥させ、4^{mm}のフルイで篩ったものである。粒度試験結果を(図-3)に示す。均等係数は2.29である。また、直接せん断試験による内部摩擦角 $\phi = 48.0^\circ$ 、含水比 $w = 0.4\%$ 、単位体積重量 $\gamma = 1.50 \text{ g/cm}^3$ 、真比重 $G_s = 2.64$ であった。

2.3 実験方法

実験槽に砂を詰める前に内筒を固定装置によって、固定する。

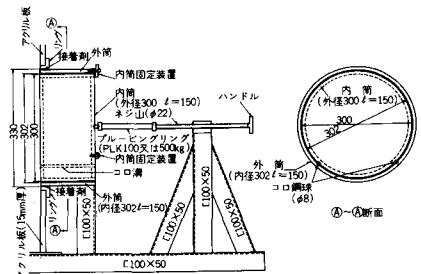


図-2 切羽部分詳細図

次に、砂を 20mm の層厚ごとに均らしながら所定の土被りまで詰める。この際、層厚 20mm ごとにアクリル板のすぐ近くに標準砂で厚さ 2 cm の水平な層を作る。砂詰めが終ると地表面の沈下を測定するために 20cm 格子の交点にアルミシヤーレを置き、これを沈下板としてダイヤルゲージを取付ける。次に、切羽の水平変位を測定するために内筒後部の上下にダイヤルゲージを取付ける。ブルーピングリングを内筒に押し付けて、変位測定用のダイヤルゲージを見ながら、内筒を変位させないで固定装置に作用している力をブルーピングリングに移しかえる。この力を静止合土圧と考える。この後、ブルーピングリングを主動側に引きながら切羽面に作用する合土圧と地表面の沈下を測定する。同時に、アクリル板の前面から写真を取って地中の沈下、スベリ面の発生状況を観察する。実験は土被りが 0 D、1 D、2 D、3 D (D ; 切羽の直径) の 4 つの場合について各々 3 ~ 4 回行なった。

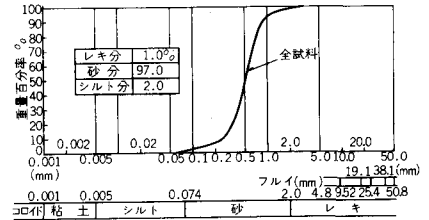


図-3 試料土の粒度試験結果

3. 実験結果とその考察

3.1 切羽面に作用する合土圧

土圧測定結果を土被りが 0 D、1 D、2 D、3 D の場合について各々 (図-4)、-5)、-6)、-7) に示す。土圧は切羽が主動側に変位するにつれて急に小さくなり、約 1 mm (切羽直径の 0.33 %) 変位すると主動状態を生じ、その後はほぼ一定値を示すようになる。

村山ら¹⁾³⁾はシールド切羽面に作用する合土圧 (P) を対数線のスベリ面と上部はアーチ状にゆるむとして次式で与えている。

$$P = 0.67 \cdot D \cdot P_{ao} \quad (1)$$

ここに、D ; 切羽の直径、 P_{ao} ; 切羽の中心で鉛直面に作用する土圧。

(1) 式で求めた主動土圧の計算値を (図-4) ~ (図-7)

の中に理論値として示してお

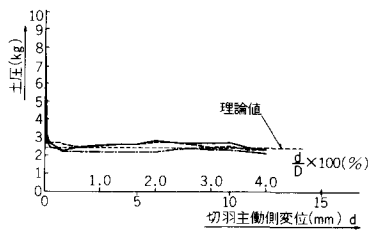


図-4 切羽面の土圧 (土被り; 0 D)

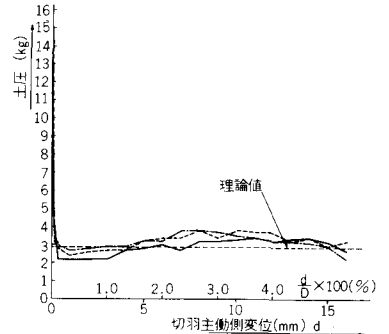


図-5 切羽面の土圧 (土被り; 1 D)

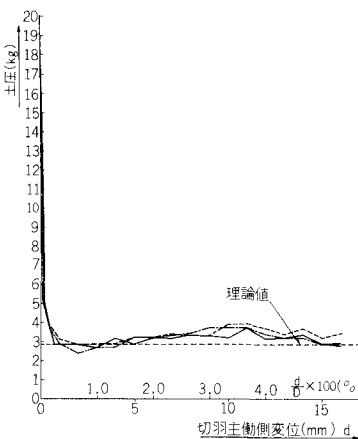


図-6 切羽面の土圧 (土被り; 2 D)

