

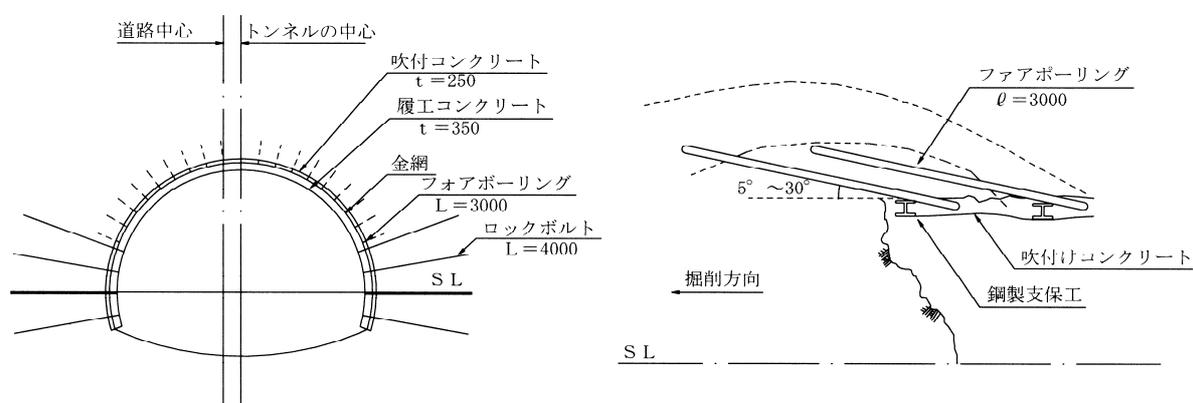
# 第5章 参考資料（補助工法）

## 1 先受工

### 1-1 充填式フォアポーリング

本工法は、切羽面から上半アーチ外周に5 m程度以下の長さのロックボルト、鉄筋、パイプ等を低角度（30度まで）で打設し、セメントミルクやモルタル等を充填することにより、前方地山の変形に対する拘束力を高める工法である。切羽状況により非充填式を用いる場合もある。

なお、フォアポーリングはボルト等の長さが5 m以下のものを言い、5 m以上はファアパイリングと呼ぶ。



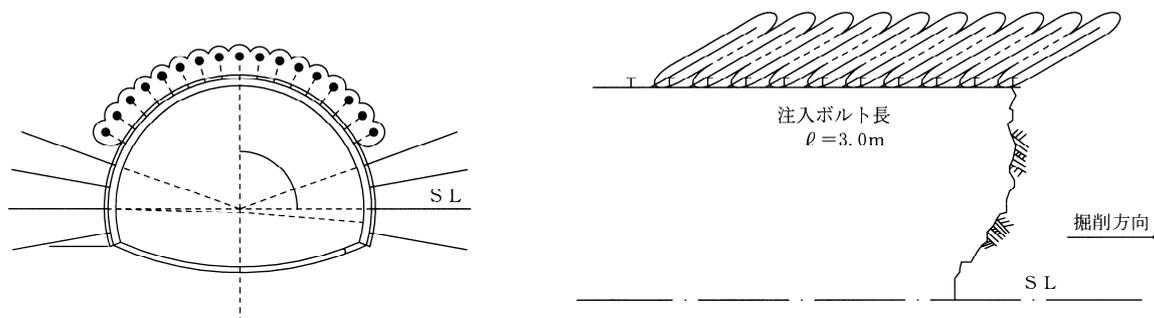
充填式フォアポーリングの施工例

### 1-2 注入式フォアポーリング

本工法は、切羽面から斜め前方地山に5 m程度以下の長さのロックボルト、パイプ等を打設し、セメントミルク、ウレタン、シリカレジジン等の薬液を圧力注入することにより、前方地山の変形に対する拘束力及び天端安定を高める工法である。

