U.D.C. 624.152.6:628.515

地下水保全のための建築基礎の施工
Construction of Building Foundation for Conservation of Groundwater

中村　和夫*　　飯野　康一*
Kazuo Nakamura　　Koichi Iino

要　　約

東京都国分寺市駅前に建設された『ファミール国分寺新築工事』において，隣接する国分寺崖線の傾斜地を利用して造られている都立殿ヶ谷戸庭園内の池水の湧水を保全するため，湧水の源となっている当該地域の帯水層である武蔵野礫層の地下水流の阻害と水質低下のない，杭および基礎工事の工法を検討し，施工を実施した．

施工にあたっては敷地内と池水の湧水の水質調査および水位観測を実施した．調査結果から採用した工法の妥当性が検証できた．

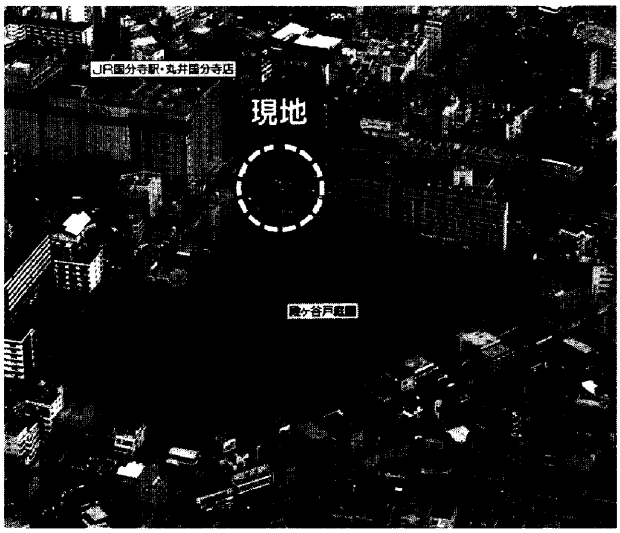
目　次

§1．　はじめに
§2．　工事概要
§3．　建物基礎の設計と施工
§4．　地下水導水路の造成目的と配置
§5．　水質調査と水位観測
§6．　おわりに

§1．はじめに

ファミール国分寺の建設敷地は，**写真－1**に示すようにＪＲ国分寺駅ビルの東側に隣接し，敷地の南南東100mには国分寺崖線と呼ばれる段丘崖を利用した都立殿ヶ谷戸庭園がある．庭園内には武蔵野面に広く分布し，良好な浅層地下水の帯水層となっている武蔵野礫層の崖線からの湧水を利用した池が造られている．当敷地は，都立殿ヶ谷戸庭園より地下水流の上方に位置している．そのため建物建設により殿ヶ谷戸庭園の湧水に影響を与えることのないようにと各方面からの要請があり，それを受けて建物基礎の設計と施工方法を種々検討した．設計にあたっては，地下水の帯水層を極力遮らない基礎形式とするとともに，降水の地盤への浸透量を建物建設により減少させないように配慮している．施工にあたっては，杭工事では帯水層内の地下水を排出および浸透させない工法とし，地下水を汚染させないための対処を行った．基礎工事により帯水層の地下水の状況がどのような変化を示すか検証するため，敷地四隅の観測井と庭園内の池水で水質試験と水位観測を工事期間中継続した．その調査

*東京建築(支)ファミール国分寺(出)



写真－1　建設地の敷地外観

結果から敷地区域の帯水槽の地水の動向は中野・根岸[1]の記述をおおむね裏付ける結果が得られたことと，建物の基礎工事との関連で判明した事項を工事記録と合わせてここに報告する．

§2．工事概要

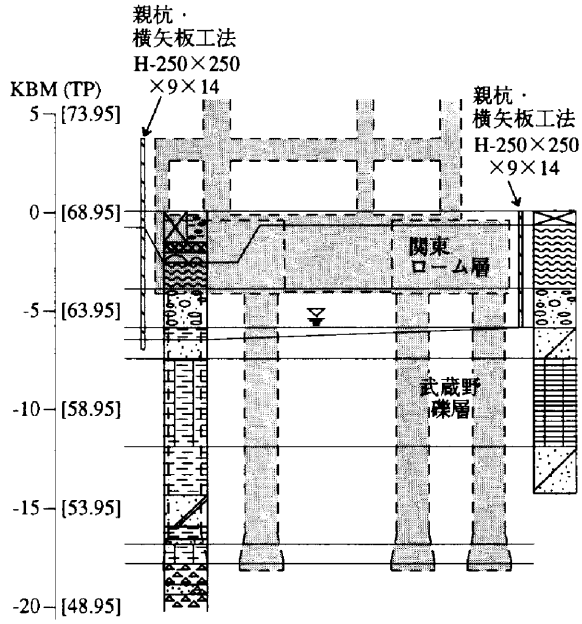
工事件名：ファミール国分寺新築工事
工事場所：東京都国分寺市南町2-363-6
発 注 者：丸紅株式会社
設計監理：西松建設（株）建築設計部
施　　工：西松建設（株）東京建築支店
工　　期：1995年7月31日～1997年2月28日
構　　造：ＳＲＣ造　地下1階　地上17階　塔屋1階
用　　途：共同住宅　137戸
建築面積：約952 m²
延床面積：約13,088 m²
最高高さ：約54 m

