

2 亀岡駅北土地区画整理事業 JR アンダーパス部整備におけるアユモドキ保全のための取り組みについて

## 2-1 概要

亀岡駅北地区は、亀岡市亀岡駅北土地区画整理組合を施行者とし、平成26年6月6日に組合設立認可を受け、南丹都市計画事業 亀岡駅北土地区画整理事業としてまちづくりが進められている。

本地区については、土地区画整理事業区域の直下を流れる地下水が、アユモドキの生育に重要となる箇所へ流下しているため、区画整理工事については、地下水の保全対策を行うこととしている。

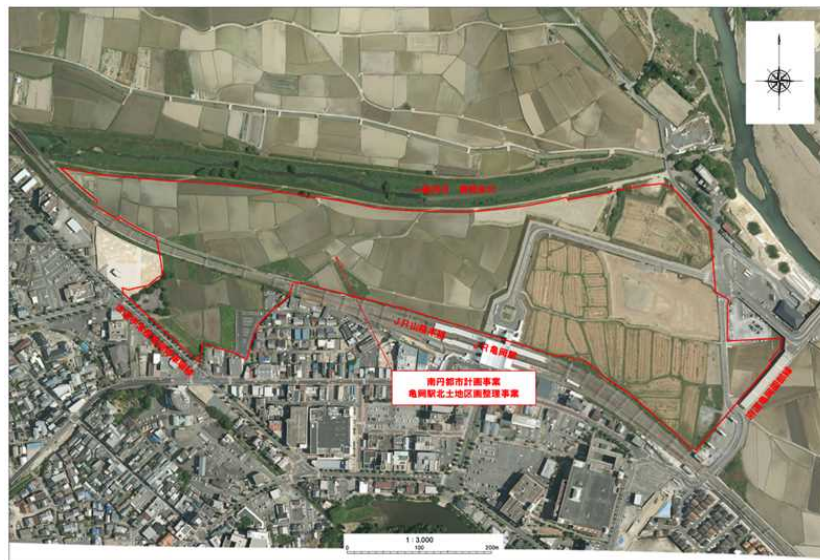


図 2-1-1 亀岡駅北土地区画整理事業位置図

本地区を横断する都市計画道路駅北余部線と JR 山陰本線軌道敷との立体交差部については、図 2-1-2 に示すようにアンダーパスによる立体交差で計画しており、アンダーパス部の構造物については、アユモドキの生育に重要となる地下水位以下での工事となることから、工事の施工方法については、亀岡市都市公園及び京都スタジアム（仮称）に係る環境保全専門家会議の意見を伺いながら進めることとしている。

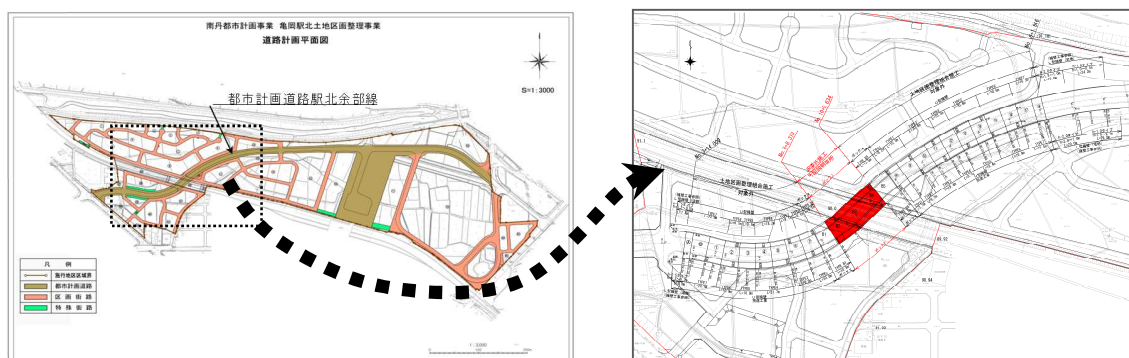


図 2-1-2 亀岡駅北土地区画整理事業道路位置図及び JR 軌道立体交差部計画平面図

J R アンダーパス工事において特に地下水への影響を与える可能性のある仮設土留め工法の選定や施工方法、環境保全対策、モニタリング計画については、平成30年4月17日に開催された第36回環境保全専門家会議で委員の了解を得て工事を進めているところで、同年9月17日から地下水のモニタリング調査を実施しながら、薬液注入工事の施工を開始した。

施工開始後、約半年を経過した時期となる平成31年2月6日に開催された第40回環境保全専門家会議で地下水のモニタリング状況の中間報告を行っており、今回、薬液注入工事の一次注入と二次注入、また、グラウンドアンカー施工に伴うモルタル注入の施工が完了したことから、地下水のモニタリング状況の報告と影響の有無について考察し、とりまとめたものである。

## 2-2 施工内容

### 2-2-1. 薬液注入工

#### (1) 薬液注入の施工について

立坑の掘削を行う際、立坑内の側壁（木矢板部）や底盤部から湧水の影響により工事障害が懸念されることや、隣接工区との土留め取合い欠損部が生じることから、開削時の出水による工事障害が予想された。

そのため、工事障害を事前に防止する目的として、薬液注入工による側壁（木矢板部）、土留め取合い部（図2-2-1、図2-2-3参照）、底盤部（図2-2-2、図2-2-4参照）の防護を薬液注入工により行った。

