

29. 機械式シールド切羽の 機械的安定法に関する研究

三菱重工業(株) 波多腰 明

1. まえがき

ロータリカッタを有する機械式シールドで切羽全面を一気に掘削する時、カッタフェースと地山との間には間隙が生じ、土粒子はそれまで受けていた位置的拘束から解放され移動する。自立性の欠如した切羽では土粒子移動の領域が切羽前方および上方に急激に広がり、その領域が地表にまで至れば沈下公留を引起す。また切羽における弛みは裏込注入で一時的に回復できるが、その後の圧力消散に伴って結局は地盤変位の残留を許してしまう¹⁾。こうした拘束解放による切羽崩壊を抑制するため、圧気工法や現水工法などが採用されるが、いずれも地盤条件の制約があったりして必ずしも完璧な公留手段であるとは言い難い。

本報は機械式シールド切羽の崩壊性を機械の仕様あるいは掘削様式によって低くさせ、切羽安定に寄与できるのか、できるとすればどのような仕様・様式を採用すべきなのかを、掘削によって形成される切羽形状に着目して追求しようとする研究のうち、基礎実験結果の報告書である。

2. 実験装置と実験方法

切羽の崩壊性は土質、地層構成、土被り、地下水の存在など種々の因子に左右され、また本来三次元的に考察されるべきものであるが、今回は非粘着性土質を対象に地下水の影響を除外し、二次元問題として扱った。実験に供した装置を図-1に示す。模擬土には二次元特性に優れ、しかも再現性の見込めるアルミ挿填層体(φ3mmとφ5mmを2対3の割合で混合、見掛比重2.1、アルミ棒の比重は2.72と土粒子比重に近い)を用いた。シールドのフェースは6ブロックに分けられており、最前端的の各ピースは交換可能である。各ブロックは単独にまたはグループで、あるいは全体でスライドできるようにしており、掘削による切羽ボイドの形成はこのスライド機構によってフェースの所要部分を後退させ行った。対象とした切羽形状および掘削様式のパターンは表-1に示す9種類であり、各ケースについて次に示す方法でデータを採取した。

(1) 土粒子挙動領域の大きさおよび変位量

1台の固定したカメラで、カメラの光軸と直角な平面上を移動する物体を異なった時点で2枚の写真に撮り、この写真を物体の移動方向が左右の眼を結ぶ線と平行に並べて奥視すると、物

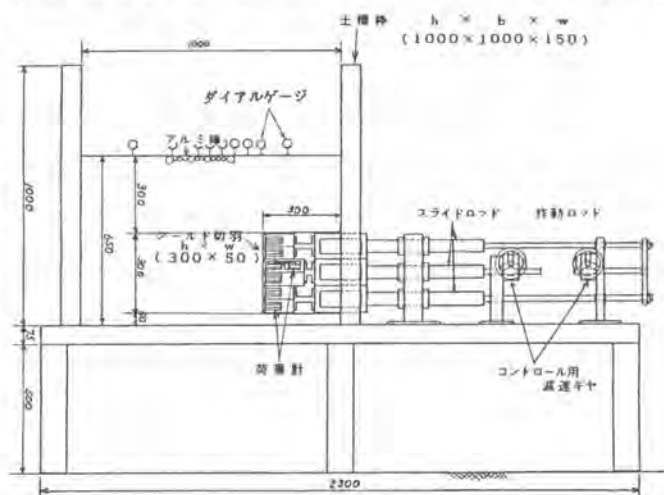


図-1 実験装置

体の移動距離に応じて見掛け上の視差が生じ、その物体の像は同じ画面内の静止物体に対して比高があるように見える。この効果を抑制し、擬似土としてのアルミ棒積層体を側面から写真撮影（カメラはハッセルブラッドMK70）し、解析図化機（プラニコンP-100）にて実体視による比高評定を行い、データを計算処理して自動製図機により等変位量線図（鉛直・水平方向）および変位ベクトル図を作成した。

