

干拓地盤における掘削斜面の安定解析

福山大学工学部 正 員 西原 晃
福山大学大学院 学生員 ○片山 周平

1. まえがき

軟弱地盤における安定解析には非排水せん断強度が用いられるが、この非排水強度はせん断試験の方法やせん断速度によって異なるため、安定解析に用いる値としてどのような値を採用するかが問題となる。本報告では、ある干拓地盤で排水路を掘削中に生じたすべり破壊を例に、各種原位置試験ならびに室内試験の結果と、それらの試験強度を用いて安定解析を行った結果について報告する。

2. 地盤の性状と試験の概要

破壊を生じた地点の地盤形状を図-1に示す。この地盤は、地表面から0.65m付近までは砂質シルト層 ($PI=33\sim39\%$)であり、それより下層は軟弱で均一な高塑性の粘土層 ($PI=86\sim96\%$)からなっている。破壊を生じた地点において、原位置ベーン試験、三成分コーン試験、プレッシャー・メータ試験、また室内において、一軸圧縮試験、三軸圧縮試験、等体積一面せん断試験の各試験を行った。また、非排水せん断強度とせん断速度の関係を調べるため、原位置ベーン試験と等体積一面せん断試験ではせん断速度を変えた試験も行った。図-2は、原位置ベーン試験と一軸圧縮試験によって求めた非排水せん断強度の分布である。同図にはコーンによる貫入抵抗も示しているが、ベーン、一軸圧縮、コーンの各試験によるせん断抵抗はよく対応していることがわかる。表-1は今回実施した各種試験による強度増加率を示したもので、試験によって非排水せん断強度が異なる。また、図-3は原位置ベーン試験と等体積一面せん断試験による非排水強度とせん断速度の関係で、せん断速度が遅くなるとともに c_u がかなり小さくなることがわかる。

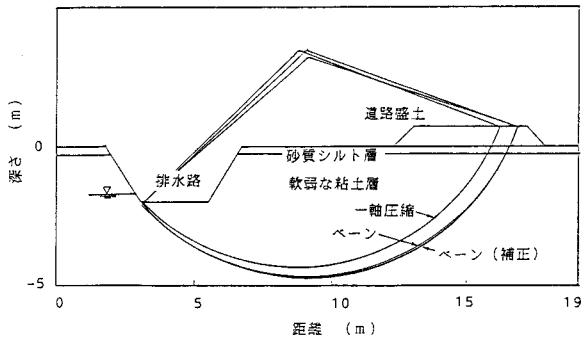


図-1 地盤の形状と安定計算によるすべり円

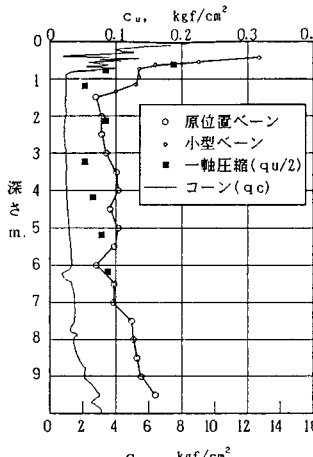


図-2 地盤の非排水強度

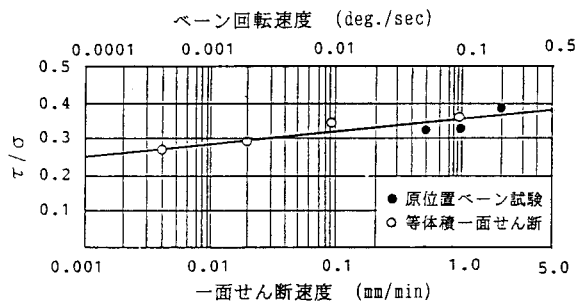


図-3 非排水強度とせん断速度の関係

表-1 各種せん断試験結果

ベーン試験	c_u / σ'_{vc}	0.324
一軸圧縮試験	$q_u / 2 \sigma'_{vc}$	0.250
等体積一面せん断	τ / σ'_{vc}	0.272
三軸圧縮試験	c_u / σ'_{vc}	0.309
コーン貫入試験	q_c / σ'_{vc}	3.85

