

III-317 締固め工法による掘割道路の地震時浮上がり対策に関する浸透解析

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。筆者らは、掘割道路の浮上がり対策としての締固め工法の適用性の検討を、模型振動実験¹⁾をもとに行ってきた。しかし、間隙流体として水を用いた模型実験では、実物に比べて浸透現象が速く進むため、未改良部からの過剰間隙水圧の伝播を締固め部が抑制する効果が過小評価されている可能性がある。ここでは、実規模の掘割道路の下方及び側方地盤を締固めた場合を対象に、浸透解析による浮上がり計算を行った結果を報告する。

2. 計算方法

表1 計算ケース

ケース名	解析の種類	掘割底面の境界条件	安定性の評価法
ケース1	定常解析	不透水	浮上がり安全率 及び 円弧すべり安全率
ケース2	非定常解析	不透水	
ケース3	非定常解析	不透水(浮上がり前), 定水頭(浮上がり後)	浮上がり量
ケース3'	非定常解析	定水頭	浮上がり量

* 締固め部のない場合を対象

対象モデルを図1に、計算ケースを表1に示す。ケース1は、液状化した未改良部の過剰間隙水圧を、締固め部との境界に定常的に作用させた。ケース2は非定常解析で、地震中に未改良部で発生した過剰間隙水圧が締固め部に伝播する過程(ステップ1)と、地震後の過剰間隙水圧の消散過程(ステップ2)の2段階に分けて計算を行った。ケース3では、ケース2のステップ2において掘割道路の浮上がり安全率が1.0となる時刻を求め、その後は掘割道路が浮上がり始める(ステップ3)ものとして掘割道路直下の定水頭境界に流れ込む水量から浮上がり量を計算した。ケース3'は締固め部がなく掘割道路周辺地盤が全面的に液状化した場合を想定して、ケース3のステップ3と同じ方法で浮上がり量を計算した。以上の境界条件を図2に示す。締固め部は十分に液状化強度が高く、繰返しせん断による過剰間隙水圧の発生はないものとして扱っている。

用いた地盤定数を表2に示す。ケース2の条件のもとでは過剰間隙水圧の消散が著しく遅くなり非現実的であったため、ケース3では体積圧縮係数 m_v をケース2の1/10とした。

表2 地盤定数

	締固め部	未改良部
飽和単位体積重量 γ_{sat} (tonf/m ³)*	2.1	1.9
湿潤単位体積重量 γ_t (tonf/m ³)**	2.0	1.8
内部摩擦角 ϕ'	32.3°	0° ***
透水係数(cm/sec)	0.5×10^{-2}	1.0×10^{-2}
体積圧縮係数 (m ² /tonf)	0.002 (ケース2) 0.0002 (ケース3)	0.01 (ケース2) 0.001 (ケース3)