特に、亀裂の発達した岩盤やルーズな砂質地盤に適し、湧水が多い場合にも適用可能である。

なお、フォアポーリングはボルト等の長さが5 m以下のものを言い、5 m以上はファアパイリングと呼ぶ。

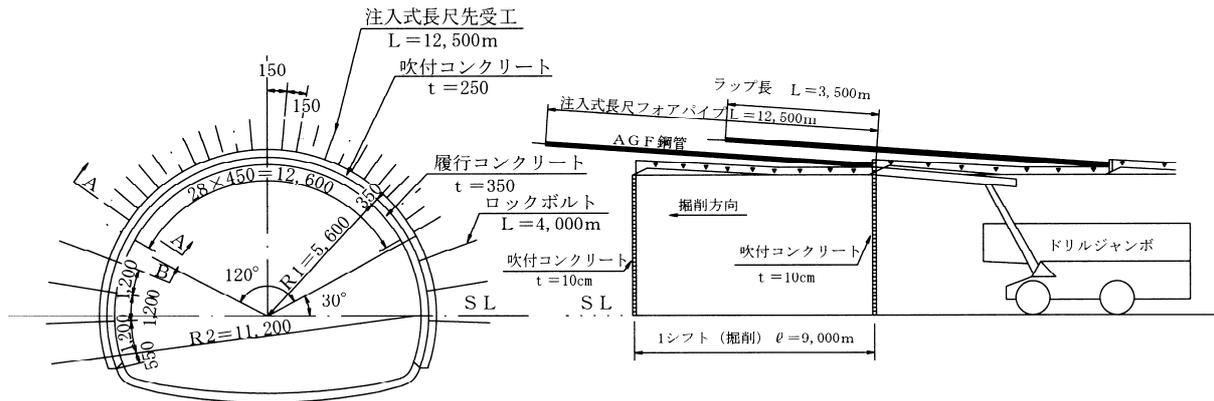


注入式フォアポーリングの施工例

### 1-3 長尺鋼管フォアパイリング AGF工法 (All Ground Fasten)

本工法は、汎用機械（ドリルジャンボ）を用いて10~20m程度の鋼管を打設し、ウレタン、シリカレジン等の薬液やセメント系注入材を注入して切羽前方のトンネル掘削部外周地山に補強領域をアンブレラ状に構築し、掘削に伴う地山の緩みを抑止する工法である。

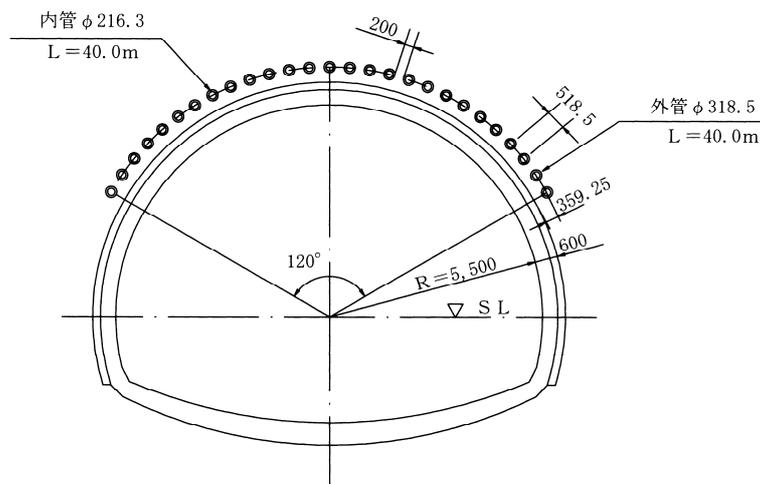
パイプルーフと注入式フォアパイリングの機能を兼ね備えており、岩錐、断層破碎帯、未固結地山等に幅広く対応できる。地盤状況により小口径の鋼管を打設するAGF-P工法を用いる場合もある。



長尺鋼管フォアパイリングの施工例

### 1-4 パイプルーフ

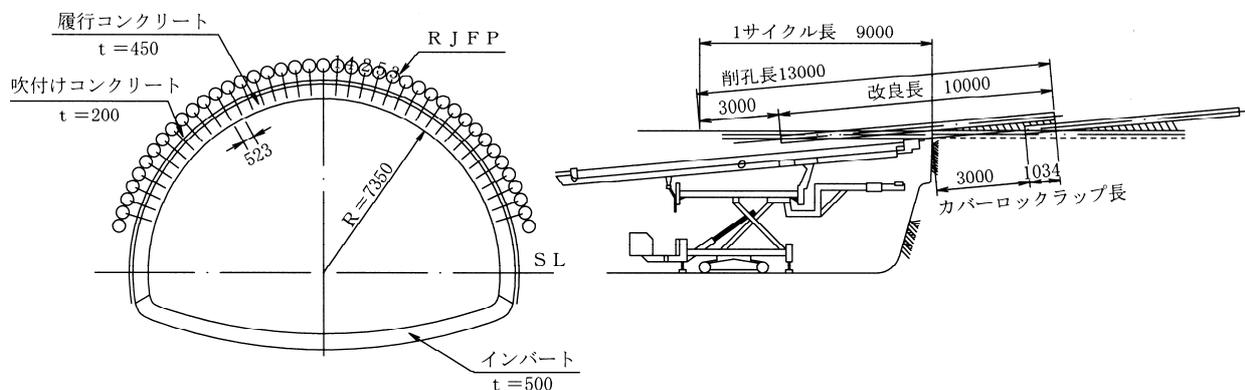
本工法は、トンネル外周に沿って鋼管を打設し、鋼管内部や鋼管との孔壁間をモルタルやセメントミルク等で充填することで剛性を高め、掘削に伴う地山の緩みを抑止する工法である。主に坑口部に用いられ、掘削に先立ち坑外から施工されることが多い。先受長は10m~40m程度であり、削孔方式を変更することにより、全ての地盤に対応可能である。



