

<ボーリング柱状図の説明>

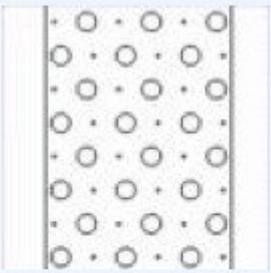
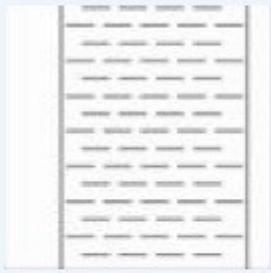
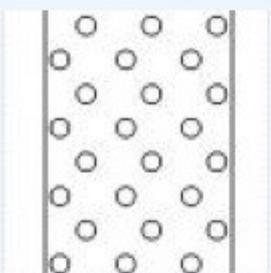
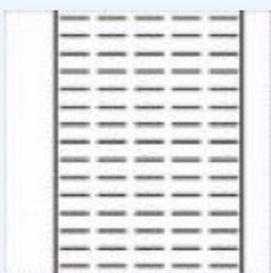
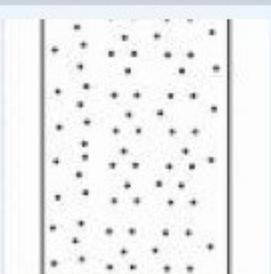
以下の①から⑦までは地質調査技師がサンプラーをあけて中の土を観察し記入する。

①標尺(m) :

②層圧(m) :

③深度(m) :

④柱状図 :

砂礫		粘土(clay)	
礫(gravel)		シルト(silt)	
砂(sand)		泥(mud)	

⑤土質名 :

⑥色調 : 各層の土の色

⑦記事 : 各層の土の主な特徴

⑧深度(m) :

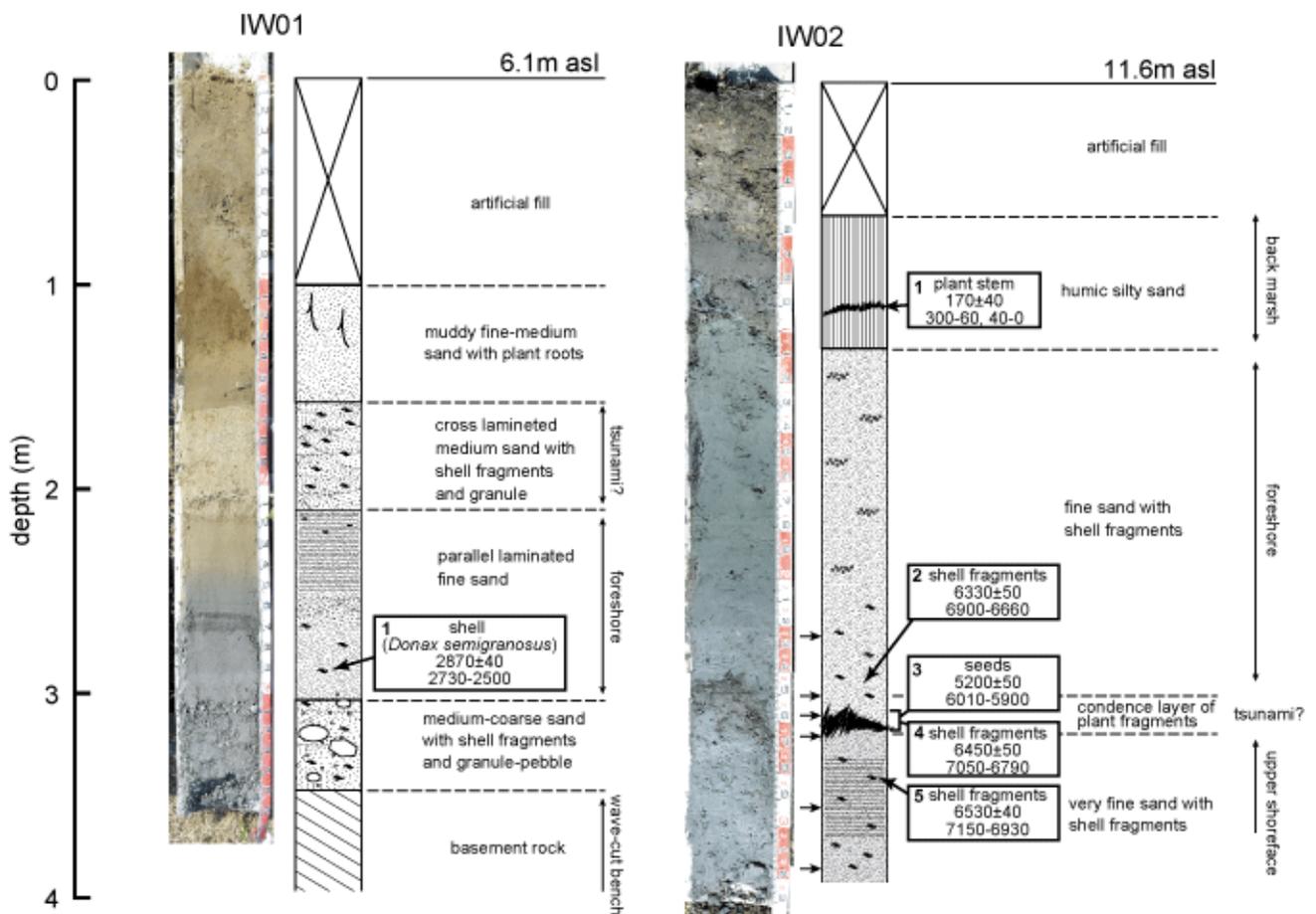
⑨打撃回数 :

