

# 灘五郷の酒造に使用する名水『宮水』流域での地下掘削工事の施工報告

The report on the excavation work in the area of Miyamizu, famous for its water used for Sake produced by a local brewery, Nada-gogo

上月 浩一\*      仲野 晋介\*  
Koichi Jogetsu      Shinsuke Nakano

## 要 約

(仮称)西宮北口計画新築工事(以下、本工事)は、『宮水』流域の上流部となる阪急電鉄西宮北口駅南側での地下工事を有する民間共同住宅の施工であった。

『宮水』は六甲山から流下している浅層地下水であり、日本一の日本酒主産地である灘五郷の酒造に欠かせない名水として知られている。多くの酒造メーカーが使用しており、『宮水』流域での地下工事では宮水の水量・水質を保全する計画、検討および地下水の状況を確認しながらの施工が必要とされる。

また、現場近傍の施工実績においては、芸術文化センター(大成建設(株)施工)の地下7.5mが最深であり、この地域では前例のない地下9.4mの計画であった。

本施工報告では、『宮水』流域での地下水保護というテーマのもと、山留・揚水・地下水流動阻害防止の工法選定の検討や施工結果について報告する。

## 目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 工事概要
- § 3. 山留工事施工計画
- § 4. 施工結果
- § 5. おわりに

### § 1. はじめに

兵庫県神戸市東部から西宮市の臨海部には灘五郷と呼ばれる日本酒の酒造地帯が存在している。これは、良質な酒造用地下水が分布していることに由来し、生産された日本酒は灘の生一本といわれ好評を博している。特に、西宮市に産出する地下水は西宮の水『宮水』と称され、酒造業者にとって欠かせない存在となっている。

本工事の施工場所は、この『宮水』流域の上流部にあたる阪急電鉄西宮北口駅の南側に位置している。

(図-1 参照)

本報告は、『宮水』流域での地下水保護というテーマのもと、山留・揚水・地下水流動阻害防止の工法選定の検討や施工結果について報告するものである。

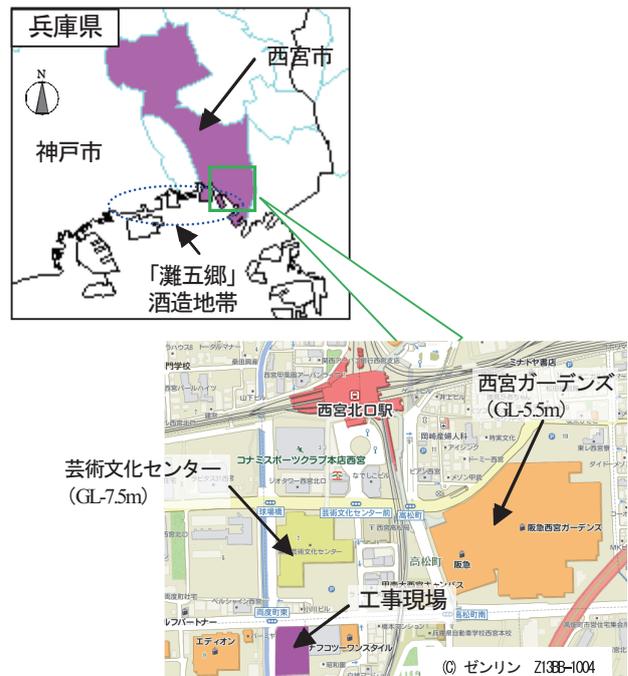


図-1 現場周辺地図

\* 西日本(支)西宮北口(出)

§2. 工事概要

2-1 建物概要

工事件名：(仮称) 西宮北口計画新築工事  
 工事場所：兵庫県西宮市芦原町 107-2  
 発注者：東急不動産株式会社 関西支店  
 設計者：浅井謙建築研究所株式会社  
 工期：平成23年6月7日～平成24年9月21日  
 建築物 敷地面積：4,285.40 m<sup>2</sup>  
 建築面積：2,484.64 m<sup>2</sup>  
 延床面積：14,291.40 m<sup>2</sup>  
 軒 高：29.44 m  
 構造種別：RC 造 (一部 S 造)  
 階 数：地上 10 階/地下 B1 階  
 建物用途：共同住宅 (128 戸), 物販店舗