(2) 表面沈下量

擬似土地表面にダイヤルゲージを9個配設し、沈下量分布を計測した。

(3) 切羽土圧

分割されたフェースのブロック各々に荷重計（11.4 Kgf USAインタフェース社製）を設置し、前面荷重を0.5gf単位で計測し土圧に換算した。

3. 実験結果と考察

3.1 変位領域の大きさと表面沈下量

各ケースについてフェースを表-1内に示す破線のごとく2.00mm後退させた時得られたアルミ棒の鉛直方向等変位（等沈下）線を図-2に。またより端的な比較のために0.4mmの等変位線を簡略化して重ね合わせたものを図-3に示す。これらを見るとケース2および

	掘削様式	切羽形状	シールド形式	パラメータ	CASE No
単一切羽	全面掘削	垂直単一平面 (従来形)			1
		傾斜単一平面 (スラント形)		$\theta = 7^\circ$	2
		単一曲面 (ドーム形)		$r/D = 1/6$	3
分割切羽	全面掘削	二段中央先進		$\%D = 1/3$ $\%D = 2/3$	4
		二段周辺先進		$\%D = 2/3$	5
		単一中央先行		$\%D = 2/3$	6
	部分掘削	周辺拘束 (貫入形)		崩壊性の大きい非圧密地盤では推進抵抗が大なるためテストアイテムに加えない。	7
分割掘削 (多軸カンタ形)					