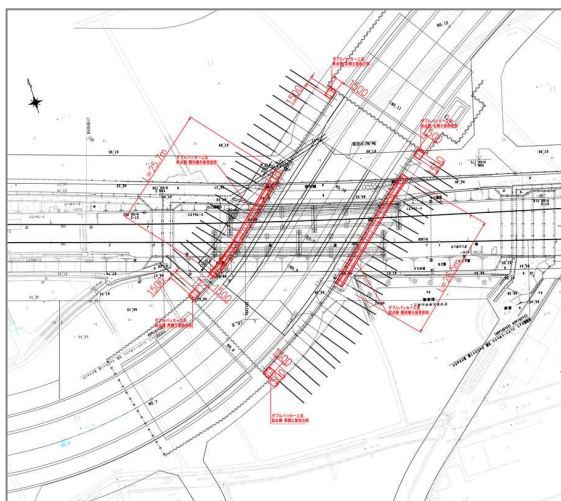


図 2-2-1 薬液注入平面図（側面）

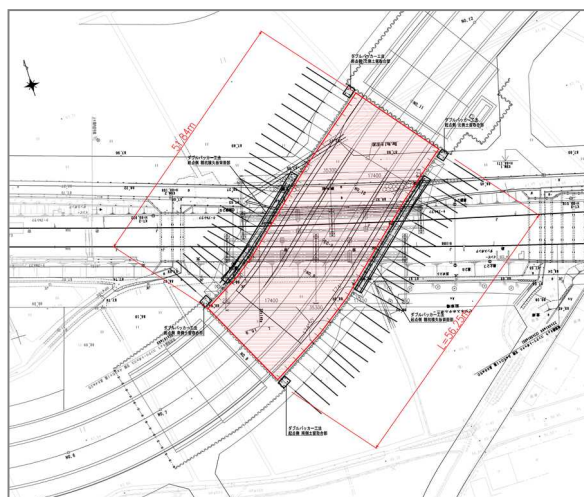


図 2-2-2 薬液注入平面図（底版）

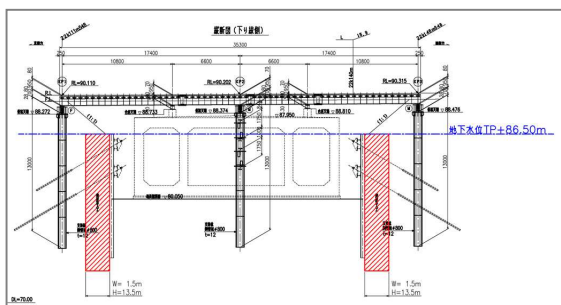


図 2-2-3 薬液注入断面図（側面）

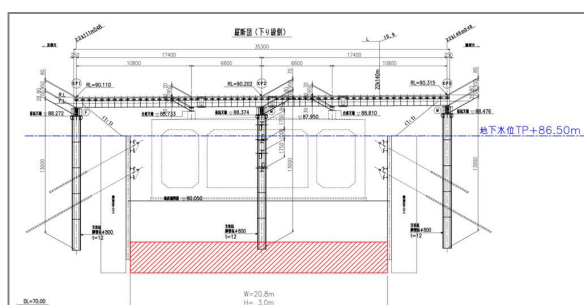


図 2-2-4 薬液注入断面図（底版）

## (2) 薬液注入の施工方法について

### 【二重管ダブルパッカー工法】

当該工事箇所においては、J R軌道敷及び近接での施工となることから、地盤変状等への影響が最も少なく、施工実績が豊富で、改良効果が高いダブルパッカー工法を採用した。

施工方法については、図 2-2-5 に示すようにケーシングにより削孔を行い、削孔完了後、注入用外管（塩ビ管）、上下パッカーを有する注入管（内管）を挿入し、1次注入として瞬結性の注入材により地盤の荒詰めを行う。1次注入が全て完了したら、長いゲルタイムの注入材により2次注入を行う。※注入材となる薬液の特性等の資料については、参考資料で別途添付。

### 二重管ダブルパッカー注入方式の施工順序

① 削孔	② シール注入	③ 外管挿入	④ ケーシングパイプ引き抜き	⑤ 1次注入	⑥ 2次注入
所定の深度まで削孔する。	シールグラウトを孔内へ充填する。	所定の深度まで外管を挿入する。	ケーシングパイプを全て引き抜く。	外管の中へパッカー付きの内管を挿入し、1次注入を行い地盤の均一化を図る。	1次注入完了後、溶液型注入材にて浸透改良を行う。

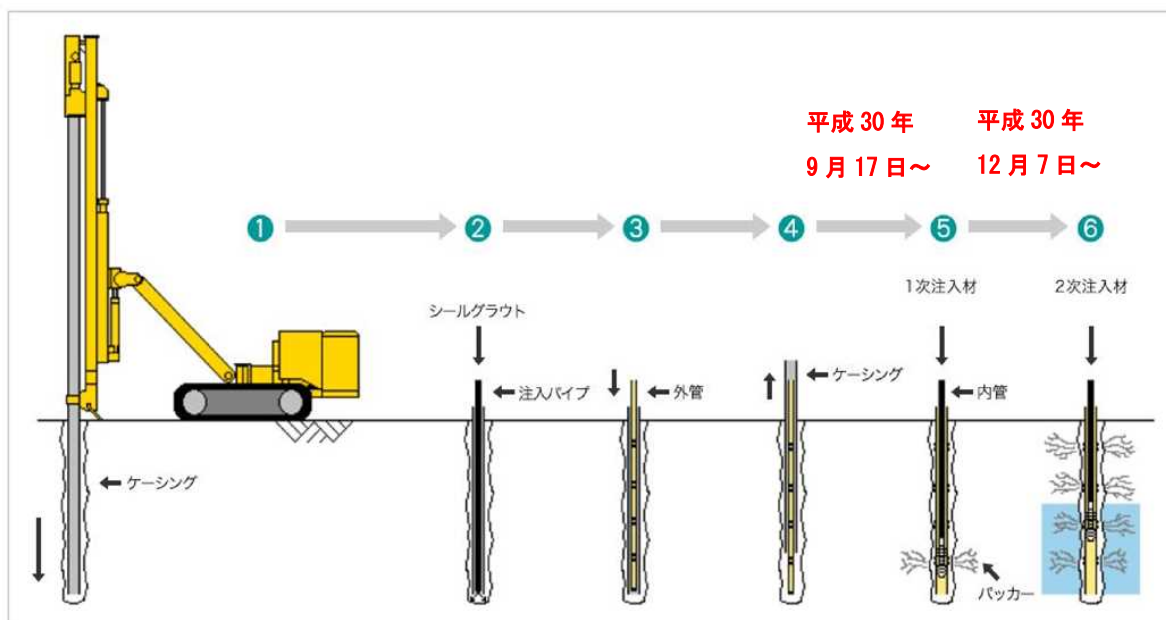


図 2-2-5 二重管ダブルパッカー注入方式の施工手順

### (3) 薬液注入材の性質について

シリカショットAについて（富士化学株式会社 カタログによる）

#### ◆特 徴

- ・主剤及び硬化剤共に本工法専用開発のため、品質・性能等のトータルバランスが優れています。
- ・反応性の高い特殊珪酸ソーダを使用し、溶液中のシリカを有効に反応させる為、固結体は高強度で長期耐久性に優れています。
- ・瞬結型は優れたパッカー効果を発揮し、固結物は中性領域のためアルカリの溶出は有りません。
- ・緩結型は低粘性で浸透性に優れています。
- ・地下水面下でも全量固結するため止水性に優れ、地下水のpHに影響しません。
- ・土中の塩分（海水等）、有機物の存在にかかわらず正常に固結します。
- ・材料は全て無機系の為、施工管理はpHのみで行えます。

#### ◆用 途

- ・上下水道、トンネル、地下鉄、共同溝工事などにおける地盤安定化、強化及び止水。

#### ◆性 状

材 料 名	外 観	比 重	臭 気	pH
シリカショット主剤	無色液体	1.31~1.33	なし	12
SSセッター	無色液体	1.45~1.75	軽い刺激臭	1以下

#### ◆標準配合量及び性能

材 料 名	瞬 結	緩 結
シリカショット主剤	85 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	75 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
SSセッター	*7~14 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	*7~14 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
水	残	残
計	400 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	400 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

\*地区によりSSセッターの濃度が異なるためSSセッターIIなど品番が付記されており、使用量が異なります。詳しくは地区別の配合マニュアルをご参考下さい。

pH	6.5~7.0	2.0~3.5
ホモゲルのゲルタイム (20℃)	5~20秒	10分以上
サンドゲル	一軸圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )	0.4~0.5
透水係数	豊浦標準砂(cm/sec)	k=1~2×10 <sup>-7</sup>

\*データは水道水を使用した室内での値です。使用水等により若干の差異はあります。

#### ◆安全性

シリカショットAは河川のヘドロ浚渫時の固結用途に開発された工法を薬液注入工事に転用した、水ガラスと無機酸を主成分とした完全無機物の薬液です。

主剤のシリカショット主剤(水ガラス)は薬液注入工事において国交省に指定されている材料(旧建設省の暫定指針)であり、主剤・硬化剤ともに有害物質を含んでいないことが分析により証明されております。