2-2 工事の課題およびその背景

西宮北口駅から西宮港にかけての地層は、主に六甲山系からの堆積層と武庫川の氾濫による堆積物で形成されている。上部の沖積層(宮水帯水層)と、難透水層に被圧されている低位置段丘層(伊丹礫層)の2つの帯水層を含んでいる。西宮北口駅北東部付近はこれらの帯水層の分岐点に該当し、本工事は両帯水層に影響を及ぼすおそれがある場所となっている。宮水には、戎伏流、札場筋伏流、法安寺伏流と呼ばれる3つの伏流があり、微妙なバランスでブレンドされることで酒造に理想的な水質を保っているため、いずれか1つの伏流に異常があっても水量、水質に影響がある。(図-2, 3 参照)

また、現場近傍においては、芸術文化センターのGL-7.5 m、西宮ガーデンズのGL-5.5 m (いずれも大成建設(株)施工)が最深であり、この地域では前例のない地下9.4 mの計画であった。(図-1 参照)

本工事の建物は3棟で構成され、南棟の地下駐車場部分が最も深くなっている。この南棟が宮水の流れと直交しており、宮水の流れを阻害するおそれのある配置となっている。(図-4, 5 参照)

兵庫県西宮市では、阪急電鉄神戸本線以南における工事について、宮水委員会との協議が着工の条件とされている。本工事はその要件に該当したため、建物形状、施工方法、地下の深さ、水を汚さない方策等の資料をもとに宮水委員会との協議を行った。宮水委員会からは『宮水』の保全のため、地下水位および水質に影響を及ぼさないよう配慮して施工することを求められた。

以下に、宮水委員会との協議事項をまとめる。

- ①設計ボーリングデータでは、水位についての記述もなく情報不足であり、追加ボーリングを行い宮水層を把握すること。
- ②工事期間中は、水位・水質の変化の有無を確認するために観測井戸を設置すること。



図-2 『宮水』流域図

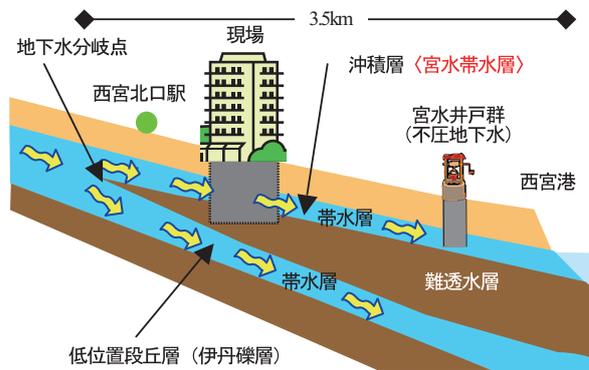


図-3 『宮水』流域地層断面模式図

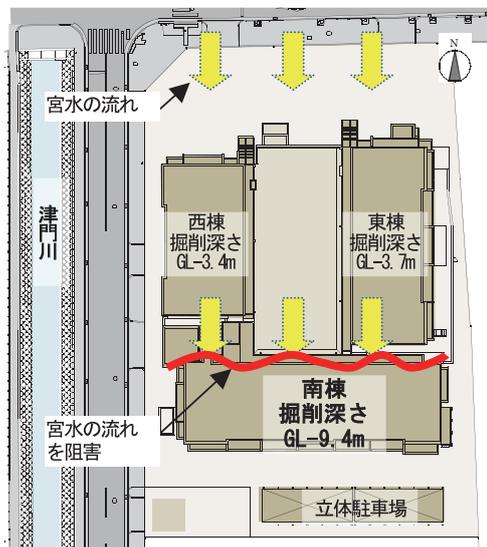


図-4 建物配置図

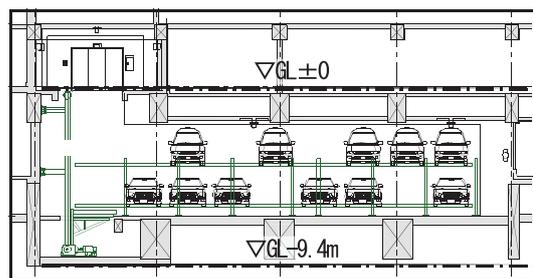


図-5 南棟駐車場断面図

- ③山留については、以下の内容を検討すること。
  - ・セメントミルクの対策ができないSMWは、不可
  - ・薬液注入は、地下水汚染対策を実施すること
  - ・シートパイルの場合は、地下工事完了後引き抜くこと
- ④ディープウェルは基本的に使用しない計画とする。  
 使用する場合は、周囲の水位低下を防ぐため、揚水量を4,000 m<sup>3</sup>/日を目標とし、最低でも近隣実績（芸術文化センター）である7,000 m<sup>3</sup>/日以下とすること。  
 また、酒造期間にあたる10月から3月の揚水を控えること。
- ⑤地下構造物により宮水の流れを遮断することが懸念されるため、地下水流動阻害対策を検討すること。

