

Ⅲ-79

砂地盤のバイピング破壊に関する大型模型実験

建設省土木研究所 正会員 三木 博史
 // 正会員 ○山田 哲也
 // 正会員 藤井 厚企
 // 正会員 野口 典孝

1. まえがき

バイピング現象に対しては、従来から様々な検討がされているが、その破壊に対する予測は非常に難しい。筆者らはこれまで、砂質土を対象とした水平方向浸透流によるバイピング現象について調べるため、小型模型実験や大型模型実験を行ってきたが¹⁾、今回さらに新たな現地試料を用いて大型模型実験を行い、透水性地盤の土質特性が、バイピング現象に及ぼす影響について検討したので報告する。

2. 実験概要

実験模型は、砂地盤と粘性土層との境界部における水平方向の浸透流によるバイピング現象を調べるため、図-1に示すような難透水性の表土層に弱点箇所がある模型地盤を作成した。なお、地盤は、実際の河川敷から採取し、水中での自重落下によって造成した。

実験は、砂地盤レベルに水位を保ち、外水位を段階的に上げた。各々の水位段階では、流出水量を地盤部とピンホールに分けて測定し、流量や地盤状態が定常状態になったことを確認した後、次の段階に移行した。

3. 実験結果及び考察

表-1に模型地盤の土質特性及び実験結果を示す。なお、表中の透水係数は、水位差が100cmのときの地盤の越水量から求めたものである。図-2～4に、50%粒径、細粒分含有率、均等係数とバイピング破壊時の平均動水勾配の関係を示す。

①50%粒径：図-2より、50%粒径が0.3～0.4mm付近でバイピング破壊が発生しやすくなっている。しかし、細粒分含有率を多く含む場合や最大粒径の大きい場合(CASE7)は、バイピング破壊が発生しにくく、50%粒径と平均動水勾配との間に一義的な関係は見られない。

②細粒分含有率：図-3では、バイピング破壊が発生した試料は、細粒分含有率が10%以下であり、逆に15%以上細粒分を含むとバイピング破壊に至っていない。これより、粘性を表す細粒分含有率もバイピング破壊の重要な影響要因であることがわかる。

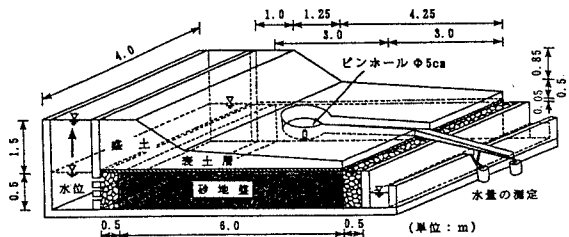


図-1 大型模型実験の概要

表-1 実験材料の土質特性

ケース No.	10%粒径 D10 (mm)	50%粒径 D50 (mm)	最大粒径 (mm)	均等係数 U _c	細粒分含有率 %	透水係数* k (cm/sec)	平均動水勾配 i	限界動水勾配 i _L
1	0.0766	0.151	4.75	2.18	10	3.89E-04	0.534	0.92
2	0.117	0.207	4.75	2.04	4	5.23E-04	0.501	1.04
3	0.243	0.632	4.75	3.14	1	1.33E-02	0.417	1.03
4	0.192	0.369	9.5	2.22	2	6.28E-03	0.35	1.01
5	0.0052	0.121	9.5	30.19	38	6.18E-05	-	0.88
6	0.185	0.341	2	2.05	1	1.19E-02	0.35	0.95
7	0.16	0.5	26.5	4.38	4	5.71E-03	0.618	1.09
8	0.0135	0.129	9.5	12.07	26	2.94E-05	-	0.87
9	0.0054	0.163	2	40.93	33	4.70E-04	-	0.96
10	0.213	0.439	19	2.48	2	1.15E-02	0.333	1.01
11	0.233	0.563	4.75	2.88	2	3.09E-02	0.4	0.97
12	0.13	0.393	9.5	3.86	3	1.64E-02	0.45	0.92
13	0.147	0.324	9.5	2.46	4	1.18E-02	0.383	0.98
14	0.0198	0.243	19	14.3	15	1.30E-04	-	0.94

* 透水係数は水位100cm時の越流量から計算

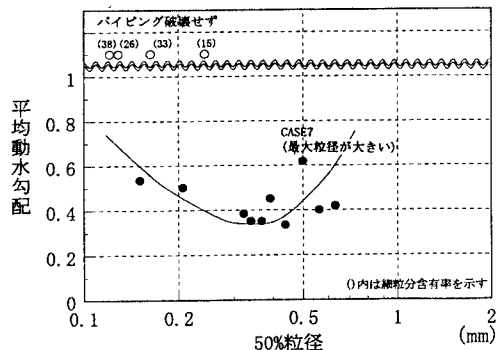


図-2 50%粒径と平均動水勾配

③均等係数：図-5からパイピング破壊に至る場合は、均等係数とパイピング破壊時の平均動水勾配は、ほぼ直線関係にあることがわかる。また、パイピング破壊に至らない試料は、均等係数が12より大きくなっており、均等係数もパイピング破壊の発生に大きく影響していると考えられる。

