

II-213

岩盤地下水取水システムの湧水特性と湧水量近似式の基礎検討

清水建設 正会員 山田俊子・長谷川誠・百田博宣・鈴木誠
九州大学工学部 正会員 神野健二

1. はじめに

図-1の岩盤地下水取水システムは、気象変動の影響を受け難い岩盤地下水を効率的に取水するものである。基本的な湧水量の検討は既に行っているが¹⁾、設置深度、集水孔の長さ・間隔の影響については十分な検討をしていない。そこで、本研究では、これらをパラメータとした三次元地下水解析を行い、本システムの湧水特性とその特性を考慮した湧水量近似式を検討したので報告する。

2. 三次元地下水解析による湧水量の算出

湧水量の算出には集水孔の設置間隔の影響を考慮する必要がある、ここでは集水孔の1ピッチ幅を切り出した図-2の三次元解析モデルを対象にする。岩盤は均質等方性で地下水面固定の条件であり、集水トンネルと集水孔は大気圧状態として水頭固定条件、側方境界は静水圧条件、底面は不透水条件とした。また、構造パラメータは深度d、集水孔長さL・設置間隔Aとし、表-1の通り解析ケースを定めた。

三次元FEM地下水解析による定常計算を行い、全ケースの湧水量を算出した。湧水量は奥行き1m当たりに換算し、全湧水量Qとその成分である集水トンネル湧水量 Q_t 、集水孔湧水量 Q_b について、集水孔長さLと深度dとの関係を図-3、集水孔間隔Aと深度dとの関係を図-4に示す。Lとdの増大でQが大幅に増大するが、増大成分は Q_b であり、 Q_t は逆に低減することが認められる。また、Aを小さくすると Q_b の増大によりQは若干増大することがわかる。

3. 岩盤地下水取水システムの湧水量近似式の検討

近似式の誘導に際しては、 Q_t には式(1)、 Q_b には式(2)の理論解²⁾を用いる。ここに、Kは透水係数、 ΔH は周辺地下水位と本システムの水頭差、 R_t は集水トンネル半径、 R_w は集水孔半径である。

$$q_t = \frac{2\pi k \Delta H}{\ln(2\Delta H / R_t)} \quad (1), \quad q_b = \frac{2\pi k \Delta H}{(2\pi \Delta H / A) + \ln(A / 2\pi R_w)} \quad \left(\frac{R_w}{A} \ll 1, \frac{2\Delta H}{A} > 1 \right) \quad (2)$$

まず、 Q_t の湧水特性を把握するため、 R_t を集水トンネルの等価半径を用いて q_t を求め、 Q_t/q_t をLとdで整理して図-5に示す。 Q_t/q_t はdが大きいものほどLの増大で低下することがわかり、深度毎に回帰曲線の算出結果も示している。次に、 Q_b の長さ方向の分布と式(2)の対応から、 $R_w=0.05m$ として q_b を求め、 $Q_b/(2L \cdot q_b/A)$ とL、dの関係を図-6に示す。回帰曲線からも、 Q_b はLが小さい領域では理論解との差異が大きく、Lの増大で $Q_b/(2L \cdot q_b/A)$ は低減して理論解に近づくことがわかる。これは、集水孔先端部に湧水量の三次元効果が極めて大きく、Lが短い場合は二次元の理論解との差が大きくなったものと推定できる¹⁾。また、 $Q_b/(2L \cdot q_b/A)$ をAとdで整理して回帰曲線と共に図-7に示しているが、Aとdの増大により $Q_b/(2L \cdot q_b/A)$ は増大し、これはAとdが大きいものほど三次元性が強いことを表している。

以上の分析結果より、 $A=20m$ の場合を例に本システムの湧水量近似式の誘導を試みると、次式が得られる。

$$Q = \{F1(d) \cdot \ln(L) + F2(d)\} \times q_t + \{F3(d) \cdot \ln(L) + F4(d)\} \times 2L \cdot q_b / A$$

