

III-108

堤内地漏水孔への浸透流

愛知工業大学 正 員 木村 勝行

1. はじめに

堤内地が難透水性の表層で覆われており、表層に上下に貫通する漏水孔（いわゆるガマ）が存在する場合、河川水位の上昇とともにガマからの漏水が水みの漏水から土砂の混入した漏水へと変化することがある。土砂の混入した漏水は堤体基礎地盤にパイピングが進行していることを示すものであり、堤体の安全性にとっては極めて危険な現象である。ガマの存在を前提とすると、このような噴出現象が生起する主要因として、基礎地盤の土性、漏水浸透の境界条件および漏水孔の形状が上げられる。ここでは、浸透境界条件を単純化したモデルにより、流入面から漏水孔までの距離、漏水孔断面積および漏水孔高さ（難透水性層の表層厚さ）が噴出現象に与える影響について実験による検討を行った。また、有限要素法（FEM）による三次元浸透流解析も行い、ここで対象としているような噴出現象に対するFEM解析の適用性についても検討を加えた。

2. 実験

実験装置は10mm厚の透明アクリル樹脂板製で、模式的に図-1のように示される。高さ Y 、幅 B 、流入面長 L_1 、難透水性層長 L_2 、基礎地盤の厚さ D は一定とし、流入面から漏水孔中心までの距離 L 、漏水孔の高さ（難透水性層の厚さ） Z および漏水孔断面積 a をそれぞれ3通りとして、同一の組合せについて3～4回、計57回の実験を行った。基礎地盤には標準砂を用いた。基礎地盤と難透水性層の境界面の漏水孔軸上（ x 軸上）には水頭測定用の小孔を6箇所設けた。実験は、基礎地盤作製後、漏水が認められる程度の水位差（0.5～1cm）で約12時間の静置後開始した。水位上昇の各段階で漏水量が一定になっていることを確認した上で、水位差 H 、 x 軸上測定点の水頭および漏水量 Q を記録した。各段階の時間間隔は0.5～1時間であった。

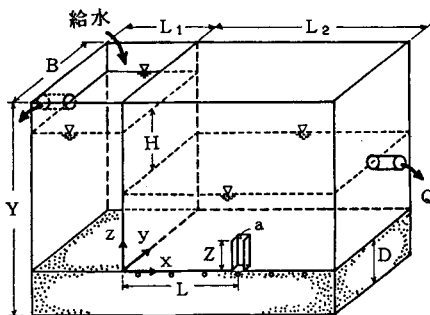


図-1 実験装置模式図

表-1 実験条件

Y	50cm
B	10cm
L_1	17cm
L_2	33cm
D	10cm
L	8cm, 18cm, 28cm
Z	2.5cm, 5.5cm, 10.5cm
a	2cm×2cm, 1cm×2cm, 1cm×1cm

3. 実験結果

実験を開始し、水位差を大きくしていくと漏水量が増していく。それにつれて、基礎地盤と難透水性層の境界面に漏水孔から周辺に向かって枝状の水みちが形成され発達していく。これらの水みちは、 L 、 a および Z が同一であっても実験ごとに異なった形を成す。したがって、 L 、 a および Z の同一の組合せに対する水位差 H ～漏水量 Q （あるいは漏水孔噴出流速 v ）関係も1本の曲線で表されるというより、むしろ、実験ごとのバラツキも考慮した2本の曲線で挟まれる範囲として表した方が適当であるといえよう¹⁾。漏水孔高 Z が噴出現象に及ぼす影響については、 $a=4\text{cm}^2$ のときの $L=8\text{cm}$ 、 18cm および 28cm としたそれぞれの場合について、 Z を2.5cm、5.5cmおよび10.5cmと変えた実験を行うことにより検討した。その結果、どの L の場合についても水位差 H ～漏水量 Q の係に Z による明瞭な差は認められなかった。すなわち、実験した範囲では Z が噴出現象に及ぼす影響はほとんどないといえよう。このため、 $a=2\text{cm}^2$ と 1cm^2 の場合には $Z=5.5\text{cm}$ についてのみ実験した。

3.1 水位差 H ～漏水孔噴出流速 v ： 図-2は噴出現象に及ぼす漏水孔断面積 a の影響を $H \sim v$ 関係により表したものである。どの実験の場合も最終測定値後の水位上昇によって基礎地盤土粒子が一気に噴出し、基礎地盤が破壊した。前述した通り、それぞれの a の場合に対する3～4回の実験の $H \sim v$ 関係にはバラツキがみられるが、概略的にはそれぞれの a ごとに一つの $H \sim v$ 関係があるといえよう。図からわかるように、同水位差 H に対する噴出流速 v は a が小さいほど速くなっている。基礎地盤の破壊直前(最終測定値)の v も等しくはならず、 a が小さい場合ほど速い。

