

透水性分布のばらつきを考慮したダム基礎岩盤の浸透特性の基礎的検討（その2）

国土交通省土木研究所 正会員 ○佐藤弘行
国土交通省土木研究所 正会員 山口嘉一

1. はじめに

ダム基礎岩盤の透水性には空間的なばらつきが存在する。そのため、ダム基礎グラウチングを合理的、かつ効率的に行うためには、ダム基礎岩盤の透水性分布を精度よく推定する必要があるとともに、透水性のばらつきが浸透特性に与える影響について検討する必要がある。

本研究では、フィルダムを対象に、堤体コア部とカーテングラウチングを施工した基礎岩盤をモデル化し、基礎岩盤の透水係数を対数正規分布に従う乱数で与えて二次元浸透流解析（モンテカルロシミュレーション）を行い、その結果を統計的に分析することにより、ダム基礎岩盤の透水性のばらつきがその浸透特性に及ぼす影響を考察した。

2. 検討方法

解析領域はフィルダムコア部およびカーテングラウチング施工後の基礎岩盤部を模擬したもので、解析の境界条件とともに図1に示す。基礎岩盤はカーテングラウチング部も含めて、 $4\text{m} \times 4\text{m}$ の正方形要素に分割した。コアおよびカーテングラウチングの透水係数はそれぞれ $1 \times 10^{-7}\text{m/s}$ と $2 \times 10^{-7}\text{m/s}$ で一定とし、カーテングラウチング部以外の基礎岩盤の透水係数は対数正規分布に従うと仮定し、その平均は m/s 単位の常用対数で-5、標準偏差 σ は常用対数で 0.3、0.6、0.9、1.2 と変化させて乱数を発生させた。1つの標準偏差について200回のシミュレーションを行い、その結果を統計処理した。なお、カーテングラウチング部以外の基礎岩盤の透水係数の分布は既報¹⁾と同じである。

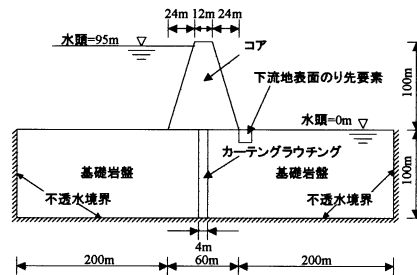


図1 解析領域

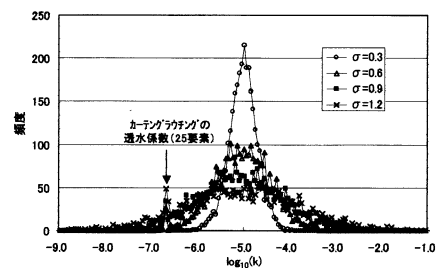


図2 基礎岩盤の透水係数の頻度分布（単位は m/s ）

ウチングの透水係数はそれぞれ $1 \times 10^{-7}\text{m/s}$ と $2 \times 10^{-7}\text{m/s}$ で一定とし、カーテングラウチング部以外の基礎岩盤の透水係数は対数正規分布に従うと仮定し、その平均は m/s 単位の常用対数で-5、標準偏差 σ は常用対数で 0.3、0.6、0.9、1.2 と変化させて乱数を発生させた。1つの標準偏差について200回のシミュレーションを行い、その結果を統計処理した。なお、カーテングラウチング部以外の基礎岩盤の透水係数の分布は既報¹⁾と同じである。

3. 検討結果

図2と図3はそれぞれ $\sigma=0.3$ と $\sigma=1.2$ の時の基礎岩盤での流速分布の一例を示している。カーテングラウチングがない場合¹⁾と同様に標準偏差が大きい時には流速のばらつきが大きく選択的な浸透が発生しているが、カーテングラウチングの効果により全体的に流速は小さくなっている。

