

1. はじめに

道路事業では、トンネルや切土排水などにより周辺に地下水影響が生じる場合がある。そのため、周辺の井戸では、地下水観測業務を行い影響の有無を判断していることが多い。筆者は長くそれらの地下水観測業務に携わり、さまざまな影響が生じる事例を見てきた。

通常、トンネルに湧水する影響範囲は「高橋の手法」により設定されるが、それはトンネルへの集水範囲であるので、井戸がその外にあっても、井戸の集水範囲がそのトンネル集水範囲にかかれば、影響を生じることがある。また、井戸の集水範囲がトンネルへの集水範囲にかかる割合に応じて、影響の程度が異なる傾向がある。また、井戸の流域影響率が小さくなると、補償を伴う影響が生じていないことが多い。「影響あるなし」判定は、現場状況によりさまざまであるので、季節変動のバラツキも多く、数値的な影響度と、実務的な影響度は異なることが多い。そのため、現場からの視点では、地質リスクとして影響確率を評価することが望ましいと考える。この流域影響率（高橋の手法の範囲に対して井戸流域の占める割合）と影響確率の評価は、過去、木村らにより「高橋・木村の手法」として整理されていたが¹⁾、今回、更に資料を追加して、地質リスクとしての評価に整理し直したので、ここに報告するものである。

2. 検討手法

図-1 に示すように、高橋の手法の影響圏と、周辺井戸や沢の観測地点の流域を、一般的地質（深成岩、中生層等）において今回3現場を追加して13現場で整理した。各観測地点の流域のうち、高橋の手法の影響圏が占める面積割合を、流域影響率 E とした。また、図-2 に示すように、断面上で道路センターからの水平距離 R と比高 H を整理した。これら値と観測による「影響のあるなし」の結果を、関連づけて整理し、評価指標を検討した。

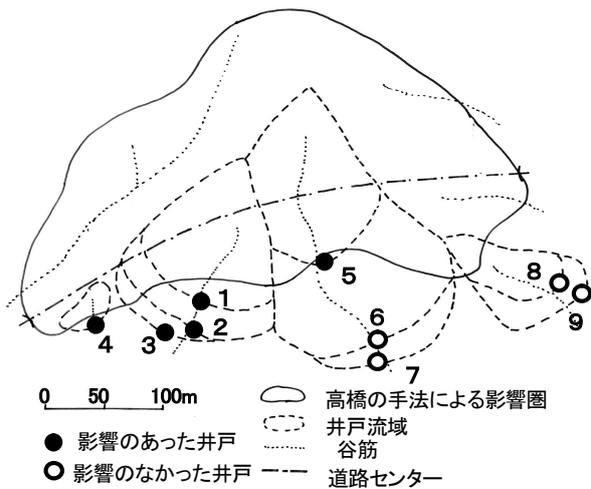


図-1 平面モデル図

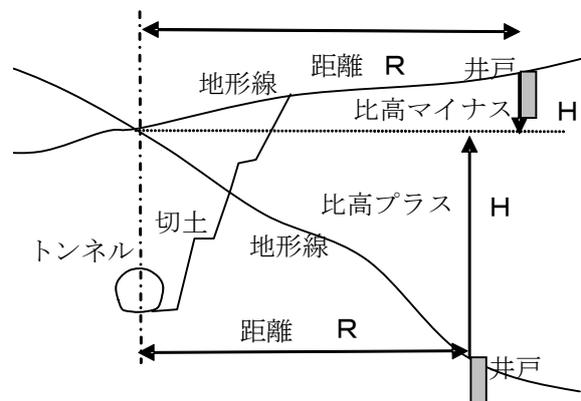


図-2 断面モデル図

3. 検討結果

図-3 は水平距離 R と勾配 (H/R) の相関図で、全体に「影響あるなし」が混在しているが、「影響あり」が多いエリアが認められ、(1)式で区分された。また、図-4 で(1)式は(2)式のように区分され、地山の水圧低下の影響を受けやすい領域があると考えられた。この領域は道路面より下にある井戸で道路センターより 200m 以内と推定される。

$$H/R = (9.25/10000)R + 0.23 \quad (1)$$

$$H = (9.25/10000)R^2 + 0.23R \quad (2)$$

また、図-5 と 6 に、水平距離 R と、井戸の流域面積 A および、その中の影響を受ける面積 Ae の相関図を示した。いずれも面積の大小と「影響あるなし」の相関は認められなかった。

