

清水建設(株)大崎研究室 正員 百田博宣、奥野哲夫

1. はじめに

岩盤内に立坑を建設する場合、最も重要な検討課題として湧水対策があげられる。これは、トンネルや地下空洞のような横坑と違って、立坑の場合には切羽に湧水が集まり、湧水の程度によっては施工性に直接影響するためである¹⁾。したがって、立坑湧水の性質を把握することは重要と考えられるが、建設実績に比してこれに関する研究はそれほど多くないようである。このため、本研究では、三次元割れ目系モデルの地下水解析²⁾を用いて立坑湧水量の2,3の性質を検討してみる。

2. 三次元割れ目系モデルの地下水解析理論²⁾

いま、割れ目中の微小領域を図-1のように平行で間隙幅 W の構造とし、割れ目平面上に局所座標系 x' , z' 軸を置き、 y' 軸を割れ目平面の法線方向とする。この場合、 K を透水係数、 h を地下水ポテンシャル(ピエゾ水頭)とすれば、三次元定常地下水流動の基礎方程式は、式(1)で与えられる。

$$\frac{\partial}{\partial x'}(K \frac{\partial h}{\partial x'}) + \frac{\partial}{\partial y'}(K \frac{\partial h}{\partial y'}) + \frac{\partial}{\partial z'}(K \frac{\partial h}{\partial z'}) = 0 \quad (1)$$

次に、岩石部は不透水体で、 $h=h(x',z')$ と仮定し、式(1)を y' 軸に関して間隙幅 W で積分すれば、次式が得られる。

$$\frac{\partial}{\partial x'}(KW \frac{\partial h}{\partial x'}) + \frac{\partial}{\partial z'}(KW \frac{\partial h}{\partial z'}) = 0 \quad (2)$$

式(2)が三次元割れ目系モデルの地下水流動の支配方程式であり、実際の数値計算では、ガラーキン法で離散化して用いる。

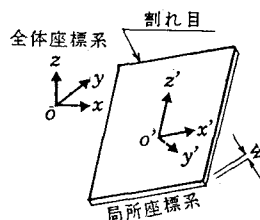


図-1 割れ目中の微小領域の構造

3. 解析条件および解析結果

本研究で用いる計算モデルを1/4領域で図-2に示す。図のように、岩盤は不透水体の岩体部と破砕帯規模の割れ目F1~F12(間隙幅 $W=0.1\text{m}$)で構成されたものとする。立坑は、 $10\text{m}\times 10\text{m}$ の矩形断面形状で長さを 45m とし、立坑が割れ目F1~F4を切断する場合を考える。境界条件は、側方の周辺境界面($x=50\text{m}$ 面, $y=50\text{m}$ 面)を静水圧境界、上部境界面($z=\pm 0\text{m}$ 面)を固定水位境界、立坑内を大気圧境界とし、他の境界面は不透水境界とする。また、割れ目の透水係数と解析ケースの関係を表-1に示しているが、ここでは割れ目F9~F12の透水係数 K_{III} のみをパラメータとしている。

表-1 解析ケースと透水係数の関係

ケース	透水係数 K_I, K_{II}, K_{III} (m/s)		
	$F1 \sim F4$ K_I	$F5 \sim F8$ K_{II}	$F9 \sim F12$ K_{III}
CASE-1	1.0×10^{-6}	1.0×10^{-6}	1.0×10^{-6}
CASE-2	1.0×10^{-6}	1.0×10^{-6}	2.0×10^{-6}
CASE-3	1.0×10^{-6}	1.0×10^{-6}	5.0×10^{-6}

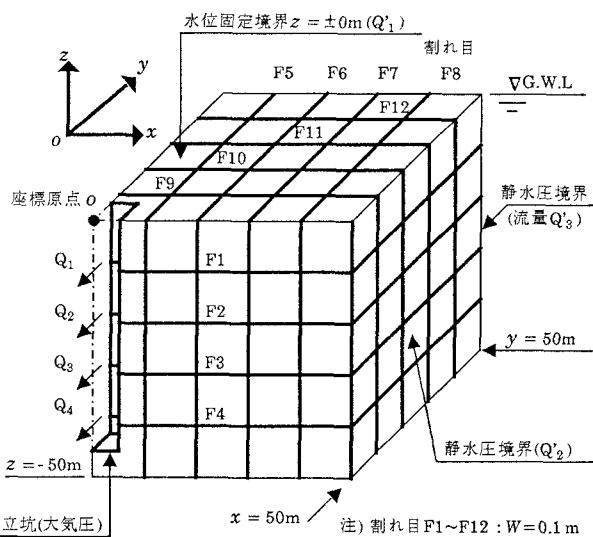


図-2 解析モデル(1/4領域)

