

掘削のり面の安定性 評価手法例と留意点

(株)復建技術コンサルタント 佐藤 淳

1.はじめに

水路の切換工事が計画されており、盛土を含めた掘削のり面の安定性評価が大きな問題である。

軟弱地盤上の盛土の場合、盛土完了時の安定が確保されれば、その後は時間の経過とともに圧密が進行し地盤の強度は増大することから安定度は高くなる。しかし、軟弱な粘性土や有機質土を主体とする地盤を掘削する場合、掘削直後には安定が確保される場合でも、時間の経過とともにその安定度は低下する。したがって、掘削のり面の安定性を評価する場合、掘削による応力開放に伴う、地盤の吸水膨張が終了して地盤のせん断強度が、最も小さくなった状態の強度定数を設定しなくてはならない。

ここでは、間隙水圧測定を伴う圧密非排水せん断三軸試験(三軸CUb試験)を実施し、掘削に伴う応力開放による強度低下後の強度定数を設定して安定性を評価した。以下に、その評価手法と留意点を述べる。

2.構成土層の特徴

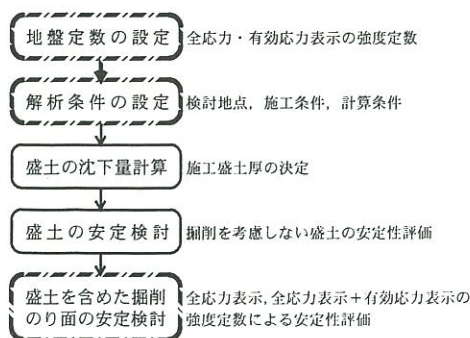
解析地盤は、N値0を主体とする海性粘性土が深度25m付近まで厚く堆積する軟弱地盤である。

安定性を評価する上で大きく影響する地盤上部の土層に着目し、以下にその土性を述べる。

- ① 現地盤～2.2mは砂質土系の盛土。
- ② 深度2.2～4.5mはN値が1,含水比が70%,一軸圧縮強度 qu が17kN/m²を示す軟弱な粘性土。
- ③ 深度4.5～5.45mはN値が3以下,含水比が200%,一軸圧縮強度 qu が23kN/m²を示す軟弱な有機質粘土。
- ④ 深度5.45～6.75mは締まりが中位の砂質土。
- ⑤ 深度6.75m以深はN値が0,含水比が100%を示す軟弱な海性粘性土が厚く(層厚約20m)堆積する。

3.盛土を含めた掘削のり面の安定性評価の流れ

表-3.1 盛土を含めた掘削のり面の安定性評価の流れ



4.安定計算に適用した地盤の強度定数の設定手法

(1) 全応力表示の強度定数(地盤の初期強度)

一軸圧縮試験結果から式(4.1)を用いて求めた。

$$C=qu/2 \dots \dots \dots (4.1)$$

(2) 有効応力表示の強度定数

掘削のり面の長期安定性評価時に適用する有効応力表示の強度定数を把握する目的で、砂質土については三軸CD試験、粘性土および有機質土については三軸CUb試験を実施し、以下に示す方法で有効応力表示の強度定数を設定した。

【三軸CUb・三軸CD試験結果の整理方法】

三軸圧縮試験の等方圧密条件($K_0=1$,補正なし)から求められたせん断定数を整理すると、

- ① 盛土の場合には、拘束圧を過大に評価していることからせん断強度を過大に評価することから、せん断強度を小さく評価することになる。
- ② 掘削については ϕ が大きく、 C が小さくなることから、せん断強度を小さく評価することになる。

ここでは、次に述べるような方法で、実際地盤と三軸圧縮試験の応力条件の相違を補正している。

平均拘束圧 σ_m を式(4.2)のように仮定した。

$$\sigma_m = \frac{1+2K_0}{3} \cdot \sigma_v' \dots \dots \dots (4.2)$$

式(4.2)で、 $K_0=0.5$ (静止土圧係数)とすると $\sigma_m=2\sigma_v/3$ となる。つまり、等方圧密条件での拘束圧 σ_3 を $|3/1+2K_0|$ 倍【 $K_0=0.5$ として1.5倍】した応力で圧密したと仮定し、試験データを再整理する。なお、図-4.1には三軸CUb試験結果の整理例を示した。

