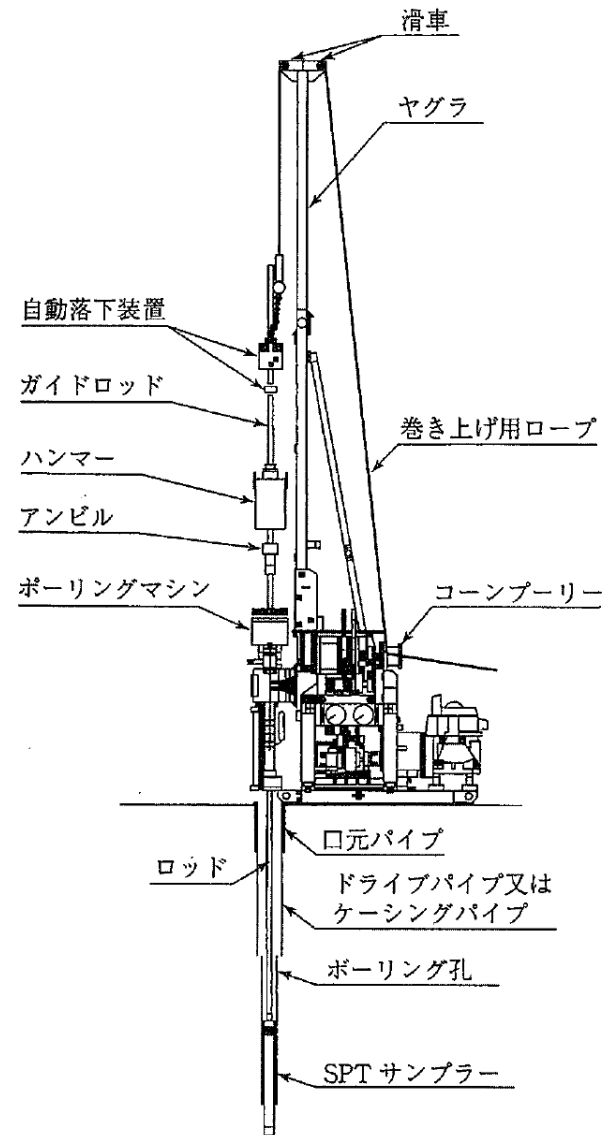


# 標準貫入試験の主目的

地盤の硬軟・締まり具合の把握（N値）

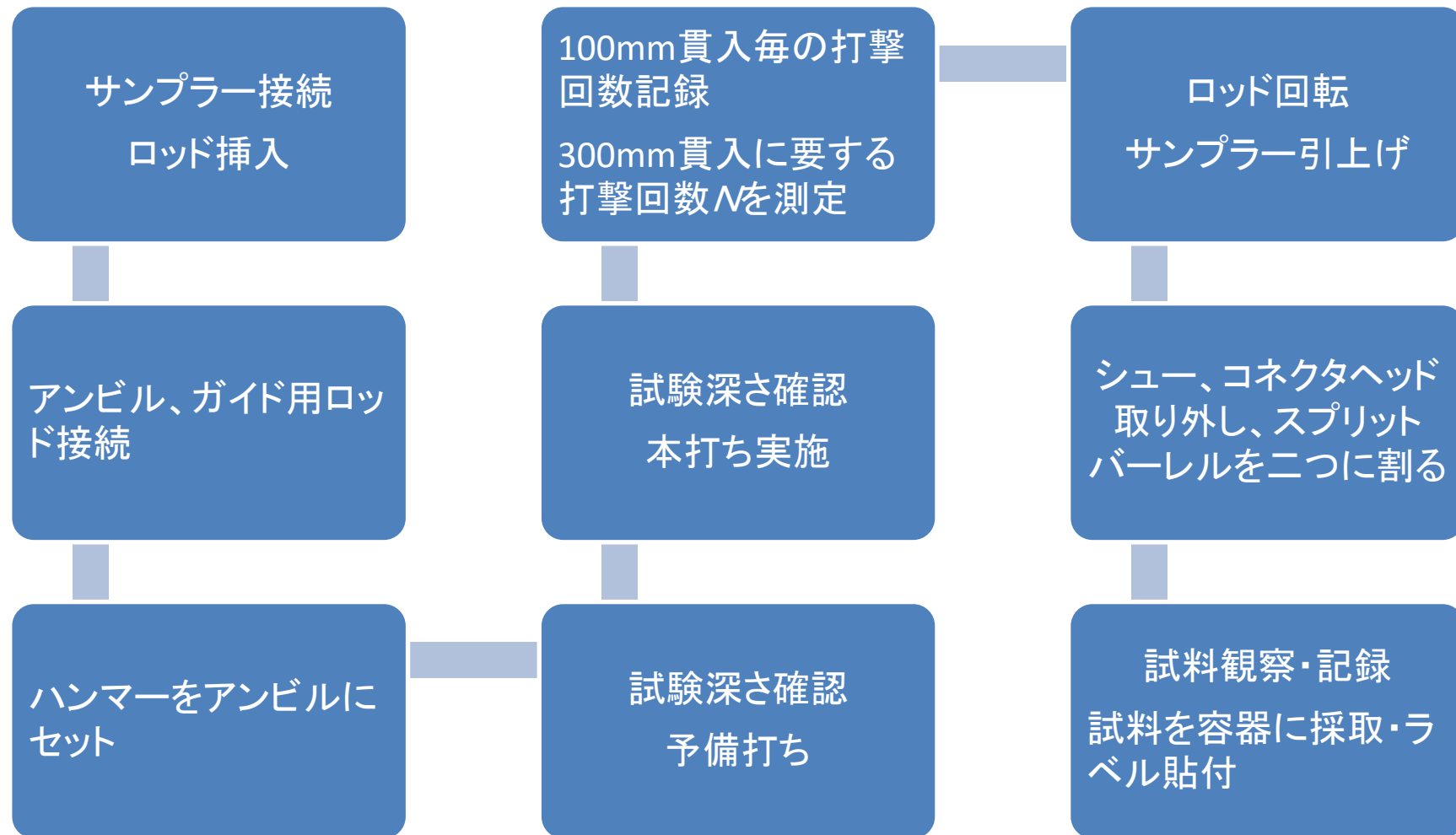
試料の採取と観察

# 標準貫入試験の器具の名称



『改訂版 現場技術者のための地質調査技術マニュアル』より引用

# 標準貫入試験の実施手順



# 標準貫入試験試料の観察事項

土質種別

色調