### §3. 山留工事施工計画

#### 3-1 当初計画

当初の山留計画は、以下の通りであった。

基礎、地下躯体部分および立体駐車場部分の山留工法はシートパイルを使用し、地下水位を下げるための揚水は行わない。（図-6 参照）

掘削最大深度は、各棟以下の通りであった。

- ・南棟地下部 GL-9.4 m
- ・東棟地下部 GL-3.7 m
- ・西棟地下部 GL-3.4 m
- ・立体駐車場部 GL-4.95 m

現場内で3箇所を追加ボーリング調査、透水係数の測定により、宮水委員会からの要求事項である宮水帯水層、第2、第3帯水層および難透水層を把握した。設計ボーリングとの相違点を考慮すると、盤ぶくれの対策が必要であることも分かった。

これにより以下の点に留意し、南棟の山留工事の計画を行った。

- ①施工時の揚水量を可能な限り少なくし、周辺地盤の水位低下の影響をなくす。特に、水位低下に伴う宮水の塩害化が近年懸念されており、十分な配慮をする。
- ②第2、第3帯水層からの揚水に伴い、宮水帯水層から地下水の引き込みが懸念されるため、宮水井戸群における宮水の貯留量の減少を可能な限り抑える。

#### 3-2 検討案1

##### 【シートパイル (24 m) +ディープウェル】

盤ぶくれの検討の結果、第3帯水層の被圧水の減圧が必要であったため、その揚水量を減らす検討を行った。シートパイルにてGL-15.2 m~23.0 mの第3帯水層を遮水することで、排水量を少なくし、また、GL-23 m以深からの浸透水を対象とすることで、宮水の水位低下への影響をほぼなくす計画とした。

しかし、シートパイルの工事費が多額となることと、GL-15 m以深が礫層であるため施工が困難であると予想されたため、不採用とした。

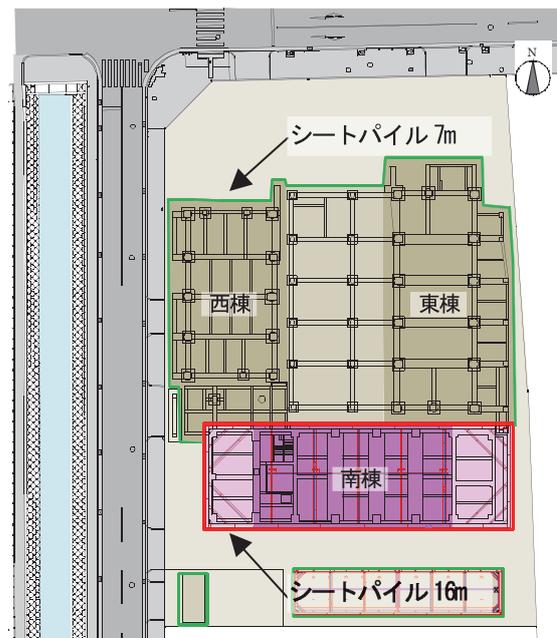


図-6 山留計画図



図-7 追加ボーリング結果

#### 3-3 検討案2

##### 【シートパイル+薬液注入】

次に、シートパイルと薬液注入を併用し、第3帯水層を薬液注入で遮断する検討を行った。しかし、地下水の流れが強く、シートパイル遮断区域外での薬液注入の施工が困難であることが予想された。また、薬液注入の地下水汚染対策が実施できないため、不採用とした。

#### 3-4 検討案3

##### 【シートパイル (14 m) +ディープウェル】

次に、比較的施工が容易であるシートパイル14 mで検討を行った。しかし、掘削深さ9.4 mで揚水量13,770 m<sup>3</sup>/日 (9.56 m<sup>3</sup>/min) となり、宮水委員会に求められている7,000 m<sup>3</sup>/日以下をクリアできなかった。また、現場から放流先までの既存の雨水排水管が300 φであり動水勾配を1/100で考慮した場合約7 m<sup>3</sup>/min (10,080 m<sup>3</sup>/日)の排水容量しかなく放流ができない揚水量であった。