§3．建物基礎の設計と施工

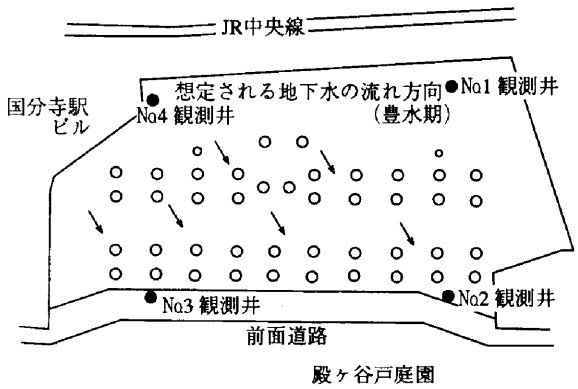
3－1　設計上の地下水対策

本建物の建設敷地は，丸紅株式会社が取得する以前に地下2階のホテル建築の計画があり，地下水の問題も含めた種々の要因で断念に至った経緯があった．そのため当初より地下水の保全を優先した設計を行っている．敷地の地層断面と建物基礎の関係を図－1に示す．

①建物基礎のフーチング下端は帯水層（武蔵野礫層）の上端以浅（Ｂ１ＦＬ－約4.1m）に位置させ，帯水層の断面を減少させないようにしている．



図－1　地層断面と建物基礎



図－2　地下水の流向と基礎杭

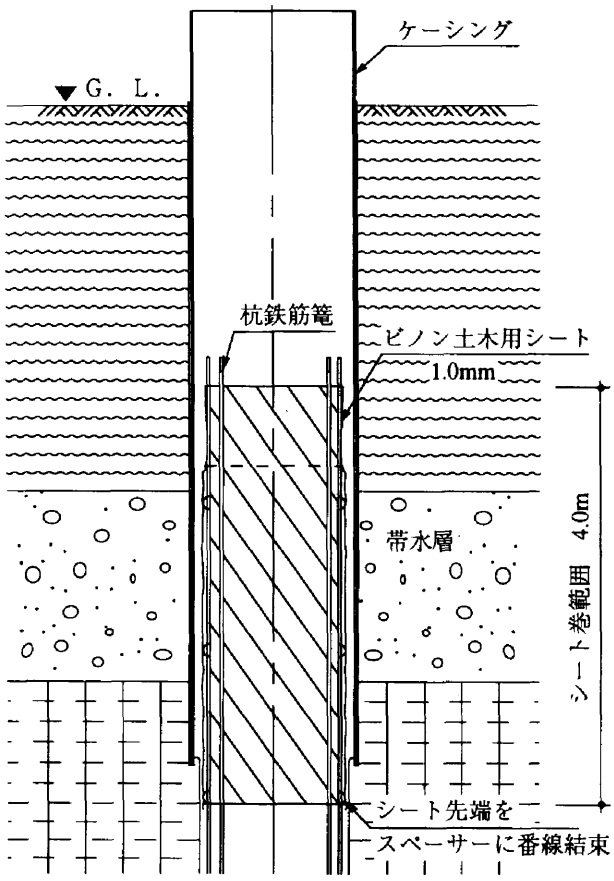
②基礎杭は場所打コンクリート杭（拡底アースドリル工法）を採用し，杭先端位置がＢ１ＦＬ－約18mとなるため帯水層を貫通させなければならない．そこで基礎杭の台柱径を極力小さくするとともに，豊水期の地下水流に平行して柱下に2本の杭を並べ，流向からみて杭の見付巾が1本杭に比較して小さくなるようにして地下水の流れに対する影響を小規模にしている．地下水の流向と基礎杭の配置関係を図－2に示す．

③敷地区域の降水の全てを地盤に浸透させるため，敷地内の外構舗装面は透水舗装とし，建物の雨水排水のためには浸透桝と浸透トレンチを配置している．豪雨時の浸透余剰水は，一時建物ピットに貯留して循環浸透させるようにしている．その他，緑地面積を多くして地表の保水量を増している．