粒度分布

粒径、形

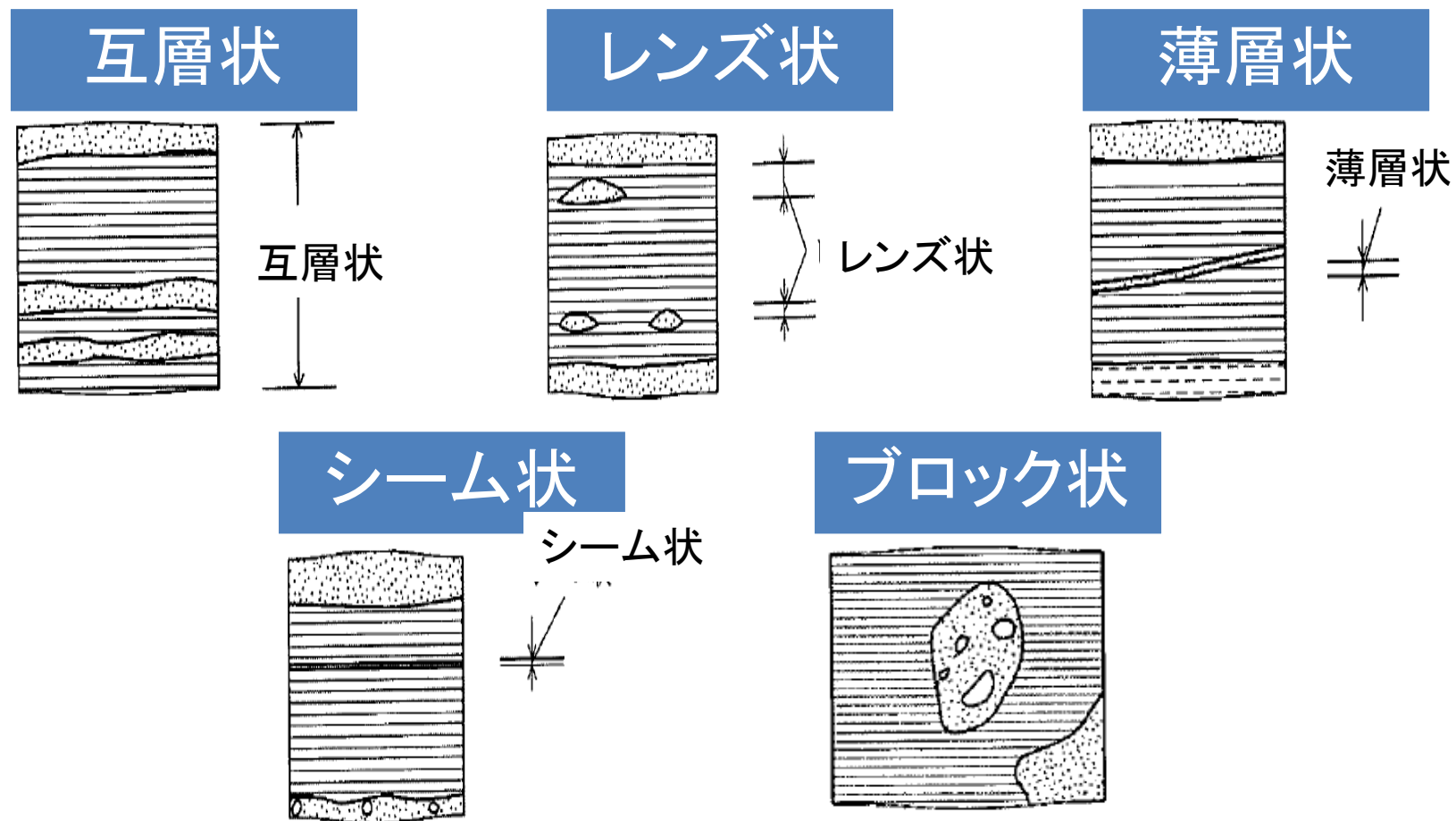
含有量

混入物の  
種類と状態

含水状況

その他  
特記事項

# 挟み層の分布状況と表現例



# 標準貫入試験時の主な事故

挟まれ

ハンマー  
落下

サンプラー  
孔内落下

サンプラー  
抑留

採取試料  
脱落

# 孔内水平載荷試験の目的と概要

## 目的

- 地盤の物性把握(変形特性、地盤の強さ)

