

## ディープウェルによる地下水汚濁対策工の効果

津山輝男

### 1. はじめに

一般国道X号線改築工事の一環として、Y市とJ町の境を流れる一級河川に橋梁が掛けられる事となった。当地点の下流側約130m・左岸河川敷の深さ6m付近に、Y市水道供給源の1つであるI水源のφ600mm集水管が埋設されており、橋梁のピアや橋台下部工事に当って、当水源への汚濁や減水等の影響が懸念された。そこで事前に水源に寄与している水ミチの存在や地下水量等を詳細に把握する為に地下水調査を行ない、その結果を基にディープウェルによる地下水汚濁対策工を提案実行してその有効性を確認したのでここに報告する。

### 2. 事前地下水調査の方法と結果

9月から翌年3月にかけてI水源の埋設集水管に対する基礎工事の影響評価を目的として、工事地点と集水管を含む河川敷エリアにおいて総合的な地下水調査を実施した。既存の地質調査結果資料によれば河川敷の地層は砂礫層が主体であり、深度4~5m付近で上下2層に分けられる。また深度15m付近には比較的連続性の高い硬質粘性土層が分布している。昭和49年と昭和55年の地形図を比較すると、新I橋の架設によって河道が移動している事が明白であった(図1-1,2)。

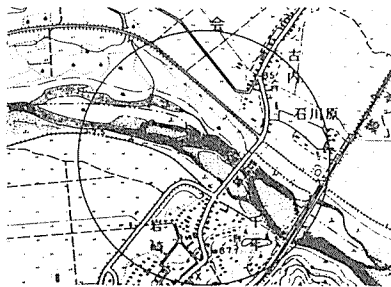


図1-1 昭和49年6月地形

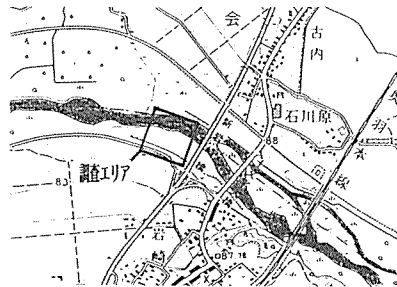


図1-2 昭和55年6月地形

これらの資料から本区域の地盤構成や水ミチの分布には複雑な変化があると予想し、地下水調査は図-2に示すステップで実施した。

#### (1) 調査の方法

①地表面地温探査：河川敷を横断する方向に20mピッチで測線を設け地表から深度1m付近まで棒状のサーミスターを打ち込み、測線上における地温変化を測定して地下水等の平面的な分布状況を推定した。

②多点温度検層/地下水検層：多点温度検層はボーリング孔内に温水を注入し温水の温度低下状況を測定して地下水流動部を把握し、地下水検層は孔内に塩水を投入し電気比抵抗変化を計る事によって地下水流動を把握する方法である。ここではP2工事地点にボーリングで深度10mの測定孔を設け実施した。

③大口径砂礫サンプリング：P2工事地点において孔径250mmのボーリングを行ない、深度4~5m区間でコアチューブ内に

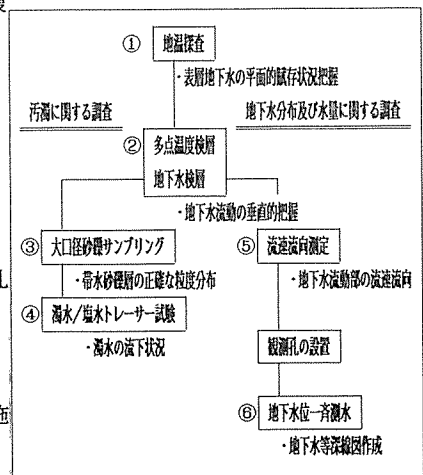


図-2、調査の流れ

採取された試料を用いて砂礫層の粒度分析を行ない、できるだけ正確な粒度分布を知るように努めた。

④濁水／塩水トレーサー試験：P 2 工事地点に濁水／塩水の投入孔を設け、下流側の集水管方向に5.10.20 m間隔の濁度／比抵抗観測孔を設置して、投入孔から高濃度の塩泥混合水を投入し、下流側各観測孔の深度3.5. 5.5. 7.5mにおける濁度／比抵抗変化を約3日間に渡り測定した。この結果を基に工事時に発生する濁水の自然流下状況を推定し、水源集水管への汚濁の影響を推測した。

⑤流速流向測定：前述の調査で把握された地下水流動部において、蒸留水をトレーサーとする電位差方式の流速流向計LD-60型を用い流速流向を測定した。これによって河川敷内における浅層－深層地下水流動状況と集水管周辺の流入状況を把握した。