3－2　施工土の地下水対策

建物の建設に当り施工期間中，一時的にも工事により

写真－2　杭鉄筋籠のゴムシート巻き



図－3　杭鉄筋籠と帯水層の関係

殿ヶ谷戸庭園の湧水に影響が無いようにと強い要請が各方面からあり，その要請を受けて施工法を検討して施工を行った．

①建物基礎のフーチングは帯水層の上にあるが，山留杭の根入れ部分は帯水層を貫通するので，山留工法としては止水性のない親杭横矢板工法を採用した．また，地下水汚染防止の面から，山留親杭の打込みは清水による高圧ジェットを採用し，帯水層で根固めを行わないこととした．

②基礎杭の掘削は，ケーシング（鋼管）を帯水層下部の不透水層までパワージャッキで圧入し，地下水を遮断して無水掘とすることで，帯水層の地下水を排出すること無く，加えて下部地盤へも浸透させないようにした．

③基礎杭のコンクリート中のセメント分を帯水層へ流出させないため，杭全長のうち帯水層に接する部分の外側をゴム製シートで覆い，コンクリートと地下水を遮断して汚染防止を行った．なお，ゴムシート部分の摩擦抵抗減少分は，構造計算で安全を確認し，関係機関の了承を得られる結果であった．ゴムシートの取付状況を**写真－2**に，杭鉄筋籠と帯水層の関係を**図－3**に，ゴムシートの物性を**表－1**に示す．

表－1　ビノン土木用シートの基本物性

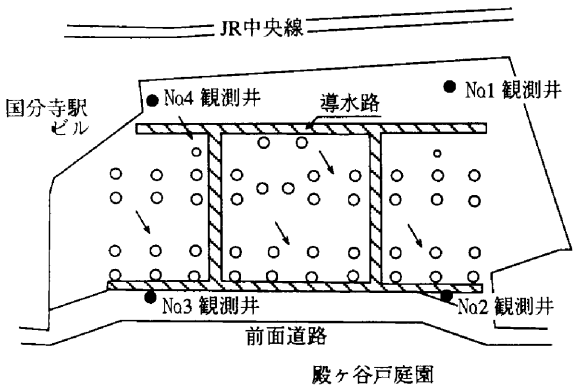
試験項目			規格値*	備考
比　重			1.35以下	－
硬　さ			65以上	JIS-A
引張強さ			15.7MPa	縦・横の平均値
伸　び			300%以上	縦・横の平均値
引裂強さ			4.4MPa	縦・横の平均値B形
柔軟温度			-30℃以下	－
耐薬品性	アルカリ	引張強さ変化率 伸び変化率 質量変化率	±20%以内 ±20%以内 ±5%以内	70℃×14日間浸漬
	食塩水	引張強さ変化率 伸び変化率 質量変化率	±10%以内 ±10%以内 ±2%以内	20～25℃×14日間浸漬