## 概要

- ボーリング孔の壁面を加圧し、その時の圧力と壁面の変形量を測定する原位置試験

# 孔内水平載荷試験・試験孔 留意事項

理想的な試験孔：乱れ少、はらみ・変形少、円筒状

- 孔壁の仕上がりの良し悪しが結果の良否に影響する

掘削後直ちに試験を

- 掘削から試験までの時間が長いと孔壁の劣化が進む

循環流体（泥水）の圧力・水量を多くしない

- 孔壁の洗掘、攪乱、孔径拡大の原因になる

掘削後のスライム処理は短時間で

- 長時間の送水は孔壁を乱す可能性がある

コアチューブ等の引き上げはゆっくりと

- 急速に行うと、孔壁の乱れ・崩壊・洗掘の原因になる

孔内水の変動を少なく

- 孔壁の緩み・崩壊の原因になる

『改訂版 現場技術者のための地質調査技術マニュアル』を参考に作成



# 揚水試験の目的と概要

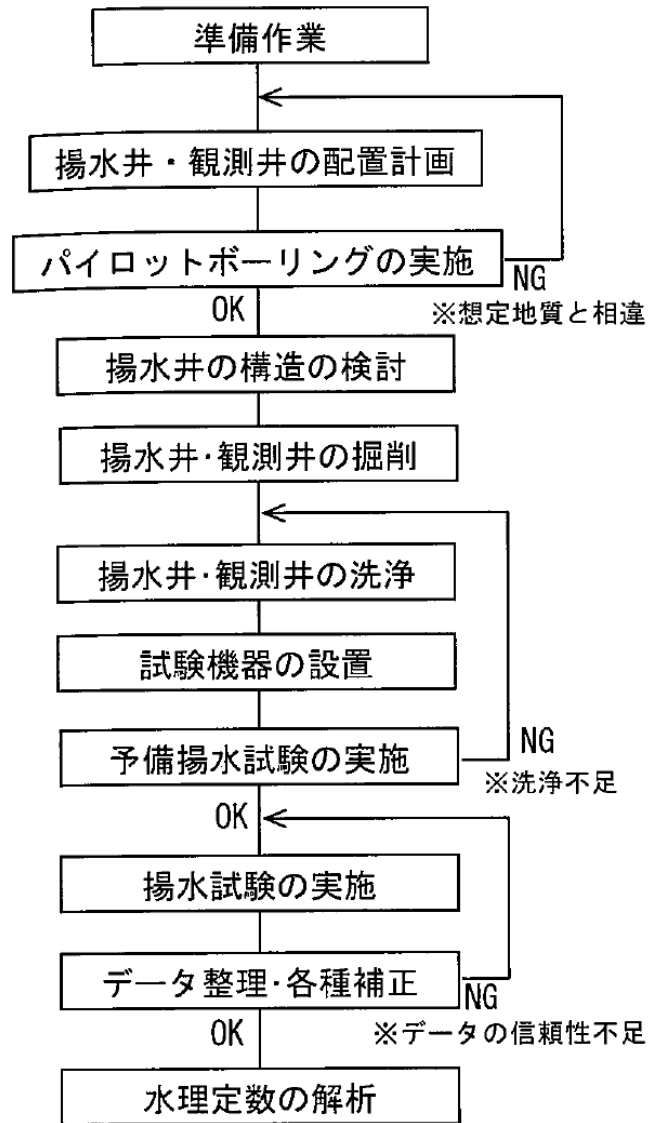
## 目的

- 地盤の帯水層特性の把握(マクロかつ正確に)