⑩貫入量(cm) :

⑪N 値 :

N 値と地盤の状態			
	N 値	硬軟	注意事項
粘性土	0~4	やわらかい	中位を要する軟弱地盤であり、精密な土質調査を行う必要がある。
	5~14	中位~硬い	安定については大体問題はないが、沈下の可能性がある。
	15以上	非常に硬い	安定および沈下の対象としなくてよいが、中小建造物の基礎地盤としては 20 以上が望ましい。
砂質土	0~10	ゆるい	沈下は短期間に終わるが考慮する必要あり。地震時に液状化の恐れがある。
	10~30	中位~硬い	中小建造物の基礎地盤となりうる場合もあるが、一般に不十分である。
	30以上	密	大建造物の基礎としては、50 以上（非常に密）が望ましい。

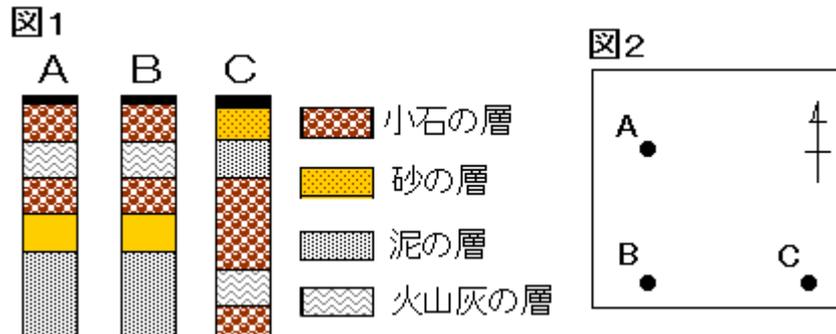
道路土工-土質調査指針より



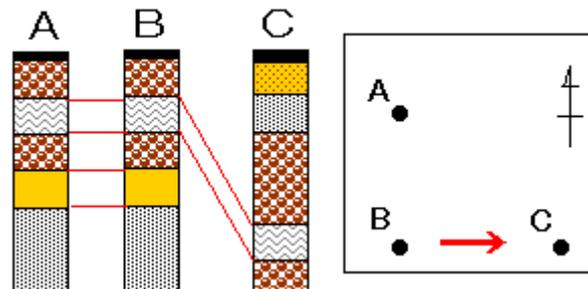
ボーリングコア写真と柱状図のイメージ

■ボーリング柱状図 基礎問題

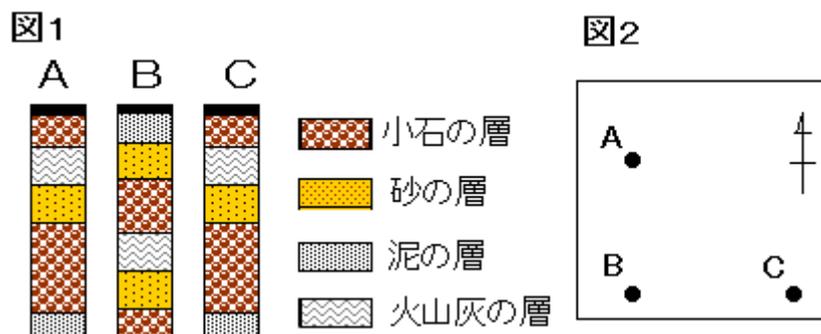
例題 1 図1は同じ標高の少しずつ離れた3地点A～Cの地層を柱状図にしたもので、図2は3地点A～Cの位置を示したものである。この地域の地層は、どの方位に傾いているか。



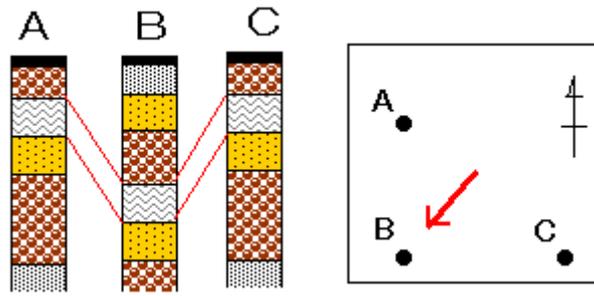
解説 1 この場合、下の図のように、A－Bの間には傾きがない。BからCの方向に傾いている（下がっている）。したがって、南北（A－B）には傾きがなく、西（B）から東（C）に向かって傾いていることになる。