*土木シート協会規格値

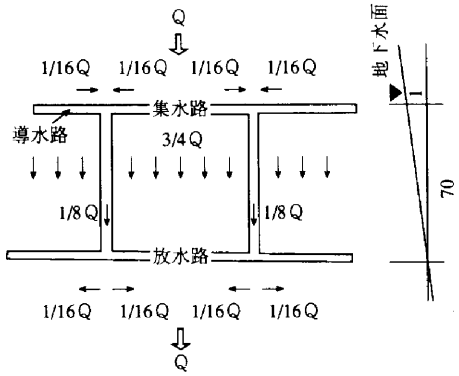
§4．　地下水導水路の造成目的と配置

4－1　地下水導水路の造成目的

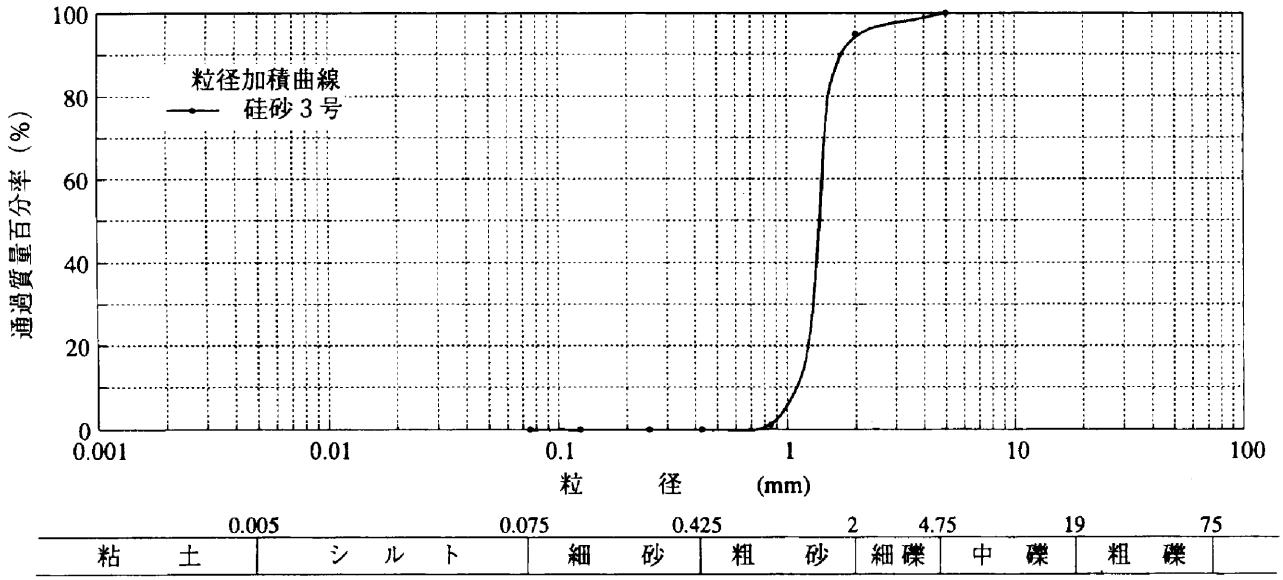
建物の基礎杭は台柱直径ϕ＝1.6 mの拡底アースドリル杭である．そのため建物の水平投影部では，帯水層の水



図－4　地下水導水路配置図



図－5　帯水層地下水の水流模式図



図－6　土の粒度試験

流断面が基礎杭の幅分だけ減少する．また，局部的な水みちに偶々杭が当ったとき地下水流が止まる．この両要因により帯水層地下水の下流位置にある殿ヶ谷戸庭園の湧水に影響が出ると指摘があり，その懸念を回避するため帯水層に地下水導水路を造成することとした．地下水導水路の配置を図－4に示す．

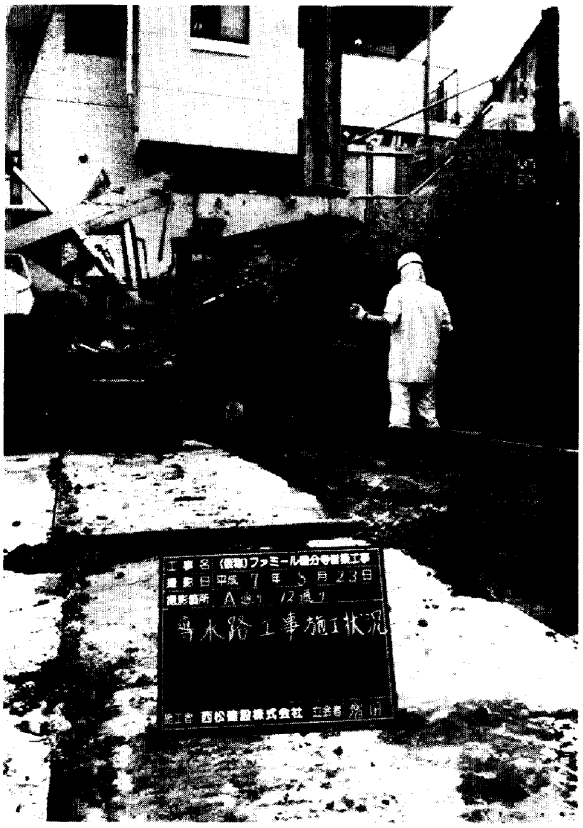
配置図に示した長辺方向の地下水導水路のうちＪＲ中央線側は集水路，前面道路側は放水路の機能を果たす．

4－2　地下水導水路の安定性

建物基礎下に造られた地下水導水路は，建物完成後に改修することは困難であり，半永久的にその機能が持続していなければならない．そのために導水路の充填物が目詰まりしたり，流出したりしないことが条件となる．この条件から充填物として硅砂を選定した．