## 概要

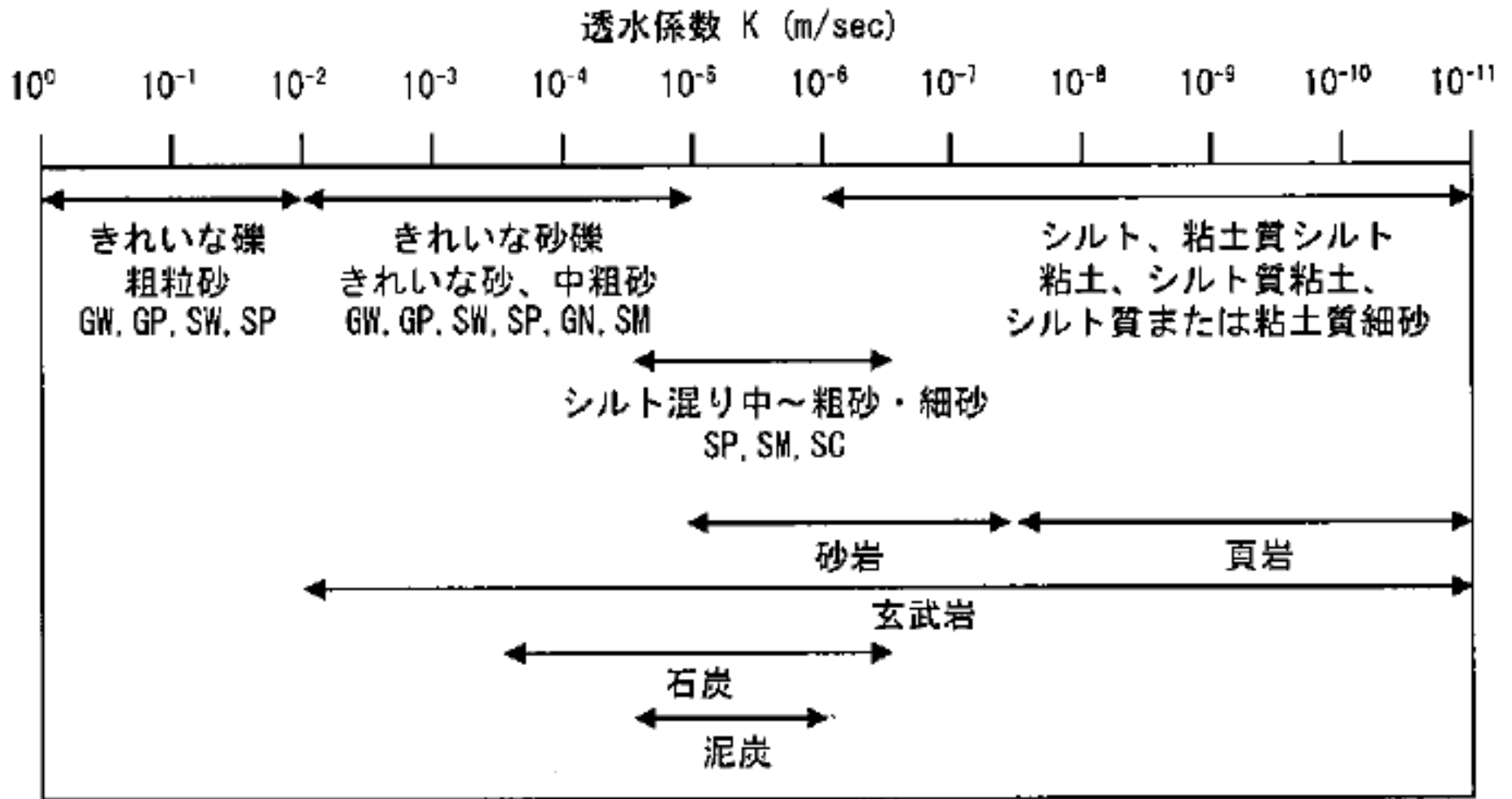
- 揚水井より地下水を汲み上げ、その周囲に設置した複数の観測井で、揚水量と地下水位低下の関係を経時的に測定する試験

# 揚水試験の手順



『改訂版 現場技術者のための地質調査技術マニュアル』より引用

# 一般的な地質の透水係数



『改訂版 現場技術者のための地質調査技術マニュアル』より引用

# 一般的な地質の比貯留率

地質	比貯留率 $S_s$ ( $m^{-1}$ )
塑性粘土	$2.0 \times 10^{-2} \sim 2.6 \times 10^{-3}$
しまった粘土	$2.6 \times 10^{-3} \sim 1.3 \times 10^{-3}$
やや硬い粘土	$1.3 \times 10^{-3} \sim 9.2 \times 10^{-4}$
ルーズな砂	$1.0 \times 10^{-3} \sim 4.9 \times 10^{-4}$
密な砂	$2.0 \times 10^{-4} \sim 1.3 \times 10^{-4}$
密な砂礫	$1.0 \times 10^{-4} \sim 4.9 \times 10^{-5}$
割れ目のある岩石	$6.9 \times 10^{-6} \sim 3.3 \times 10^{-5}$
固結した岩石	$3.3 \times 10^{-6}$ 以下

『改訂版 現場技術者のための地質調査技術マニュアル』を参考に作成

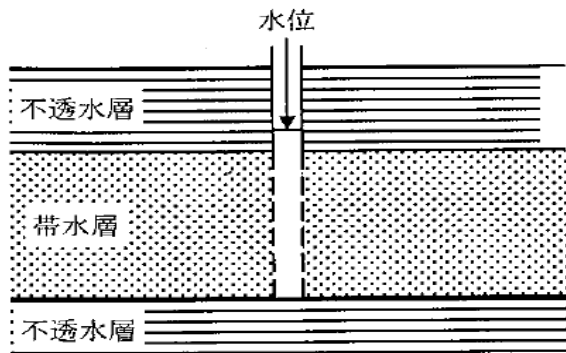
# 井戸径と揚水量の目安

揚水量 (m <sup>3</sup> /日)	井戸径 (mm)
550	150
400 ~ 1,000	200
800 ~ 1,900	250
1,600 ~ 3,800	300
2,700 ~ 5,400	350
4,300 ~ 9,800	400
6,500 ~ 16,000	500