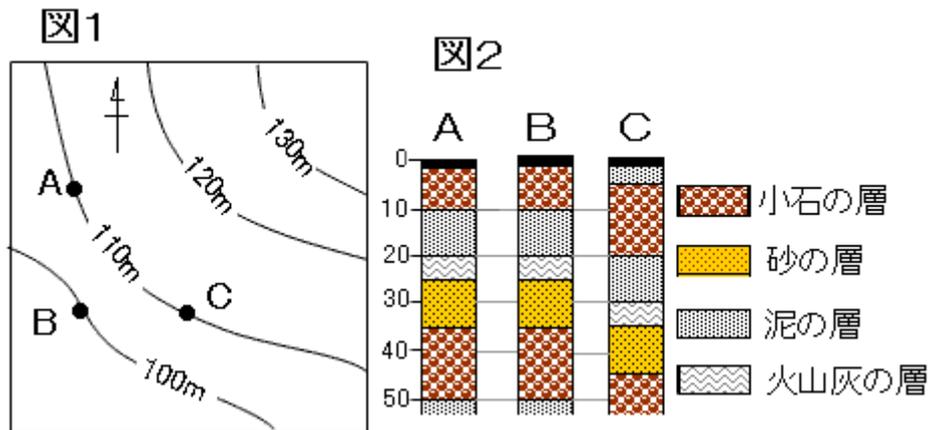
例題 2 図1は同じ標高の少しずつ離れた3地点A～Cの地層を柱状図にしたもので、図2は3地点A～Cの位置を示したものである。この地域の地層は、どの方位に傾いているか。



解説 2 この場合では、下の図のように、A－Cの間には傾きがないが、AからB、CからBの方向に傾いている（下がっている）。したがって、Bの方向＝南西に向かって傾いていることになる。



問題 1 図 1 はある地域の地形図で、実線は等高線を示している。図 2 は図 1 の中の A～C の各地点でボーリング調査を行って作成した柱状図と、地表面からの深さを示したものである。この地域の地層は、どの方位に傾いていると考えられるか。



ボーリング柱状図の読み方

ボーリング柱状図の構成(例)

調査名		パレスシート試験施工(地質調査)				ボーリングNo.			
事業・工事名		ヘッダー(頭記事項)				シートNo.			
ボーリング名	調査位置				稲城市		北緯		
発注機関					調査期間		平成 18 年 7 月 26 日 ~ 18 年 7 月 26 日		東経
調査業者名	電話	主任技師		現代人	コア鑑定者		ボーリング責任者		金子 一也
孔口標高	角	方		地盤勾配	使用機種		試錐機		エンジン
総掘進長	4.01m	度		鉛直 90°	YBM-05		ハンマー落下用具		ポンプ

標高 (m)	層厚 (m)	柱状図	土質区分	色相対照	観察記事	標準貫入試験 (N値)	位置試験	試験名および結果	試験採取番号	室内試験(方法)
0.20	0.20		細砂	暗茶灰	含水少く、細粒で不均一	10				
0.80	1.00		砂混じりシルト	暗茶灰	含水少なく、色調不均一。各所に砂分混じり、腐植物少量混入	15				
0.65	1.65		砂混じり細砂	暗茶灰	粒度不均一で、最大径30mmの礫混入。含水少く、最大径10mmの礫少量混入	18				
0.70	2.35		細砂	暗茶灰		21				
1.66	4.01		砂	暗茶灰	φ2~35mmの礫円礫主体で、硬質礫混入。最大径70mmの礫混入。茶褐、黒褐混入。含水少ない。	27				

ボーリングは地盤調査の基本。柱状図は「見る」のではなく「読む」。

【柱状図の土層区分】

- ・土層区分はあまり複雑にならないようある程度割り切って**単純化**されていることが多い。
- ・これを補うものとして**観察記事**が必要不可欠。観察記事を熟読しなければ、柱状図を読んだとは言えない。

【土質名】

- ・土質の正式な呼び方は主に**粒度**によって規定されている（**地盤工学会基準**）。以前は**日本統一土質分類**と言っていた。

○○混じり×× : ○○の含有率 5~15%

○○質×× : ○○の含有率 15~50%

【軟弱地盤中の砂の薄層】

- ・軟弱粘性土層中のサンドシーム（砂質土の薄層）の挟在により、予期せぬ湧水や、圧密速度の予測の誤りが生じることが多い。

・

【礫の大きさ】

- ・礫径がボーリング径を超える場合、記事欄の礫径は礫をくり抜いたコア長に過ぎない。

・

・

【礫の形】

- ・円礫（玉石）→河床堆積物と判断され、それなりの連続性が想定される。
- ・角礫混じりの場合→

【孔内水位】

- ・無水掘りが限界になると泥水掘りに切り替えられ、翌日の作業開始前に測定された水位（泥水位）が記載されることが多く、実際の地下水位と一致しないことが多い。

・

・

【観察記事】

- ・土質区分、観察記事には個人差（クセや主観的判断）が含まれている可能性がある。
- ・地点によって作成者が異なる場合は注意。
- ・それでも、観察記事は非常に有用。

【N値の評価】

- ・N値だけでは土層の良否判定、他の物性値の推定ができない。土層の判別が前提。

・

<N値について>

・標準貫入試験のN値：質量63.5kgのハンマー（モンケン）を75cm自由落下させ標準貫入試験用（レイモンド）サンプラーを30cm貫入させるのに要する打撃回数。試験には、予打ち15cm、後打ち5cmを含め50cm区間が必要。サンプラー内に攪乱試料が採取される。

・N値は通常50で打ち止める。50以上のN値（換算N値）は、50回打撃時の貫入量（<30cm）から、30cmの貫入に要する打撃回数を推定したもの（上限300）。



スプリットバーレル（サンプラー本体部で半割れ構造。φ51mm）

【礫地盤のN値】

- ・ サンプラーの先端（シュー）が礫や玉石に当たって過大なN値が測定されることがある。
- ・ 10cmごとの打撃回数の急変や、深度方向のN値のバラツキをよく見て、妥当なN値の評価をすることが大切。