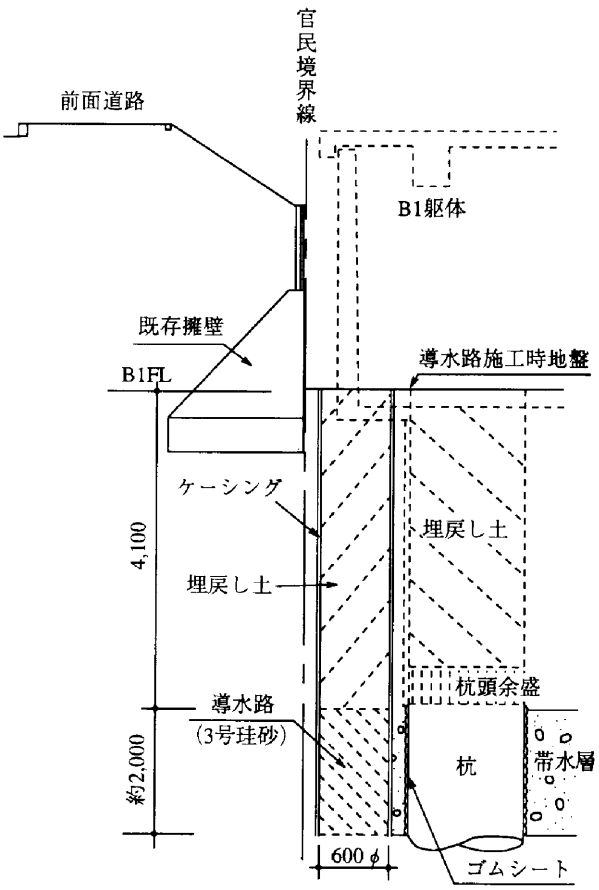
①地下水導水路の造成地盤は，帯水層である武蔵野礫層であり，その層厚は本建物基礎杭造成区域では，1.5m～2.0ｍとなっている．本帯水層の土質はシルト混じり砂礫で，その組成は礫径5～40㎜の円礫，亜角礫が主体（含有率70～80%）でマトリックスは砂，シルトである．この帯水層に巾60cmの３号硅砂を充填した地下水導水路を造成した．本帯水層の形成年代は約６万年前で，その土質の相対密度は“非常に締まっている”と分類され，安定した土層である．この土層に帯水層のマトリックスよりも十分大きな硅砂を充填突固めてあるので，帯水層の動水勾配と水質からみて，硅砂の移動や目詰まりは考えにくいことから，この地下水導水路は安定した機能を果たすものと考えられる．

②帯水層地下水の水流模式図を図－５に示す．当敷地の地下水流動幅は71 ｍであり，基礎杭が地下水流を遮る総幅は11本×1.6 ｍ＝17.6 ｍである．したがって有効流動幅はもとの３／４となる．帯水層の地下水導水路の流入地点と流出地点の地下水水位差Δhoは，帯水層の動水勾配をio＝1／70（事前水位観測における定常時動水勾配）地下水流動長さをLo＝20 ｍとすると，



写真－3　前面道路側導水路施工状況

写真－4　一般部掘削状況



図－7　前面道路側導水路施工図

$\Delta ho = io \cdot Lo = 1/70 \times 20\,\mathrm{m} = 28.6\,\mathrm{cm}$となる．したがって，地下水導水路の有効総経路長での水位差Δhは28.6 cmより小でなければならない．また，集水路と放水路を継ぐ地下水導水路の合計流量は，敷地区域全体を通過する流量の1／4以上とする必要がある．導水路幅は，掘削バケット幅（60cm）とするのが最も施工条件に合うので，この与条件で充填硅砂の種類を選定した結果3号硅砂を充填することとした．3号硅砂の粒径加積曲線を**図－6**に示す．計算に用いた充填硅砂の透水係数の算定式はHenzenの試験式