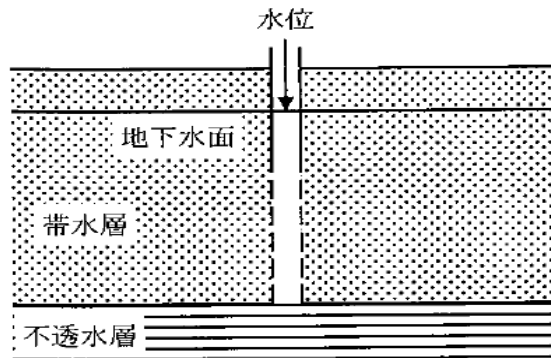
『改訂版 現場技術者のための地質調査技術マニュアル』を参考に作成

# 主な帯水層の模式図

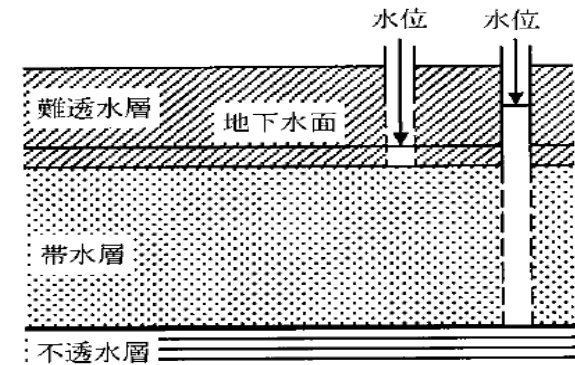
## 被圧帯水層



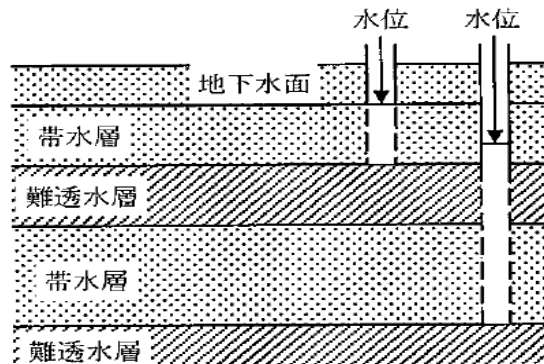
## 不圧帯水層



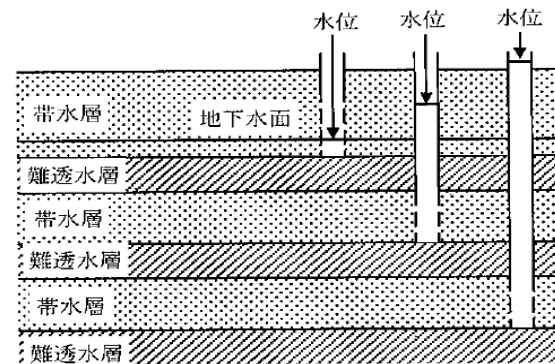
## 漏水性帯水層



## 漏水性帯水層



## 漏水性多層帯水層構造



# 揚水試験のトラブルと対策

## 揚水井の仕上げ

- 帯水層の上下に分布する不透水層・難透水層の遮水を確実に
- 井戸効率80%以上で仕上げ

## 観測井の仕上げ

- 帯水層の上下に分布する不透水層・難透水層の遮水を確実に
- 帯水層多層の場合、揚水対象層の水頭と、それ以外の帯水層の水頭の分離を確実に

## ポンプ

- 排水状況を監視▼性能曲線範囲外での使用を避ける▼状況に合わせて揚水ポンプ変更

## 計測機器

- 設置前に確実に点検・整備▼水圧計はキャリブレーション▼バックアップ電源から電気供給

## 安全(特に電気)

- 有志格者が作業▼ケーブル接続しメインブレーカ切断▼ケーブル劣化チェック▼アース設置

## その他

- 天候注意▼落雷による高電圧サージに注意▼天候によっては、試験中断して再試験・延期も

# 現場透水試験の目的と概要

## 目的

- 地下水情報の基本となる自然水位(被圧水頭)と透水係数 $k$ を把握すること

## 概要

- ボーリング孔の先端に地下水が流入するストレナー一部分(試験区間)を設け、孔内の水位を人工的に変動させ、その後の水位状況を測定する。このときの時間と地下水位とから地盤の透水係数を求める試験。



# 現場透水試験精度向上のポイント

項目	精度向上のポイント
試験実施	<ul style="list-style-type: none"><li>①ピエゾメータ法(強制水位低後の水位回復を測定)が基本</li><li>②孔内水位<math>s_0</math>を下げ過ぎない(1m以内)</li><li>③試験孔周辺の水位を下げないように努める</li><li>④孔内水位を下げるのにベアラは極力避ける</li><li>⑤透水部分(L区間)の形状を確保</li><li>⑥透水区間にはストレーナ管を用いることが好ましい</li><li>⑦透水区間長Lを、試験孔径<math>2r_w</math>に対して十分長くとる</li><li>⑧試験時の初期水位(自然水位)をきちんと把握する</li></ul>
試験結果解析	<ul style="list-style-type: none"><li>⑨ケーシング径は水位変動区間の<math>2R_w</math>(内径)と透水区間の<math>2r_w</math>(外径D)を区別する</li><li>⑩<math>t\text{-log}h</math>の作図は、縦軸に<math>\log h</math>をとる</li><li>⑪透水係数kを求める<math>t\text{-log}h</math>の勾配は立ち上がりの直線部分を取る</li></ul>

# 透水係数を求める方法

大区分	手法区分	中区分	対象	試験の名称・方法
直接法	原位置試験	単孔式透水試験	地盤	単孔を利用した透水試験方法
			岩盤	孔内水位回復による岩盤の透水試験方法
				注水による岩盤の透水試験方法 ルジオン試験方法
		多孔式揚水試験	帯水層	揚水試験方法
	その他	盛土	締め固めた地盤の透水試験方法	
	室内試験	定水位透水試験	供試体	土の透水試験方法
		変水位透水試験		
不飽和透水試験		不飽和	不飽和土の透水試験方法	
間接法	推定手法	粒度から推定	粗粒土	クレーガーの方法、ハーゼンの方法
	解析的手法	数値解析	地盤・岩盤	逆解析

