

III-269

掘割道路の地震時浮上りの判定法に関する検討

建設省土木研究所 正員 ○古関潤一  
古賀泰之

1. はじめに

掘割道路のような半地下構造物は、地震時にまわりの地盤が液状化すると、浮上りに対する安定に問題が生じることが予想される。ここでは、前報<sup>1)</sup>の模型振動実験結果を対象に、2通りの浮上り安定性の判定法による計算を行った結果を報告する。

2. 計算方法

模型振動実験で用いた模型地盤を図. 1 に、地盤条件を表. 1 に示す。計5種類の模型地盤を用いて、正弦波による水平方向のステップ加振を行った。加振加速度は70, 100, 150, 200, 300, 500gal（模型1, 2では300galまで）の順に大きくした。浮上り安定性の判定方法として、浮上り安全率<sup>2)</sup>を求める方法と、円弧すべり面を仮定した安定計算による安全率（以下では円弧すべり安全率と称する）を求める方法を用いた。

浮上り安全率Fuは、掘割道路模型の底面に働く鉛直方向の力の釣合から次式により求めた。

$$F_u = \frac{W + Q}{U_s + U_d + F}$$

ここに、W：掘割道路模型の自重、Q：掘割道路模型側壁の摩擦抵抗（＝0とした）、Us：静水圧による浮力、Ud：過剰間隙水圧Δuによる揚力、F：浸透水力に起因する力（計算の結果、全てのケースで0となった）

円弧すべり安全率Fsは、図. 2のようなすべり面を仮定して図中の式により求めた。Md1～Md3とMr1はそれぞれすべり土塊の自重と掘割道路模型の自重より求め、Mr2～Mr4はすべり面上でのせん断抵抗力τfが次式で表されるものとして求めた。

$$\tau f = (1 - Ru) \sigma_{no}' \cdot \tan \phi'$$

ここに、Ru：過剰間隙水圧比（＝Δu/σvo'、地盤をいくつかのブロックに分けて、それぞれのなかのΔuの実測値を用いた）、σno'：すべり面に対して法線方向の初期有効直応力（地盤の静止土圧係数Ko＝0.5として計算した）、φ'：地盤の内部摩擦角

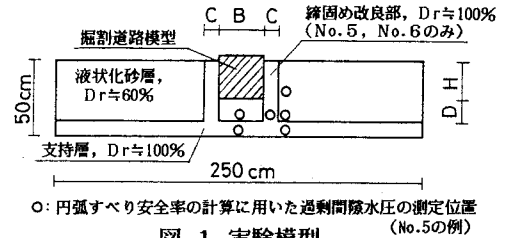


図. 1 実験模型

表. 1 地盤条件

| 模型No. | 掘割模型幅 B (cm) | 埋込み深さ H (cm)* | 液状化層厚 D (cm) | 側方改良幅 C (cm) |
|-------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| 模型1   | 30.0         | 24.6          | 25.5         | 0            |
| 模型2   | 30.0         | 24.7          | 15.2         | 0            |
| 模型3   | 30.0         | 24.2          | 5.4          | 0            |
| 模型5   | 30.0         | 23.8          | 15.9         | 10.0         |
| 模型6   | 30.0         | 24.0          | 15.5         | 20.0         |

\* 加振前の初期値

表. 2 計算に用いた地盤定数

| 項目                     | 液状化砂層 | 支持層, 締めめ改良部 |
|------------------------|-------|-------------|
| 飽和単位体積重量 γsat (gf/cm³) | 1.93  | 2.01        |
| 内部摩擦角 φ' (°)           | 39    | 48          |

\* 掘割道路模型の加振前の見かけの単位体積重量は1.52 gf/cm³

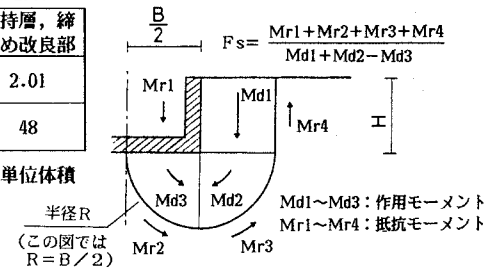


図. 2 円弧すべり安全率Fsの計算法

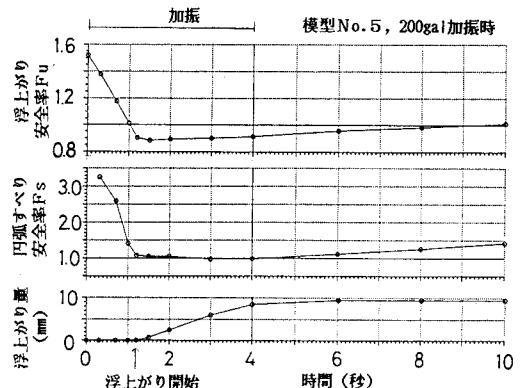


図. 3 Fs, Fuと浮上り量の時刻歴

$R_u$ および $\sigma_{no}'$ を計算するのに必要な初期有効載圧 $\sigma_{vo}'$ は、掘割道路模型の自重と地盤の単位体積重量を用いて一次元的に求めた。 $F_s$ の計算はすべり円弧の半径を変えながら行ったが、最小安全率を与える半径 $R$ は全てのケースで図.2に示すように $R=B/2$ であった。計算に用いた地盤定数を表.2に示す。