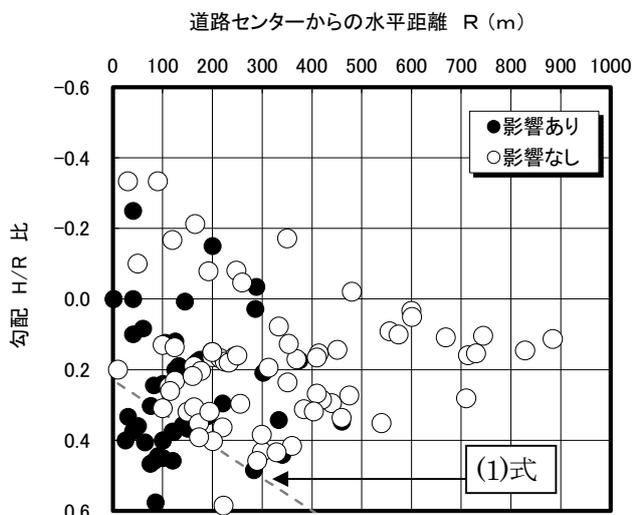


図-3 R(距離) — H/R(勾配) 相関図

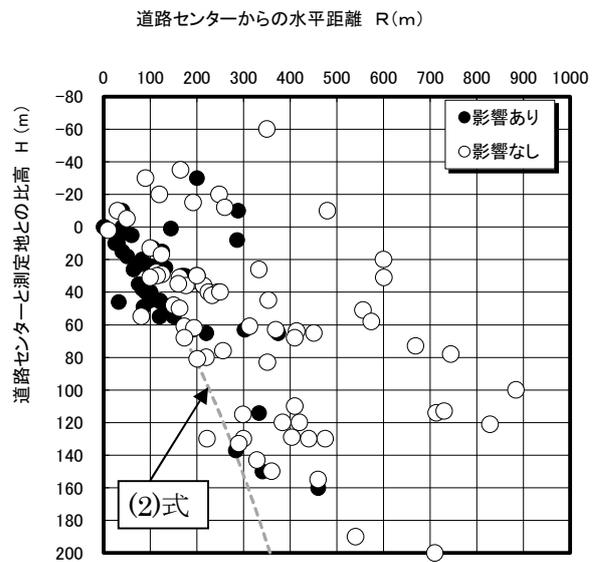


図-4 R(距離) — H(比高) 相関図

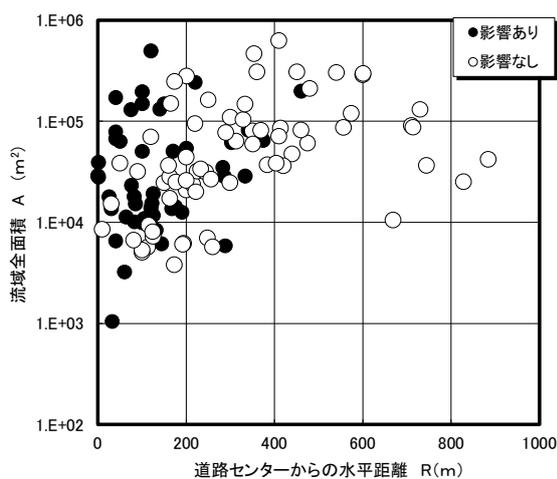


図-5 R(距離) — 流域面積 A 相関図

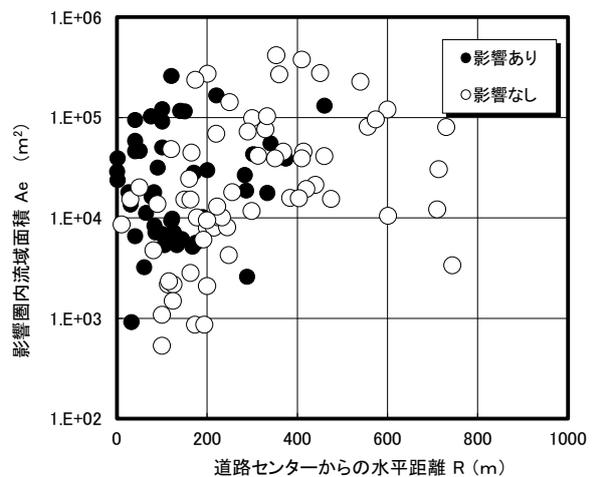


図-6 R(距離) — 影響流域 Ae 相関図

図-7は、井戸の流域面積 A とその流域の中で高橋の手法で影響範囲内となった影響面積 Ae の相関図である。その場合、 $Ae=0.3A$ のラインで「影響なし」が区分できる可能性が考えられた。図-8は、水平距離 R と流域影響率 E (= Ae/A) の相関図で、「影響あり」の分布は、 $E>30\%$ と $R<500m$ に多く認められた。そのため、それらがひとつの指標になることが考えられた。

