

三菱重工業株式会社 正員 兵頭 和也
○ 三菱重工業株式会社 正員 大石 善啓

1. まえがき

土中に埋設された鉛球をX線写真撮影し、その動きを観察するX線ラジオグラフィ法は、土の内部の変形、移動、破壊といった諸現象を視覚的に把えると共に、定量解析も可能な土質実験技術である。ここでは本X線ラジオグラフィ法を用いて、基本的な切削現象である平刃水平移動時の周辺土挙動の解明を試みた。

2. 実験内容

実験は幅18cmの小型土槽を用い、切削角度 α が45°、60°、75°の3種類の鋼製平刃モデルによる二次元水平切削を行った。なお切削深さは10cm、切削速度は10mm/sで一定とした。切削対象土は、単位体積重量1.3~1.4 (g/cm³)、内部摩擦角 $\phi=32\sim35^\circ$ の気乾状態の豊浦標準砂及び内部摩擦角 $\phi=34^\circ$ 、含水比 $w=14.4\%$ の六甲マサ土の二者とした。

図-1はX線ラジオグラフィ法の基本原理を示すものである。すなわち土中の一鉛直断面に直径2mmの鉛球を数cmピッチで格子状に配列し、これをX線写真撮影すると土と鉛球のX線透過度の差異により、現象されたフィルム上に鉛球像が現われる。そこで、変位StepごとにX線写真を撮影し、各フィルム上の鉛球像の座標を読みとることによって土中の動きが明らかになる。また土中に生じるせん断破壊線や剛体くさびも土の密度の不連続部となるためX線フィルム上に黒い線として識別される。

3. ひずみ解析法

X線フィルム上に撮影された土中の一鉛直断面を平面ひずみ場とし、図-2に示すように隣接した鉛球で構成される三角形要素を考える。要素内を線形変位場と仮定すれば、各要素におけるひずみ量 $\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_{xy}$ は、二枚

のフィルム間の鉛球の変位量により一義的に定まる。また図-3に示す Mohr のひずみ円により、体積ひずみ V 、最大せん断ひずみ τ 、主ひずみ ϵ_1, ϵ_3 の各ひずみ量が算定される。従って、二枚の連続したX線フィルムより各ひずみ増分量が決定され、それぞれの代数和として一連の現象の累積ひずみ量が得られる。

なお各ひずみ量は圧縮を正とする。

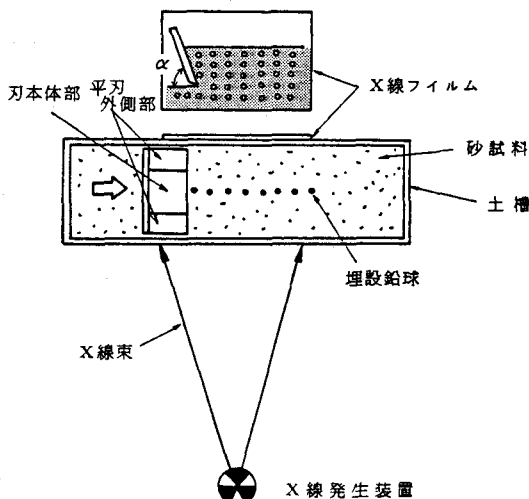


図-1 X線ラジオグラフィ法の基本原理

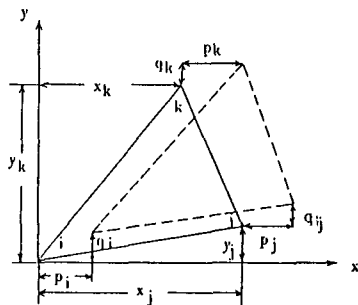


図-2 三角形要素

$$\begin{Bmatrix} \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \epsilon_{xy} \end{Bmatrix} = [B] \begin{Bmatrix} p_i \\ p_j \\ p_k \end{Bmatrix}$$

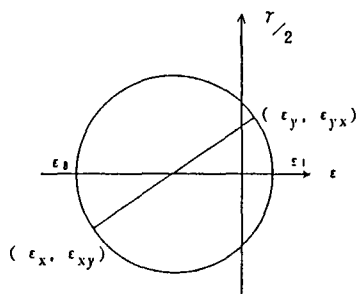


図-3 モールひずみ円

$$V = \epsilon_x + \epsilon_y$$

$$\gamma = \sqrt{(\epsilon_x - \epsilon_y)^2 + 4\epsilon_{xy}^2}$$

$$\begin{Bmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_3 \end{Bmatrix} = (V \pm \gamma) / 2$$

B: 要素形状より定まる(3×6)行列

4. 実験結果

4.1 せん断破壊線発生状況 写真1～3は砂地盤における平刃前進量50mm時のせん断破壊線発生状況を示すものである。各写真の比較により明らかにされた事項を以下に記す。

