

鉛直不連続面を有する裏込め土の土圧実験

山口大学工学部 正員 ○三浦哲彦
広島市役所 山口 隆

1. まえびき 地山あるいは既設盛土を切取って擁壁を設ける場合に、裏込め土と地山（既設盛土）とが鉛直に近い面と接する状態で施工されることがある。この場合の土圧算定法として、2.で述べる方法があるが、この土圧算定法には検討すべき問題点が含まれていると思われる。そこで、強度係数 ϕ の異なる数種類の砂、礫を用いて模型実験を行い、観察したすべり線の形状に基づき若干の考察を行った。

2. 従来の土圧算定法¹⁾ 図1を参照して、傾き θ のすべり線 bd を仮定する（ $\tan\theta < H/L$ ）。鉛直不連続面 de に対しては、地山から裏込め土に向って壁摩擦ゼロの水平土圧 P_1 が作用すると考える。土塊 $abde$ の重さを W として力の釣合いを考えると次式を得る。

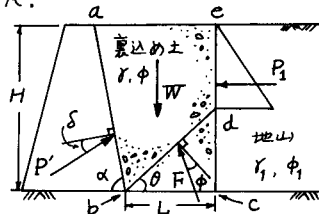


図1 従来の土圧算定法

$$P' = \frac{\gamma H^2}{2} \left(\cot\alpha + \frac{2L}{H} - \frac{L}{H} \tan\theta \right) \sin(\theta - \phi) + \frac{P_1}{2} \left(1 - \frac{L}{H} \tan\theta \right)^2 \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \cos(\theta - \phi) \quad \dots (1)$$

θ を変えて P' の最大値を求めるとそれが土圧合力である。

3. 模型実験 実験装置として、下端ヒンジで変位可能な壁（幅122mm、高さ300mm）を有する土槽をアクリル板を用いて作製した。実験に用いた試料の性質は表1に示す。表中の ϕ は三軸圧縮試験によって、また試料と壁の摩擦角 δ はすべり摩擦試験によって測定した値である。すべり線は土槽の両側面から観察したが、このために、側面に接したところに試料の25mm厚さごに色付け砂（礫）を縞状に配しておいた。

表1 試料の諸性質

試料	粒径(mm)	含水比(%)	土粒子比重	単位重量 γ (g/cm ³)	内部摩擦角 ϕ (度)	壁摩擦角 δ (度)
BS:海砂	0.297~0.105	0.3	2.66	1.38	36.5	22.8
SS:新宮砂	1.190~0.500	0.1	2.63	1.54	37.9	18.9
GL:礫(細)	4.760~2.000	1.3	2.66	1.35	45.9	28.1
GM:礫(中)				1.44	46.8	29.3

主働土圧実験における壁の天端変位量 Δ は、すべり線を明瞭に出すために、 $\Delta/H = 1/16$ ($H=300\text{mm}$)と大きくとった。

また、壁反力の測定結果から判断すると、 $\Delta/H \approx 1/300$ でほぼ“塑性平衡状態”に達している。

4. 実験結果と考察 4.1 単味試料についての実験 はじめに、表1に示した4種類の試料について各々2回の実験を行い、合計4本のすべり線（実験2回×土槽両側面）を観察した。4本のすべり線を平均化して描いたのが図2の曲線である。図中の θ は、観測すべり線を壁下端を通る直線で近似したときの傾き、またはクローン土圧に相当するすべり線の傾きである。本実験の範囲では、 $|\theta - \bar{\theta}| < 3^\circ$ であって、両者は比較的よく合っているといえよう。

次に、壁から80mm離れた鉛直面を境にして2種類の試料を土槽に詰め、前述と同様な方法で平均化したすべり線を求めた。実験は4試料の全ての組合せについて行ったが、代表的な数例を図3、図4に示した。以下の説明では、便宜上、壁に接する材料を裏込め材料（ $\phi, \gamma, \theta, \delta$ ）、それに接く材料を地山材料（ $\phi_1, \gamma_1, \theta_1$ ）と呼ぶことにする。

4.2 $\phi > \phi_1$ の場合（図3） すべり線は、裏込め材料内では裏込め材料単味の場合のすべり線にほぼ一致し、地山内では地山材料単味の場合のすべり線に重なるように生じている（図2参照）。しかし、鉛直不連続面付近では、両サイドからのすべり線は相寄って

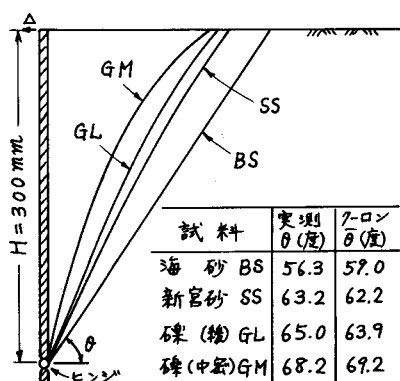


図2 試料単味の場合のすべり線

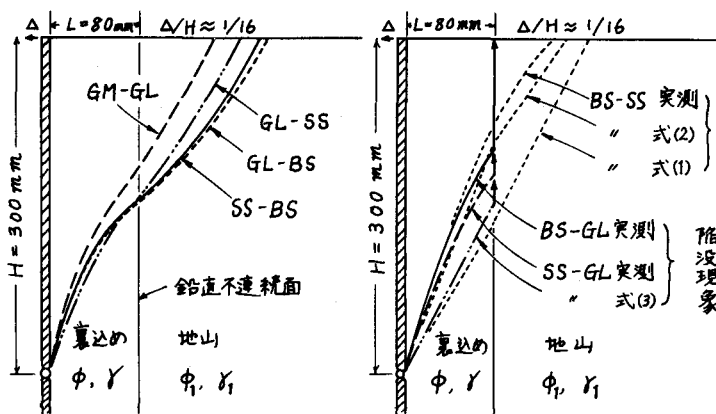


図3 すべり線($\phi > \phi_f$ の場合)