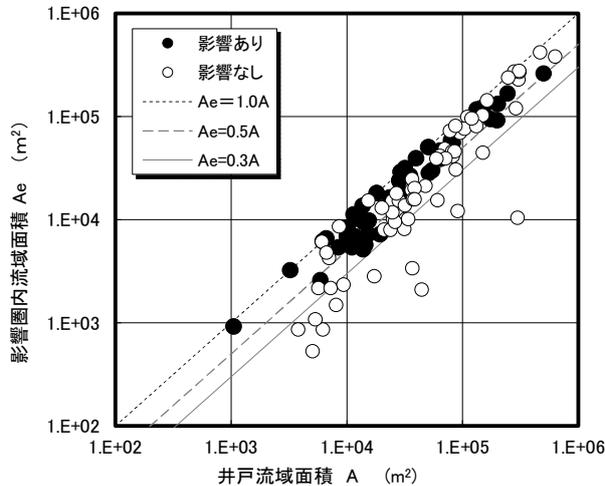


図-7 流域面積 A - 影響面積 Ae 相関図

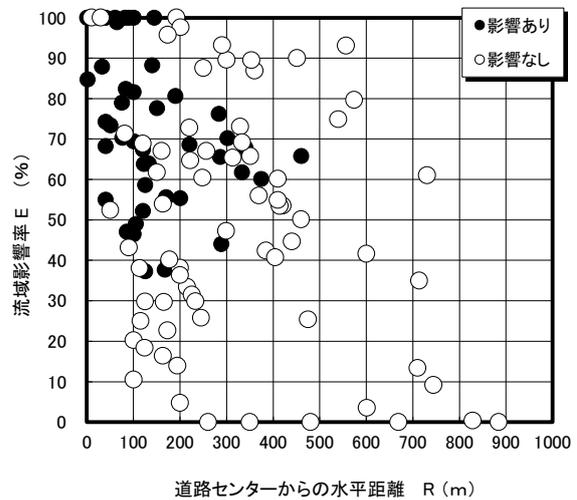


図-8 R(距離) — 流域影響率 E 相関図

図-9は、影響確率 P (当データで影響があった観測点に対する割合) が、道路センターからの距離 R(m) と相関があり、(3)式で示された。500mまでが影響範囲と想定され、トンネル直上でも影響の出る確率は高いが、70~80%程度と考えられた。同様に、流域影響率 E に対する影響確率 P を、図-10に示した。流域影響率 E に対する影響確率 P は、(4)式あるいは(5)式となった。少なくとも、30%以下の流域影響率では影響は現れない結果となった。流域影響範囲の地下水は、井戸とトンネルの両方に流動するので、3次元ではその流域影響率の半分程度が流量影響と考えられる。トンネル位置条件により差は生じるが、流域影響率 30%に対し、流量影響は 15%程度であり、観測誤差の中に吸収され、実務上、明瞭な影響と判定されないと考えられる。つまり、水位低下が多少増える程度で、実用的な影響は出ない範囲と推定される。

図-11は、比高 H と影響確率 P の相関で、(6)(7)式の相関が得られた。道路センターから遠いほど、比高 H も大きくなる傾向があることを反映していると考えられた。また、図-12では、影響流域面積 Ae は相関がなく、全体として影響確率が 40%である結果となっている。

$$P = -0.155R + 78.6 \quad (3) \qquad P = 0.487E + 16.3 \quad (4)$$

$$P = 75 - 1110/(E - 10) \quad (5) \qquad P = 0.909H + 50.5 \quad (6)$$

$$P = -0.480H + 70.3 \quad (7)$$

ここで、地質リスクの観点から「影響あり」の発生確率の大中小を設定すると、下表ようになる。

表-1 地質リスク上の「地下水への影響あり」の発生のしやすさ

発生のしやすさ	影響確率 P	道路 C 水平距離 R (m)	流域影響率 E%
大	50%~	~200m	70%~
中	0~50%	200~500m	30~70%
小	0%	500m~	~30%