$$Ki = 116(D10) \cdot (0.1 + 0.03T)$$

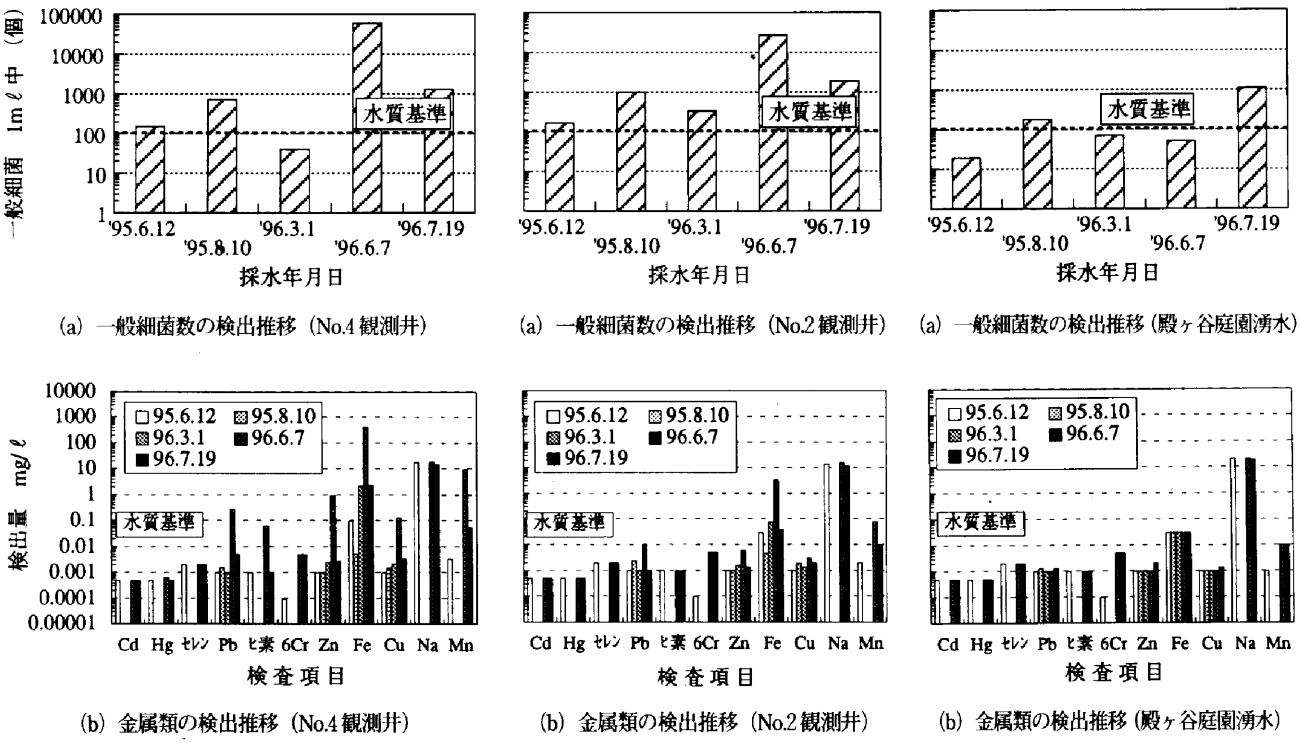
によった．ここに，

$D10$：粒径加積曲線での10％通過粒径（cm）

T：地下水温度（℃）

4－3　地下水導水路の施工方法

地下水導水路の施工は，前面道路側は道路擁壁の底盤下を約5.0m擁壁に接して掘削せねばならないので，擁壁と道路に変状を生じさせないためには山留が必要であった．そこで山留壁造成の代わりにケーシング掘削と掘削部の土砂充填をラップ施工することで対処した．前面道路側以外は帯水層の土性と地下水位の状況からバックホ



図－8　採水位置別水質成績水位表

ーによる素掘削で施工可能と判断し，基礎根切後に施工した．

①前面道路側の地下水導水路（放水路）は，基礎杭の造成が完了した後，山留工事の着手前に道路擁壁の変状を防ぐため，杭打機を利用して帯水層下端までケーシング削孔を行った．孔内には帯水層厚相当部分を３号硅砂で充填突き固め，その上部は掘削土で埋め戻してケーシングを引き抜くこととした．このケーシング削孔，硅砂充填，埋戻しを所定重ね長さ（導水路幅）が確保できる位置に１本おきに先行し，後打ちでその間を同様に施工して地下水導水路として完成させた．施工状況を**図－7**および**写真－3**に示す．

②前面道路側以外の部分については，基礎根切後掘削機で帯水層下端まで素堀り掘削し，帯水層厚相当部分を３号硅砂で置換して充填突き固め，地下水導水路として完成させた．施工状況を**写真－4**に示す．

§５．水質調査と水位観測

５－１　水質調査

水質検査を実施した観測井は，地下水の流動方向の上流で建物基礎部分を通過する以前の観測井（No.４）と下流で建物基礎を通過した後の観測井（No.２）および殿ヶ谷戸庭園の湧水の３ヶ所である．これらの場所で工事着手前，杭工事施工後および基礎工事完了後に地下水および湧水を採水し，水質分析を行って当工事と水質の関連を調査した．水質検査時期と水質検査項目は，下記のとおりとした．