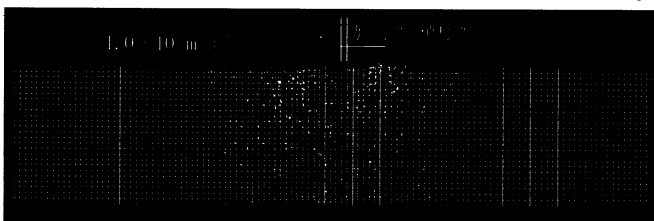


図2 $\sigma=0.3$ の時の流速分布

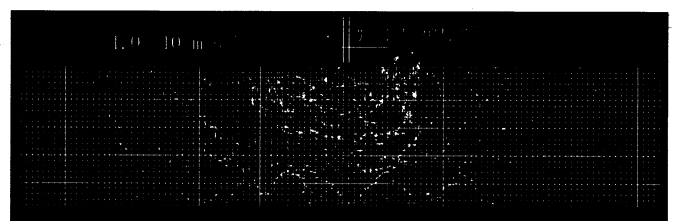


図3 $\sigma=1.2$ の時の流速分布

図4は、各標準偏差における浸透流量の頻度分布を示している。岩盤の透水係数の平均値が同じでも、標準偏差が大きい方が浸透流量の平均値・分布幅はともに大きくなる傾向にあるが、カーテングラウチングがない場合¹⁾と比較すると、カーテングラウチングの効果により、平均値・分布幅ともに小さくなっている。

図5は、カーテングラウチング部を除いたダム基礎岩盤部における最大動水勾配の頻度分布を示している。カーテングラウチングがない場合¹⁾と比較して平均値・分布幅ともに小さくなる傾向はあるが、標準偏差が大きいほど平均値・分布幅は大きくなっている。

図6は、パーコレーション閾値の頻度分布を示している。パーコレーションについては参考文献を参照されたい^{2),3)}。標準偏差が大きくなるほどパーコレーション閾値の平均値・分布幅は大きくなる傾向にあるが、カーテングラウチングがない場合¹⁾と比較すると、平均値・分布幅ともに小さくなっている。

【キーワード】ダム、浸透、透水性、ばらつき

【連絡先】〒305-0804 茨城県つくば市大字旭1番地 Tel.0298-64-2211 Fax.0298-64-2688

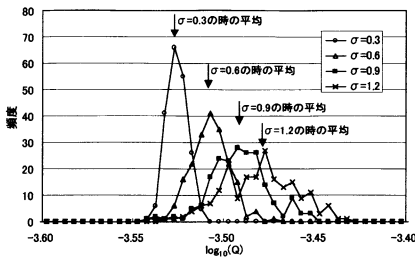


図4 浸透流量の頻度分布 (単位は $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$)

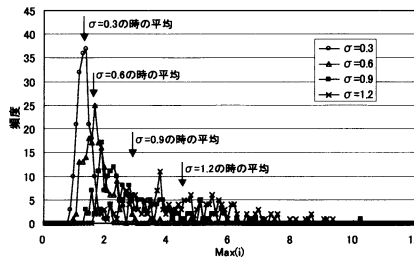


図5 カーテングラウチング部を除く基礎岩盤の最大動水勾配の頻度分布

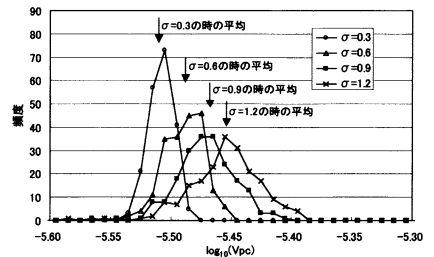


図6 パーコレーション閾値の頻度分布 (単位は m/s)

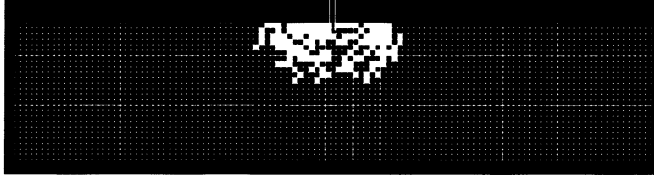


図7(a) パーコレーション閾値 V_{pc} が最大の時のクラスター形状 ($\sigma=0.3$) ($V_{pc}=3.28 \times 10^{-6} \text{m}/\text{s}$)

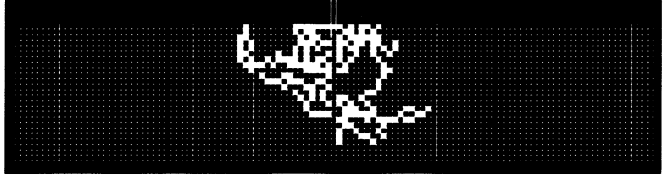


図8(a) パーコレーション閾値 V_{pc} が最大の時のクラスター形状 ($\sigma=1.2$) ($V_{pc}=4.07 \times 10^{-6} \text{m}/\text{s}$)

