

金沢工業大学 正会員 川村 國夫

1. まえ書き: 掘削工事に伴う周辺地盤の沈下に関しては、いまだ不明な点が多い。このため、施工中の観測結果と施工前、現場特性の推定値とを比較、検討しながら、施工を進めようとするのが現状である。周辺地盤の沈下は、いろいろな要因により影響を受けるため、その定量的な解析も困難なものにしている。本報告は、事前に掘削周辺地盤の沈下特性を的確に予測することを目指すとし、実際の掘削現場の安全性に貢献しようとするものである。

2. 沈下予測手法: 軟弱地盤での掘削工事に実施する場合には、種々の原因、例えば、掘削に伴う山留め壁の変形による背面土の移動、地下水位低下に伴う圧密沈下、ヒービングによる沈下などにより、大小問わずして地盤に沈下が生ずることから、近隣構造物、施設に悪影響を与える。ただし、沈下特性は現場により千差万別であり、まして、沈下予測ともなるとこれは難問である。そこで、本報告では、現場特性を考慮した円弧すべり面法による安全率と沈下量、沈下範囲と関連させて、掘削工事施工開始前の段階で沈下特性を予測しようとしたものである。すなわち、掘削現場の安全性を定式的な安全率 F_s で定義する。

$$F_s = \frac{\text{抵抗モーメント } M_r}{\text{滑動モーメント } M_s} = \frac{\sum W_i \cdot l_{wi} + \sum P \cdot l_{pi} + Q \cdot l_g + \tau \cdot L \cdot R}{\sum W_i \cdot l_{wi}} \quad \dots (1)$$

ここに、図1を参照しながら、 W_i : 滑動面と起る点とある土塊の重量、 l_{wi} : 円弧の中心Oと W_i の距離、 W_i : 抵抗しようとする土塊の重量、 l_{wi} : 中心Oと W_i の距離、 P : 切はり軸力 ($= \sigma_a \cdot A$, σ_a : 許容圧縮応力度、 A : 断面面積)、 l_{pi} : 中心Oと P の距離、 Q : 山留め壁のせん断抵抗力 ($= \sigma_s \cdot T$, σ_s : 許容せん断応力度、 T : 山留め壁厚)、 l_g : 中心Oと円弧の山留め壁と交差する距離、 τ : 地盤のせん断抵抗力、 L : すべり面の全長、 R : 円弧の半径

3. 最小安全率と最大沈下量の関係: 各掘削現場 (NO.1 ~ NO.8) の沈下観測データをもとに、掘削周辺地盤の最大沈下量 S_{max} とその現場における最小安全率 F_s の計算結果との関係をプロットしたものが図2である。 $S_{max} \sim F_s$ に興味深い傾向があることがわかる。すなわち、掘削現場において $F_s \leq 1.15$ に減少すると S_{max} は急激に増加していることである。このことは、掘削背面土の重量に掘削底面の地盤支持力に対する比重が大きくなり、背面土が円弧に廻り込むような流動も起し、その結果、地表面が大きく沈下しはるかに考えらる。つまり、安全率が減少すれば、その掘削現場が不安定な状態となり、周辺地盤の沈下量が大きくなる。一方、 $F_s \geq 1.20$ になると S_{max} は10⁻³前後となり、掘削現場周辺への影響は極めて小さくなる。また、同一現場においても(例えば、NO.8)、掘削が進行するに従って F_s は減少し、周辺地盤の S_{max} は大きくなる。以上の結果より、現場条件さえ設定できれば、その安全率を算定でき、この安全率に基づいて事前に沈下量の最大値を推定できることになる。

4. 臨界円と沈下影響範囲の関係: 図3は根切り端から掘削現場の最小安全率 F_s を決定する円弧すべり面、すなわち、臨界円、が地表面と交差する位置までの距離 B と沈下影響範囲 D をそれぞれ最終掘削深 H で除し、無次元化した関係をプロットしたものである。模型回帰分析の結果は $D/H = -1.04 (B/H) + 4.65 \dots (2)$ となり、臨界円を求めた掘削現場周辺への沈下影響範囲を算定できることがわかる。式(2)によると、根切り端より臨界円の位置が遠ざかるほど掘削深に対する沈下影響範囲は相対的に小さくなる。すなわち、掘削現場の安定計算は円弧すべり面、山留め壁および根切り面とで囲まれた土塊全体が滑るものと仮定しているから、臨界円の位置が根切り端より遠くにあるほど沈下影響範囲の絶対値は大きくなる。このため、掘削深に対する比では小さくなるというわけである。沈下影響範囲というものは、掘削深と主要な要因として山留め壁の剛性、掘削地盤条件、あるいは施工方法にも起因することから、これらの要因を考慮した結果が図3である。ところで、図により、例えば、 B/H が1.5であれば、沈下の影響範囲 D は H にほぼ2.3倍、 B にほぼ2.7倍程度大きくなる。