パイプルーフの施工例

### 1-5 高圧噴射式フォアパイリング(1) R J F P工法 (Rodin Jet Forpiling)

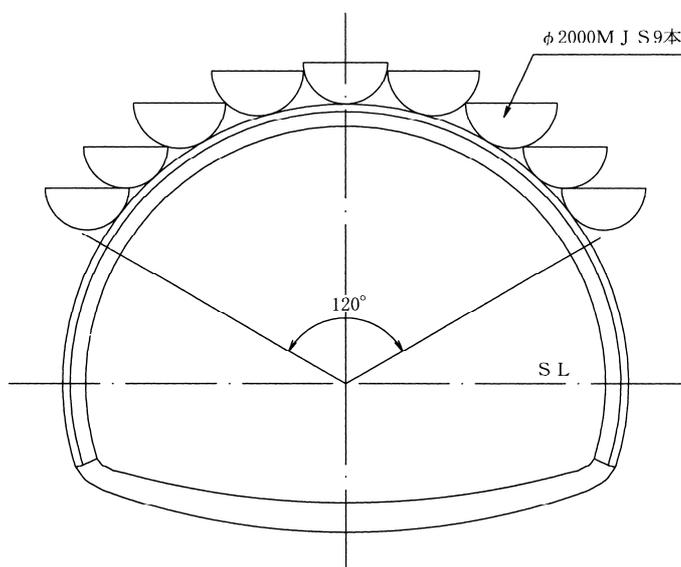
本工法は、専用マシンにより水平削孔後、ロッド先端の特殊噴射攪拌装置でセメントミルクを高圧で噴射攪拌しながら引き抜き、地山に直径50~70cmの円柱状の固結体をアーチ状に構築する工法で、地山の緩みを抑止するものである。改良長は10~15m程度で、地山をいたずらに膨れさせたりせず痛めない。



R J F Pの施工例

### 1-6 高圧噴射式フォアパイリング(2) M J S工法 (Metro Jet System)

本工法は、主に坑外からボーリングマシンを使い削孔後、切羽外周部にセメントミルクを高圧噴射し、大口径のモルタル杭を構築して、掘削に伴う地山の緩みを抑止する工法である。改良長は標準的に30~50m程度が可能である。



M J Sの施工例

### 1-7 トレヴィチューブ工法

本工法は、長尺先受工法の一つで、専用機械を用いて切羽前方のトンネル掘削部外周に鋼管と注入材でアンブレラ状に補強した領域を構築し、掘削に伴う地山の緩みを抑止する工法である。先受長は、10~50m程度である。

