

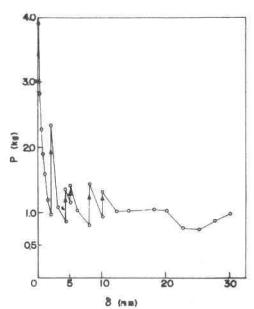
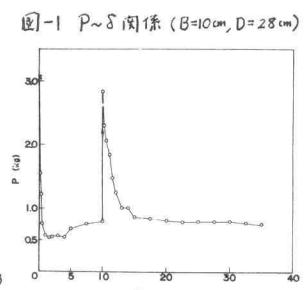
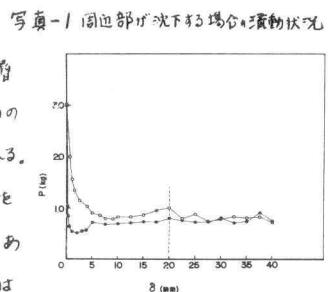
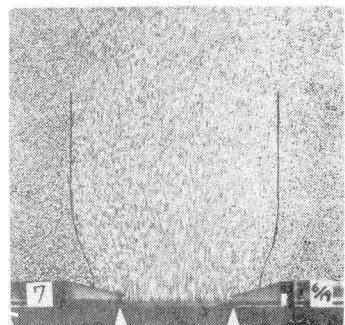
京都大学防災研究所 正員 村山朝郎
京都大学大学院 博士生員・松岡 元

砂礫をシミュレートしたアルミ棒の積層材料を地山として、種々の状況を考慮した落し戸の模型実験を行なっていながら、今回は落し戸周辺部の沈下が落し戸にかかる土圧におよぼす影響はさびて地山の沈下量の計算の一つ法について報告する。

1. 落し戸周辺部の沈下が落し戸土圧におよぼす影響について 前回^{*}報告したように落し戸周辺部では応力集中がおこり、この応力集中によって周辺部は沈下すると考えられる。この周辺部の沈下が落し戸土圧におよぼす影響を調べるために、写真-1に示すように落し戸周辺部は薄い金属板(長さ6cm)としその先端が落し戸の降下量 $\delta=20\text{ mm}$ までは落し戸と同じ降下をうながすとした。なお、この写真はアルミ棒巻き積層体(径1.6mm×3mm、混合重量比6:4、長さ5cm)を、落し戸幅B=10cm、土被りD=28cmの実験条件で、 $\delta=15\sim20\text{ mm}$ の間重ね重ね撮りしたものの2枚の流れ状況が見られる。図-1の○印のプロットはこの場合の落し戸にかかる荷重 $P(\text{kg})$ と $\delta(\text{mm})$ の関係を示す。●印のプロットは周辺部の沈下が全くない場合の P ~ δ 関係を示す。ただし、落し戸の下に落し戸のくぼみに落ち込んだアルミ棒の重量は差し引いてある。図-1より、周辺部の沈下のない場合は $\delta=2\text{ mm}$ で P は最小となり、落し戸の下に沈下がある場合は $\delta=10\text{ mm}$ 付近で最小となりその値と少し大きい。しかし、 $\delta=20\text{ mm}$ 以上ではまた周辺部の沈下がある場合の P ~ δ 関係が $\delta=10\text{ mm}$ 以上に進むときに打たれ、この部分では両者の P の値にはば等しくなる。図-2は $\delta=10\text{ mm}$ までは周辺部の沈下を許さず落し戸を降下させ、 $\delta=10\text{ mm}$ において周辺部を急に20mm沈下させた場合の P ~ δ 関係を示す。周辺部が落し戸上部に対して相対的に大きくなる場合、非常に大きさは土圧の増加がみられる。図-3は落し戸周辺の薄い金属板をささえぐいを厚さ2mmの重ね下板を $\delta=0, 2, 4, 5, 8, 10\text{ mm}$ における一枚づつめにて周辺部を沈下させたときの P ~ δ 関係を示す。

