

III-454

上界法による山留め工掘削底面下の抵抗土圧の算定

金沢工業大学 土木工学科 正 川村國夫

真柄建設㈱ 技術研究所 正 筒井弘之

正〇髭本裕昌 技術課 正 森影 篤史

1. まえがき

山留め工の現行設計法では、根入れ長や断面の算定において掘削幅が考慮されていないのが現状である。筆者らのこれまでの研究¹⁾により、山留め壁根入れ部の抵抗土圧は掘削幅の影響を大きく受けることがわかった。既報(第46回)の研究²⁾では、山留めの掘削底面付近をモデル化した実験槽(図-1)を用い、掘削幅および根入れ長が抵抗土圧にどのような影響を及ぼすかを報告した。

今回は、これらの実験データを定量的に解析し、地盤破壊の解析法の1つである上界法³⁾を用いて抵抗土圧の算定を試みたものである。

2. 実験データの解析について

図-1に示す可動壁は、掘削底面下の山留め根入れ部を想定した装置である。これを変位させ、各変位ごとに土圧測定、および側面の砂の動きに追従するメッシュの写真撮影を行い、メッシュの挙動写真から、各節点の座標を読み取り、その変位から4つの節点で構成される要素内の各種ひずみを計算した。

上界法の適用に際しては、破壊メカニズムの設定が重要である。すなわち、すべり線(速度の不連続線)を明確にする必要がある。そこで、各要素内の直ひずみ増分($\dot{\epsilon}_x$, $\dot{\epsilon}_y$)、せん断ひずみ増分($\dot{\gamma}_{yx}$)を求め、伸び縮みのない方向とその方向のせん断ひずみ増分を求めた。

3. 解析結果

2. で述べた伸び縮みのない方向のせん断ひずみ増分の分布を示したのが図-2であり、(a), (b), (c)はそれぞれ $H=15\text{cm}$ で $B=49, 30, 10\text{cm}$ の場合を示している。なお $H=25\text{cm}$ の場合も同様に検討した。図(a), (b)から $\triangle abc$ と $\triangle acd$ で示される2つの剛体ブロックが形成され、これにより ac, bc, cd の3本のすべり線が表れているのがわかる。また幅が広い(a)では、ランキンの受働破壊形状とほぼ一致している。さらに両者を比較すると、幅が狭くなるとすべり線 cd が固定壁と砂表面の交点を通るようになり、すべり線が立ち上がってくる。次に、さらに幅が狭くなって(c)のようになると、破壊メカニズムは前述したもの

と異なり、固定壁の影響がさらに強くなってすべり線 bc の立ち上がり方がより急になり、かつ固定壁にぶつかり、剛体ブロック $\triangle acd$ は、固定壁に沿って直上に押し上げられるようになる。それに伴い固定壁 cd 付近の砂のせん断ひずみ増分が大きくなっている。

以上をまとめると、幅が狭くなり、固定壁とランキンの受働破壊線が交わるようになると、すべり線は可動壁下端と固定壁と砂表面の交点を通るものとなり、さらに狭くなると特異な図(c)のようなすべり線の形状となる。

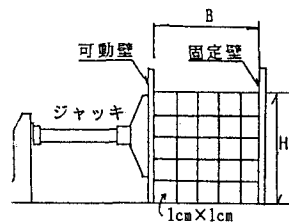


図-1 実験槽略図

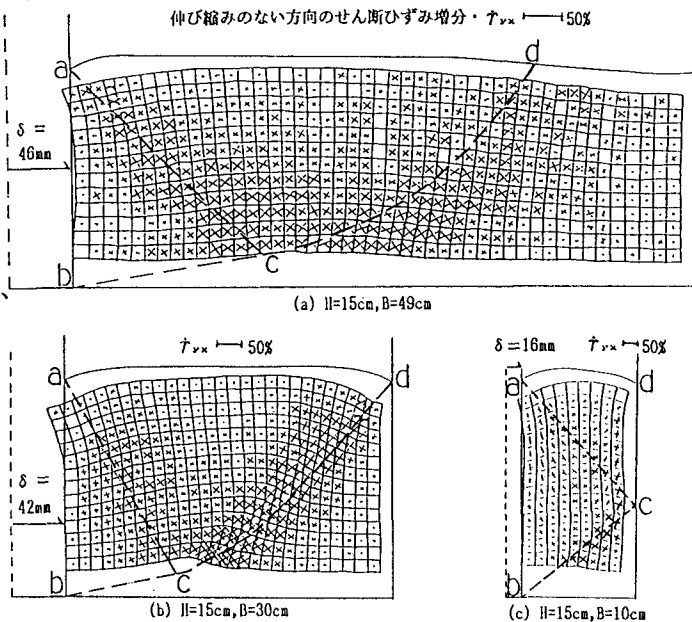


図-2 伸び縮みのない方向のせん断ひずみ増分の分布図

4. 破壊メカニズムの設定

今回の研究では、算定式を簡素化するため、解析結果から、破壊メカニズムを図-3 (a), (b)に示す2つのパターンとする。(a)は、図-2 (a), (b)に対応するものであり、ランキン受働破壊メカニズムである。ただし、幅がランキン受働破壊線より狭くなったときは、図中の β の最小値を $\tan \beta = H/B$ と設定する。(b)は、幅がかなり狭くなったときの破壊メカニズムであり、図-2 (c)に対応している。この場合、固定壁面付近のすべり線cdは、壁面に近い砂中に発生すると考える。また、両パターンともにダイレイタンシ角 ν は、 $\nu = \phi$ と仮定する。