（事例）N値> 50で、φ≥40°の堅固な支持地盤と判定されていたが、実際にはかなりの細粒分を含んでおり、基礎の沈下が問題となった。



橋脚基礎地盤（礫層）のボーリングコア試料

【軟弱粘性土地盤のN値】

- ・ N値ゼロと1の差は大きい！ → N値から一軸圧縮強度※や圧密定数を推測するには限界がある。

※例えば $q_u(\text{kN/m}^2)=12.5N$

- ・ N値がゼロ（モンケン自沈）の粘性土でも強度は持っている。

【調査後の地盤改変、地盤変化】

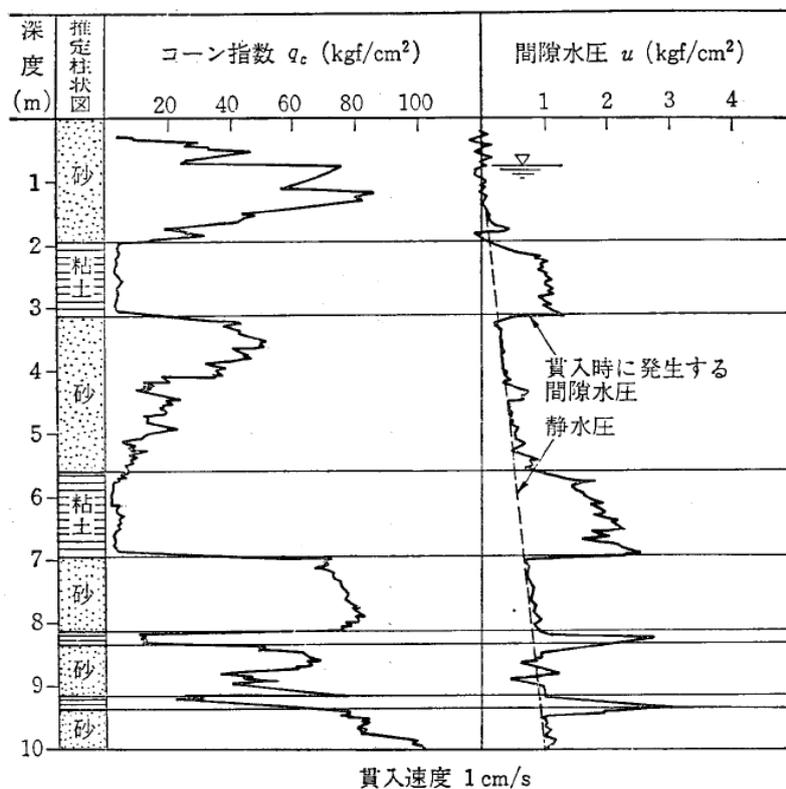
- ・ 切土や盛土により調査地点の標高が変化している可能性はないか？
- ・ 比較的新しい埋立地など、調査時点において地盤の圧密が完了していなかったため、調査後に圧密が進行し、粘性土層厚の減少や地盤沈下が生じている可能性はないか？

【手法の違いによる柱状図の相違】

- ・ 調査手法（コアサンプリングの有無など）によって異なった柱状図が得られる。
- ・ 標準貫入試験は通常1mおきに行うが、薄い挟み層などを確実に把握したい場合など、50cmおきに行うこともある。→攪乱試料が連続的に得られる。同様の目的で、電気式静的コーン貫入試験（いわゆる3成分J-γ）も有効。

<電気式静的コーン貫入試験による柱状図の例>

- ・ 深度方向に連続したデータを取得可能なため、薄い介在層（砂質土又は粘性土）も把握できる。
- ・ 先端抵抗や間隙水圧の変化により、透水層か否かを判定できる。（同じ目的で、ボーリング孔を用いた電気検層（比抵抗検層）も広く用いられる。）



■こんなボーリング柱状図には要注意！

○○○ 土質調査 NO. 2号孔土質柱状図

(省 略)								全掘進 試錐
標尺 (m)	深度 (m)	層厚 (m)	地質記号	土 地 質 (地 層)	色 調	硬 密 度 度 度	記 事	孔内水位 (m)
	0.00							
	1.00	1.00	○ ○ ○	礫 混 り 砂	暗 灰		φ20~50mmの礫が混る	
	2.00	2.00	○ ○ ○	中 砂	暗 灰		φ2mm程度の礫がわずかに混入する	
	3.00							
	4.00	3.00	○ ○ ○	礫 混 じ り 砂	暗 灰		φ10~20mm程度の礫が混入し、下層にいく程、礫の粒径が小さくなる	
	5.00							
	6.00							
	27.00						硬い	
	28.00						キレツが多く均質な	
	29.00						サンプルが採取できない	

