

Ⅲ－3

密度を変えた砂における浸透破壊に関する実験

○東北学院大学工学部（学）今野 辰彦
 東北学院大学工学部（学）三浦 克洋
 東北学院大学工学部（正）斎藤 孝一

1. はじめに

強く締め固めた地盤も、地震等で周辺の軟弱地盤が液状化する事により水が流れ込んで破壊する危険性がある。この様に、水の流れを考えることで地盤の安定性が減少する場合が考えられる。

ここでは、このような問題の代表例として砂質地盤において矢板を用いて掘削を行う古典的な問題を考えた。矢板の背面と掘削面側との水位差に起因する浸透力により、掘削底面の矢板付近の地盤が膨れ上がり、水位差がある限界に達すると砂が液状化し吹き上げられ、いわゆるクイックサンド現象が発生する。

この現象に対する古典的検討は、Terzaghiの方法、またはTaylorの限界動水勾配理論が一般的に用いられる¹⁾。しかし、実験結果はこの2つの検討方法と比較すると、異なったものとなる。この差異の理由としては、古典的な上記検討方法が力の釣り合いのみによって導入されているのに対して、実際のクイックサンドのメカニズムが極めて複雑で不確定要素が多く含まれているためと思われる。

実験としては、図—1に示す2次元モデルによる浸透破壊と図—2に示す1次元モデルによる浸透破壊の一般的性状を検討した。また、その結果について考察した。

2. 2次元浸透破壊実験

図—1のような装置に豊浦標準砂を試料として用い、一方から一定量の水を加える。すると矢板の背面付近に破壊が生じ、その時の水位差 ΔH を測定し、過剰間隙水圧 u_w を求める。

図—3はTerzaghiによる過剰間隙水圧 u_w と間隙比 e について理論と実験値を整理したものである。

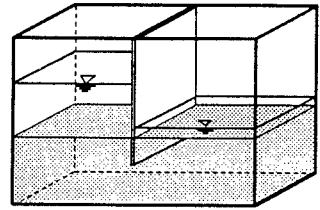
実験による過剰間隙水圧 u_w は土柱のTerzaghiの検討方法を大きく上回っている。

この2次元問題を解析的に検討することは難しいので、次に、上向きだけの浸透力が働く、1次元浸透破壊実験を行った。

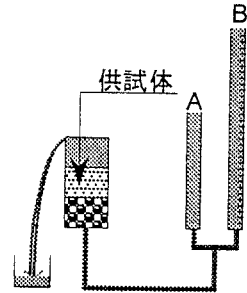
3. 1次元浸透破壊実験

図—2のような装置に2次元浸透破壊実験と同様に、試料に豊浦標準砂を用い、A槽から水を加え定水位透水試験を行う。またB槽から水位差を加え、破壊時の水位差 ΔH を測定しクイックサンド時の動水勾配 i_c を求める。

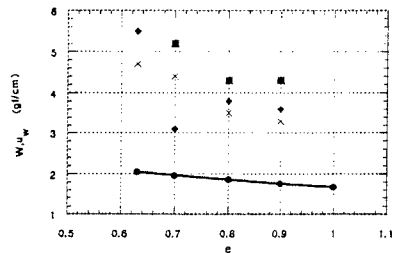
図—4は動水勾配 i_c と間隙比 e の関係を示したものであり、



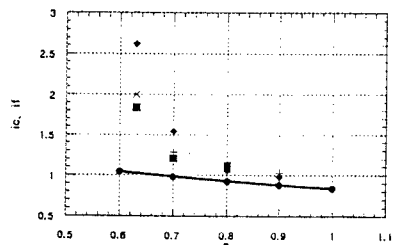
図—1 2次元浸透破壊実験装置



図—2 1次元浸透破壊実験装置（概念図）



図—3 2次元浸透破壊実験結果



図—4 1次元浸透破壊実験結果

実線は Taylor の式から求めた限界動水勾配 i_c を示したものである。動水勾配 i_f は限界動水勾配 i_c を大きく上回り、密になるにつれ、その差は大きくなっている。