また、調合時に一旦水ガラスと反応させ活性化した珪酸ゾルにするため、希釈されても確実にゲル化する安全性の高い薬液となっております。

## 2-2-2 土留め工

### (1) 仮設土留め計画について

工事桁工法による開削工法で行った。

施工ヤードの関係から、掘削に伴い土留が必要となる。土留めの工法については、図 2-2-6 に示すとおり、線路直下部分は「H 鋼+木矢板+グラウンドアンカー」、その他の部分は「鋼矢板+グラウンドアンカー」で行った。

グラウンドアンカーは、土留の荷重を支えるために施工を行った。(図 2-2-7 参照)

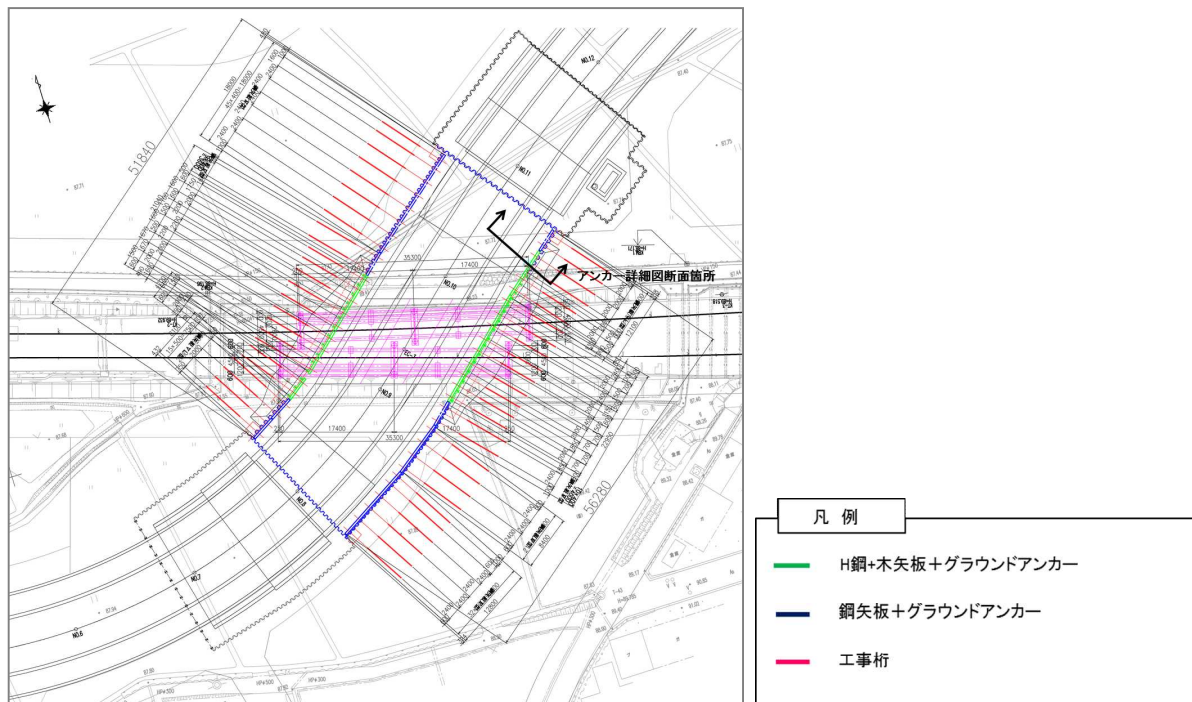


図 2-2-6 仮設土留め工計画平面図



写真 2-2-1 土留設置例

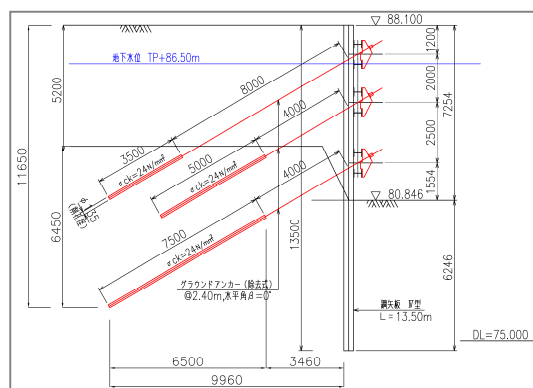


図 2-2-7 グラウンドアンカー詳細図

(2) グラウンドアンカーについて《主な作業工程について》

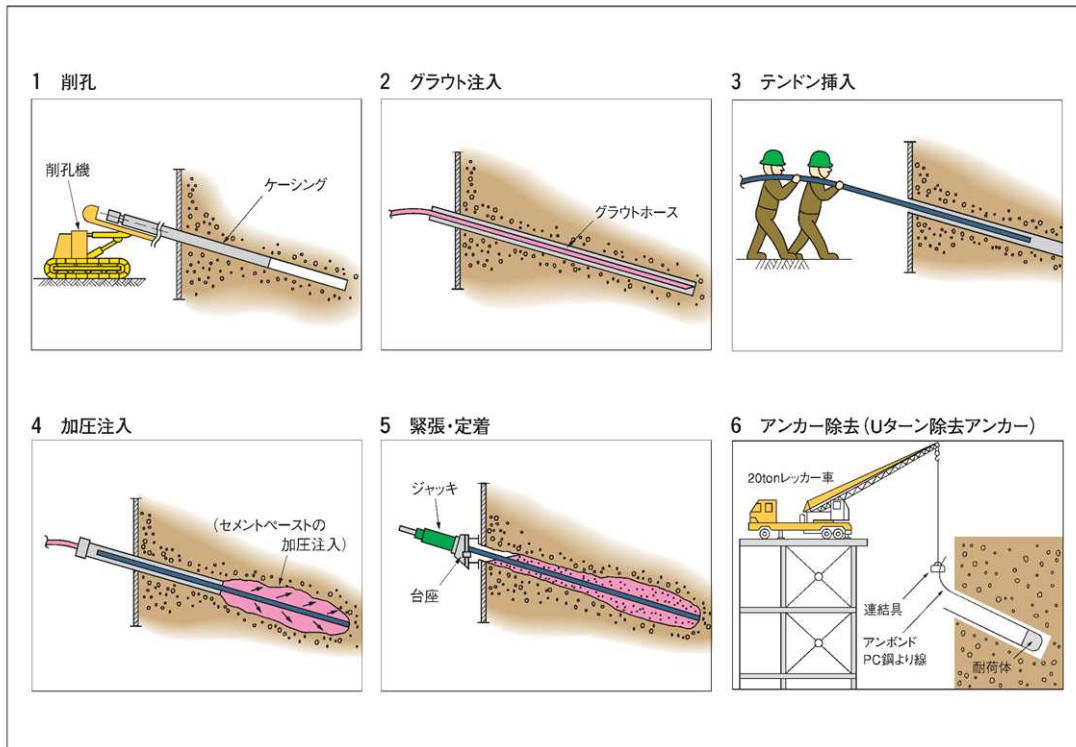


図 2-2-8 グラウンドアンカー作業工程図

### (3) グランドアンカーの注入材の選定について

#### 5.4.2 注入材料

(1) 注入材料は、セメントミルクを標準とし、圧縮強度は $\sigma_{28}=24\text{N}/\text{mm}^2$ 以上とする。

#### 【解 説】

##### (1) セメント

セメントは一般にJIS R 5210に規定する普通ポルトランドセメントを使用するが、早期硬化を必要とする場合は早強ポルトランドセメントを使用しても良い。

強酸性土壌、硫酸塩やその他の侵食性物質等を含む地盤、海水に接する場所等、グラウトの劣化が懸念される場合は、劣化作用に対して安定した材料を選定する。

##### (2) 配合例

配合例として表5.4.2に示す。

表5.4.2 配合例

ポルトランドセメント	W/C	混和材
重量配合比 1m <sup>3</sup> あたり配合 1230kg	45～55%	セメント量×混合比 C×0.2～6.0%