『改訂版 現場技術者のための地質調査技術マニュアル』を参考に作成

# 透水係数と試験方法

		透水係数 $k$ (m/s)											
		$10^{-11}$	$10^{-10}$	$10^{-9}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	$10^0$
透水性		実質上不透水			非常に低い		低い		中位			高い	
対応する土の種類	粘性土 {C}	微細砂, シルト 砂-シルト-粘土混合土 {SF}{S-F}{M}				砂および礫 {GW}{GP} {SW}{SP} {G-M}			清浄な礫 {GW}{GP}				
透水係数を直接測定する方法	特殊な変水位 透水試験	変水位透水試験					定水位透水試験			特殊な変水位 透水試験			
透水係数を間接的に推定する方法	圧密試験結果から計算	なし					清浄な砂と礫は粒度と間隙比から計算						

『改訂版 現場技術者のための地質調査技術マニュアル』より引用

# 現場透水試験の方法と種類

区分	保孔方法	地下水状態	透水区間	慣用的呼称	水位変動促進	土質状態	適用
非定常法	保孔なし	自由水	L区間	オーガー法	揚水 注水	砂質土 孔壁自立	地下水位 浅い
	ケーシング	自由水	L区間	ピエゾメータ法	揚水 注水	砂質土 孔壁崩壊	
			孔底	チューブ法			
		被圧水	L区間	ピエゾメータ法	揚水 注水	砂質土 透水層存在	
			孔底	チューブ法			
	二重管	被圧水	L区間	ピエゾメータ法	揚水 注水	砂質土 多層系地盤	
孔底			チューブ法				
定常法	パッカー	被圧水 自由水	L区間	パッカー法	注水	砂質土	
	ケーシング	被圧水 自由水	L区間	揚水法	揚水	砂質土	

『改訂版 現場技術者のための地質調査技術マニュアル』を参考に作成

# 主な透水試験算定式

試験名称	透水試験算定式	特徴
ピエゾメータ法	$k = \frac{(2.3)^2 \cdot R_w^2}{2L(t_2 - t_1)} \log\left(\frac{\alpha \cdot L}{r_w}\right) \log\left(\frac{h_1}{h_2}\right)$ <p>ただし, <math>L &gt; 8r_w</math>                      近傍に難透水層なしの場合: <math>\alpha = 1</math>                      近傍に難透水層有りの場合: <math>\alpha = 2</math></p>	標準的な試験方法。おもに水平透水係数を計測。ケーシング法。近傍に難透水層なしがいわゆる不圧層, 近傍に難透水層有りがいわゆる被圧層に相当。
チューブ法	$k = \frac{2 \times 2.3 \pi R_w}{11(t_2 - t_1)} \log\left(\frac{h_1}{h_2}\right)$	透水係数の大きい場合に適用。孔底法
パッカー法	$k = \frac{2.3 \cdot Q}{2 \pi h p L} \log\left(\frac{L}{r_w}\right)$ <p>ただし, <math>L &gt; 8r_w</math></p>	岩盤のルジオン試験と同じ原理。定常法。必ずしもパッカーを用いなくてもよい。
オーガー法	$k = \frac{\pi^2 r_w}{16DCa} \cdot \left(\frac{h_2 - h_1}{t_2 - t_1}\right)$ <p>ただし, <math>D &lt; 50r_w</math>, Ca は一般的には 1~3 の範囲で 1.5 程度。</p>	試験深度が浅く, かつ地下水位が高く, 裸孔で自立できる地盤に適用。

# 透水係数への影響因子

影響因子例	影響例
土質	礫 $k$ 大、砂 $k$ 中、粘土 $k$ 小
粒径	分級された粒度の場合 粒径大 $k$ 大、粒径小 $k$ 小
粒度	分級された(均等) $k$ 大 粒径幅広い $k$ 小
粒形	丸み $k$ 大、角張る $k$ 小
密度	密度低い(緩い) $k$ 大 密度高い(よく締まった) $k$ 小
異方性	水平堆積層の場合 水平方向 $k$ 大、鉛直方向 $k$ 小