3. 安定解析結果

ここでは、従来よく用いられている一軸圧縮強度とベーン強度を用いて安定解析を行った結果について示す。安定解析はBishop法によって行い、盛土部分の ϕ は 38° とした。表-2は安定解析結果である。また、図-1に最小安全率を与えるすべり円を示す。表-2より、一軸圧縮強度は1.06と1に近い安全率が得られたが、原位置ベーン強度を用いた場合1.55と非常に大きな値となった。図-4は過去に報告されている破壊例で、ベーン強度と一軸圧縮強度を用いた計算安全率と塑性指数の関係である^{1), 2)}。図中 $\rightarrow$ がついているものは今回の解析結果で、過去の報告例と同様な傾向を示している。この図から、今回の地盤のように塑性指数の高い地盤では、原位置ベーン強度は安全率を過大評価することがわかる。この原因は、ベーン試験ではせん断速度が速いため強度を大きめに測定するからであり、このようなせん断速度の影響は塑性指数が高くなるほど大きくなる¹⁾。一軸圧縮試験においてもせん断速度の影響が考えられるが、試料の乱れ等による強度低下もあり、結果的に1に近い安全率が得られるようである。ただし、塑性指数40~60%前後の地盤では、若干大きめの安全率となる傾向が見られる。

表-2 安定解析結果

解析強度	安全率
一軸圧縮試験	1.063
ベーン試験	1.553
ベーン(補正)	1.135

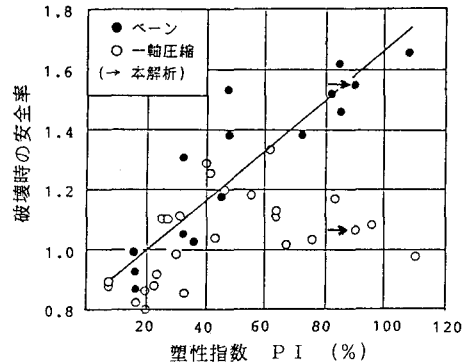


図-4 盛土破壊時の安全率と塑性指数の関係

このように、ベーン試験ではせん断速度の影響が大きいため、安定解析に用いる場合には測定強度を低減する必要がある。ベーン試験において、破壊までに要する時間は10分足らずである。一方、過去の報告例によれば、地盤の破壊時の強度は、破壊までの時間を約1週間(約10000分)とした場合のベーン強度に対応するといわれている³⁾。これをせん断速度で考えれば、通常の回転速度($0.1^\circ/\text{sec}$)の約1/1000に対応する強度を用いればよいことになる。原位置において、このように遅いせん断速度のベーン試験を行うことはできないが、図-3に示すように、ベーン試験と等体積一面せん断試験の結果はよく一致しているので、等体積一面せん断試験の結果を用いてせん断速度の影響について補正を行うことにした。すなわち、図-3より、せん断速度を1/1000にすれば強度は約70%にまで低下するため、 c_u (解析強度) $= 0.7 \times$ ベーン強度、として安定解析を行えばよいことになる。その結果を表-2に示しているが、このようにベーン強度をせん断速度に関して補正すれば1に近い安全率が得られる。

4. おわりに

本報告で示したように、各試験で得られた非排水せん断強度はそれぞれ異なり、安定解析での安全率も違ってくる。したがって解析を行う上で、各試験によって得られる強度特性の相違について考慮する必要がある。とくに今回の地盤のように高塑性の地盤では、せん断速度の影響について注意する必要があるが、その影響を適切に評価してやれば、信頼性の高い安定解析を行うことができる。

[参考文献]

- 1) Bjerrum, L (1972): "Embankment on soft ground," Proc. ASCE Spec. Conf. on Performance of Earth and Earth-Supported Structure, Vol. 2, pp. 1-54
- 2) 太田, 西原, 飯塚, 森田, 深川, 荒井 (1989): "Unconfined compression strength of soft aged clays," Proc. 12th ICSMFE, Vol. 1 pp. 71-74
- 3) Torstensson, B.A. (1977): "Time-dependent effects in the field vane test," Proc. Int. Symp. on Soft Clay, Bangkok, pp. 287-397