注)「グラウンドアンカー施工のための手引書 (社)日本アンカー協会」

##### (3) 混和材料

混和材料は、JISなどの規格および基準に適合したものを使用する。その選定にあたっては使用目的に適したものであることに加え、テンドンなどの腐食に対して有害となる塩化物、硫酸塩、硝酸塩などが含まれていないものが望ましい。

※今回の現場については、軌道敷内での工事で、特に土留めに対しては高い安全性を要求されることから、これまで JR 西日本で工事でも使用実績が多く、信頼性の高い注入材料を使用することとし、**日本アンカー協会の手引書でも標準としているセメントミルク**を使用した。

#### 《参考》

表 2-2-1 ベントナイトを主材料とする注入材の標準的な配合と新液の性状  
(杭基礎施工便覧：公益社団法人 日本道路協会)

配合性状		地 盤		シルト・粘土	砂 質	砂れき
		ベントナイト	%			
配 合	基 剤	ベントナイト	%	2～4	4～6	5～8
		CMC	%	0～0.1	0.05～0.1	0.05～0.2
		分散剤	%	0.1～0.2	0.1～0.2	0.1～0.2
	補 助 材	逸水防止剤	%	---	0～0.5	0～1
		変質防止剤	%	0～0.05	0～0.05	0～0.05
初 期 性 状	ファンネル粘性	秒	20～24	22～30	25～40	
	ろ過水量	mℓ	10～20	15以下	15以下	
	比 重	—	1.01～1.02	1.02～1.04	1.03～1.05	
	pH	—	9～10.5	9～10.5	9～10.5	



## 2-3 環境保全対策

### 2-3-1 地下水の観測計画

#### (1) 地下水水質観測概要

薬液注入施工に伴う地下水の管理は、図 2-3-1 に示す観測井戸の pH 値の測定により行った。

管理方法については、図 2-3-2 に示す水質管理フロー図のとおり一次、二次、三次管理により、pH の値が管理範囲内であることを確認しながら施工を進めた。

各管理における pH 値の観測については、一次管理（工事施工箇所付近）は JRNo.1～JRNo.8 の 8 カ所の観測井戸、二次管理は市No.1 の観測井戸、三次管理は府モニタリング調査孔とした。（図 2-3-1、図 2-3-3 参照）

また、図 2-3-3 に示すとおり、別途、工事施工箇所の約 40 m 上流側に、モニタリング時に管理値を超えた場合、その値が自然由来によるものであるかの有無を確認するための比較調査孔（JRNo.0）を設置した。

なお、万が一、一次、二次、三次管理において管理基準を超えた場合は、工事を一次中断し、WG 会議に報告し、必要に応じて専門家会議に報告し、その意見・評価・判断のもと、薬液注入の日当り施工量を削減するなど必要な対策を検討・実施することとした。