⑥地下水位一斉測水：流速流向測定点や濁水／塩水トレーサー試験孔は水位観測孔仕上げとし、地下水位を一斉測水した。この結果より河川敷全体の地下水等深線図を作成した。

## (2) 地下水の分布と流動状況

地温探査結果では、調査結果総合図-4に示すように集水管右側の河川敷窪地、左岸護岸寄りに低温帯が検出された。P 1、P 2 設置地点周辺にも小さな低温帯が存在する。これらは表層地下水の滞留ないし流路を表わしていると考えられる。多点温度検層／地下水検層結果では図-3に示すようにG.L-2.5~4.5m、G.L-6.5~8.5m区間にはほぼ一致して急速に温度／比抵抗変化を示すゾーンが検出された。当調査地では深度4~5m付近で地層が新期砂礫層と古期砂礫層とに分けられるので、上位の変化ゾーンは新期砂礫層の地下水流動部、下位ゾーンは古期砂礫層の流動部を表わしていると考えられる。地下水流速流向測定結果では浅層 (G.L-4m 付近) 流動部は流速が $2 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-3}$  (一部 $10^{-5}$ ) cm/sと比較

的速いが、方向は様々である。大きな低温帯として検出された集水管北側面では管方向へ引かれてはいるが、速度は非常に遅くあまり流動していない。集水管前方では稼働中の測定でもあり急速に吸引されている。P-1、P-2 地点では南東上流側へ向いている。深層 (G.L-7m付近) 流動部は流速が $7 \times 10^{-4} \sim 2 \times 10^{-5}$  (一部 $3 \times 10^{-6}$ 以下) cm/s程度で遅いが、方向は全体に集水管へ吸引されている傾向が表れた。一斉測水による地下水等深線図を描くと、P 2-P 1 線上に水位の尾根部があり、周辺へ流下している。下流側は集水管方向へ徐々に下がり周辺で急激に低下する(総合図-4)。

結果を総合して考えると表層－浅層部ではP 2-P 1 付近を結んだ線上と左岸護岸沿いに地下水供給源があり、特に左岸護岸沿いの流路が集水管に大きく寄与している。集水管北側面の低温帯はあまり流動がなく、供給源となっていないように見受けられる。深層部では流速は遅いが全体的に集水管へ集水していると考えられる。

結果を総合して考えると表層－浅層部ではP 2-P 1 付近を結んだ線上と左岸護岸沿いに地下水供給源があり、特に左岸護岸沿いの流路が集水管に大きく寄与している。集水管北側面の低温帯はあまり流動がなく、供給源となっていないように見受けられる。深層部では流速は遅いが全体的に集水管へ集水していると考えられる。

## (3) 汚濁の影響

濁水／塩水トレーサー試験の結果を図-5に示す。観測孔① (5m地点) では初期の濁度が大きく乱れがあるが1800分程経過して通常値に戻った。観測孔② (10m地点) では濁度値はさほど大きくはない波動的で2500分程経過して通常値に戻った。観測孔③ (20m地点) では2900分である。この結果より清水化係数T [清水化までの時間 (分) / 測定点距離 (cm)] なるものを定義し、Tを計算するとそれぞれ①T=3.6 ②T=2.5 ③T=1.45であり、縦軸に距離、横軸にTを取って片対数グラフにプロットすると、図-6のようになる。各点を