4. 考察

図—4 からわかるように、実験から得られた動水勾配 i_f は Taylor による限界動水勾配 i_c よりも大きな値が得られた。また、密度が大きければ大きいほど実験と限界動水勾配 i_c の差が大きくなる。

また、今回の実験では不可能だったが、間隙比 $e=1.0$ 以上での動水勾配 i_f も過去の同種の実験で得られている²⁾。間隙比 $e=1.0$ 以上の場合は動水勾配 i_f が限界動水勾配 i_c よりも下回ることもある。(図—5)

ここでは、この現象の差異の説明としてよく言われるように力の釣り合いだけでなく砂の物性値である摩擦による抵抗力について、実験の解析を行うこととする。図—6 のように粒子間に作用する摩擦抵抗について着目し、次のような式を仮定した。

$$i_f = i_c + C\mu$$

C:定数

μ :摩擦抵抗

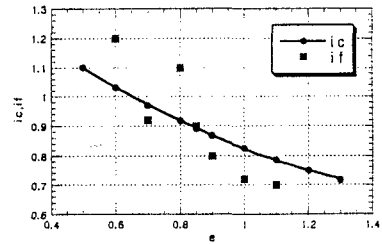
図—7 から間隙比 e の値に対する ϕ の値を求め³⁾ $\mu = \tan \phi$ より摩擦係数 μ が算出される。間隙比 $e=0.8$ で C を決定すると、0.234 となる。この C を用いて、間隙比 $e=0.63 \sim e=0.9$ までの式を表現すると図—8 に示される実線となる。間隙比 e が小さくなくても動水勾配 i_f が大きく上回ることで、摩擦力だけで考察するのは不可能である。また、ここではどんな間隙比 e においても摩擦係数 μ は正となるので、限界動水勾配 i_c より下回る結果は説明できない。

5. 結論

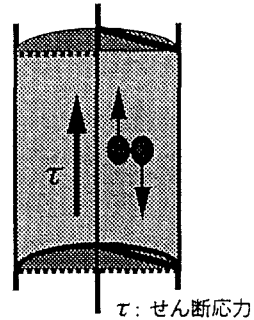
実験で得られた値は Terzaghi および Taylor の検討方法より大きいことを示しているため、掘削現場においては、両方法を用いて設計計算を行っても安全側の値となる。特に間隙比 e が小さいほどより安全であるといえる。この結果を摩擦抵抗というメカニズムを取り入れて、考察を行ったが、十分な説明はできないことが解った。

参考文献

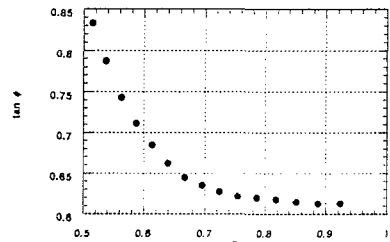
- (1) 河野伊一郎 : 地下水工学 1989 年 鹿島出版社
- (2) 稲田倍穂 : 浸透破壊現象に関する基礎的実験 1980 年 第 15 回土木工学研究会講演集
- (3) 最上武雄 他 : 土木学会監修 土質力学 1969 年 技報堂



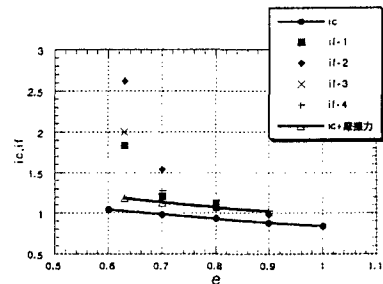
図—5 動水勾配 i_f と間隙比 e との関係



図—6 摩擦抵抗を考慮した供試体



図—7 内部摩擦角と間隙比 e



図—8 Taylor 式に摩擦抵抗を加えたグラフ