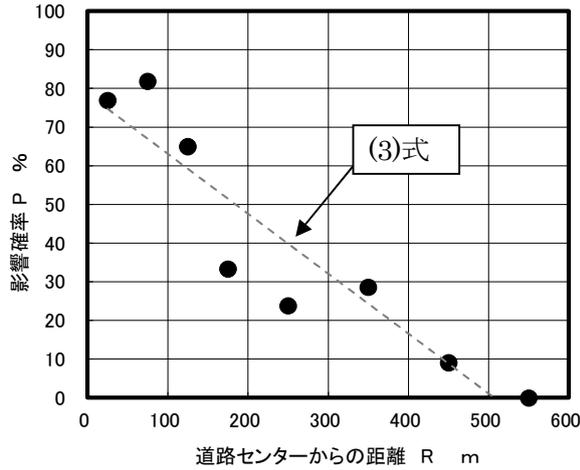


図-9 R(距離) - P(影響確率) 相関図

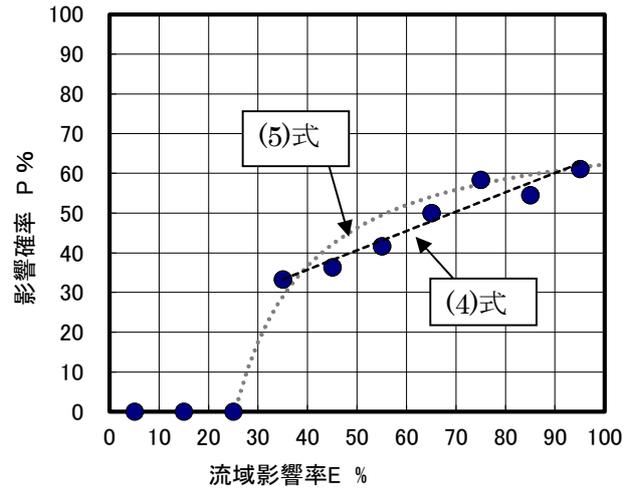


図-10 E(流域影響率) - P(影響確率) 相関図

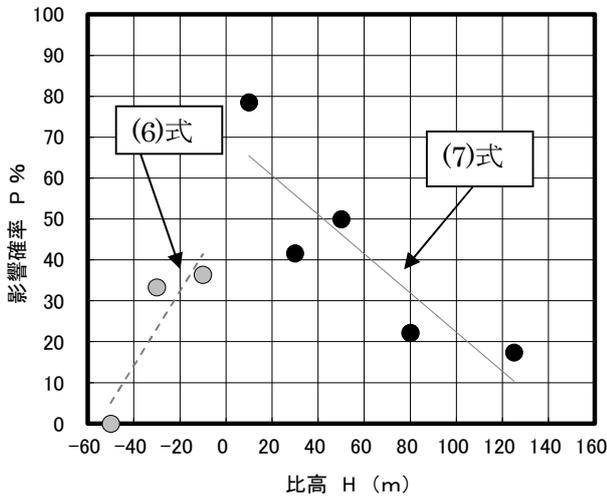


図-11 H(比高) - P(影響確率) 相関図

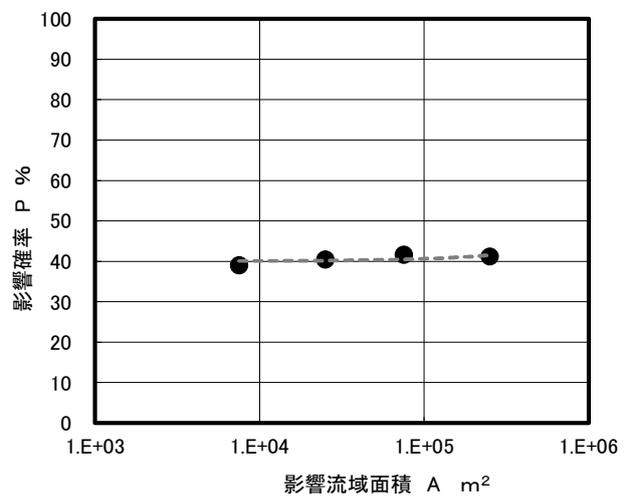


図-12 A(流域面積) - P(影響確率) 相関図

4. まとめ

事前調査の段階で調査計画を立案する場合、通常、得られる情報は地形だけであることが多い。そのような場合、どの範囲までリスクがあるのかを判断する明確な指標がないのが現状である。当検討により、一般的地質の場合、流域影響率Eと道路センターからの水平距離Rがひとつ目安になり、地質リスクの区分に使用できることが再確認できた。(表-1、参照)

また、図-13に示すように、流域影響率Eの分布図を事前に作図することで、リスクを考慮した有効な調査計画が可能になると考えられる。今後も更にデータを追加し、検証を進めていきたいと考える。

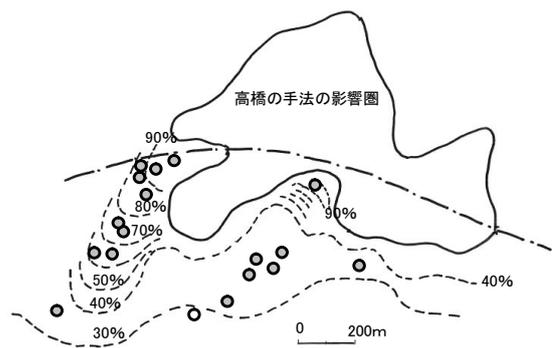


図-13 流域影響率E 分布図