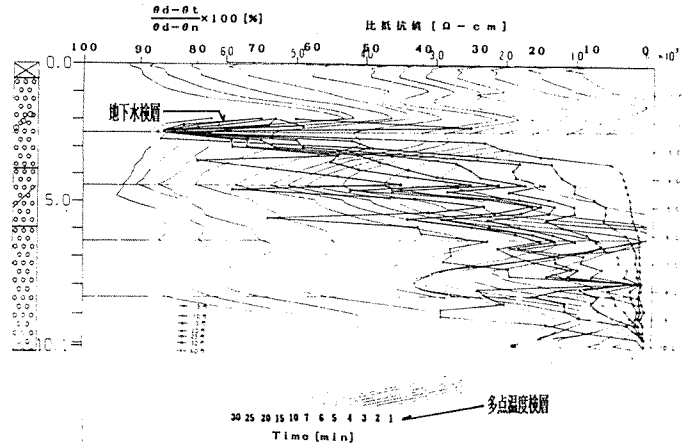


図-3、多点温度／地下水検層結果

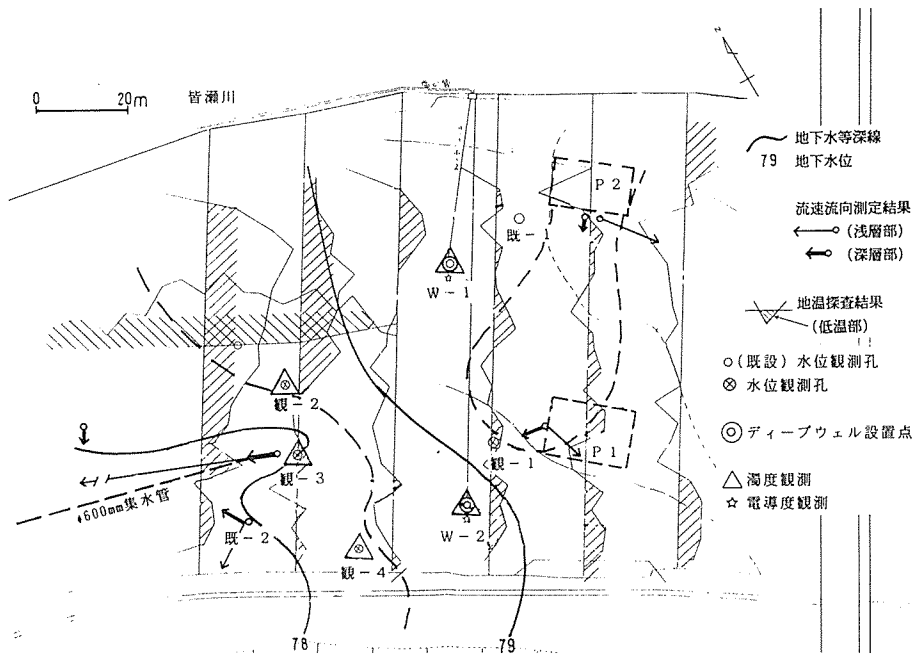


図-4、調査結果総合図-ディープウェル/観測孔配置図

結ぶと明瞭な直線関係を示し、縦軸との交点が自然流下による汚濁影響範囲である。これより当地では汚濁水の影響範囲は自然流下の場合、下流側はほぼ50m程度と推定される。但し高圧水注入等の人為的条件的場合は長期に渡り地下水水位が上昇し動水勾配が変化する為、影響はさらに広範囲に及ぶと考えられる。

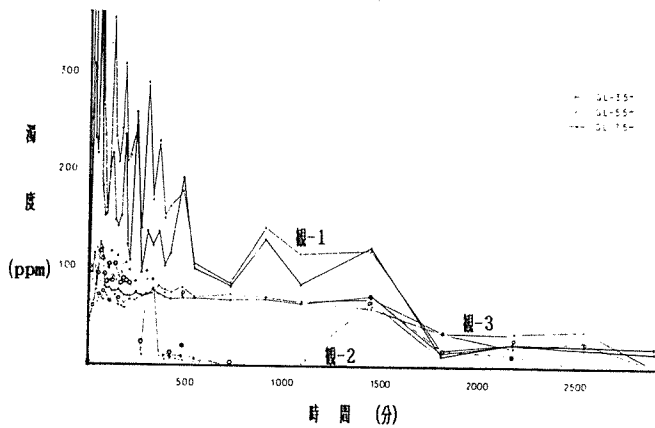


図-5、濁水/塩水トレーサー試験結果

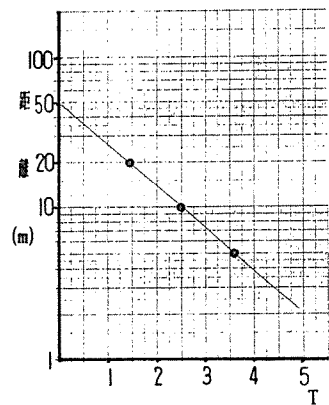


図-6、T-距離関係図

### 3、地下水汚濁対策工の提案とその効果

以上の調査結果から、橋脚設置点では将来的に水源への水ミチを遮断する恐れは少ないが、設置工事によって供給量の減少や汚濁の影響が少なからず生じると判断したので、次の対策工を提案した。

- 1) 橋脚工事は当河川敷内では一脚づつ行ない、地下水湧水量を減少させる為シートパイルを深度15m付近の不透水粘土層まで打設して囲み、遮水する。
- 2) 橋脚工事地点の近接した下流側に深さ13mのディープウェルを設け、シートパイル打込み時及び橋脚工事中、常時少量づつ揚水しながら濁水を集め、水源集水管の下流部へ排水する。