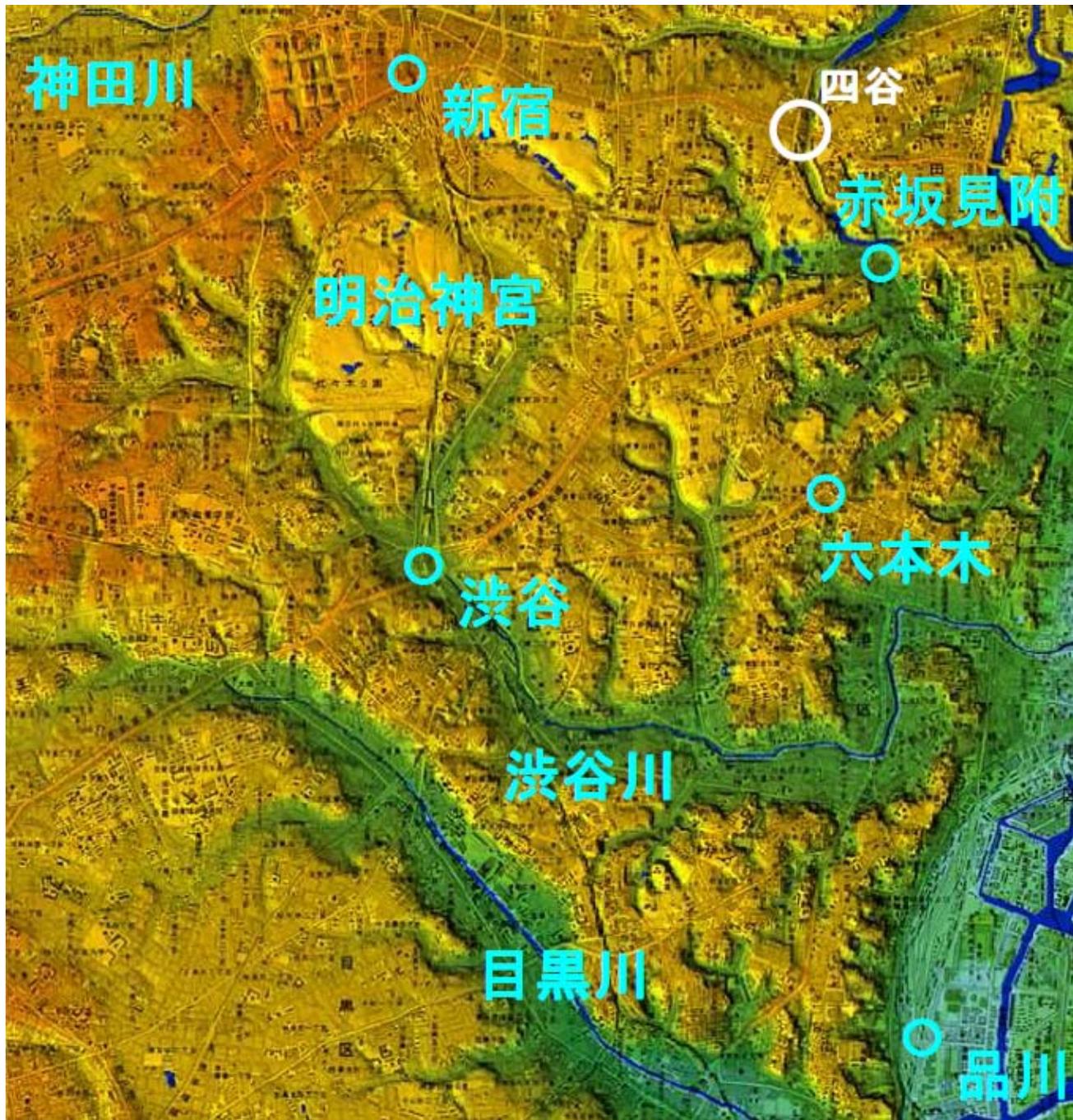
層厚がすべて1.00mの倍数に揃っているのは不自然

記 事	孔内水位 (m)	試料採取	試料番号	標 準 貫 入 試 験										
				位置	打撃数(回)			N 値						
					cm 10	cm 20	cm 30	0	10	20	30	40	50	
φ20~50mmの礫が混る				0.70	1	1	1/2	2/12 (打撃2回で 12cm貫入)						
	φ2mm程度の礫がわずかに混入する			1.00					2.00	2	2	1/2		
φ10~20mm程度の礫が混入し、下層にいく程、礫の粒径が小さくなる				2.00					3.00	1/5	1/20			
				2.70					3.00					
				4.00	8	7	11		4.70					
				5.00	12	12	13		5.70					
				6.00	8	6	10		40/8					
				27.00	40/8				39/8				N > 50	
				27.70	39/8				39/8				N > 50	
				28.00	39/8				39/8				N > 50	
				28.70	39/8				39/8				N > 50	
				29.00	40/5				40/5				N > 50	
				29.70	40/5				40/5				N > 50	
				30.00	35/5				35/5				N > 50	
				30.70	35/5				35/5				N > 50	
				31.00	35/5				35/5				N > 50	

40/8(打撃40回時の貫入量8cm)などと50回未滿で打ち止めるのは正式でない。位置の欄と数値の辻褄も合っていない

■調査する周辺の地形を読む

・現在の地形がどうやって形成されたか察しがつけば、その場所の概略の地盤条件が直感的に理解できる。



GISで基盤情報データ（標高）を3D表示した例

■ボーリング・サウンディングの調査間隔

- ・平地部：数十m～数百m
- ・谷部：軟弱層など設計・施工上問題となる地層が確認された箇所：平地部より密な間隔
- ・
- ・調査間隔は、**段階的**に調査を行う方が、経済的・効率的な場合がある。
 - ①一次調査で工事規模や地形を踏まえて調査間隔を決定する(粗な間隔での調査)
 - ②その結果をもとに、問題となりそうな地点を抽出し、二次調査を行う(密な間隔での調査)