そこで、計画揚水量を7,000 m<sup>3</sup>/日まで削減する検討を行った。

表-1に検討案のまとめを示す。

表一 検討結果まとめ

	検討案1	検討案2	検討案3
山留工法概要	シートパイル 24m+ディープウェル	シートパイル+薬液注入	シートパイル 14m+ディープウェル
盤ぶくれ対策	シートパイルにて被圧帯水層を遮水+GL-23 m 以深からの浸透水を揚水 (排水量は少ない)	薬液注入にて被圧帯水層を遮水	ディープウェルにて被圧帯水層を減圧 (排水量は多い)
問題点	シートパイルの施工費が多額 GL-15m 以深が礫層であるため、施工が困難	地下水の流れが強く、薬液注入の施工が困難 薬液注入の地下水汚染対策が実施できない	揚水量が 13,770 m <sup>3</sup> /日と多く、宮水水位低下防止のため、7,000 m <sup>3</sup> /日以下としなければならない

3-5 掘削深さ変更の検討

計画揚水量を削減するため、掘削深さを変更する検討を行った。掘削深さを1m浅くすることで、揚水量が7,000 m<sup>3</sup>/日以下にすることが可能であると分かった。また、既存雨水排水管の排水量もクリアすることが分かった。(図-8 参照)

3-6 構造変更による掘削深さの変更

次に、構造変更により掘削深さを浅くするための検討を行った。掘削深さを浅くするためには、基礎底と駐車場ピットレベルの両方を上げる必要があった。施主・設計者と協議し、①対象車両の見直し、②地中梁せいの変更、③ターンテーブル設置場所の見直しを行った。

その結果、①ハイルーフ車対応から普通車対応へ変更、②地中梁を扁平させ構造的に梁底を上げる、③ターンテーブルを外部に設置することができ、掘削深さが1m浅くなり、GL-8.4 mとなった。(図-9 参照)

以上の検討の結果、掘削前に揚水試験を行うことを条件に宮水委員会に工事着工の了承を得た。

しかし、酒造期間(10月~3月)中の揚水停止は工程上困難であった。その上、計画変更申請により、1.5カ月の遅延が生じたため、更なる工期短縮が必要となった。

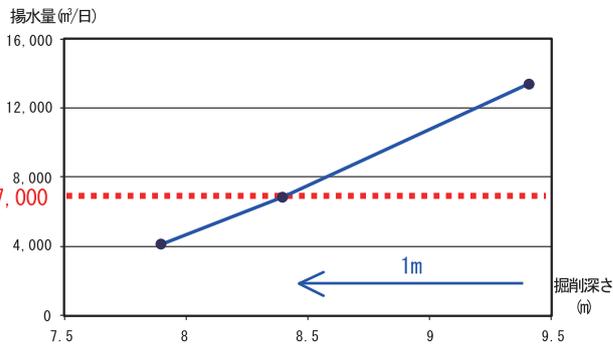
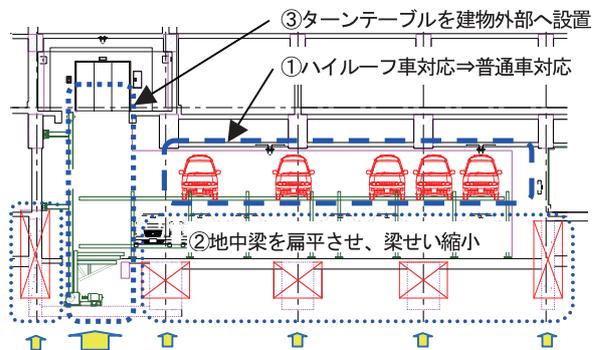