①検査時期

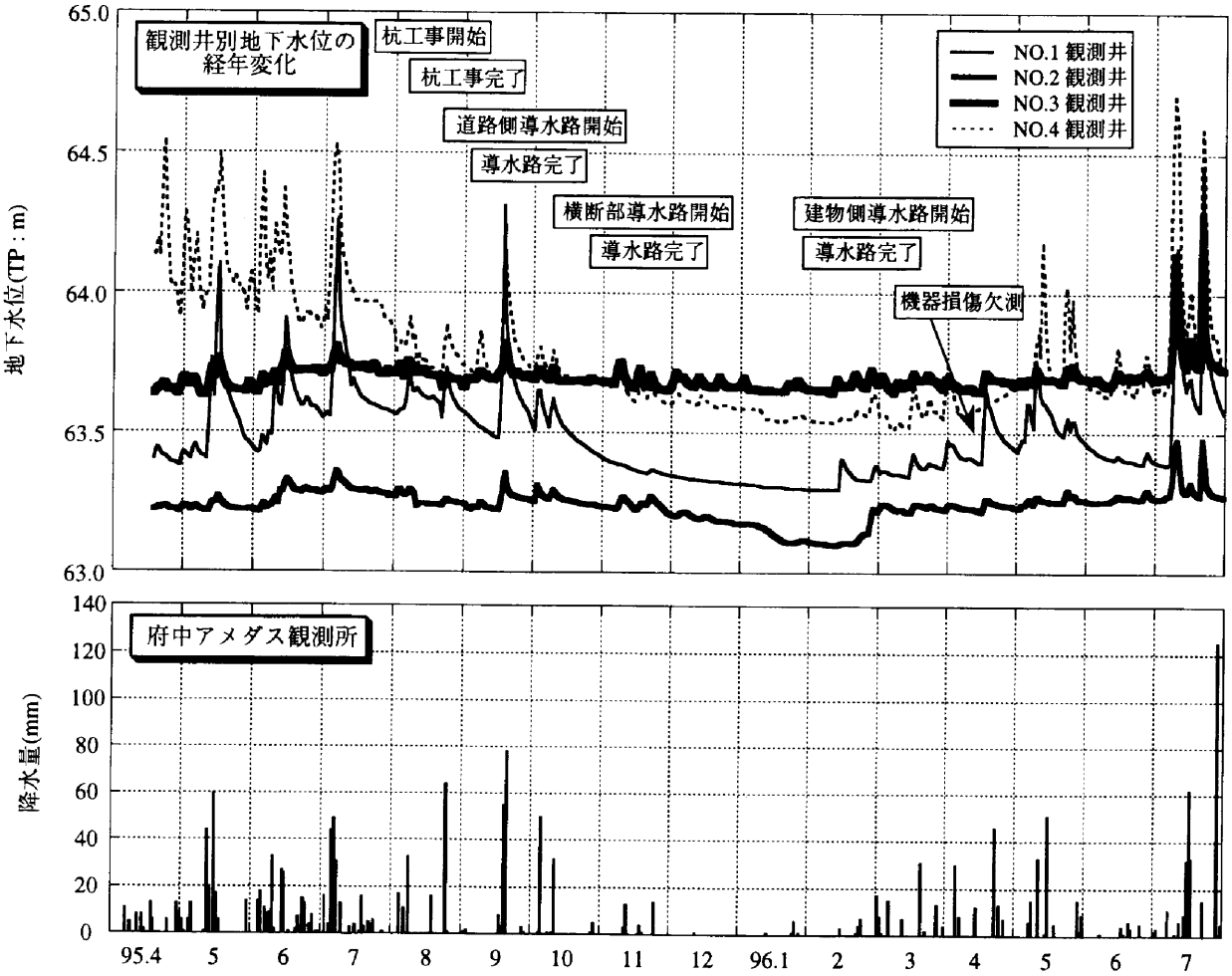
第１回　工事開始前（1995年6月12日実施）
第２回　杭工事完了後（1995年8月10日実施）
第３回　基礎工事完了後（1996年3月1日実施）
第４回　基礎工事完了経過後（1996年6月7日実施）
第５回　第１回と近似水位の基礎完了経過後
（1996年7月19日実施）

②検査項目

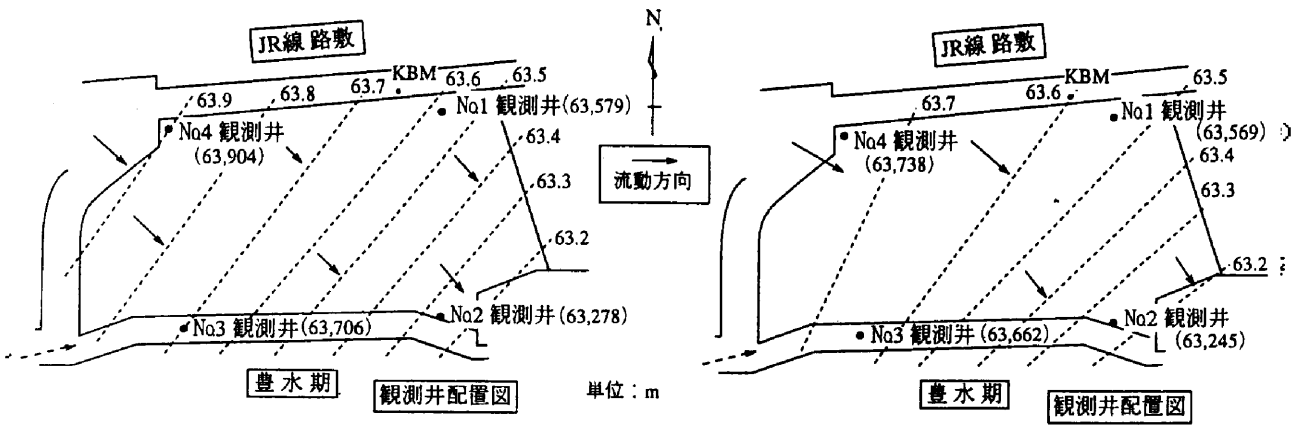
第１，４，５回　厚生省令に基づく地下水検査による46項目
第２，３回　上記のうち省略不可項目と金属他の15項目