以上の結果より、周辺部が沈下する場合、特に周辺部が落し戸上部に対して相対的に大きくなる場合には、荷重が沈下度よりも非常に敏感に土圧の値に影響をおよぼすことがわかる。このことはトンネル施工上さわめて重大な問題であって、土半径はもうとさほど注意すべきである。“地山をゆるめなば”と経験的につれていることより少しづつ一部を実験的に実証したものをとして興味深い。厳密な理論的解析はまだ実験を繰り返して講義時に発表する。

2. 地山の沈下量計算について 前回^{*}は地表面沈下 δ_s について解説したが、その考え方を地山中の沈下 δ に



拡張する。 δ がある値以上になると図-4に示すように $Z=Z_b$ における b は、拡幅 L で通常的には流動領域を形成するが、この形は次式によって与えられることが実験的に求められている。 $b/B = C_1 \cdot (D/B) + C_2$ (C_1, C_2 : 地山材料における定数、アルミ棒錐断面の場合 $C_1=0.34, C_2=0.6$) --- (1), $Z_b = b$ --- (2)。次に読み取り望遠鏡による落戻戸中心線上の地山中の1点上における沈下量 P の測定結果を図-5に示す。二点が P_s の場合と同様、 $\frac{\Delta P}{\Delta \delta}$ は δ の増加とともにほぼ直線的に増加し、ある δ とき ($\delta = \delta_c(Z)$ とする) ある一定値を達してその後は若干一定に保つのが見られる。ことに興味あるのは、 $\delta = \delta_c(Z)$ のときに左右のすべり面がちょうど Z 面に達しており、 $\frac{\Delta P}{\Delta \delta}$ の一定値はこのとき間引きまで増加はしない以上が δ ばかりとして立てた連続の式から求めた $\frac{\Delta P}{\Delta \delta} = \alpha(Z)$ --- (3) の値とほぼ等しいことである。ここで $\alpha(Z)$ は着目している流管の幅の比でありて $Z_a \leq B$ とすれば (2) 式より $\alpha(Z) = 1$ ($0 \leq Z \leq B$), $\alpha(Z) = \frac{B}{Z}$ ($B \leq Z \leq b$), $\alpha(Z) = \frac{B}{b}$ ($Z \geq b$) --- (4) となる。ただし、 $\alpha(Z) = \frac{B}{Z}$ は $Z = Z_a$ における流管の幅 $B (= \frac{B}{n})$ (n : 直当り除数) から、図-5 $\frac{\Delta P}{\Delta \delta} \sim \delta$ 関係 ($B=6cm, D=36cm, Z=25.5cm$) を $Z=Z_b$ における幅 $B (= \frac{B}{n})$ まで直線的に拡幅しているものとすれば計算される(図-4 参照)。したがって図-5の結果より、 $\frac{dP}{d\delta} = \frac{\alpha(Z)}{\delta_c(Z)} \cdot \delta$ ($0 \leq \delta \leq \delta_c(Z)$) --- (5), $\frac{dP}{d\delta} = \alpha(Z)$ ($\delta > \delta_c(Z)$) --- (6) とする。(5)式を δ について積分し $\delta = 0$ のとき $P = 0$ なる条件を入れると、 $P(Z, \delta) = \frac{\alpha(Z)}{\delta_c(Z)} \cdot \frac{\delta^2}{2}$ ($0 \leq \delta \leq \delta_c(Z)$) --- (7)。(6)式を δ について積分し $\delta = \delta_c(Z)$ のとき (7)式と連続の方程式を入ること、 $P(Z, \delta) = \alpha(Z) \cdot (\delta - \frac{\delta_c(Z)}{2})$ ($\delta \geq \delta_c(Z)$) --- (8) さて、落戻戸が δ だけ降下して同じに単位横行を当り $B \cdot \Delta \delta$ の空き間に对于する部分が互に達すれば、Z における沈下量 P をおこさず、ゆるみの一部は地山の間引き率の増加の形で存在する。この間引き率の増加には限界があるという事実および間引き率の増加は流動領域とその周囲の静止領域の境界面である左右のすべり面に沿って顕著に表れるという事実が S; 図-4 に示すように現象を单纯化して考える。いま、落戻戸を δ 降下させたときに、長さ ℓ の部分に明確なすべり面があらわれて最大の間引き率の増加 Δn_{max} を示し、Z の面は幅 b ($Z \geq Z_b$ のとき) にわたって P だけ沈下しているものとする。この状態で落戻戸を S に $\Delta \delta$ だけ降下させたことによって、すべり面が $\Delta \delta$ だけ上昇し Z の面は ΔP だけ沈下したとすると、 $B \cdot \Delta \delta = b \cdot \Delta P + (2 \cdot S \cdot \Delta n_{max}) \cdot \Delta \ell$ (S : すべり領域の幅) --- (9)。(9)式より $\Delta P = \alpha(Z) \cdot \Delta \delta - \beta(Z) \cdot \Delta \ell$ --- (10) ここで $\alpha(Z) = \frac{B}{b}$ ($Z \geq Z_b$ のとき), $\beta(Z) = (2 \cdot S \cdot \Delta n_{max}) / b$ ($Z \geq Z_b$ のとき)。(10)式の積分形: $P = \alpha(Z) \cdot \delta - \beta(Z) \cdot \ell$ --- (11)において $\ell = Z$ とした $P = \alpha(Z) \cdot \delta - \beta(Z) \cdot Z$ --- (11)' は S 関係はすべり面が Z の面まで達したときに P と δ が満たさなければならぬ関係である。(8)式と (11)'式は一致しなければならないからとより、 $\delta_c(Z) = C_3 \cdot \frac{Z}{B}$ ($C_3 = 4 \cdot S \cdot \Delta n_{max}$: 地山材料におけるとき), アルミ棒錐断面の場合 $C_3 = 1.17$ (cm) --- (12)。以上より落戻戸中に織入の地山中の沈下量 $P(Z, \delta)$ は、 B や D が既知であれば計算できる。B-6 は計算曲線と写真から読み取った実測値のプロットを描いたものであるが良好な相応を示している。なお、この方法は地山材料が砂の場合は係数 C_1, C_2, C_3 などを変えるば同様に適用できる。