表-1 供試切羽形状と掘削様式のパターン

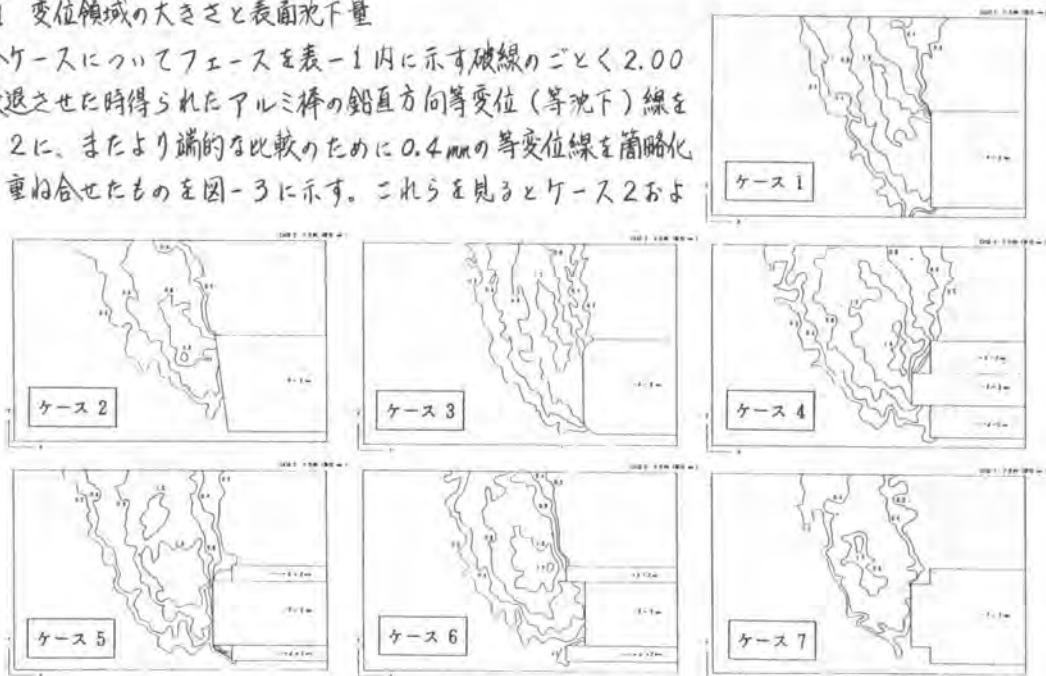


図-2 写真測量による鉛直方向等変位線図（フェース後退量2mm）

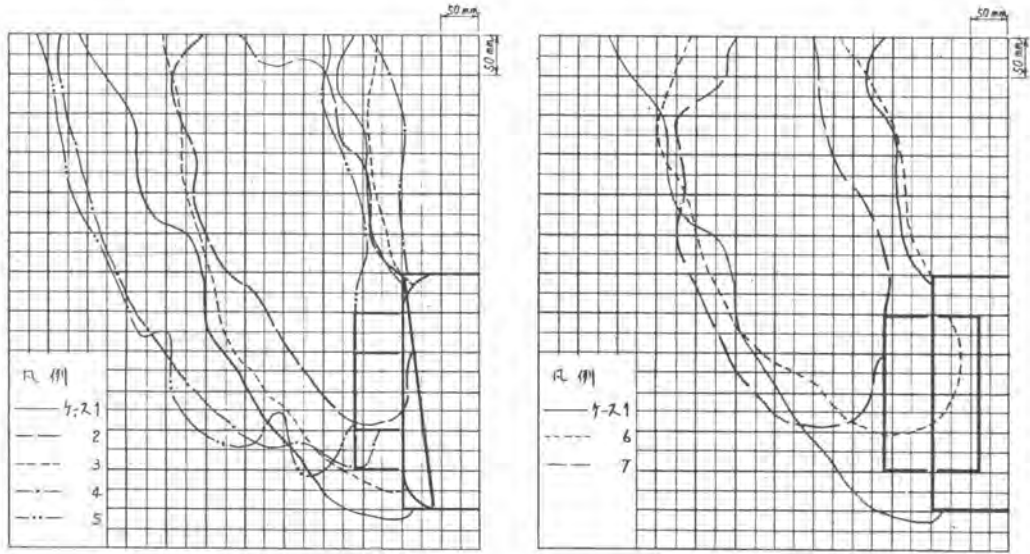


図-3 0.4mm等沈下領域の比較 (フェース後退量 2mm)

がケース7に領域縮小効果が認められる。図-4は同じくフェース後退量2.00mmの時の表面沈下量測定結果である。ケース2における沈下量の小ささが目につき、ケース4, 7の沈下も他に較べてやや小さく観測された。

3.2 崩壊抑制効果の評価

各ケース切羽の崩壊性を比較するため図-3から0.4mm沈下領域の面積、切羽上端から上方への広がり、前方への広がりを、図-4から最大沈下量と表面沈下面積をデータ化しさらに切羽移動前にフェースの受けていた平均土圧が移動後の程度低減したかのデータを加え、ケース1のデータを正六角形で表わすレーダ図として図-6を作成した。極かれる六角形が中心に収束するほど切羽の安定性が高いと評価できる。

ケース2のスラント切羽は崩壊抑制効果が大きい。これは既に切羽山留力の解析において明らかにされているように、土塊のすべるモーメントの低下に起因しているものと思われる。ケース7の単一中央先行形切羽も六角形の大きさが小さく、崩壊抑制効果がある。このケースでの土圧計測では外側上部フェー

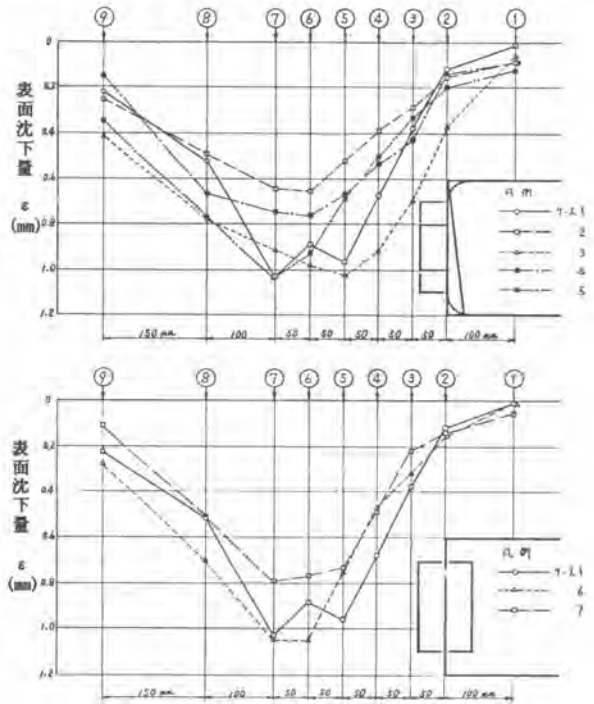


図-4 表面沈下量比較 (フェース後退量 2mm)