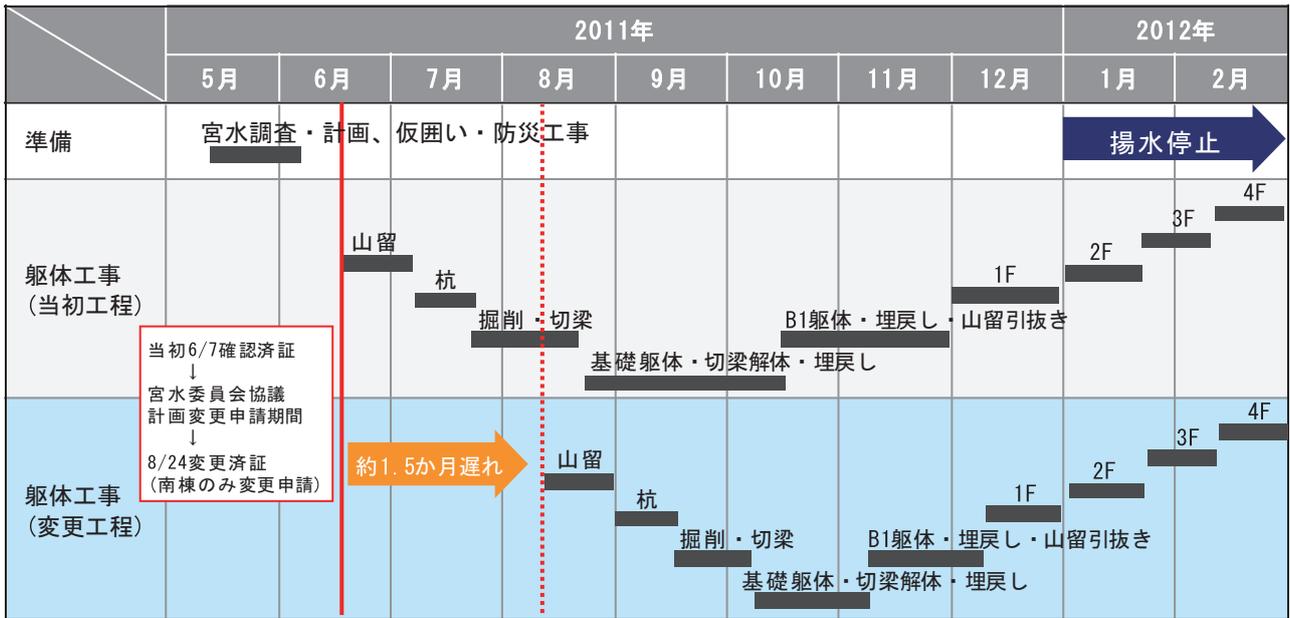
図-8 掘削深さと計画揚水量の関係



	①	②	③
基礎底	0.5m	0.5m	—
駐車場ピット	0.5m	—	0.5m

①+②+③により 1.0m up

図-9 構造変更内容



図一10 工程比較

§4. 施工結果

4-1 基礎、地下躯体工事における宮水対策

(1) 工程

掘削深さを1m浅くし、GL-8.4mとした結果、計画変更申請による遅延を挽回するために工期を1.5カ月短縮する必要があったが、地下工事のラップ作業等により工期を短縮した。

また、宮水委員会からの要求である酒造期間(10月～3月)中の揚水を停止する問題は、12月末で停止することで宮水委員会との協議により合意した。

しかし、躯体の浮き上がりを考慮すると2階までの躯体重量が必要であり、工程的に間に合わないため、地下ピット内に800m<sup>3</sup>の水を溜めて不足分の重量を確保したのち、12月末に揚水を停止した。(図一10参照)

(2) 揚水量・水質

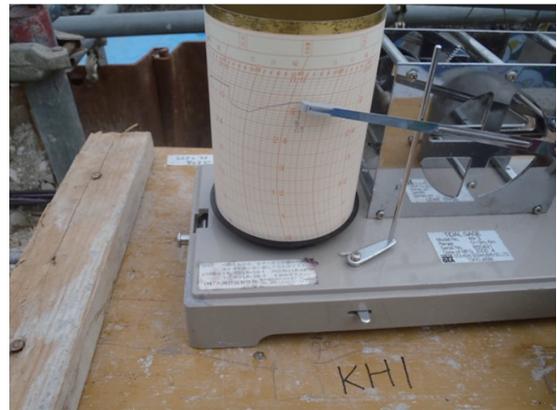
掘削前の揚水試験を実施し、透水係数、必要低下水位を測定した。その結果、揚水量が3,700m<sup>3</sup>/日であることを確認した。また、実施工において、平均で4,000m<sup>3</sup>/日程度の揚水量であったため、宮水への影響を最低限に抑え施工することができた。

水位については、追加ボーリング孔3箇所を観測井戸として使用し、フロート式自記水位計を用いて水頭レベルの変位を確認した。(写真一1参照)