解析結果として、 K_{III} の変化に対する立坑湧水量 Q ($=Q_1+Q_2+Q_3+Q_4$) と境界流入水量 Q' の変化傾向を図-3に示す。ここで、 $Q_1 \sim Q_4$ は割れ目 F1~F4 からの湧水量、 Q'_1, Q'_2, Q'_3 は $z=0m, x=50m, y=50m$ の各境界面からの流入水量である。図-3によれば、 K_{III} の増大に伴って $Q'_1 \sim Q'_3$ は大きく変化するが、立坑湧水量 Q の増加率は小さく、立坑が切断しない割れ目の透水性変化の影響は小さいものと理解される。また $Q_1 \sim Q_4$ に注目すると、割れ目 F1~F4 の透水性が同一の条件下でも深度が深いものほど湧水量が大きくなっており、立坑湧水を考える場合にはこの点は重要な項目と考えられる。次に、立坑モデルの地下水流動の一例を図-4に示す。本図により、三次元割れ目系のモデルの地下水流動機構や上述した立坑湧水量 Q に対する K_{III} および割れ目深度の影響がある程度理解されよう。

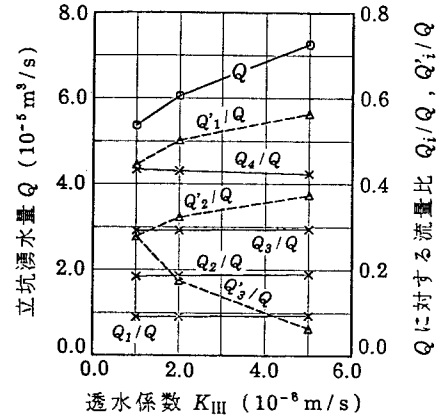
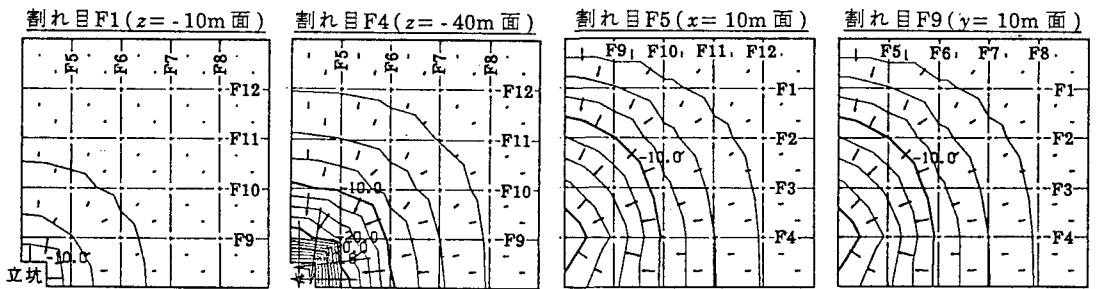
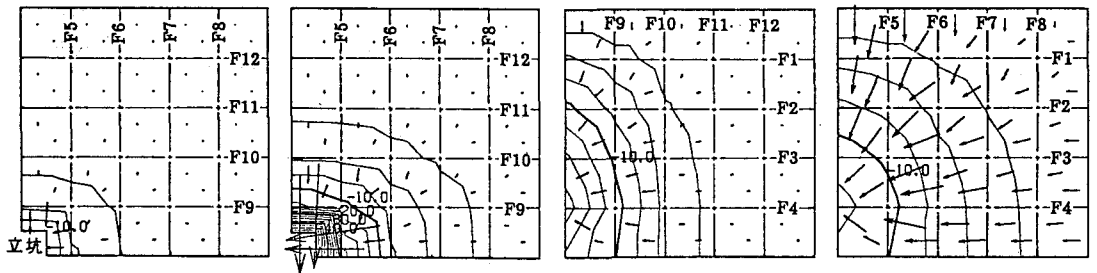


図-3 透水係数 K_{III} に対する
立坑湧水量 Q と境界流量 Q' の関係

CASE-1



CASE-3



注) 1. ←: 流量ベクトル (この長さが $2.0 \times 10^{-7} m^2/s$) , 2. —: ポテンシャル (基準レベルは $Z = \pm 0m$, 単位 m)

図-4 立坑をもつ三次元割れ目系モデルの地下水流動の算出結果

4. おわりに

本研究では、立坑湧水量の検討の第一段階として、三次元割れ目系モデルで解析を実施した。今後は、最適な解析手法の吟味もあわせて実施し、立坑湧水に関する諸問題を検討していく予定である。

参考文献

- 1) 串山純孝 他: 湧水と関する立坑工事—上越新幹線中山トンネル, トンネルと地下, Vol.6, No.6, pp.15~25, 1975.
- 2) 百田博宣 他: 割れ目系地山のトンネル・空洞を対象とした地下水の三次元挙動の解析, 土木学会論文集, No.364/Ⅲ-4, pp.41~50, 1985.