図 2-3-1 調査孔全体位置図

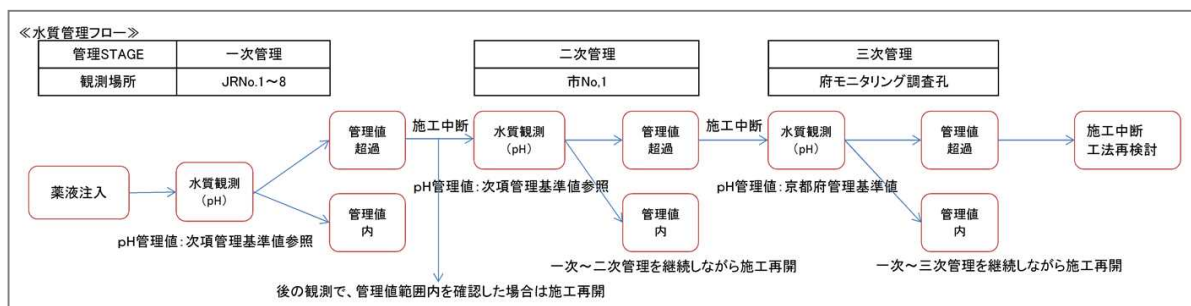


図 2-3-2 水質管理フロー図

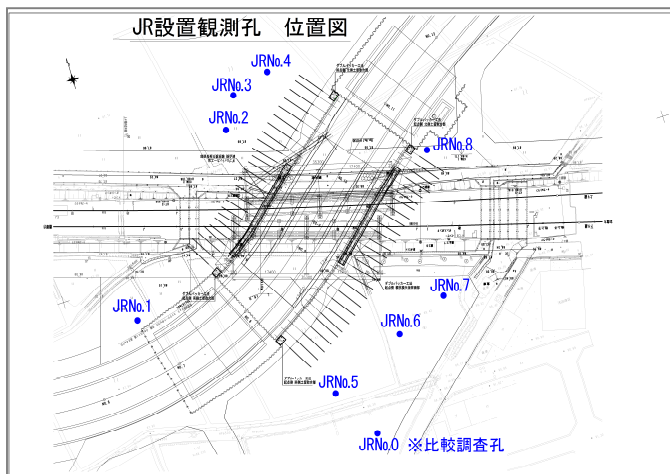


図 2-3-3 一次管理調査孔位置図

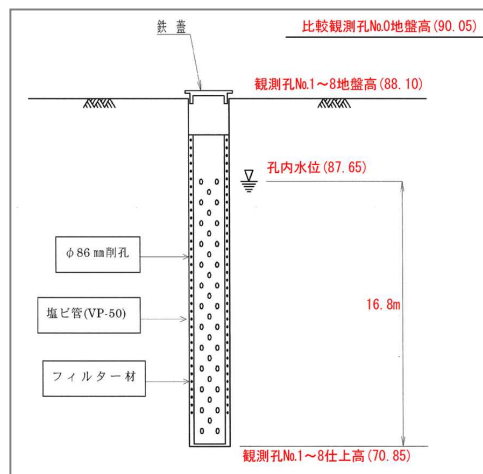


図 2-3-4 一次管理観測井詳細図

## (2) 地下水の水質観測方法

薬液注入による環境影響が懸念される工事を進める際に、地下水の影響を把握するために管理計画を定めた。

### 1. 管理基準値

本工事における地下水の水質 (pH) 管理は、一次、二次、三次とし、それぞれの管理基準値を下記のとおり定めた。

また、管理基準値を超過する結果が確認された場合は、図 2-3-2 の水質管理フロー図に則って管理範囲を拡大させることとした。

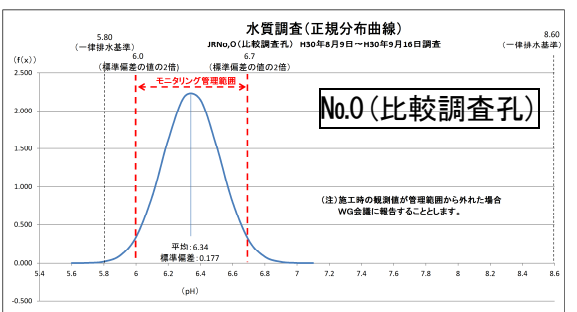
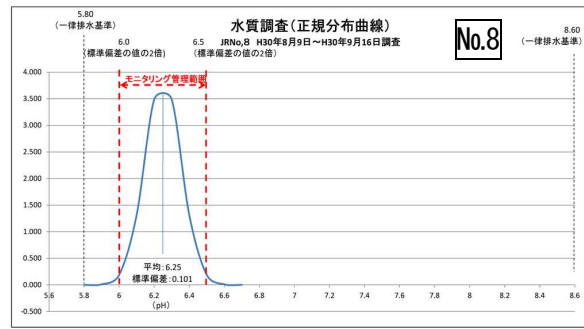
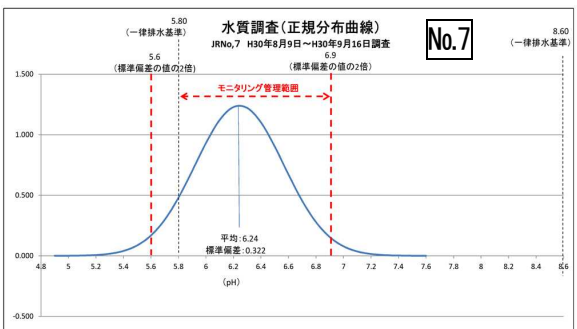
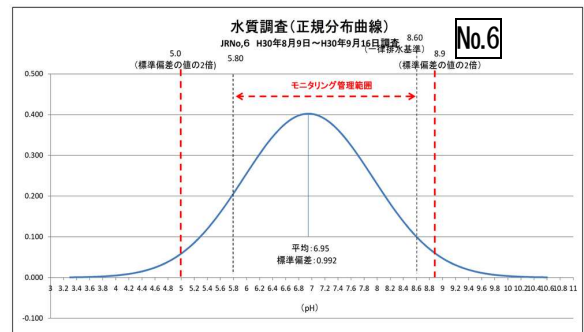
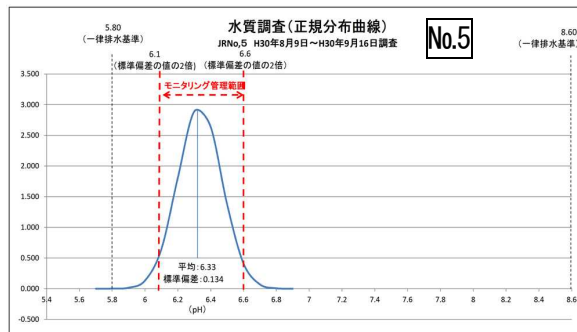
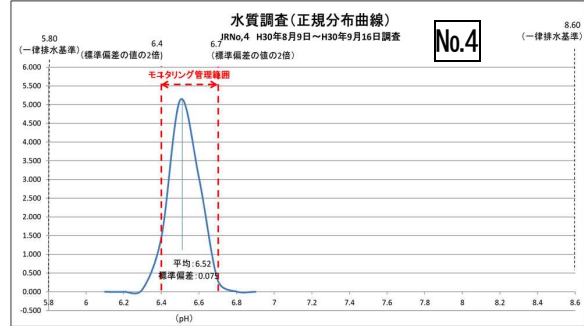
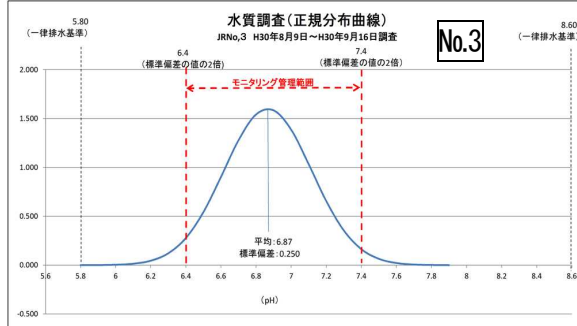
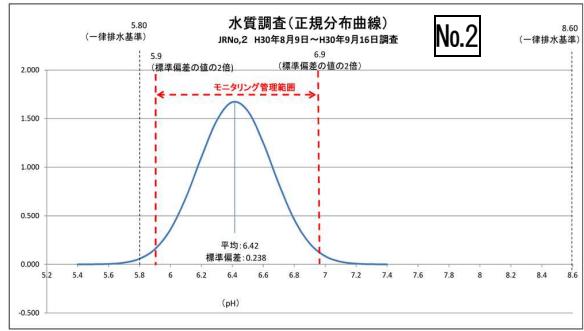
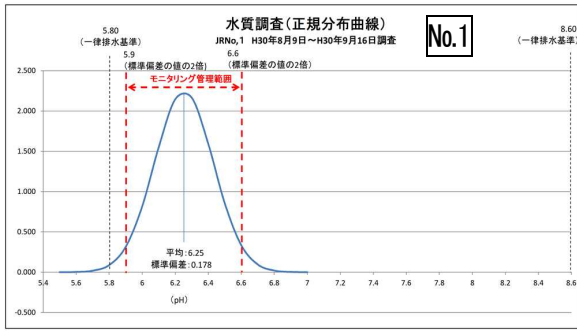
#### 【一次管理基準値】

管理項目	水素イオン濃度 (pH)			
観測井戸	JRNo.1	JRNo.2	JRNo.3	JRNo.4
管理基準値	5.9以上6.6以下	5.9以上6.9以下	6.4以上7.4以下	6.4以上6.7以下

管理項目	水素イオン濃度 (pH)			
観測井戸	JRNo.5	JRNo.6	JRNo.7	JRNo.8
管理基準値	6.1以上6.6以下	5.8以上8.6以下	5.8以上6.9以下	6.0以上6.5以下

(注) 管理基準値は、薬液注入工事着手前となる 8 月 9 日～9 月 16 日の間に観測した JRNo.1～No.8 の各々の観測値の標準偏差の 2 倍の値。

《薬液注入前地下水観測結果及び1次管理モニタリング管理範囲値の決定グラフ》

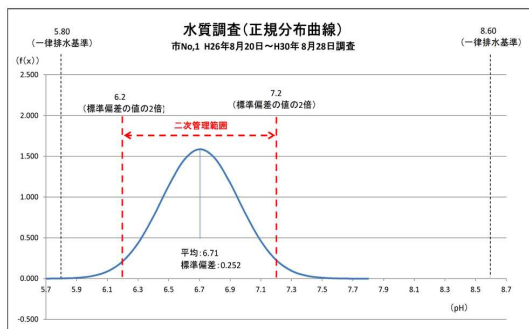


【二次管理基準値】

管理項目	水素イオン濃度 (pH)
観測井戸	市No.1
管理基準値	6.2以上 7.2以下

(注) 管理基準値は、平成 26 年 8 月 20 日～平成 30 年 8 月 28 日の間に観測した市No.1 の観測値の標準偏差の 2 倍の値。

《薬液注入前地下水観測結果及び 2 次管理モニタリング管理範囲値の決定グラフ》



【三次管理基準値】

管理項目	水素イオン濃度 (pH)
観測井戸	府モニタリング調査孔
管理基準値	京都府管理基準値

2. 計測頻度

「薬液注入工法による建設工事の施工に関する通達及び暫定指針（建設省）」に準じる。

- 1) 工事着手前となる 8 月 9 日～9 月 16 日までの間（自動計測（1 時間毎））
- 2) 工事中自動計測（1 時間毎）
- 3) 工事終了後
  - (イ) 2 週間を経過するまで毎日 1 回以上
  - (ロ) 2 週間経過後半年を経過するまでの間にあつては、月 3 回以上