3) 工事地点の下流部及び集水管周辺に地下水位／濁度観測孔を設け、シートパイル打設時及び橋脚設置  
 工事期間中、地下水位と濁度を観測しながら工事を進める。

上記提案は採用され、工事開始前に図-4に示す配置でディープウェルと観測孔を設置して工事に備えた。

シートパイル打設は玉石混じりの砂礫層を打ち抜く為に高圧ジェットパイプロ工法で行なわれるので、ディープウェルの効果と濁水落下状況を確認する為にP-1地点で試験施工を実施した。試験打設は1日、9時~17時の7時間行なった。濁度測定はセントラル科学製のUC-61型濁度計を用い、ディープウェル・各観測孔地点・水源について1時間間隔で3日間連続観測した。その時の結果を図-7に示す。

事前に得た平常値はW-2、観-3、観-4地点では5~17ppm、水源では2ppm程度である。6月1日午前9時から打設を開始したが、その後W-2地点で急速に濁度が高まり午後4時には500ppm程度に達した。その後は徐々に下がり6月2日午前10時頃平常値に戻った。当ウェルでは10~20%/分で揚水した。観-3地点では午後2時頃から上昇し始め午後5~7時頃最高値の32ppmに達している。平常値に戻ったのは6月2日午前0時頃である。観-4地点は午後7時頃から上昇し始め6月2日午前2時に50ppm程度の最高値に達した。平常値に戻ったのは6月2日午後である。水源では大きな濁度上昇は見られず最高値は6月2日午前0時頃の6ppm程度であった。

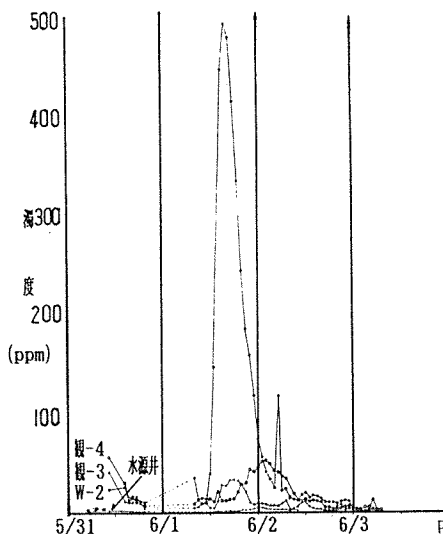


図-7、試験打設時の濁度変化

この結果より、W-2地点では高濃度の濁水を集水できる事、観測孔3地点を通過して濁水は集水管へ到達するが、汚濁の程度は微妙に押さえられる事が確認された。水源への濁水到達を完全に防止する事は難しいがディープウェル揚水による汚濁対策法は相当に有効であると言える。

#### 4、今後の課題と謝辞

その後工事中は連続的にディープウェルから100~200%/分程度で揚水し、観測施工を続けた。鋼矢板打設時にはウェル付近の濁度は2000ppmに達し水源水に少量の濁りが発生したが緊急排水等で凌ぎ、ほぼ基礎工事は終了した。

今回は夏場の降水量にも恵まれて工事による濁水の影響はなかったが、このような工事と地下水環境保全の問題は今後もますます各地で生じると考えられる。当事例では1施工地点につき1本のディープウェルで対処したが、完全には濁水を吸入できず不測な水ミチ等を回って水源へ濁りが達した場合もあったものと見られる。ウェル本数を増やそうとしても濁水の影響が懸念されジレンマであった。今後はシミュレーション技術等と組み合わせた効果的なポイント設定が課題である。また普遍的な有効性の検証にも務めて行きたい。

本調査・施工に関し、小松田精吉氏には有用な助言、御指導を頂いた。工事関係の方々にも多大な御協力を賜った。また厳しい現場でデータ採取や指揮に携わった当社若手社員、吉野浩光君にここに感謝する。

#### [参考文献]

- 1) 大成基礎設計(株)(1983):昭和58年度建設技術評価、地下水流向・流速計の開発、建設評第83403号
- 2) 小松田精吉(1993):流速・流向、地質と調査、1、p30-36
- 3) 竹内隆雄(1983):地すべり 地盤測定による地下水調査法、吉井書店
- 4) 大成基礎設計(株)(1992):岩崎地区地下水調査報告書
- 5) 佐藤隆(1994):岩瀬川下部工事に伴う岩崎水脈対策について、建設省研究発表会要録

(大成基礎設計株)