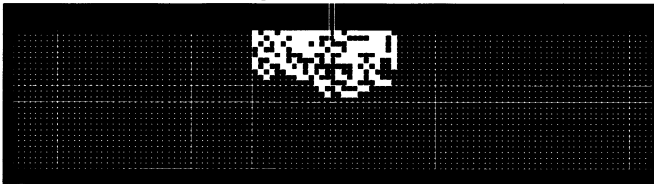


図7(b) パーコレーション閾値 V_{pc} が最小の時のクラスター形状 ($\sigma=0.3$) ($V_{pc}=2.92 \times 10^{-6} \text{m}/\text{s}$)

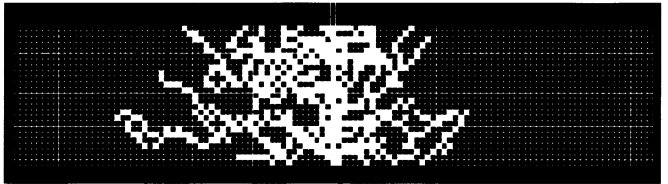


図8(b) パーコレーション閾値 V_{pc} が最小の時のクラスター形状 ($\sigma=1.2$) ($V_{pc}=1.71 \times 10^{-6} \text{m}/\text{s}$)

図7と図8はそれぞれ $\sigma=0.3$ と $\sigma=1.2$ の時のパーコレーション閾値 V_{pc} が最大と最小の場合のパーコレートしているクラスターの形状について示している。カーテングラウチング部の流速が小さく上下流方向に連続しにくくなっているため、カーテングラウチングがない場合¹⁾と比べてパーコレートしているクラスターは大きくなっており、またパーコレーション閾値の最大値と最小値との差は小さくなっている。また、 σ が大きくなるほどパーコレーション閾値の最大値は若干大きくなる傾向にあったが、最小値についてはそのような傾向はなかった。

カーテングラウチング部以外の透水係数は既報¹⁾における透水係数分布と等しいため、個々の解析結果についてカーテングラウチングによる効果を比較することが出来る。

図9は、カーテングラウチングがある場合とない場合¹⁾の浸透流量の比較を示している。カーテングラウチングの効果により、カーテングラウチングがない場合に比べて浸透流量は分布幅が狭くなるとともに $1/2 \sim 1/5$ 程度に減少している。なお、カーテングラウチングがない場合に浸透流量が多い方が減少の割合が大きい。

図10は、図1に示しているダム基礎岩盤の下流地表面のり先要素における動水勾配の比較を示している。カーテングラウチングの効果により、下流地表面のり先要素の動水勾配は $1/3$ 程度に減少している。

4. まとめ

ダム基礎グラウチングの合理化・効率化を目的として、カーテングラウチングが施工された場合に、ダム基礎岩盤の透水性のばらつきがその浸透特性に与える影響についての基礎的な検討をモンテカルロシミュレーションにより行った。その結果、カーテングラウチングの効果により、浸透流量・最大動水勾配・パーコレーション閾値の平均値や分布幅が減少することが分かった。

今後は、ブランケットグラウチングによる改良効果の検討も行い、合理的なグラウチングの施工範囲について検討する予定である。また、基礎岩盤の透水係数の空間分布を発生させる方法を様々に変化した場合の浸透特性を検討するとともに、このような結果をダム基礎グラウチングの設計に反映させる方法についても検討して行く予定である。

参考文献

- 1) 佐藤・山口：透水性分布のばらつきを考慮したダム基礎岩盤の浸透特性の基礎的検討、第35回地盤工学研究発表会講演集、2001（投稿中）。
- 2) 小田垣：パーコレーションの科学、裳華房、1993。
- 3) 佐藤・山口：ブランケットグラウチングにおける未改良部と主透水経路の関係（その1）、第34回地盤工学研究発表会講演集、pp1307-1308、1999。

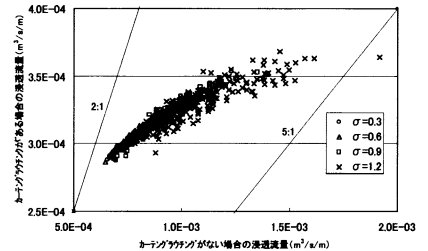


図9 浸透流量の比較