図4 すべり線($\phi < \phi_f$ の場合)

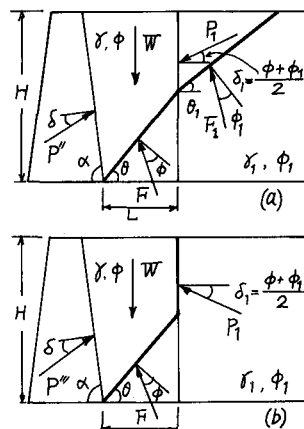


図5 新しい土圧算定法

全体としてS字形のすべり線を形成している。図3に示してないその他の組合せ($\phi > \phi_f$)の場合にも前述と同様な傾向が認められた。

4.3 $\phi < \phi_f$ の場合 図4に示したBS-GL, SS-GLの他にBS-GM, SS-GMの組合せにおいても、不連続面に沿ってすべりが生じる陥没現象が観察された。このときの裏込め材料内のすべり線の傾き θ は、その材料単味の場合のすべり線の傾き(図2)に比べてかなり大きな値となっている。上記以外の組合せでは陥没現象は生じず、すべり線は地山側にも及んだ。しかし、 $\phi < \phi_f$ の場合のすべり線は、実験を行った範囲ではいずれも式(1)に基づくすべり線から大きくずれたものであった(図4 BS-SS実験曲線と式(1)曲線の比較)。

4.4 考察 図4の実測すべり線とくに陥没現象は式(1)では説明できず、これは、式(1)では不連続面に關して、a)摩擦を無視している、b)すべり線は発生しないと考えている、ことに原因があると考えられる。まず、a)については、不連続面の壁摩擦角 δ_1 を $\delta_1 = (\phi + \phi_f)/2$ と仮定すると、すべり線が地山にも及ぶ場合の土圧式にて、

$$P'' = \frac{\gamma H^2}{2} \left[\left(\cot \alpha + \frac{2L}{H} - \frac{L^2}{H^2} \tan \theta \right) \sin(\theta - \phi) + \frac{\gamma_f}{\gamma} \left(1 - \frac{L}{H} \tan \theta \right)^2 \sin(\theta_1 - \phi_f) \cot \theta_1 \frac{\sin(90 - \delta_1 + \theta - \phi)}{\sin(90 + \delta_1 - \theta_1 + \phi_f)} \right] / \sin(\alpha - \delta + \theta - \phi) \quad (2)$$

を得る(図5(a)参照)。この式で $\theta_1 = 45 + (\phi_f/2)$, $\delta_1 = 0$ とおくと式(1)と一致する。図4の破線で示すように、式(2)で P' を最大にする θ , θ_1 を求めて描いたすべり線は実測すべり線(BS-SS)に近いものとなる。

次に、陥没現象を説明するためには、図5(b)を参照して、不連続面に上向きに摩擦抵抗 P_1 が作用すると考え、 $P_1 = \frac{\gamma H^2}{2} \left(1 - \frac{L}{H} \tan \theta \right)^2 K_0$ ($K_0 = 1 - \sin \phi$)と表わすと次式を得る。

$$P'' = \frac{\gamma H^2}{2} \left[\left(\cot \alpha + \frac{2L}{H} - \frac{L^2}{H^2} \tan \theta \right) \sin(\theta - \phi) + \frac{\gamma_f}{\gamma} \left(1 - \frac{L}{H} \tan \theta \right)^2 (1 - \sin \phi) \sin(90 - \delta_1 - \theta + \phi) \right] / \sin(\alpha - \delta + \theta - \phi) \quad (3)$$

$\delta' = 0$, $\tan \theta = H/L$ のとき $P' = P'' = P'''$ となる。図4に、SS-GL実測すべり線と式(3)に基づくすべり線を比較して示すように、式(3)は陥没現象をよく説明できる。式(2)と式(3)を比較して、 $P'' > P'''$ のときはすべり線は地山内にも及び、 $P'' < P'''$ のときは陥没現象が生じるのである。今、 $\Delta P = P'' - P'''$, $\alpha = \phi/\phi_f$ と表わし、 $\Delta P \sim \alpha$ 関係を調べると、本実験の範囲では、 $\Delta P \sim \alpha$ は直線関係にあり、 $\alpha < 0.87$ で $\Delta P > 0$ すなわち陥没現象が生じるという結果が得られた²⁾。これから、 $\alpha = \phi/\phi_f$ の値がわかればどのタイプのすべり線が生じるのか予測できる。

式(1)～式(3)で算定した土圧合力を比較すると、実験を行った範囲では、 $P' = 1.00 P'' \sim 1.01 P'$, $P'' = 1.02 P' \sim 1.05 P'$ という結果が得られた。本報の結論として次のことがいえる。1) 単味試料の場合はクローンすべり線は観測すべり線によく一致する、2) 裏込めが鉛直不連続面を有する場合のすべり線は式(2)または式(3)によつてよく近似できる、3) 土圧合力については従来算定法による値は式(2), (3)による値より数%小さな値を与える。

参考文献 1) 市原松平: 土と基礎の設計法(201), 権堂, 土壌工学, 昭36. 2) 山口隆: 山大学工学部卒業研究, 昭55. 3