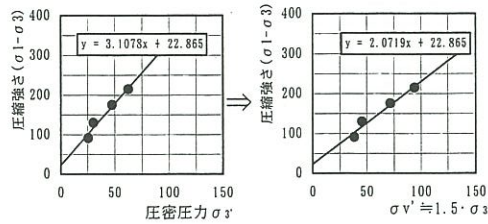


図-4.1 三軸圧縮試験結果の整理例

【強度定数C,φの算出】

砂質土のφは σ_m を1.5倍して再整理後、縦軸の圧縮強さを0とした場合の傾きを式(4.3)に代入して求めた。

粘性土・有機質土のC,φは σ_m を1.5倍して再整理後、土質試験の方法と解説1)に掲載されている式(4.3),式(4.4)を用いた。なお、全応力表示・有効応力表示の強度定数を比較する意味で表-4.1には適用強度定数をまとめた。

$$\phi = \sin^{-1}(m_0/(2+m_0)) \dots \dots \dots (4.3)$$

$$C = f_0/2\sqrt{1+m_0} \dots \dots \dots (4.4)$$

表-4.1(a) 全応力表示の強度定数

| 土層名 | 記号 | 粘着力 C (kN/m ²) | せん断抵抗角 φ (度) | 試験名 |
|--------|-----|----------------------------|--------------|------|
| 上部粘性土層 | Ac1 | 20.1 | 0 | 一軸 |
| 上部腐植土層 | Ap1 | 23.9 | 0 | 一軸 |
| 上部砂質土層 | As1 | 0.0 | 35 | 三軸CD |
| 中部粘性土層 | Ac2 | 28.0 | 0 | 一軸 |

表-4.1(b) 有効応力表示の強度定数

| 土層名 | 記号 | 粘着力 C (kN/m ²) | せん断抵抗角 φ (度) | 試験名 |
|--------|-----|----------------------------|--------------|-------|
| 上部粘性土層 | Ac1 | 6.5 | 31 | 三軸CUb |
| 上部腐植土層 | Ap1 | 9.1 | 35 | 三軸CUb |
| 上部砂質土層 | As1 | 0.0 | 35 | 三軸CD |
| 中部粘性土層 | Ac2 | 10.6 | 32 | 三軸CUb |

表-4.1(b)に示すように、有効応力表示の強度定数は、粘性土・有機質土の場合、φは31~35°程度、Cは6.5~10.6kN/m²。(全応力表示の強度定数の1/2~1/3)

5.強度定数の適用範囲と検討盛土・掘削形状

表-5.1には表-4.1の強度定数の適用範囲を、図-5.2には検討盛土・掘削形状を示した。

表-5.1 強度定数の適用範囲

| 適用する強度定数 | | 適用条件 |
|----------|-------|------------------------------|
| No | 盛土範囲 | 掘削範囲 |
| ① | 全応力表示 | 盛土・掘削工事が同時条件での掘削直後の安定性評価 |
| ② | 全応力表示 | 有効応力表示 |
| | | 掘削工事先行条件または盛土・掘削工事同時条件の安定性評価 |

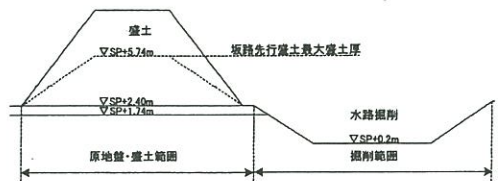


図-5.1 検討盛土・掘削形状と強度定数の適用範囲

(3) 安定計算法

安定計算法は、全応力法円弧すべり計算(修正Fellenius法)で行った。

6.盛土を含めた掘削のり面の安定計算結果

図-6.1,表-6.1には盛土を含めた掘削のり面の安定計算結果を示した。

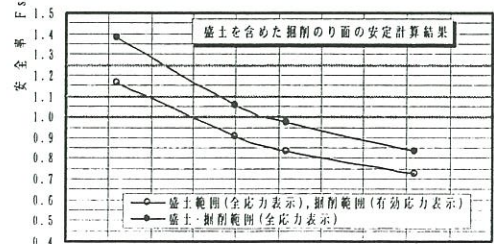


図-6.1 計算盛土厚と安全率の関係

表-6.1 安定計算結果一覧表

| 適用する強度定数 | | 施工盛土厚 | 安全率 |
|----------|--------|-------|-------------|
| No | 盛土範囲 | | |
| ① | 全応力表示 | 6.1m | 0.834 |
| | | 4.6m | 0.974 |
| | | 4.0m | 1.055 |
| | | 2.6m | 1.381 |
| ② | 全応力表示 | 6.1m | 0.726(0.87) |
| | | 4.6m | 0.834(0.86) |
| | 有効応力表示 | 4.0m | 0.902(0.85) |
| | | 2.6m | 1.164(0.84) |