* 地下水面以下, ** 地下水面以上で用いた。

*** 完全に液状化したものとした。

境界の $u(z, t)$ にはSeedモデルを用いて、5秒間で完全に液状化し、その5秒後まで地震動が継続するものとした。

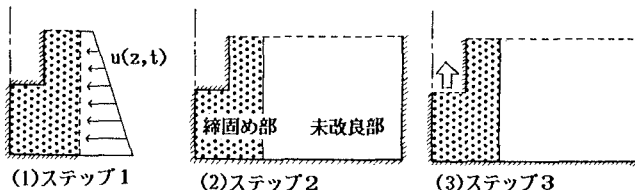


図2 境界条件

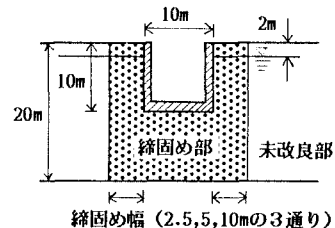
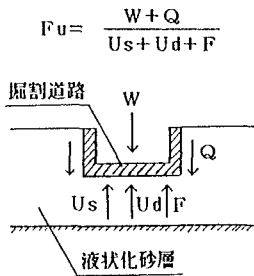
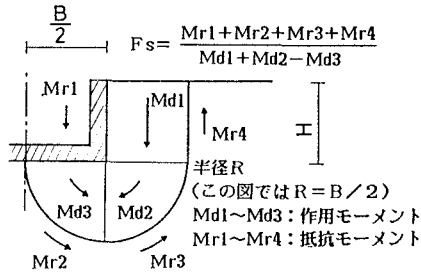
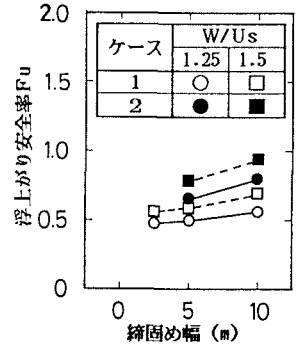
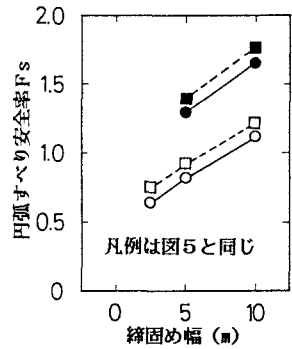


図1 対象モデル


図3 浮上がり安全率 F_u

図4 円弧すべり安全率 F_s

図5 F_u の計算結果

図6 F_s の計算結果

3. 計算結果及び考察

ケース1及びケース2の浮上がり安全率 F_u (図3参照) と円弧すべり安全率 F_s (図4参照) の計算結果を図5, 6に示す。 F_u と F_s の求め方は前報²⁾と同様である。掘割道路の側壁摩擦を無視した常時の浮上がり安全率 W/U_s (W :掘割道路の自重, U_s :静水圧による浮力) を1.25~1.5の範囲で変えたが、 F_u はいずれの場合にも1.0以下となり、締固め幅を大きくしてもあまり増加しない。これに対して、 F_s は締固め幅を大きくすると増加し、定性的ではあるが改良範囲を反映した値となっている。なお、定常解析のケース1よりも非定常解析のケース2のほうが F_u , F_s ともに大きくなるが、締固め幅を変えた場合の傾向は両ケースとも比較的似ている。

掘割道路の浮上がりが周辺地盤の変形を伴う場合には、土砂のまわり込みやすさを考慮できる F_s が有効である²⁾。一方、地盤は変形せずに掘割道路の下に水が流れ込んで浮上がりが生じる場合には、 F_u で判定を行うことになる。今回の条件では締固め幅の差が F_u に現れなかったため、後者の場合を想定して浮上がり量を計算したものがケース3である。

$W/U_s=1.25$ 及び1.5の場合のケース3、3'の計算結果を図7に示す。ケース3'では、掘割道路直下の地盤が過剰間隙水圧の消散により圧縮沈下するため、この影響を補正してある。無対策の場合よりも締固めを行った場合のほうが浮上がり量が小さく、また、締固め幅が大きくなるに従って浮上がり量が減少している。この方法により、地盤の変形をとまわずに掘割道路のみが浮上がる場合の浮上がり量を算定することができると考える。ただし、この方法では浮上がり量が m_v にほぼ比例することに注意しなければならない。例えば、ケース2の m_v を用いると浮上がり量は図5の約10倍となる。今後は妥当な m_v の設定法を検討する必要がある。

4. まとめ

(1) 未改良部からの過剰間隙水圧の伝播によって掘割道路のみが浮上がる場合の浮上がり量は、ケース3のような方法により計算することができる。結果は m_v に比例するため、その妥当な設定法が今後の検討課題である。

(2) 締固めの規模に応じた掘割道路の浮上がり対策効果は、想定する浮上がり状況により、 F_s あるいは浮上がり量を計算して評価することができる。浮上がる際の周辺地盤の変形状況について現在検討中である。

参考文献 1)古関ら(1988),第43回土木学会,pp.444-445. 2)古関ら(1989),第44回土木学会,pp.612-613.

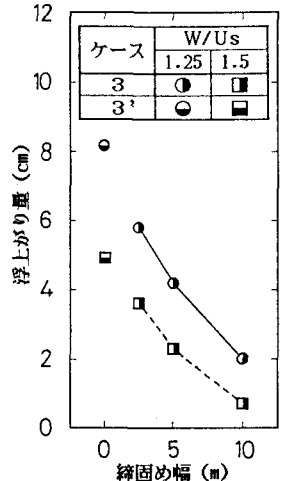


図7 浮上がり量の計算結果