### 3. 計算結果および考察

模型5の200gal加振時の $F_u$ と $F_s$ 及び掘割道路模型の浮上がり量の時刻歴を図.3に示す。地盤内に発生する過剰間隙水圧のために $F_u$ と $F_s$ は急激に低下し、それぞれ0.9及び1.0程度まで下がったときに掘割道路模型が浮上がり始めている。掘割道路模型が浮上がっている間の $F_u$ と $F_s$ はほぼ一定値であるが、細かくみると $F_u$ はほぼ浮上がり開始時に、 $F_s$ は加振終了時に最小となっている。

各ケースの $F_u$ 、 $F_s$ と掘割道路模型の加振毎の最終浮上がり量の関係を図.4、5に示す。 $F_u$ は、掘割道路模型が浮上がった場合は浮上がり開始時、浮上がらなかった場合は掘割道路模型の底面に作用する過剰間隙水圧が最大になったときの値とし、 $F_s$ は $F_u$ を計算した時点と加振終了時のうちの小さい方の値とした。それぞれの図より、掘割道路模型が浮上がるときの $F_u$ は0.9程度、 $F_s$ は1.0程度であることがわかる。 $F_u$ が1.0以下まで下がるのは、掘割道路模型側壁の摩擦抵抗（ $Q$ ）と、土槽と掘割道路模型の間の摩擦抵抗を無視していることによると考える。

上記の $F_u$ と $F_s$ の関係を図.6に示す。掘割道路模型の浮上がりの有無と浮上がり量の大小により異なる記号を用いた。浮上がり量が0.5mm以下の場合の $F_s$ は1.5程度、1.0mm以上の場合の $F_s$ は1.0程度のものが多く、浮上がり量の大小による違いが $F_s$ にある程度現れている。 $F_u$ にはこのような違いはみられない。 $F_s$ では掘割道路の底面への土砂のまわり込みにくさがすべり面上でのせん断抵抗として考慮されるために、浮上がり量との対応が $F_u$ よりも良かったものとする。

### 4. まとめ

- (1) 掘割道路模型が浮上がるときの浮上がり安全率 $F_u$ と円弧すべり安全率 $F_s$ は、それぞれ0.9、1.0程度であった。ただし $F_u$ の計算では掘割模型側壁の摩擦抵抗を無視した。
- (2) 掘割道路模型の浮上がり量との対応は、土砂のまわり込みにくさが考慮される $F_s$ のほうが良かった。

### 参考文献

- 1) 古関ら(1988), 第43回土木学会, pp.444-445.
- 2) 例えば道路土工—軟弱地盤対策工指針, 共同溝設計指針.

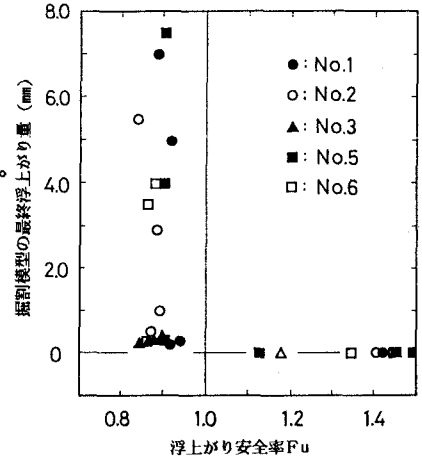


図.4  $F_u$ と最終浮上がり量の関係

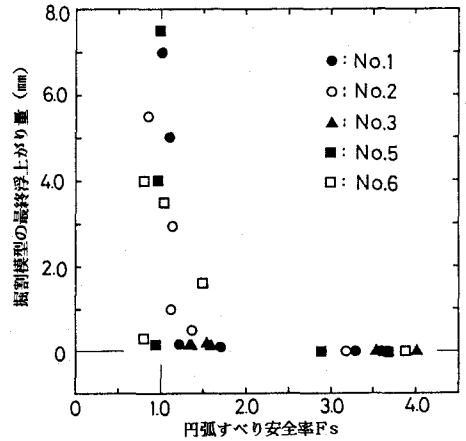


図.5  $F_s$ と最終浮上がり量の関係

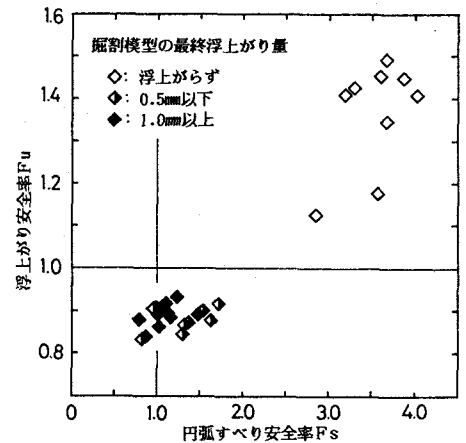


図.6  $F_u$ と $F_s$ の関係