* 村山・松岡・小川: ドラギル外因地盤の応力と変形について 土木学会関西支部講演概要(昭和43年度)

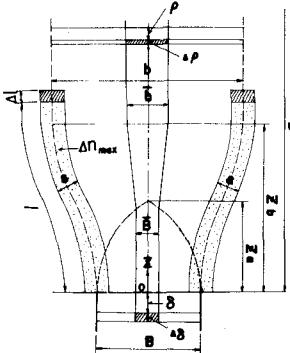


図-4 地山の沈下と間引き率の増加

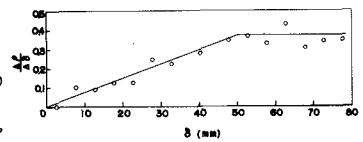


図-5 $\frac{\Delta P}{\Delta \delta} \sim \delta$ 関係 ($B=6cm, D=36cm, Z=25.5cm$)

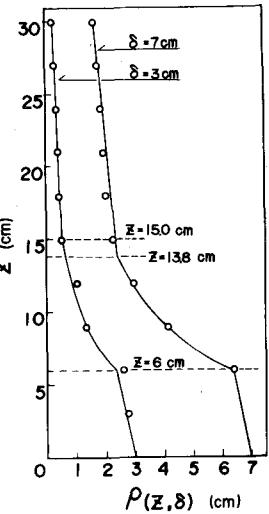


図-6 計算曲線と実測値 ($B=6cm, D=30cm$)