ここに、 $F1(d) \sim F4(d)$ はdの関数であり、図-5と図-6の回帰曲線式の係数より求めることができる。

4. おわりに

本報告では、本システムの湧水特性を概略示すことができた。今後、地盤の地質構成や地下水面の低下も考慮した湧水特性を検討する予定である。

キーワード：岩盤、地下水、取水、湧水

〒105-8007 港区芝浦一丁目2-3シーバンスS館 TEL 03(5441)0593 FAX 03(5441)0511

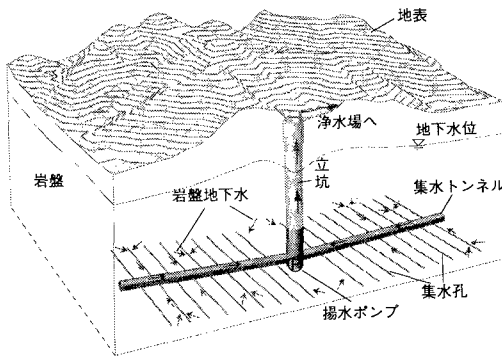


図-1 岩盤地下水取水システム概念図

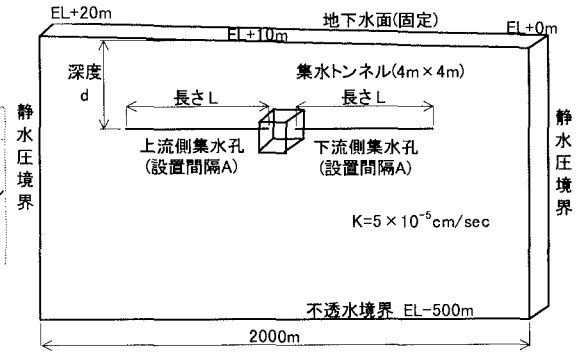


図-2 集水孔1ピッチ幅の三次元地下水解析モデル

表-1 解析ケース

CASE	設置深度 d(m)	集水孔長さ L(m)	集水孔間隔 A(m)
CASE1	60	集水孔なし	
CASE2	60	100	20
CASE3	60	70	20
CASE4	60	40	20
CASE5	60	100	35
CASE6	60	100	50
CASE7	110	集水孔なし	
CASE8	110	100	20
CASE9	110	70	20
CASE10	110	40	20
CASE11	110	100	35
CASE12	110	100	50

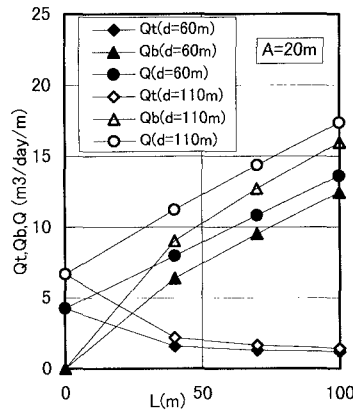


図-3 集水孔長さLと湧水量の関係

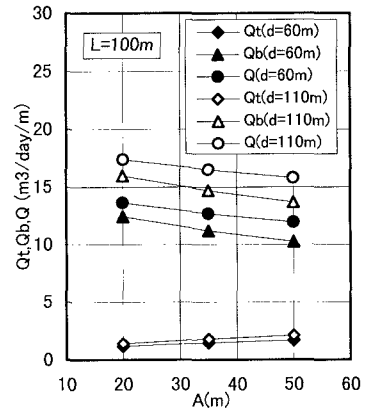


図-4 集水孔間隔Aと湧水量の関係

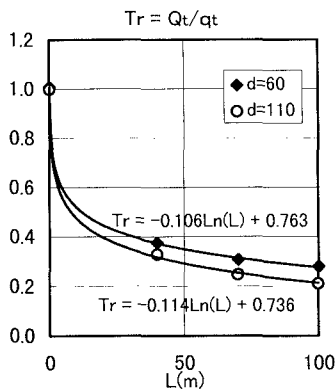


図-5 LとQt/qtの関係

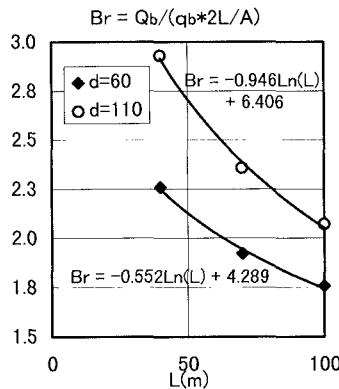


図-6 LとQb/(qb*2L/A)の関係

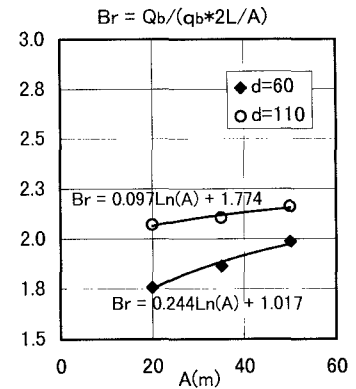


図-7 AとQb/(qb*2L/A)の関係

参考文献

- 1) 鈴木・百田・山田・長谷川・神野：土木学会中部支部研究発表会，pp. 273～274，1998.03
- 2) Muskat, M.: The Flow of Homogeneous Fluids through Porous Media, McGRAW-HILL, 1937.