５－２　水位観測

敷地外周の４隅に殿ヶ谷戸庭園の湧水の源となっている帯水層の地下水位を自記水位計を設置して連続記録を行った．水位観測は，地下水の流動方向を判定するとともに建物基礎を挟み上流と下流で工事前後の水位差を比較することで，基礎工事の地下水流動に対する影響を判断する目的で行った．なお，地下水調査は建物完成後一定期間継続することとなっている．



図－9　工事種目および降水量と地下水位の変動



(a)杭工事開始日(1995.7.27)の地下水位等高線　　(b)杭工事完了後(1995.8.31)の地下水位等高線

図－10　地下水流動方向

5－3　調査結果

水質調査と水位観測結果のうち主なものをまとめて次に示す.

(1) 水質調査結果

基礎工事施工前と施工後の水質変化を比較するため,地下水の上方,下方および湧水の水質成績を**図－8**に示す.

(2) 水位観測結果と地下水流向

敷地4隅の観測井の地下水位を工事着手3ヶ月前から,

基礎工事完了後一定期間までの経年変化を**図－9**に，観測井の地下水位より推定した帯水層の地下水の流向を**図－10**に示す．

5－4　調査結果の考察

調査対象地下水は，流向からみると観測井No. 4は当建物基礎部に接する前のもので，観測井No. 2および殿ヶ谷戸庭園内湧水は基礎部を通過した後のものである．

①水質検査結果の推移

地下水の水質は，杭工事前と杭工事後で大きな差異は認められない．また，観測井No. 4，No. 2の地下水と殿ヶ谷と庭園の湧水では水質に差異がみられる．このことは，当敷地を通過している地下水と庭園内の湧水は水脈が異なっていると判断できる．

②地下水位観測結果

観測井の地下水上流側と下流側の水位差は，観測井間に水流を妨げるものが築造されれば大きくなり，導水するものが造成されれば小さくなる．**図－9**（工事種目および降水量と地下水位の変動）におけるNo. 4，No. 1水位線とNo. 3，No. 2水位線の間隔がその状況を示している．当工事では基礎杭造成により地下水流が遮られると予想して地下水導水路を構築することとしたが，**図－9**の1995年7月下旬から8月上旬の基礎工事の前後（導水路造成前）の水位線には，差異は認められない．これは帯水層の密な砂礫地盤をアースドリルバケットで掘削した際，杭周地盤を緩め，杭コンクリートと地盤をゴムシートで絶縁したことで，地下水が杭周を廻りやすくなったものと推測される．地下水導水路が完成した1996年1月中旬以後では，水位線間隔の減少傾向が表れている．この結果から，導水路の効果が発揮されているものと考えられる．観測開始から1996年7月末までの約16ヶ月間の調査結果をまとめ，国分寺市に報告書[2]として提出した．なお，この調査は建物完成後も一定期間継続することとなっている．

§6．おわりに

本建物の事業承認が成され，建築確認申請を行った時期から，建物建設が隣接する都立殿ヶ谷戸庭園の池水の湧水に影響を与え，延いては庭園樹木の生育不良と枯死を発生させる原因となるので計画建物の建設を中止せよとの近隣住民の要請が，東京都および国分寺市の関係機関に寄せられた．これを受け，関係機関の各部署および住民との協議を続けた結果，地下水の影響調査と地下水導水路の造成を実施すること，および住民との話し合いを続行することで建築確認申請が許可され工事着手に至った．

その後，東京都の土木技術年報[3]および国分寺市の殿ヶ谷と庭園樹木調査[4]で本敷地に建物が建設されても庭園内の湧水には変化がなく，樹木の衰退にも主となる原因とならないとの考えが示された．なお，今回の地下水保全に対する設計・施工にあたって種々な面で協力頂いた本社技術部に対して感謝いたします．

参考文献

1）中野和久，根岸基治：国分寺市殿ヶ谷戸庭園湧水機構，地下水学会，1994.
2）東建ジオテック：ファミール国分寺地下水調査中間報告書，1996.
3）岡本　順，中山俊雄：殿ヶ谷戸庭園の地下水と湧水，東京都土木技術研究所年報，1996.
4）国分寺市役所：殿ヶ谷戸庭園樹木調査報告書，1996.