『改訂版 現場技術者のための地質調査技術マニュアル』を参考に作成

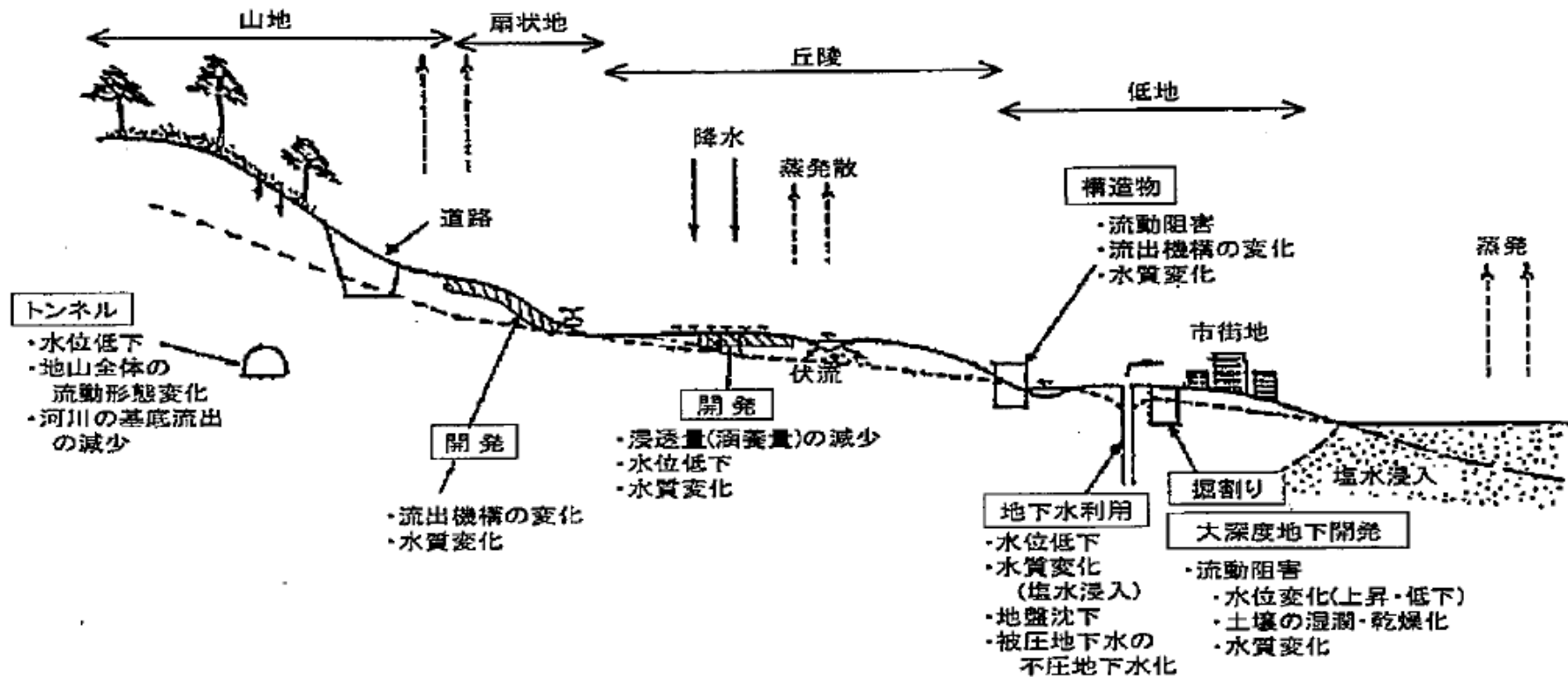
# クレーガーによるD20とkの関係

$D_{20}$ (mm)	$k$ (m/s)	土質分類
0.005	$3.00 \times 10^{-8}$	粗粒粘土
0.01	$1.05 \times 10^{-7}$	細粒シルト
0.02	$4.00 \times 10^{-7}$	粗粒シルト
0.03	$8.50 \times 10^{-7}$	
0.04	$1.75 \times 10^{-6}$	
0.05	$2.80 \times 10^{-6}$	
0.06	$4.60 \times 10^{-6}$	極微粒砂
0.07	$6.50 \times 10^{-6}$	
0.08	$9.00 \times 10^{-6}$	
0.09	$1.40 \times 10^{-5}$	
0.10	$1.75 \times 10^{-5}$	
0.12	$2.60 \times 10^{-5}$	細粒砂
0.14	$3.80 \times 10^{-5}$	
0.16	$5.10 \times 10^{-5}$	
0.18	$6.85 \times 10^{-5}$	
0.20	$8.90 \times 10^{-5}$	
0.25	$1.40 \times 10^{-4}$	
0.30	$2.20 \times 10^{-4}$	中粒砂
0.35	$3.20 \times 10^{-4}$	
0.40	$4.50 \times 10^{-4}$	
0.45	$5.80 \times 10^{-4}$	
0.50	$7.50 \times 10^{-4}$	
0.60	$1.10 \times 10^{-3}$	粗粒砂
0.70	$1.60 \times 10^{-3}$	
0.80	$2.15 \times 10^{-3}$	
0.90	$2.80 \times 10^{-3}$	
1.00	$3.60 \times 10^{-3}$	
2.00	$1.80 \times 10^{-2}$	細礫

比較的精度悪い

『改訂版 現場技術者のための地質調査技術マニュアル』より引用

# 水循環とさまざまな問題



『改訂版 現場技術者のための地質調査技術マニュアル』より引用



# 現場透水試験におけるトラブルと対策

## 試験孔設置中のトラブル

- 孔内洗浄不備 泥壁の通水性の確保を意識して慎重に洗浄
- 孔底ボイリング 先端透水区間の孔壁をストレーナ管で保護し、孔内水位と自然水位とに大きな水位差をつけずに洗浄

## 試験実施中のトラブル

- 上位層との遮水不完全で漏水 ケーシング打ち直し、二重ケーシング法、パッカー法
- 目詰まり 洗浄の問題
- 初期水位がつかめない 試験孔内を気密にして間隙水圧計で計測
- 自然水位が深い 工夫必要(小型の水中ポンプ使用▼孔内を気密にして空気圧で強制的に孔内水位を下げる等)
- 水位回復が早すぎる 自動計測

『改訂版 現場技術者のための地質調査技術マニュアル』を参考に作成

# 間隙水圧測定の実施と概要

## 目的

- 粘性土地盤の圧密進行度合いの検討
- 斜面安定性検討：切土、盛土
- 掘削地盤の安定性検討（ボイリング、ヒービング）：根切り工事
- 地中掘削時の安全性検討：シールド工事など
- 地すべり地の安定性検討
- 地下水位（水圧）の確認や有効土被り厚の推定 等