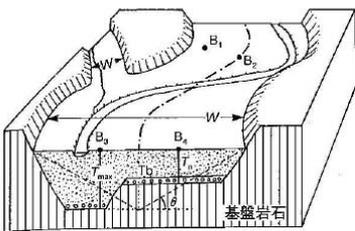
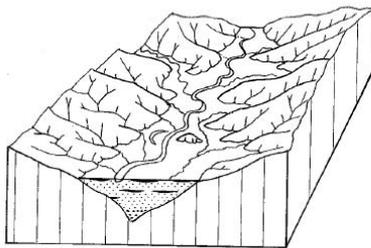
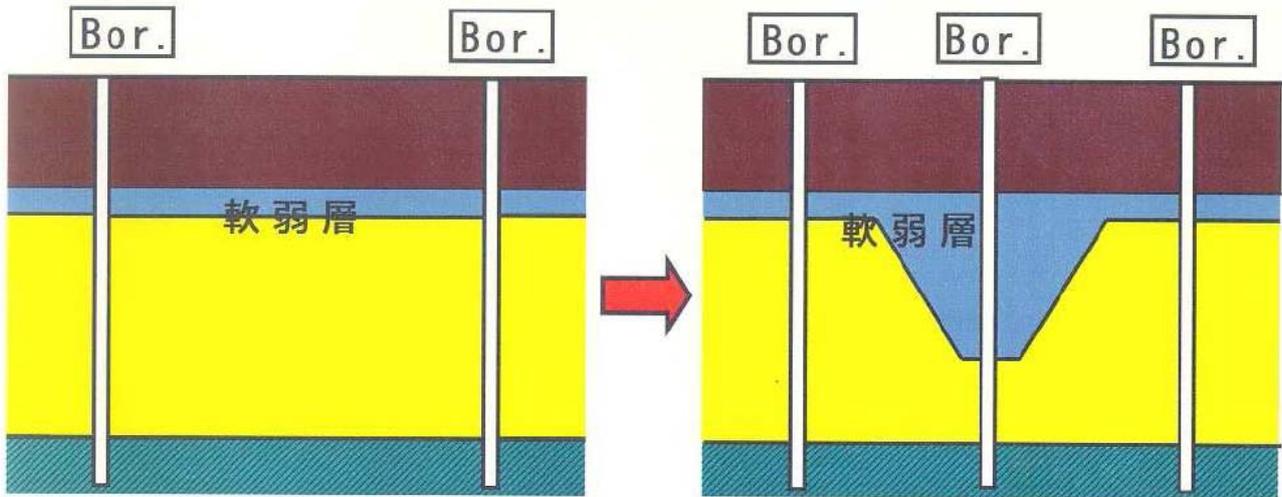


図 6.2.45 谷底の横断幅 (W) と谷底堆積物の任意地点の層厚 (T_n) および最大層厚 (T_{max}) の定義図

θ ：埋没谷壁の平均見通し傾斜，1点太破線：谷の中心線， T_b ：埋没段丘（存在しないことも多い， B ：ボーリング地点。

谷底堆積物の最大層厚

谷底幅が100mを越える場合、埋没谷はV字谷ではなく、埋没段丘等を伴う。

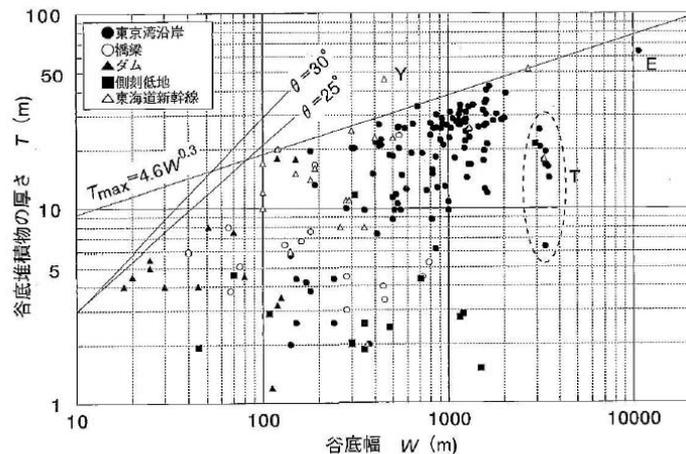
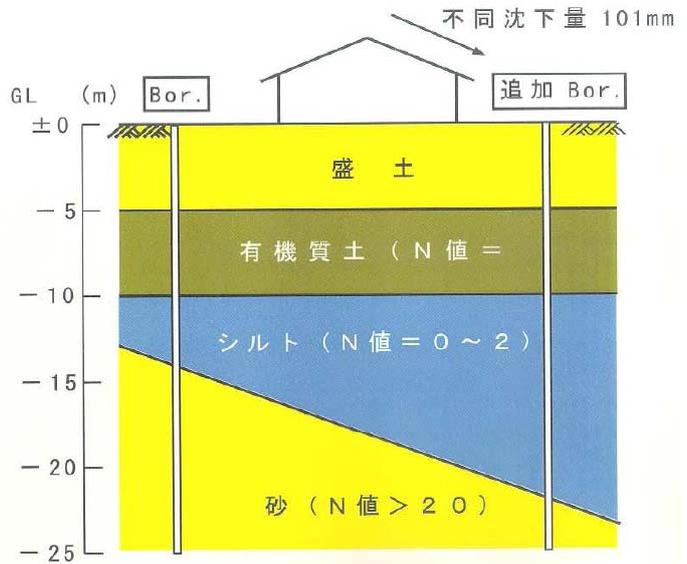