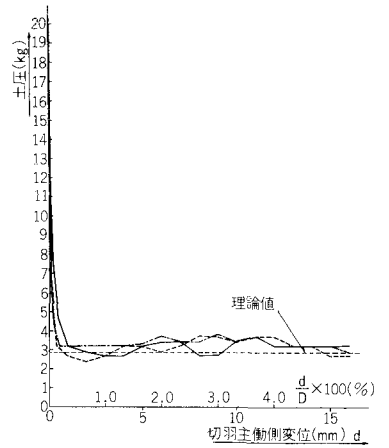
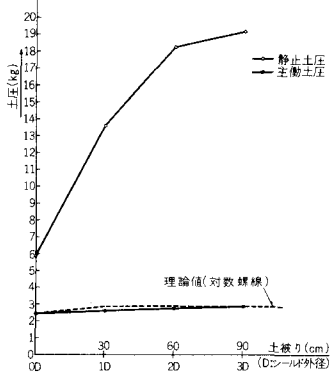


図-7 切羽面の土圧 (土被り; 3 D)

いた。測定値と

理論値はよく一致しているのが見られる。(図-8)は静止土圧と主動土圧(切羽変位3mm)を土被りを変数としてプロットしたものである。



主動土圧は土被 図-8 静止土圧と主動土圧

りに関係なく一定であるが、静止土圧は土被りが大きくなるにつれて大きくなり主動土圧の2.5～6倍の値を示している。

3.2 地表面の沈下

切羽が主動側に12mm変位した時の地表面の沈下曲線を(図-9)にまとめて示す。土被りが大きくなるにつれて沈下量は小さくなるが、その範囲は広がっているのが見られる。参考のために(図-10)に二次元模型実験の地表面沈下曲線を示す。縦断方向の沈下の様子が見られる。(図-11)は最大沈下を示した沈下量を切羽変位に対してプロットしたものである。この曲線からも土被りが大きくなるにつれて沈下量が小さくなってゆくのが見られる。また、沈下量は切羽変位に対してほぼ比例しているが、わずかに上に凸な弓なりの曲線となっている。これは砂がせん断変形する時に体積が膨張している、すなわち正のダイラテンシー現象が生じていると解釈出来る。

3.3 地中の沈下およびスベリ面の形状

切羽が主動側に変位するにつれて切羽上部の砂はアーチ状にゆるむ。アーチの高さは切羽変位につれて高くなり8mm変位した時には明瞭なアーチとなって観察出来るようになる。切羽が16mm変位した時の写真を土被りが1D, 2D, 3Dの場合について各々(写真-1), -2), -3)に示す。明瞭なアーチ状のスベリ面が見られ、その幅は切羽直径の約8割、その高さは約13割を示している。アーチの上の砂には明瞭なスベリ面は現われないが下に凸なめらかな沈下曲線を示すようになる。土被りが3Dの場合の地表面では、この沈下曲線もほとんど目には見えない。参考のために(写真-4)に二次元模型実験によ

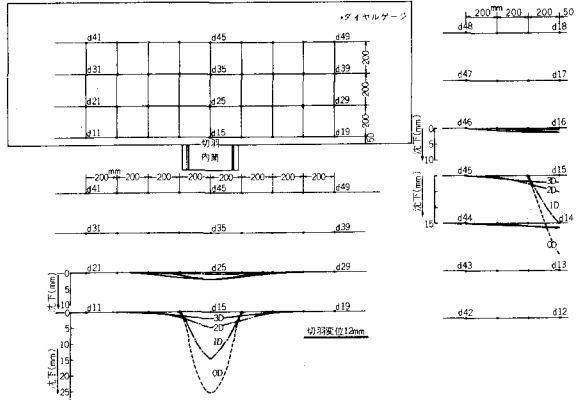


図-9 地表面の沈下比較図(土被り; 0D, 1D, 2D, 3D)

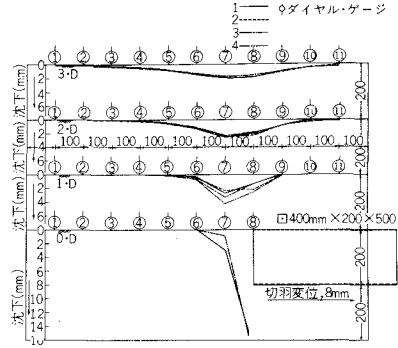


図-10 地表面の沈下比較図(二次元模型)

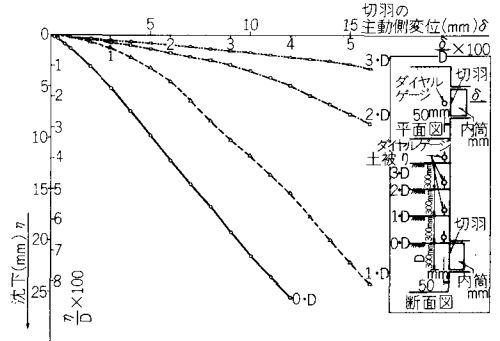


図-11 地表面沈下と切羽変位との関係

るスベリ面の写真を示す。縦断方向のスベリ面の様子がえられる。

地中沈下の深さによる影響を見るために、切羽主動側変位15mmの時に、切羽の坑頂の真上で起った地中の沈下を坑頂からの距離(h)に対してプロットすると(図-12)のごとくなる

