

東京電力㈱ 正員 福島 啓介
 東電設計㈱ 中村 彰男
 鹿島建設㈱ 正員 青柳 薫

1. まえがき

本研究は、砂質土地盤における土留工に関し、弾塑性解析法を基本に信頼度解析を行ったものであり、昨年度の報告に続くものである。本報告では砂質地盤での既往の土留工に関して、「土留壁の曲げ破壊」および「切梁の座屈」の2つの破壊モードの信頼度解析結果を粘性土地盤におけるものと比較した結果を示す。

なお、水位のバラツキの影響を簡便に推定する方法も合わせて示す。

2. 解析内容

解析における基本的な考え方は昨年度と同様である。今回解析対象とした土留工は合計17例であり、その事例一覧を右の表に示す。表中の砂質土層率とは、最終掘削時の根入れ部中央よりも上の地盤において砂質土層の占める割合である。

3. 解析結果

破壊モードごとに粘性、砂質両地盤における破壊確率 P_f と中央安全率 $\bar{F}_s$ の関係を示すと図-1のようになる。図中▲は砂質土地盤における有効応力解析（土圧と水圧を別々に作用させたもので水圧は静水圧）の結果であり、△は砂質地盤における全応力解析（側圧として土圧、水圧を込みで作用させたもの）の結果である。●は粘性土地盤における全応力解析の結果である。

いずれの破壊モードにおいても▲は粘性土地盤における範囲の下限付近に、△はほぼ中央付近となり、バラツキの幅はいずれも狭いことがわかる。この理由としては次の2つが考えられる。

（1）解析法の違い

有効応力解析の場合、土圧のバラツキは考慮しているが水圧は静水圧として確定値としている。一方、全応力解析の場合側圧のバラツキとして水圧のバラツキも含まれていると考えられ、その分バラツキが大きい。従って、同じ中央安全率に対する破壊確率は有効応力解析の方が小さくなる。

（2）土質の違い

同じ安全率に対応する破壊確率は、砂質土地盤よりも粘性土地盤の方が大きな幅を持っている。データの数も必ずしも十分でないことから、この原因を特定することは困難であるが、定性的な傾向としては、粘性土地盤の場合には根入れ部が

事例番号	土留壁	壁長 (m)	最終掘削深さ (m)	切梁段数	砂質土層率 (%)
1	YSP-Ⅳ	15.5	10.6	2	100
2	FSP-Ⅳ	19.0	11.9	3	64
3	連壁	27.0	16.3	4	54
4	FSP-Ⅲ	11.0	7.1	2	56
5	連壁	33.1	25.1	8	100
6	FSP-Ⅲ	14.0	10.9	5	62
7	YSP-Ⅲ	8.5	7.2	3	83
8	YSP-Ⅲ	14.5	9.4	3	68
9	FSP-Ⅳ	16.5	9.6	4	78
10	FSP-Ⅳ	14.0	7.6	2	100
11	FSP-Ⅲ	10.0	8.0	2	82
12	FSP-Ⅱ	8.0	6.5	2	100
13	FSP-Ⅱ	7.0	4.8	2	100
14	FSP-Ⅳ	15.8	13.8	5	59
15	FSP-Ⅳ	15.5	13.5	5	80
16	YSP-V	18.6	12.5	5	72
17	FSP-Ⅱ	11.1	6.5	2	100