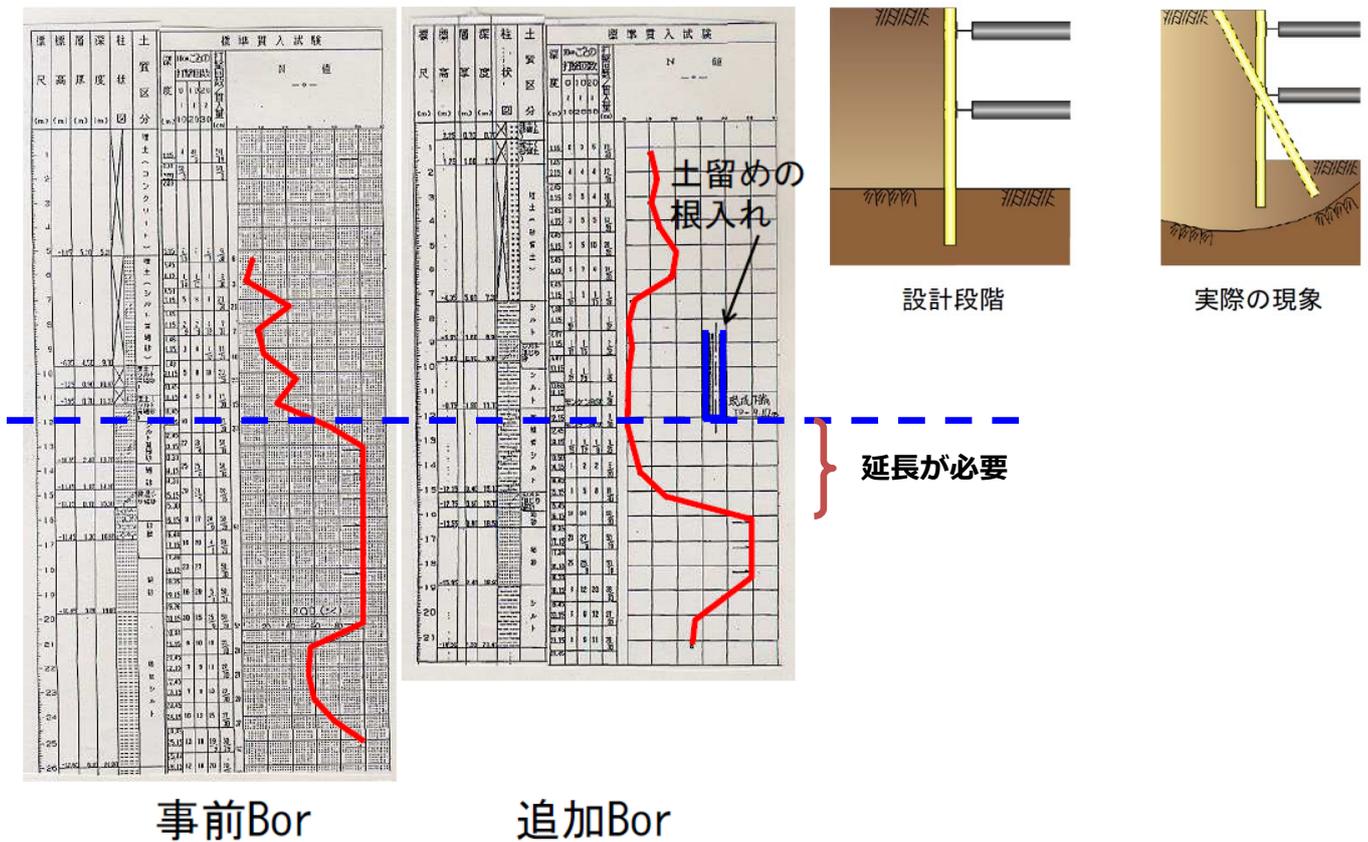
図 6.2.46 谷底堆積物の限界最大層厚と谷底低地の横断幅との関係（鈴木，1985）
Y：愛鷹山南麓柳沢，E：江戸川低地，T：多摩川下流部。

■ボーリング調査間隔に起因するトラブル事例

- ・戸建住宅の不同沈下



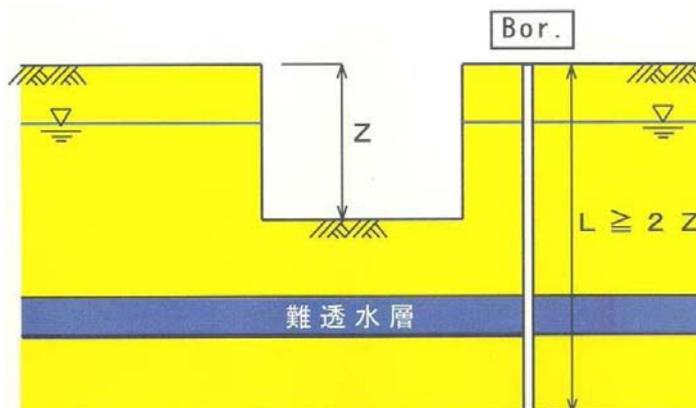
- ・追加ボーリングを実施したところ支持層（ $N > 50$ ）の出現深度が4 m以上異なっており、土留め工の根入れ長を延長せざるを得なかった