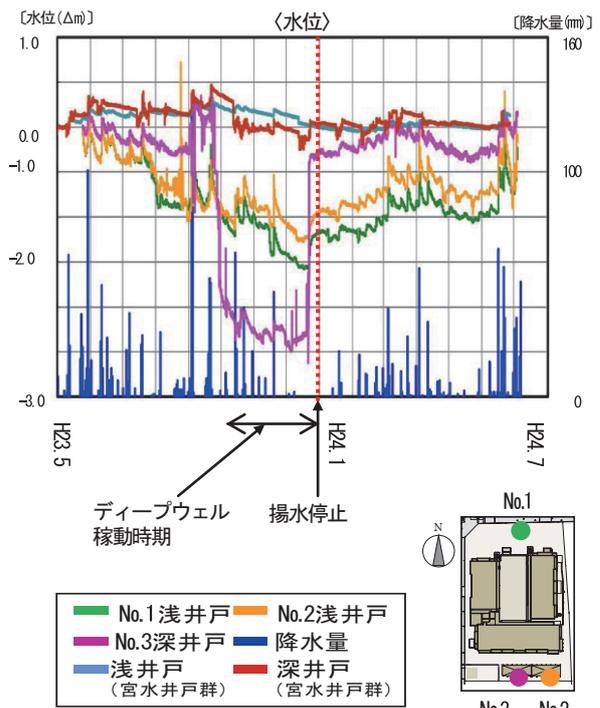
No.3深井戸では、ディープウェルの稼働時期である平成23年9月下旬から12月下旬に水位低下が2m以上見られた。

No.1,2浅井戸では、0.5m程度の水位低下が見られた。

揚水を停止した12月下旬以降は各観測井戸とも水位は回復傾向を示し、降雨に対しても水位上昇が見られるようになった。宮水委員会による宮水井戸群での観測井



写真一1 水位測定状況



図一11 井戸水位観測結果



写真一2 ノッチタンク設置状況



写真一3 ノッチタンク稼働状況

戸の水位と現場での観測井戸の水位を比較すると、深井戸では若干の水位低下があった。しかし、浅井戸（宮水帯水層）ではほとんど水位低下はなかったため、本工事の揚水により宮水に影響を与えなかったことが確認できた。

また、水質の調査も行い問題がないことが確認できた。揚水した水はノッチタンクを経由して放流した。

（写真一2・3 参照）

#### 4-2 建物完成時の地下水流動阻害防止対策

南棟地下駐車場部分の掘削時（5～6 m 掘削時）に宮水委員会の立会のもと確認を行い、砂層（透水層）であることを確認した。建物周りに透水管を設置することで地下水流動に問題ないとの見解から、透水管（TAC パイプ（有孔管）φ150）を設置し宮水の水みちを確保した。（写真一4 参照）

#### §5. おわりに

『宮水』流域での地下工事において、宮水委員会との協議を通し、構造変更により掘削深さを浅くすることで、地下水保護に対する適切な山留計画と対策をとることができた。

施工において、ディープウェルの揚水量の目標値を達成することができ、宮水への影響を最低限に抑えることができた。地下工事施工中の水位・水質調査からも宮水への影響を与えなかったことが確認できた。

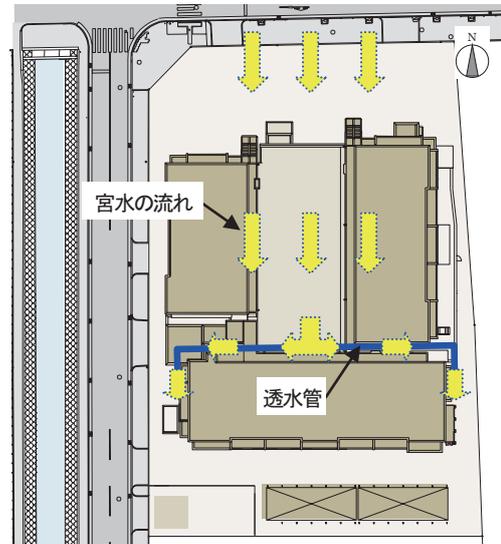
透水管を設置することにより宮水の水みちを確保し、建物完成後の地下水流動阻害対策を行った。

厳しい工期の中での地下工事となったが、宮水の水量・水質の保全をしながら施工することができ、灘五郷酒造へ影響を与えずに『宮水』流域での地下工事を完了させることができた。

謝辞：本工事において数多くのご指導を頂きました灘五郷酒造組合、宮水委員会の皆様および、本支社関係各部署の皆様へ感謝いたします。



写真一4 透水管設置状況



図一12 透水管設置位置



写真一5 竣工写真(北側外観)