3. 計測方法および日常管理

地下水の計測方法は以下により行っている。

水素イオン濃度 (pH) → デジタル pH メーター（自動計測）

計測時は日報を作成し、月ごとにまとめて監督員に報告を行う。

計測により異常値を確認した場合は、監督員に報告を行う。

薬液注入工法による建設工事の施工に関する暫定指針

昭和 49 年 7 月 10 日  
建設省

第 4 章 地下水等の水質の監視

4-1 地下水等の水質の監視

- (1) 事業主体は、薬液の注入による地下水及び公共用水域等の水質の汚濁を防止するため、薬液注入箇所周辺の地下水及び公共用水域等の水質の汚濁の状況を監視しなければならない。
- (2) 水質の監視は、4-2 に掲げる地点で採水し、別表一 1 に掲げる検査項目について同表に掲げる検査方法により検査を行い、その測定値が同表に掲げる水質基準に適合しているか否かを判定することにより行うものとする。
- (3) (2) の検査は、公的機関又はこれと同等の能力及び信用を有する機関において行うものとする。

4-2 採水地点

採水地点は、次の各号に掲げるところにより選定するものとする。

- (1) 地下水については、薬液注入箇所及びその周辺の地域の地形及び地盤の状況、地下水の流向等に応じ、監視の目的を達成するため必要な箇所について選定するものとする。この場合において、注入箇所からおおむね 10 メートル以内に少なくとも数箇所の採水地点を設けなければならない。

4-3 採水回数

採水回数は、次の各号に定めるところによるものとする。

- (1) 工事着手前 1 回
- (2) 工事中 毎日 1 回以上
- (3) 工事終了後
  - (イ) 2 週間を経過するまで毎日 1 回以上(当該地域における地下水の状況に著しい変化がないと認められる場合で、調査回数を減じて監視の目的が十分に達成されると判断されるときは、週 1 回以上)
  - (ロ) 2 週間経過後半年を経過するまでの間にあたっては、月 2 回以上

4-4 監視の結果構すべき措置

監視の結果、水質の測定値が別表一 1 に掲げる水質基準に適合していない場合又は、そのおそれのある場合には、直ちに工事を中止し、必要な措置をとらなければならない。

別表一 水質基準

薬液の種類	検査項目	検査方法(※)	水質基準
水ガラス系	有機物を含まないもの	水質基準に関する省令(昭和 41 年厚生省令第 11 号。以下「厚生省令」という。)又は日本工業規格 K 0102 の 8 に定める方法	pH 値 8.6 以下(工事直前の測定値が 8.6 を超えるときは、当該測定値以下)であること。
	有機物を含むもの	同上	同上
	過マンガン酸カリウム消費量	厚生省令に定める方法	10ppm 以下(工事直前の測定値が 10ppm を超えるときは、当該測定値以下)であること。

※注) 現在は昭和 53 年厚生省令第 56 号と読み替える。

(3) デジタル pH メーターについて  
 ≪東亜ディーケー株式会社製≫

SPECIFICATION SHEET



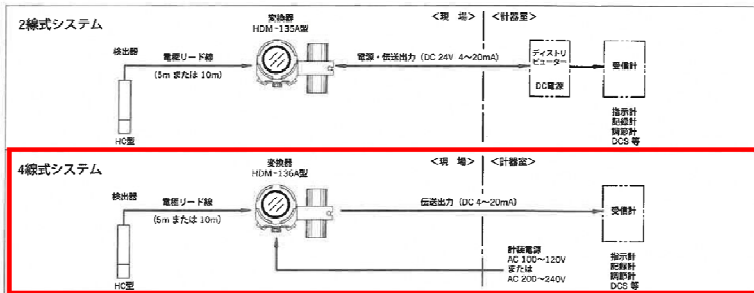
pH計変換器

HDM-135A型 (2線式)  
 HDM-136A型 (4線式)

小型堅牢なアルミ製ケースのシンプル機能・簡単操作の現場設置型pH計変換器(発信器)です。  
 2線式(DC 24V電源)と4線式(ACフリー電源)があり、伝送出力DC 4~20mAを発信します。  
 組合せ検出器(電極)の詳細につきましては、別冊のpH/ORP計検出器スペックシートをご参照ください。



構成図



標準仕様

製品名	pH計変換器	
型名	HDM-135A (2線式)	HDM-136A (4線式)
計量法型式承認番号	第SS021号	
測定範囲	pH -1.00~14.00 ※ (mV : -600~+600mV 温度: 0~100℃ 表示のみで、伝送出力はなし)	
表示方式	液晶デジタル表示	
最小表示	pH: 0.01, mV: 0.1, 温度: 0.1	
性能直線性	±0.03pH以内 (等価入力において)	
検出精度(検出率)	±0.02pH以内 (等価入力において)	
伝送出力	DC 4~20mA 絶縁型 抵抗負荷 650Ω以下	
伝送出力範囲	0.1pH単位の2pH幅以上を-1~14pHの範囲で任意設定可	
電源	DC 24V ±10%	AC 90~132V または AC 180~264V 50/60Hz (オプション)
消費電力	0.6VA以下	約3VA
周囲温・湿度	-20~55℃, 98% (RH) 以下 (ただし結露しないこと)	
構造	屋外設置, IP55 (防じん形, 防液形)	
外形寸法	118(W) × 129(H) × 178(D) mm	
取付方法	50Aパイプ取付	
質量	約3.5kg	
配線口	G 3/4 (PF 3/4 F) 3ヶ所	
材質	アルミニウム合金鋳物	
本体	樹脂	
取付金具	SUS 304	
塗装	メタリックシルバーおよびブルー	

※ 計量法検定対象品の測定範囲はpH0~14 または pH2~12 (出荷後変更不可)

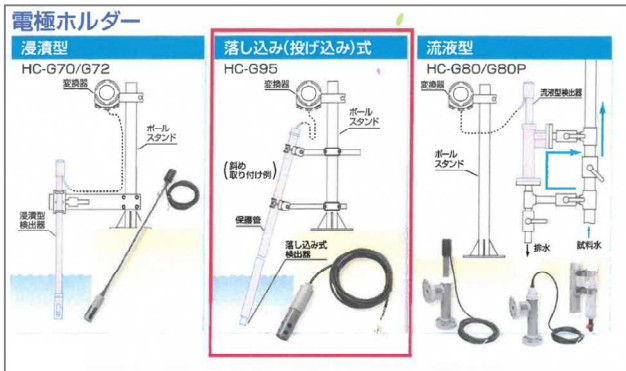


写真 2-3-1 デジタル pH メーター—現地設置状況

(4) デジタル pH メーターの点検について

デジタル pH メーターについては、月に 1 回点検を行い、必要があれば機器校正を行った。

《点検方法》

手動（ポータブル）の pH 測定器および自動計測の pH 測定器それぞれを、バケツ内の水を測定し、誤差が 0.2 以下の場合は OK とし、それ以上の場合は、pH 測定器を校正しなおすものとした。

(写真 2-3-2 参照)

なお、各調査孔を点検する前に、手動の pH 測定器については、写真 2-3-3 のとおり、標準液 (pH6.86 (25°C)) で pH の値を確認し校正してから行っている。