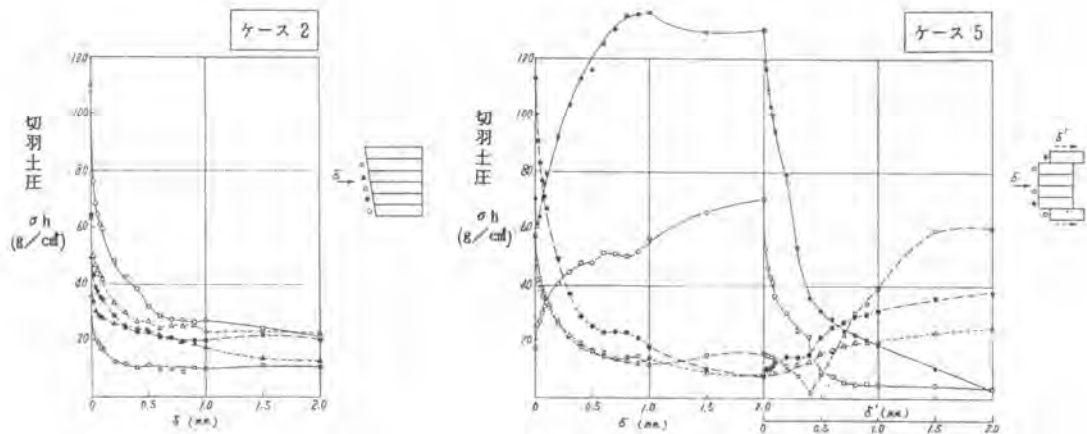


図-5 フェース後退による切羽土圧変化の測定例

スで受ける土圧値が後退後もほとんど低減せず、突出した中央部の側面が棚の効果を發揮しているものと考えられる。ケース4, 5はいま少し崩壊抑制効果をもつのではないかと思われたが、図-5に示すように肩代りして上昇した土圧が一気に低下する際、大きな地盤変形を起すことが明らかになった。

4. あとがき

今回取り組んだ実験だけでは切羽崩壊の機械的抑制策を見極めたとは勿論言えない。例えばケース4, 5において発生する肩代り土圧の解放をなせしめぬ形態の摸索や三次元検証も今後の課題である。いずれにしても切羽形状や掘削様式が切羽の安定性に関与することがわかったことは大きな成果であり、引続き研究を進める所存である。

実験に当り多大な協力を戴いた(財)大阪土質試験所および御指導賜った京都大学名誉教授村山朝郎博士に深く謝意を表す次第である。

参考文献 1) 平田武弘他: 土圧系シールドによる軟弱地盤の挙動特性, 第18回土質工学研究発表会 2) 村山朝郎他: 都市地下工事の進歩と問題点 P49~52, 土質工学会関西支部 1971年

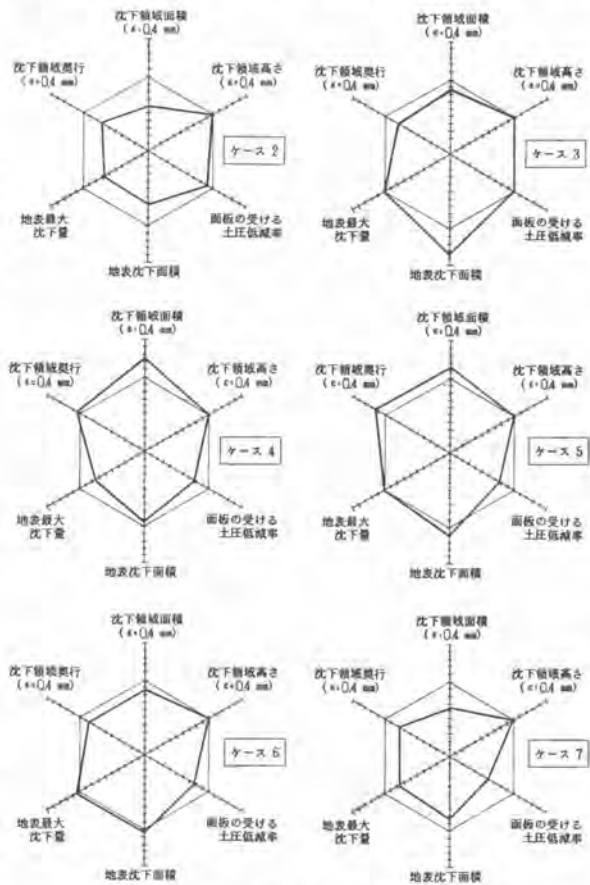


図-6 切羽崩壊抑制効果の比較