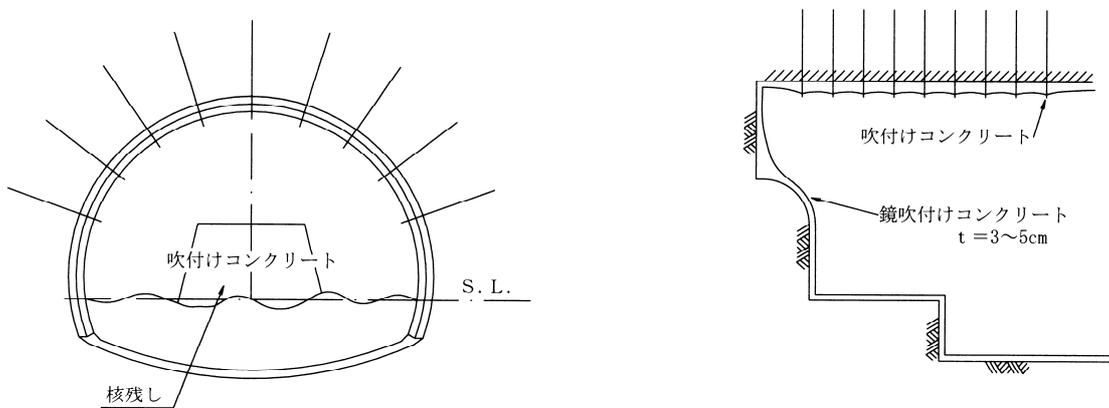
## 1-8 プレライニング

プレライニングは、掘削に伴う地山の緩みを抑止する目的で、トンネル掘削に先行して切羽外周部の地山を切削し、切削部にコンクリートを充填して厚さ15~50cm程度のアーチシェル状の薄肉覆工を構築する工法である。工法としては、New PLS工法、PASS工法、モノベック工法等がある。

## 2 鏡面の安定対策

### 2-1 鏡吹付コンクリート

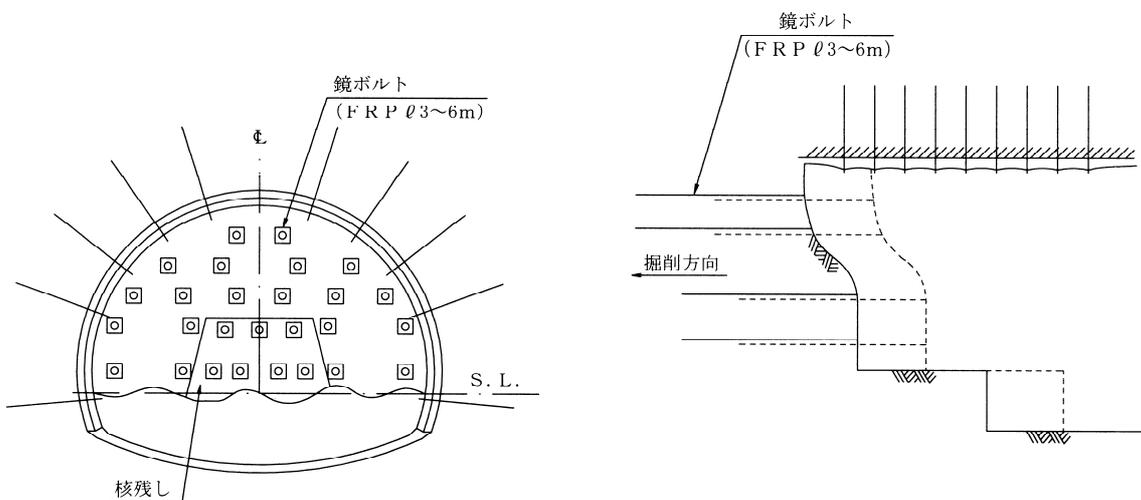
本工法は、掘削直後の切羽面に3~5cmのコンクリート吹付を行い、掘削初期の崩落防止と鏡面の安定性を向上させる工法である。また施工により、切羽小崩落の兆候を把握しやすくなる。



鏡吹付コンクリートの施工例

### 2-2 鏡止めボルト（鏡ボルト）

本工法は、鏡面の一部又は全部にロックボルトを打設して切羽の安定を図る工法であり、切羽補強効果を高めるため薬液を注入する場合もある。ロックボルトには、次回掘削時の切断しやすさを考慮し、グラスファイバーボルト（FRP）が採用されることが多い。