3.2 流入面から漏水孔中心までの距離 L ～基礎地盤破壊直前の H ： 各実験において、基礎地盤の破壊が起こる直前の H を H_b とすると、全実験の $L \sim H_b$ 関係は図-3のように示される。図中、 L については、プロットする記号の重なりによる見づらさを避けるため、 $(L \pm 1\text{cm})$ の幅にプロットしている。図から、各 L における H_b には a による差はほとんど見られないといえる。また、漏水孔高 Z は H_b に対してもほとんど影響を及ぼしていないことが記号○、□および△の対比により確認できる。 L が大きくなるにしたがって対応する H_b の値も大きくなり、図からも見とれるように、 L と H_b とは概ね比例関係($H_b/L \approx 0.3$)にあるといえる。

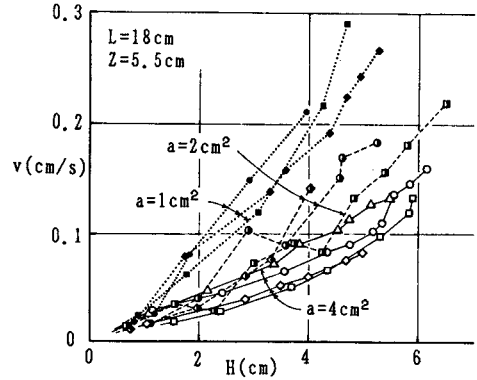


図-2 水位差 H ～ 噴出流速 v

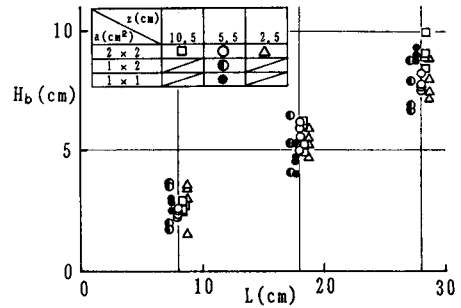


図-3 $L \sim H_b$ (噴出現象直前)

4. 有限要素法による三次元浸透流解析

基礎地盤浸透領域($50\text{cm}(x) \times 10\text{cm}(y) \times 10\text{cm}(z)$)を1449節点、1056長方形要素(x 方向22、 y 方向8、 z 方向6)に分割し、有限要素法による三次元浸透流解析を行った。長方形要素は5個の四面体要素から組立て、2通りの分割方法による結果を平均した²⁾。 $L=18\text{cm}$ および $a=1\text{cm}^2$ の場合の x 軸上(図-1参照)の水頭 h の分布は、河川と漏水孔底面の水頭差 H' との比 h/H' で表すと図-4の実線となる。同条件で $Z=5.5\text{cm}$ の場合の実験における h/H' の分布を同図に記号で示した。実験では h/H' の分布が H' の増加とともに変化している。図から明らかなように、実験の h/H' の分布がFEM解析結果と一致するのは $H'=1.4\text{cm}$ のときだけである。 H' が大きくなるにつれて、漏水孔近くの h/H' の値はFEM解析による値よりも低下していく。これは、漏水孔から枝状に形成され、発達していく水みちが主原因であることはいうまでもないことであろう。

5. あとがき

本実験モデルの γ による基礎地盤土粒子の噴出現象については、漏水孔の位置、高さおよび断面積によることなく、 $H_b/L \approx 0.3$ になるという結果を得た。また、ここで対象としたような浸透流に対しては、通常行われる有限要素法による浸透流解析結果はほとんど適用できないことが確かめられた。

【参考文献】1)木村：堤内地漏水孔からの噴出現象の実験，平成5年度土木学会中部支部研究発表会講演集，pp.387-388，1994。2)Zienkiewicz他(吉識監訳)：マトリックス有限要素法，培風館，pp.87-88，1970。

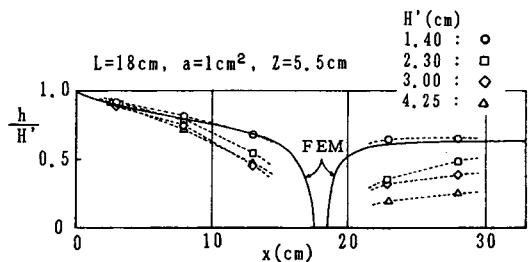


図-4 x 軸上水頭分布