## 概要

- ケーシングまたは地中に計器を設置して、土粒子間の間隙水が持つ圧力を測定する

『改訂版 現場技術者のための地質調査技術マニュアル』を参考に作成

# 間隙水圧計の測定方法

タイプ	名称	先端集水部	計測対象	方式	計測期間	適合性	
						粘性土	砂質土
開放型	ケーシング法	ストレーナ	水位面	触針式水位計	短期	×	○
				フロート式水位計 超音波式水位計	長期		
		水圧	電気式間隙水圧計				
		裸孔	水位面	触針式水位計	短期		
		シングルチューブ法	フィルター	水位面	触針式水位計	長期	△
水圧	マノメータ式 ブルゾン管式			長期	○	△	
閉鎖型	ダブルチューブ法	フィルター	水圧	ひずみゲージ式	短期・長期	○	△
	電気式			カールソン式			
				摺動抵抗式			
				差動トランス式			
				振動弦式			
	半導体式						

○:最適 △:適 ×:不適

『改訂版 現場技術者のための地質調査技術マニュアル』を参考に作成

# 地下水流向流速測定の実目的と概要

## 実目的

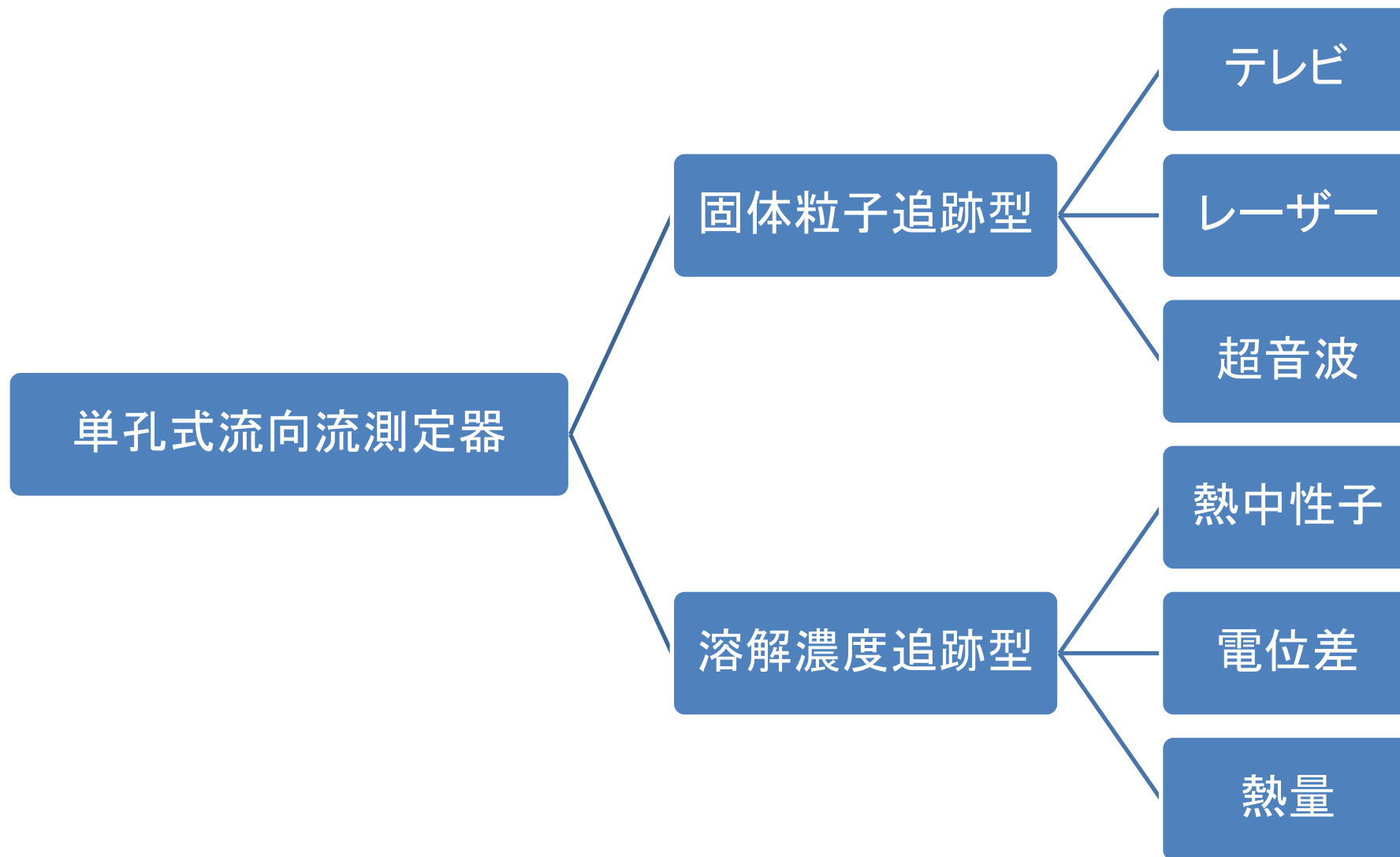
- 地下水の流れる方向と流れる速さを求める

## 概要

- 単孔または複数孔で測定
- 地下水の流向と流速は、建設工事の計画、水源の確保、地すべり、堤防漏水の対策、土壌・地下水汚染等の検討で活用
- 現在の主流は単孔式

『改訂版 現場技術者のための地質調査技術マニュアル』を参考に作成

# 単孔式流向流測定器の分類



『改訂版 現場技術者のための地質調査技術マニュアル』を参考に作成