- (1) 切削角度によらず刃先近傍には無数のせん断破壊線が発生し、これらのうち卓越したものが地表に至る。
- (2) 切削角度が大きくなるとせん断破壊線は刃先付近で曲線形状となる。これはRankine 受働域と平刃表面摩擦域との相互的な干渉に起因するものであり、切削角度が大きい程平刃表面摩擦域が支配的になることを意味する。
- (3) 平刃が前進するにつれて新しいせん断破壊線が次々と間欠的に生じ、その形状は相似である。またせん断破壊線と平刃面で囲まれた領域は剛体的に移動する。

4.2 ひずみ分布 図-4, 5は平刃前進量22mm時のマサ土における最大せん断ひずみ τ 、体積ひずみ V の等値線図を示すものであり、図の陰影部は $\tau \geq 20\%$ 、 $V \leq -5\%$ の領域である。両図より明らかにされた事項を以下に記す。

- (1) 最大せん断ひずみはせん断破壊線付近に集中して発生し、刃先付近及び地表面近くの領域で大きな値をとる。
- (2) 体積ひずみはせん断破壊線近くの領域で負の値となる。これはダイレタンスーによるせん断変形時の膨張現象を示すものである。
- (3) 体積ひずみの最大値は刃先よりやや前方に生じ、刃先のごく近傍では、体積ひずみはほぼ0もしくは若干の圧縮を示す。これは金属切削でいう構成刃先と類似の現象である。
- (4) せん断破壊線より内側の領域では、せん断ひずみ、体積ひずみともほとんど生じず、剛体変位するのみである。

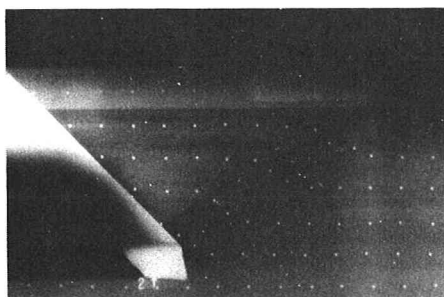


写真-1 (切削角度 $\alpha = 45^\circ$)

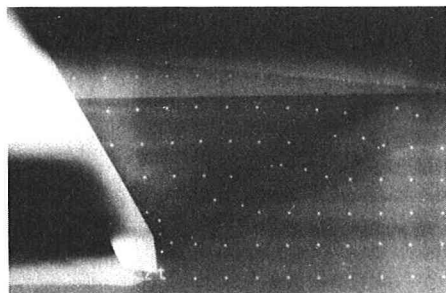


写真-2 (切削角度 $\alpha = 60^\circ$)

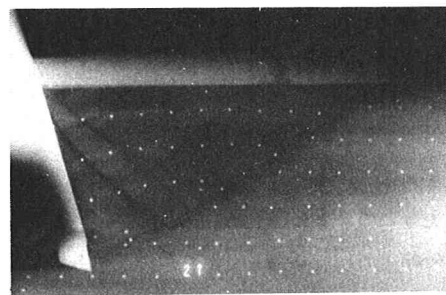


写真-3 (切削角度 $\alpha = 75^\circ$)

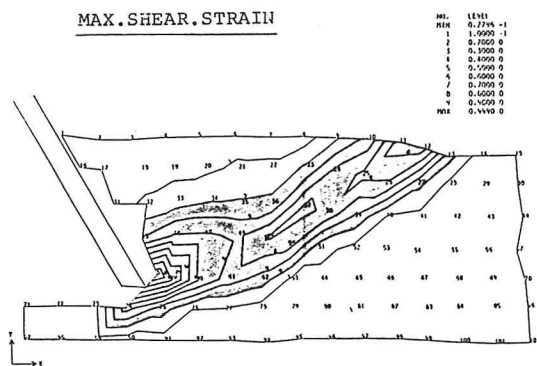


図-4 最大せん断ひずみ τ 分布

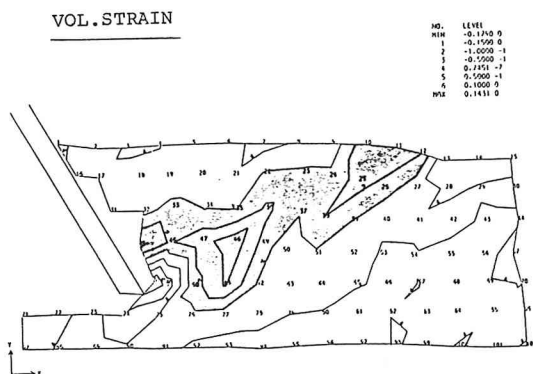


図-5 体積ひずみ V 分布

5. あとがき

以上のとおり、X線ラジオグラフィ法は土の内部の諸現象を解明する上で有効な実験技術であり、今後種々の問題に適用していく予定である。なお本研究を遂行するに際し、多大な御指導を賜った東京ガス(株) 技術研究所に厚く謝意を表する。