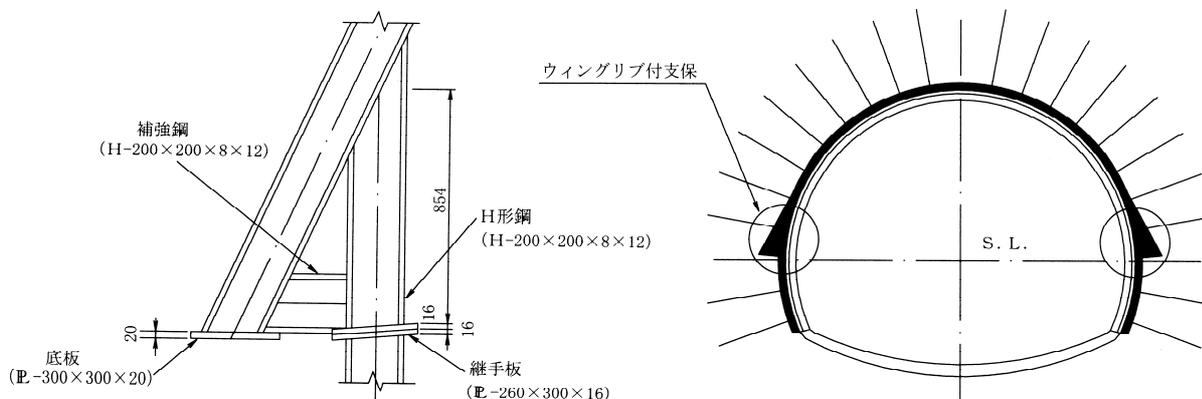


鏡ボルトの施工例

### 3 脚部の安定対策

#### 3-1 ウィングリブ付支保工

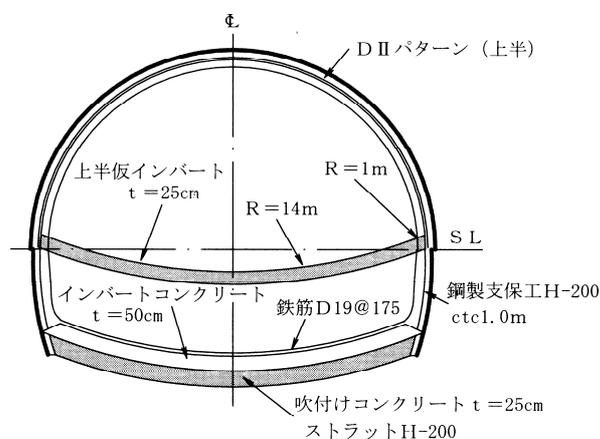
上半部の銅製支保にウィングリブを付け、支保脚部の支持面積を広げるものである。



ウィングリブ付き鋼製支保工の施工例

#### 3-2 上半仮インバート

本工法は、膨張性地山、偏土圧、地耐力不足により異常な変位や変状の恐れがある場合や切羽での支持力を増すために上半部にコンクリートを打設し、上半を閉合する工法である。



上半仮インバートの施工例

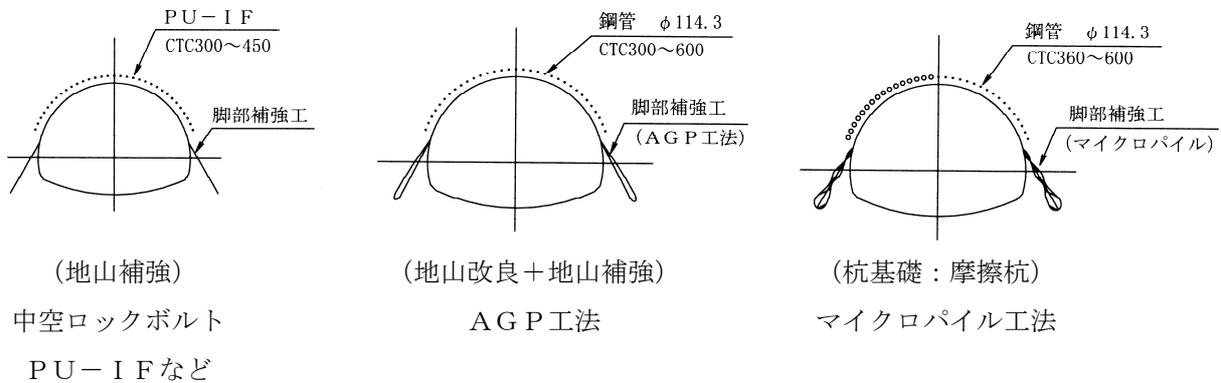
#### 3-3 脚部補強ボルト、脚部補強パイル (レッグパイル)

本工法は、下半掘削に先立ち、支保工の支持地盤にロックボルトを打設し、支保工の沈下を抑制する工法である。地盤の状況により鋼管を打設し、ウレタン、シリカレジンの薬液やセメント系注人材を注入するレッグパイルも用いられる。主に現場での機械を使用して施工され、ウィングリブ支保と組み合わせて使用されることが多い。

レッグパイルには、主にセメントミルク系やウレタン系の注入材を圧入して地山の支持力を増加させるAGP工法とセメントミルク系注入材を圧入して摩擦杭を構築するマイクロパイル工法があ