<b>測点 1</b>
<b>状況写真</b>
PH測定器
点検状況
(バケツ内水測定)

写真 2-3-2 pH 測定器点検状況



<b>ポータブル測定器</b>
<b>状況写真</b>
標準液 6.86 (25°C)
ポータブル測定器 : 6.82
差 : 0.04

写真 2-3-3 ポータブル測定器点検状況

## 2-3-2 工事の施工について

### (1) 全体工程について（次ページ工程表参照）

JRアンダーパス工事については、工事桁の設置工事を平成29年9月から着手し、平成30年4月に完了している。

5月から仮設土留め工となる鋼矢板の打設作業を開始し、7月上旬に完了したことから、1次掘削を開始し、7月下旬に完了した。

一次掘削の完了に伴い、桁下部に高さ2mの空間が確保出来たことから、桁下部の土留めとなるH型鋼の打設作業を8月上旬から行い、9月中旬に完了した。

この間、薬液注入作業開始前の地下水状況を確認するための事前調査を8月9日から9月16日まで行った。

土留め工が完成したことから、地下水のモニタリングを行いながら、9月17日から12月6日の間に底盤及び側壁部の薬液注入の一次注入作業、12月7日から平成31年3月2日の間に二次注入作業を行った。

薬液注入作業が完了したことから、速やかに2次掘削を開始し、グラウンドアンカーを設置しながら地盤を掘り下げ、7月30日に掘削を完了した。この間平成31年3月12日から6月30日の間にモルタル注入作業を随時行っている。

7月30日に掘削が完了したことから、8月1日からBOXカルバートの躯体工事に着手している。

### ○地下水のモニタリング状況

- ・事前調査：平成30年 8月 9日～平成30年 9月16日  
(薬液注入)
- ・一次注入：平成30年 9月17日～平成30年12月 6日
- ・二次注入：平成30年12月 7日～平成31年 3月 2日  
(グラウンドアンカー)
- ・モルタル注入：平成31年 3月12日～平成31年 6月30日



工種	平成29年												平成30年												平成31年												平成32年		
	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3							
工事	[Blank]																																						
仮土留工	[Blank]																																						
鋼矢板(線路下)以下以外)	[Blank]																																						
仮土留工	[Blank]																																						
H型鋼(線路下直下)	[Blank]																																						
グラウンドアンカー設置	[Blank]																																						
薬液注入工(欠板側部他)	[Blank]																																						
前孔	[Blank]																																						
薬液注入(1次)	[Blank]																																						
薬液注入(2次)	[Blank]																																						
薬液注入工(底盤部)	[Blank]																																						
前孔	[Blank]																																						
薬液注入(1次)	[Blank]																																						
薬液注入(2次)	[Blank]																																						
掘削・埋戻し	[Blank]																																						
地下水モニタリング	[Blank]																																						
B2ボックス築造工	[Blank]																																						
1基	[Blank]																																						
B3ボックス築造工	[Blank]																																						
1基	[Blank]																																						
B4ボックス築造工	[Blank]																																						
1基	[Blank]																																						

### 2-3-3 薬液注入工事の施工状況について

薬液注入工事については、下記の順番で、平成30年9月17日から一次注入、平成30年12月7日から二次注入を行った。日々の施工箇所については、図2-3-5及び図2-3-6に示す。  
※拡大図は、参考資料で別途添付。