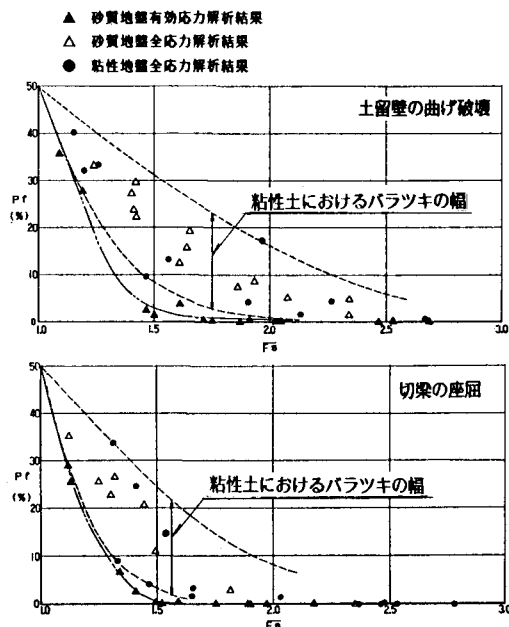


図-1 $\bar{F}_s \sim P_f$ 関係図

粘性土層となっている例が多く、粘性土層においては、深さが増加しても受働土圧強度はあまり増加しないため、側圧のわずかな増加でも根入れ部の曲げモーメント0点（単純梁とした場合の支点）がかなり下がる傾向がある。そのためにスパンが伸びることによって土留壁の応力がかかなり大きく変動し、また切梁反力の増加も生じる。その結果、偏微係数の増大という形でバラツキが大きくなり大きな破壊確率が算出される。しかし、粘性土地盤であっても根入れ部が砂層の場合には曲げモーメント0点があまり下がらず、土留壁の応力や切梁反力は大きく変動しないため、小さな破壊確率が算出される。以上のように粘性土地盤の場合は、根入れ部の土層種類によって同じ中央安全率でも破壊確率は大きく異なる場合が存在する。

一方、砂質土地盤の場合には粘性土地盤のように根入れ部に強度の比較的小さな粘性土層が厚く存在するケースはほとんど無く、それゆえに同じ安全率に対応する破壊確率があまりばらつかないと考えられる。

4. 水位のバラツキによる安全性指標（ β ）の低下

有効応力解析では水位のバラツキを考慮していない。これは一般的に水位あるいは水圧のバラツキを決定することが困難であることによる。そこで、もし水位変動がある程度推定できる場合、これを考慮した時の安全性指標（ β ）の低下量を検討してみた。

水位のバラツキを考慮した場合の安全性指標 β' を次式で表す。

$$\beta' = \frac{\bar{R} - \bar{S}}{\sqrt{\sum \left(\frac{\partial g}{\partial X_i} \right)^2 \sigma_{X_i}^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial H_W} \right)^2 \sigma_{H_W}^2}} \quad \text{ここで } \begin{array}{l} X_i : \text{地下水位変動以外の確率変数} \\ H_W : \text{地下水位} \\ R : \text{抵抗力の平均値} \\ S : \text{荷重側の力（発生曲げモーメント）の平均値} \end{array}$$

従って、地下水位変動を考慮しない場合に比較して β の低下量は、

$$\Delta \beta = \bar{S} \left(\frac{\bar{R}}{\bar{S}} - 1 \right) \left(\frac{1}{\sqrt{\sum \left(\frac{\partial g}{\partial X_i} \right)^2 \sigma_{X_i}^2}} - \frac{1}{\sqrt{\sum \left(\frac{\partial g}{\partial X_i} \right)^2 \sigma_{X_i}^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial H_W} \right)^2 \sigma_{H_W}^2}} \right)$$

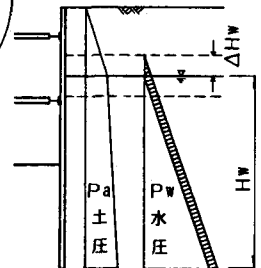
上式の特徴として以下の2点があげられる。

①中央安全率が高い程 $\Delta \beta$ は大きい。

②全荷重（側圧）に対して水圧の変化の影響が大きい程 $\Delta \beta$ は大きい。

以上の点から「背面側圧（土圧＋水圧）に対する水位のバラツキによる水圧変化量」

$$\alpha = \frac{\Delta H_W \cdot H_W + \frac{1}{2} \cdot \Delta H_W^2}{\sum (P_a + P_w)}$$

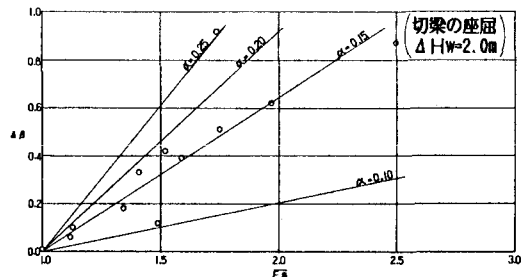


をパラメーターに、 ΔH_W を 2.0m と仮定して図を描くと図-2 のようである。

ΔH_W を種々変えて同様な図を作成することにより水位変動量が想定された場合、ノモグラムの $\Delta \beta$ を推定することが可能である。

5. あとがき

今回の検討で、信頼性設計の観点からみた粘性土及び砂質土地盤における土留工の特徴が把握できた。今後は、解析法の誤差やカタヨリ等より詳細な検討が必要と考えられる。



注) ○は既往土留工の実際のプロットであり、直線はそれをもとに引いた。

図-2 $F_s \sim \Delta \beta$ 関係図

<参考文献>

1) 福島, 星野, 青柳: 「土留工の信頼度解析」

土木学会 第40回年次学術講演会概要集I