る。

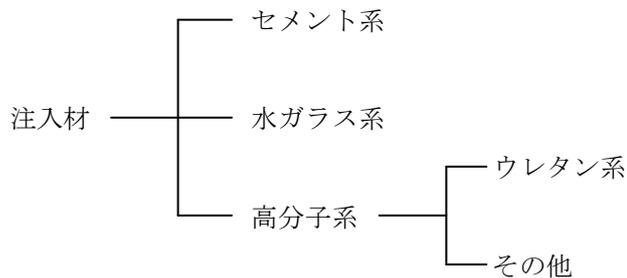
また、R J F P などの高圧噴射式注入工法を脚部補強に用いる高圧噴射レッグパイルもある。



## 4 地山補強工法

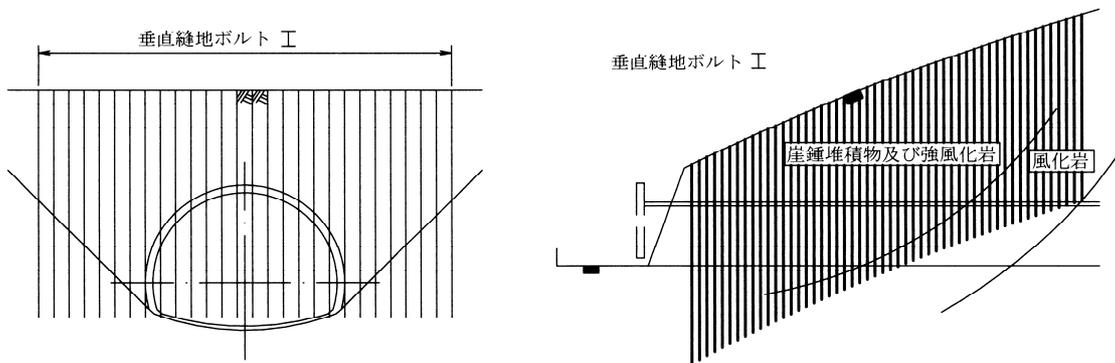
### 4-1 注入工法

本工法は、坑外又は坑内からトンネル周辺地山にセメント系、水ガラス系、高分子系の薬液を注入し地山の補強や止水を行うものである。ただし、施工に当たっては、公害防止に万全の配慮を行う必要がある。



### 4-2 垂直縫地工法

本工法は、トンネルの掘削に先立ち、あらかじめ地表からほぼ垂直にボルトを挿入し、鉄筋モルタル杭で地山を補強し、先行沈下防止や切羽の安定を図る工法である。



垂直縫地の施工例

## 5 地下水対策

### 5-1 水抜きボーリング

本工法は、坑内又は坑外からボーリングを行い、ボーリング孔を利用して地山の地下水を排水し、水位、水圧を下げる工法である。

### 5-2 ウェルポイント工法

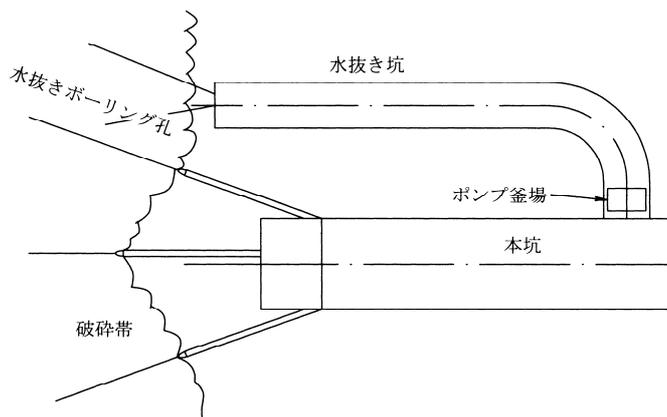
本工法は、ウェルポイントと称する集水管を地盤に設置し地盤に負圧をかけて地下水を吸引する工法である。

### 5-3 ディープウェル工法

本工法は、一般に外径 300mm 程度の深井戸を掘り、水中ポンプにより地下水位を排水する工法である。

### 5-4 水抜き坑

本工法は、特に湧水が多い場合に切羽面あるいは迂回等により小断面導坑を先進させて水を排水する工法である。湧水量が多く、水抜きボーリングでは効果が得られない場合や急速排水が必要な場合、水抜きボーリングと併用して用いられることが多い。



水抜き坑と水抜きボーリングを併用した例

### 5-5 止水工法

止水工法には、注入工法、圧気工法、遮水壁工法があり、一般的には注入工法が用いられる。排水工法に比べて工費が高く、環境対策の配慮が必要である。