地中の沈下は土被りには関係なく切羽の坑頂からの距離(h)に関係し、hが大きくなるにつれて沈下量は小さくなっているのがえられる。

切羽面が主動側に変位するにつれて、地中の砂がどのように動くかを調べるために、切

羽変位2mmごとに重ね取りの写真をとった。

(図-13)は土被りが2Dの場合において切羽が8mmから16mm変位する間の砂の動いた範囲を重ね取りの写真から

図に直したものである。

参考文献

- 1) 村山朔郎；機械化シールドについて，土木学会関西支部，41年1月
- 2) 斉藤・内藤・藤原；シールド切羽の安定に関する実験的研究，大林組技術研究所報，465，1971
- 3) 村山・他；機械化シールドの切羽の安定に関する実験的研究，第21回土木学会講演集，Ⅲ-73

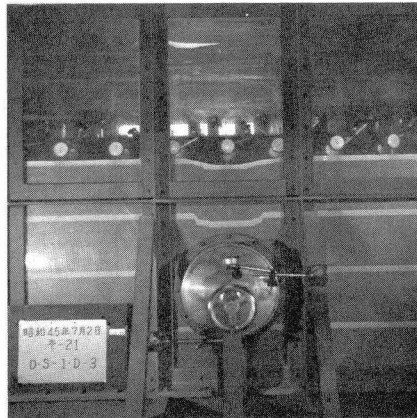


写真-1 スベリ面の形状(土被り; 1D)

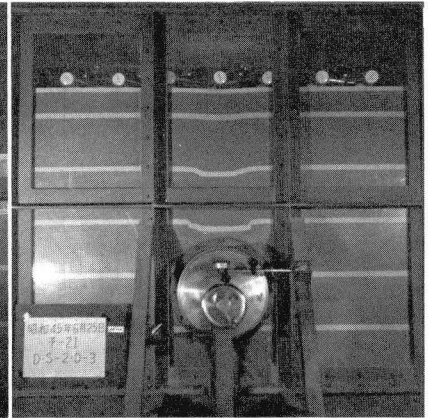


写真-2 スベリ面の形状(土被り; 2D)

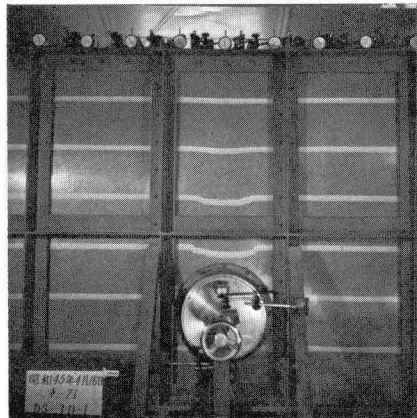


写真-3 スベリ面の形状(土被り; 3D)

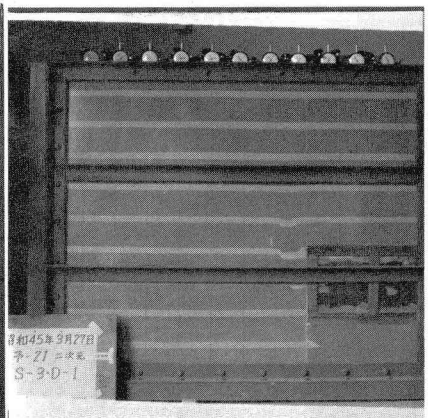


写真-4 スベリ面の形状(二次元模型)

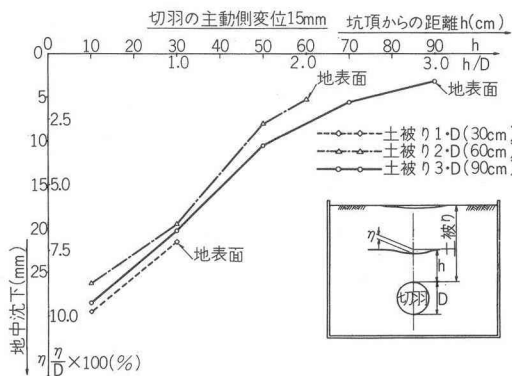


図-12 地中沈下の深さによる変化

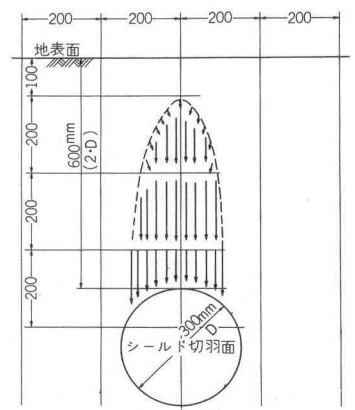


図-13 地中の砂の動き(土被り; 2D)