5. 上界法による抵抗土圧合力の算定式

4. の破壊メカニズムをもとに、メカニズムが可容速度場となるように速度成分を決定し、全外力仕事と全内部消散を等値しそこから求まる境界外力(F_0)を求める。このようにして求めた抵抗土圧合力の算定式を以下に示す。この両式において β を変数とし F_0 の最小値を求め、これを抵抗土圧合力の上界値とする。

A式（破壊メカニズム、図-3 (a)）

$$F_0 = \frac{1}{2} H^2 \gamma \frac{\tan(\beta + \phi)}{\tan \beta} + c \cdot H \frac{1 + \tan^2 \beta}{(1 - \tan \beta \tan \phi) \times \tan \beta}$$

B式（破壊メカニズム、図-3 (b)）

$$F_0 = \frac{1}{2} B^2 \gamma \left\{ \frac{H}{B} \tan(\beta + \phi) + \frac{\tan \theta (\tan \theta + \tan(\beta + \phi))}{1 - \tan \theta \tan \phi} \right\} + c \cdot B \left\{ \frac{1 + \tan^2 \beta}{1 - \tan \beta \tan \phi} + (1 - \tan \theta \tan(\beta + \phi)) + \tan(\theta + \phi) (\tan \theta + \tan(\beta + \phi)) + \frac{\tan \theta (\tan \theta + \tan(\beta + \phi))}{1 - \tan \theta \tan \phi} \right\}$$

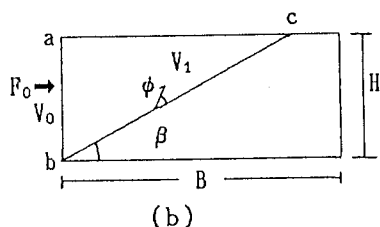
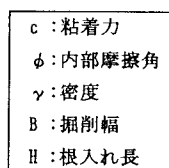


図-3 破壊メカニズム

6. 計算値と実測値の比較

A式、B式から、 $H=15\text{cm}$ 、 25cm の場合の幅Bの値を変化させたときの抵抗土圧合力 F_0 の最小値を求めた。その結果を実測値とともに、図-4に示す。なお計算に用いた砂の強度定数は、一面せん断試験から求めた $C=0.1\text{kgf/cm}^2$ 、 $\phi=36^\circ$ とし、密度は、 $\gamma=1.45 \times 10^{-3}\text{kgf/cm}^3$ とした。

図から、A式、B式は、 $B/H=1$ を境にその値が逆転している。すなわち、 $B/H < 1$ の場合はB式を適用し、 $B/H > 1$ の場合は、A式を適用して抵抗土圧合力を算定すべきである。この適用範囲に基づいて計算値と実測値を比較すれば、計算値と実測値とは比較的良好一致している。

以上まとめると、掘削幅がランキン受働破壊線より狭くなり、

$(1 \leq B/H < \tan(45^\circ + \phi/2))$ の範囲においては、A式で算定されるように、抵抗土圧合力は、徐々にランキン受働土圧合力より大きくなる。掘削幅がさらに狭くなって、 $B/H < 1$ となると、B式の結果からわかるように、幅Bのわずかな減少で抵抗土圧合力は大きく増加する。

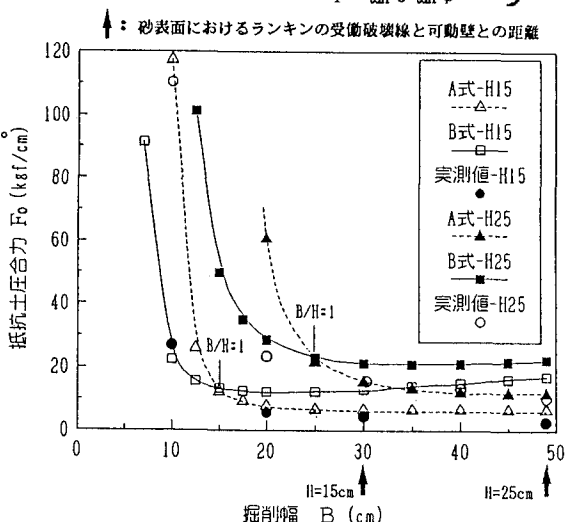


図-4 計算値と実測値の比較

【参考文献】1) 川村國夫、筒井弘之、竹内勝信：掘削幅の狭い土留め壁の基礎的研究、土木学会第44回年次学術講演会、Ⅱ-420、1989
 2) 川村國夫、筒井弘之、竹内勝信：山留め工における掘削底面下の抵抗土圧特性、土木学会第46回年次学術講演会、Ⅲ-3、1991
 3) 土質工学会編：入門シリーズ13、土の強さと地盤の破壊入門