5. 最小安全率と沈下影響範囲の関係: もう一つの沈下影響範囲の推定方法として図4を提案する。図4は、最小

安全率 F_s と沈下影響範囲 θ を根切り端からの角度 θ で表わしたものの α 関係をプロットしたものである。この図より、最小安全率が增加すると沈下影響範囲は減少する傾向にある。したがって、図2の最小安全率と最大沈下量の関係とを対応させると次のことが言える。最小安全率が增加(減少)するに従って、最大沈下量および沈下影響範囲はともに減少(増加)する。ところで、周辺地盤の最大沈下量と沈下影響範囲 α 関係については、当然のことながら最大沈下量が増加するに連れて、沈下影響範囲は大きくなることである。以上より、地盤特性、山留の壁の剛性の相違が最小安全率を大きく左右する要因のうち代表格であり、しかも沈下影響範囲に大きく影響することと同時に示しているに他ならない。

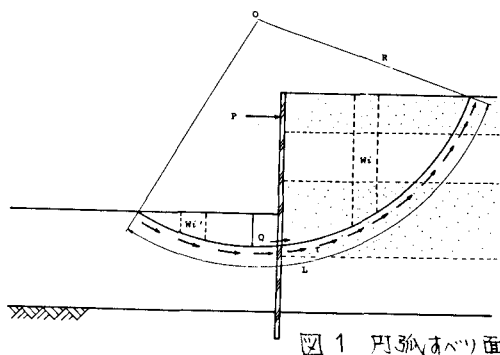


図1 円弧おもり面

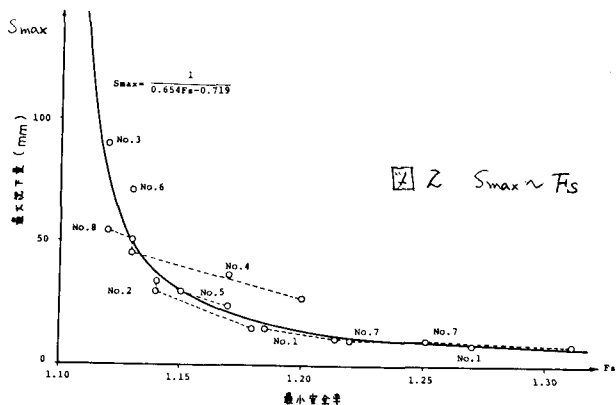


図2 $S_{max} \sim F_s$

6. 最小安全率と最大沈下量発生位置の関係: 最大沈下量発生位置の決定は沈下性状が各掘削現場において千差万別であり、予測ともなると困難である。しかし、定性的には、最大沈下量には沈下影響範囲が増加すれば、最大沈下量発生位置は根切り背面直後より次第に遠ざかる傾向があり、最終的には根切り端より掘削深さの約 $1/2$ 前後の位置に到ると言われている。しかし、これは他の条件、例えば、山留の壁の剛性、根切の長、地盤条件による影響を考慮に入っていないので一概には断言できず、あくまでも一般的傾向と考えらるものである。結論ながら、今回収集した観測データを解析した結果、最小安全率と最大沈下量発生位置の関係を明確に見い出せることはできなかった。しかし、 $S_{max} \sim F_s$ 、 $\theta \sim F_s$ などの強い相関が存在していることにより、今後より多くのデータを解析すればこの課題も解決可能と思われる。

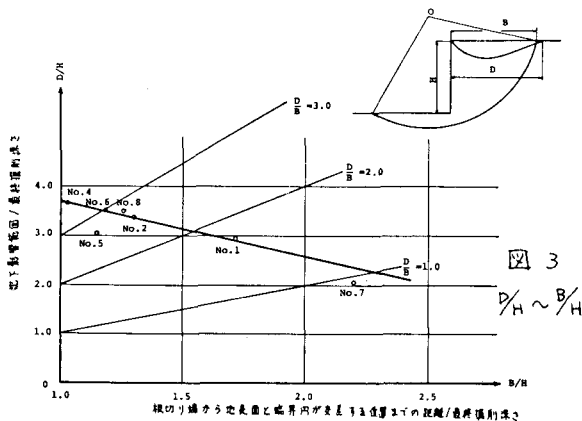


図3

$D/B \sim B/H$

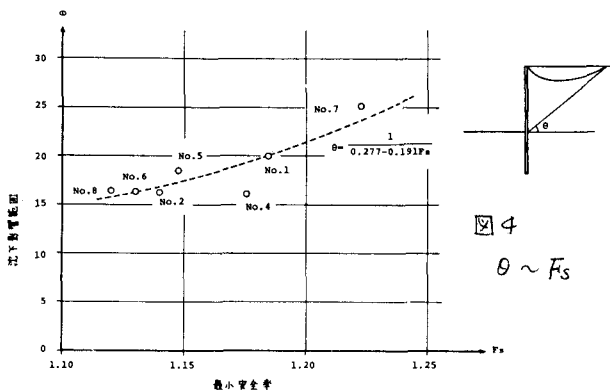


図4

$\theta \sim F_s$