#### 《一次注入》

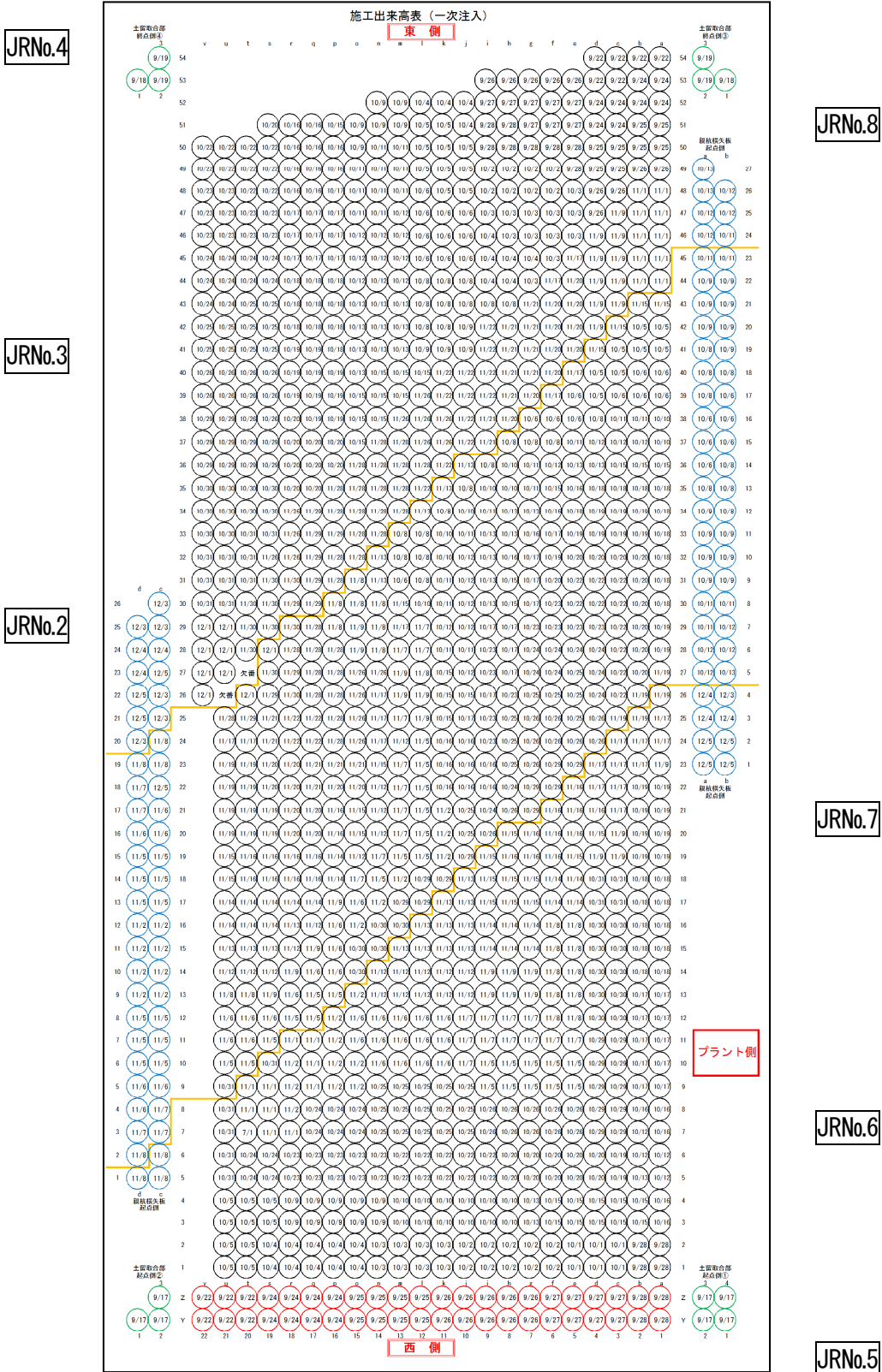


図 2-3-5 一次注入作業日位置図

# 《二次注入》

JRNo.4

JRNo.8

JRNo.3

JRNo.2

JRNo.7

JRNo.6

JRNo.5

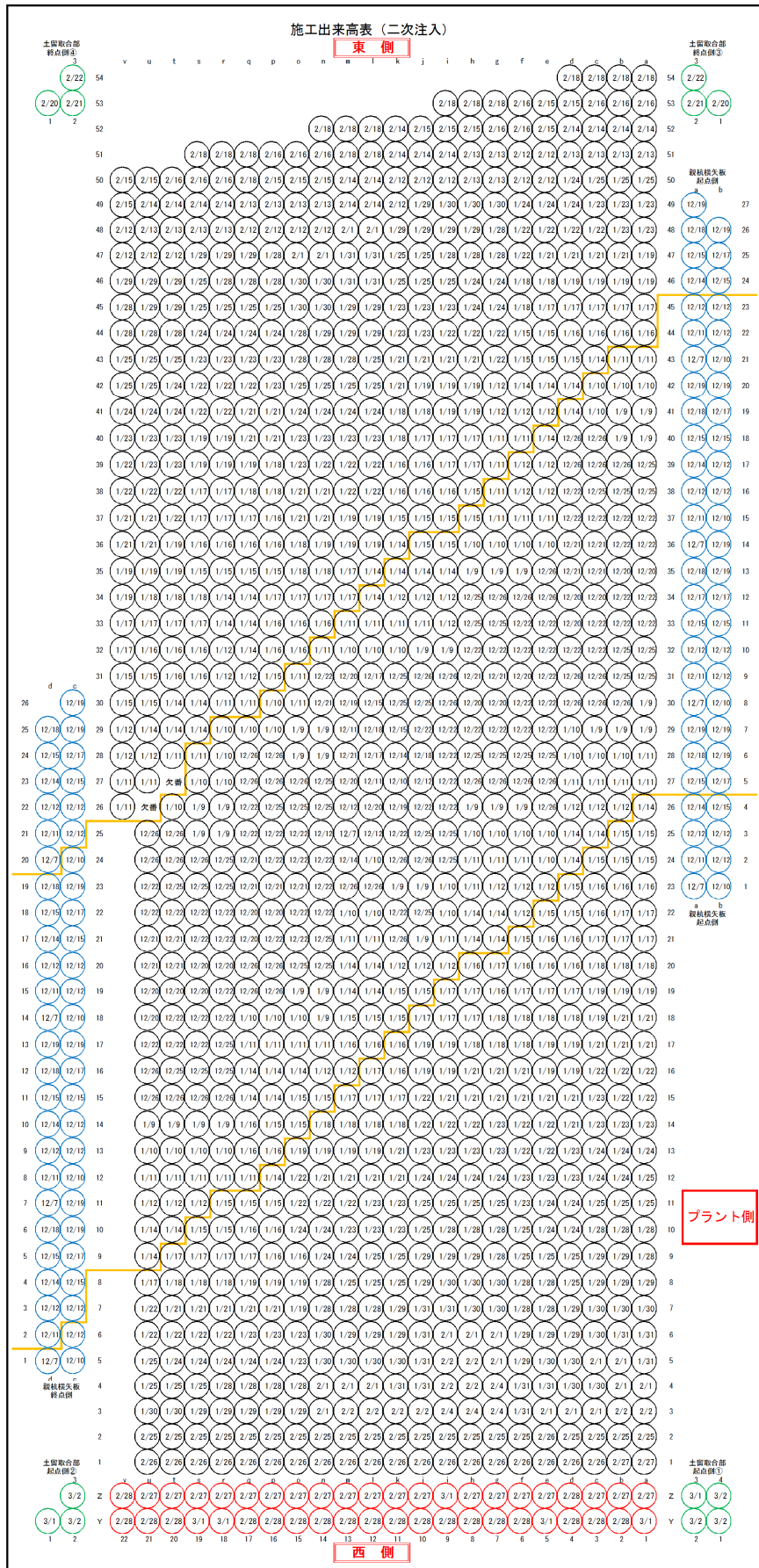


图 2-3-6 二次注入作業日位置図

(1) 施工の状況（写真撮影方向は、図 2-3-7 参照）



《外管挿入施工中》  
平成 30 年 9 月 30 日撮影  
**写一1**



《外管挿入完了》  
平成 30 年 10 月 15 日撮影  
**写一2**



《1次注入施工中》  
平成 30 年 10 月 15 日撮影  
**写一3**

○写真撮影位置図

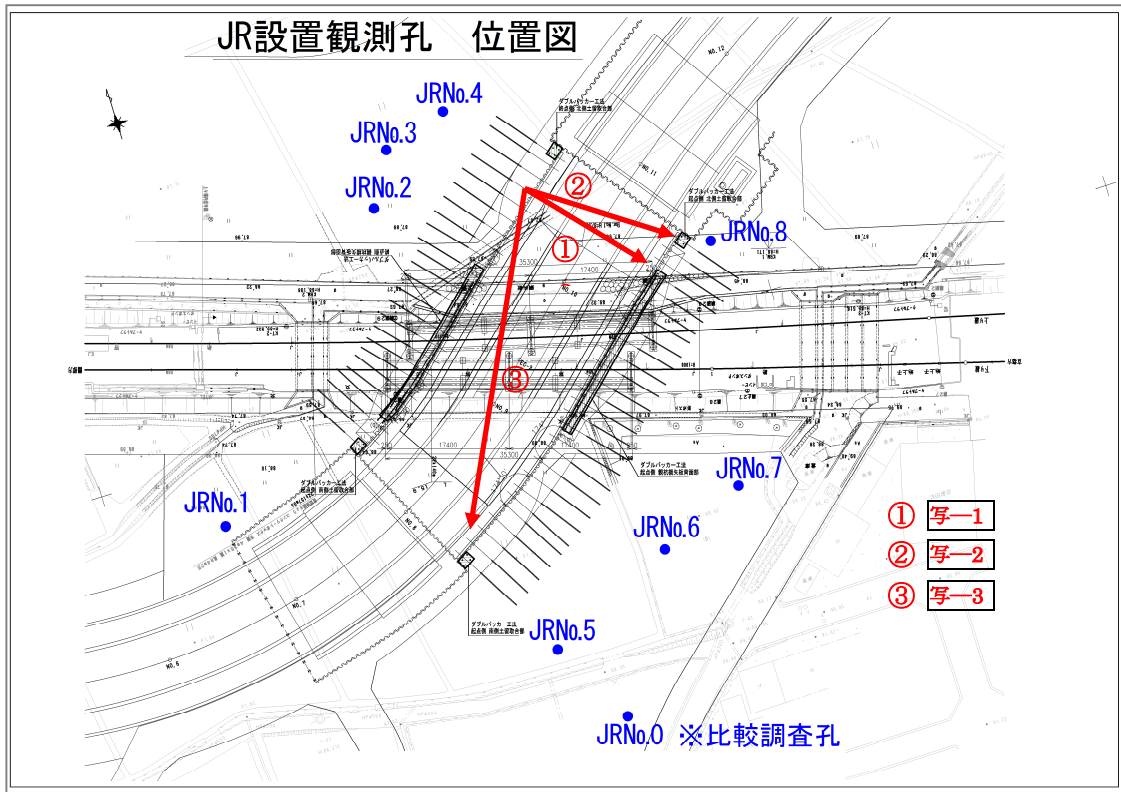


図 2-3-7 写真撮影位置図