以上より、本実験のように砂地盤がゆるい状態では、50%粒径が0.3~0.4mm程度、細粒分含有率は10%以下、均等係数が5以下で、パイピング破壊が発生しやすくなり、上述した粒度特性はパイピング破壊の発生に大きく影響していることがわかる。図-5~図-6に、パイピング破壊時の平均動水勾配と透水係数の関係、及び50%粒径と限界実流速 V_p ($V_p = V/\beta$, V : 平均流速, β : 面積間隙率, $\beta = 1 - (1-n)^{2/3}$, n : 体積間隙率) の関係を示す。これによると透水係数が 1.0×10^{-4} cm/s以下では、パイピング破壊が発生していない。一般に、パイピング破壊の発生は、地盤の透水力と粒子の抵抗力の釣合いによって決定され则认为られる。パイピング破壊に至らない試料は、細粒分含有率が高く、パイピング破壊を起こすのに十分な地盤内流速が生じていないことや粘性の増加に伴い抵抗力が増大するために、パイピング破壊に至らなかったと考えられる。

また、逆に透水係数が 1.0×10^{-2} cm/sより大きいと、パイピング破壊時の平均動水勾配も幾分増加する傾向が見られる。この場合は、地盤内流速も増加するが、50%粒径や最大粒径が大きく、土粒子の移動に対する抵抗力も増加するため、平均動水勾配が大きくなると考えられる。

4. あとがき

本実験のようにゆるい地盤においては、50%粒径が0.3~0.4mm、細粒分含有率が10%以下で均等係数5以下の場合に、パイピング破壊が発生しやすく、平均動水勾配が0.33~0.45(クリープ比で3~2)程度で破壊に至った。パイピング破壊の予測は、これらの粒度特性によりある程度は可能であると思われるが、実地盤で予測するためには、さらに多くの地盤条件で大型模型実験を行い、解析結果等も考慮してより詳細にパイピング破壊現象を検討していく必要があると考えられる。

〈参考文献〉1) 三木博史、佐藤正博、山田哲也：水平方向浸透流による透水地盤のパイピング破壊について、土木学会第49回年次学術講演会Vol.3, pp192-193

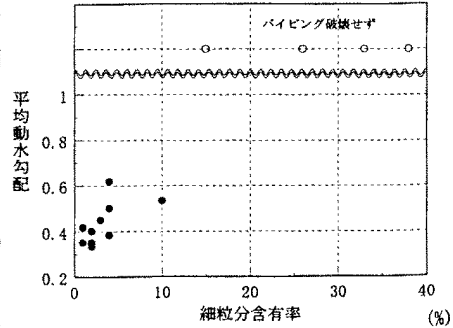


図-3 細粒分含有率と平均動水勾配の関係

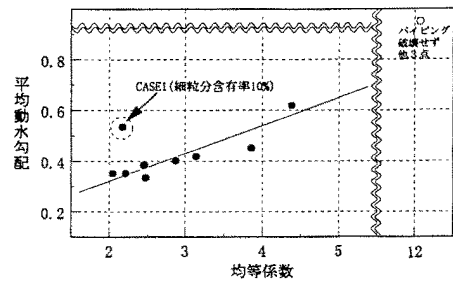


図-4 均等係数と平均動水勾配の関係

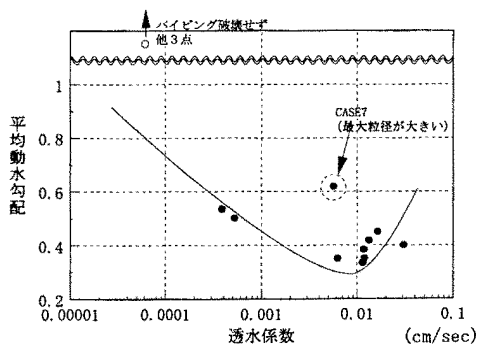


図-5 透水係数と平均動水勾配の関係

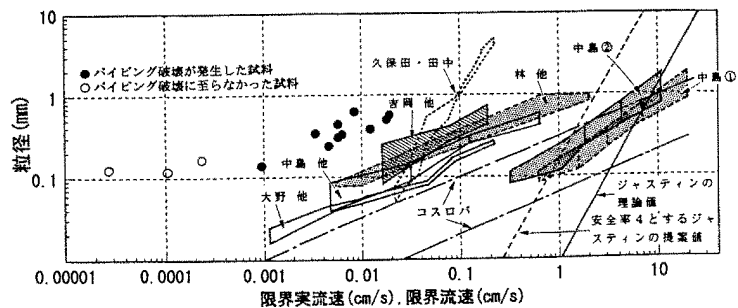


図-6 50%粒径と限界実流速の関係