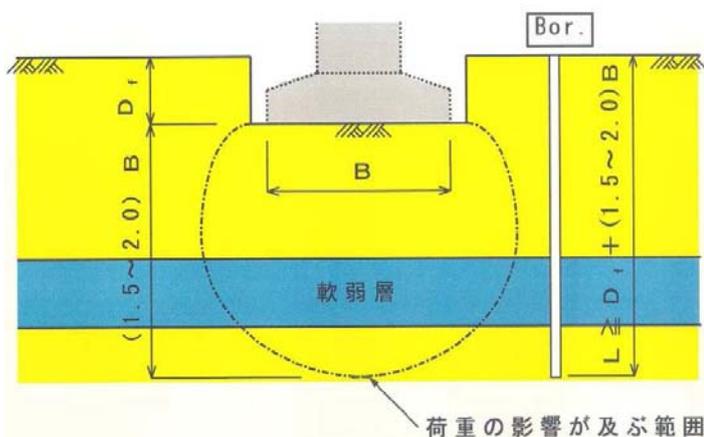
■ボーリング・サウンディングの調査深度

- ・調査深度は、構造物の種類や調査の目的に応じて決定する。
- ・「あと10m深い位置までの調査データがあれば…」という事例が少なくない。最近、大深度地下構造物の建設工事が増加しており、「あと10m」のための追加調査には多大な費用がかかる。

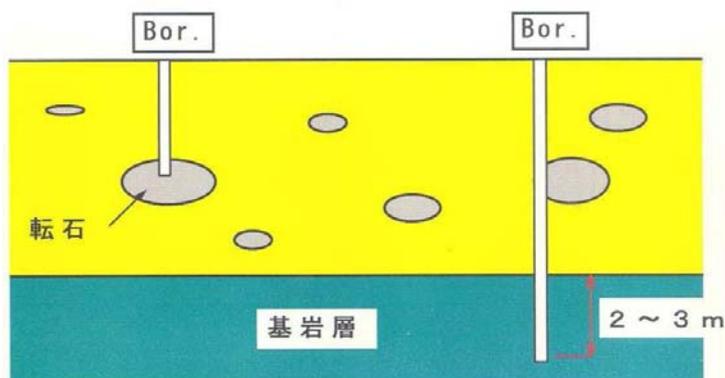
①地下水位下の掘削工事：掘削深さの2倍以上



②直接基礎工事：荷重作用面から基礎幅の1.5～2倍以上

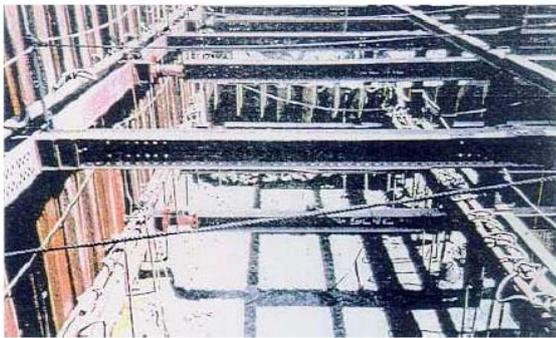
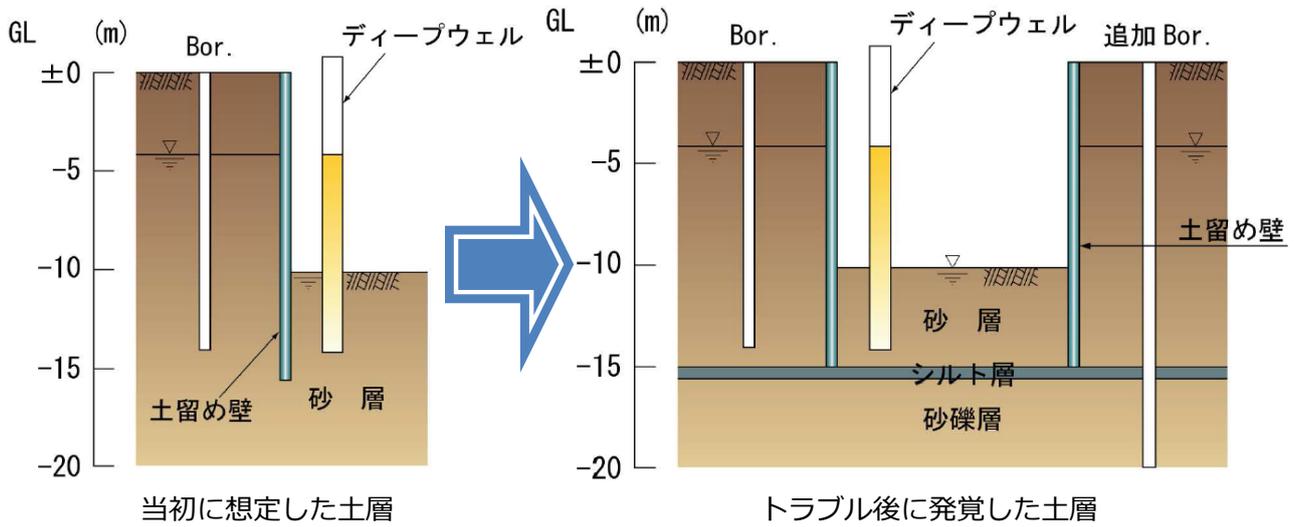


③転石や玉石を含む地層：基岩層に達したと思われる地点からさらに2～3m以上の深さまで

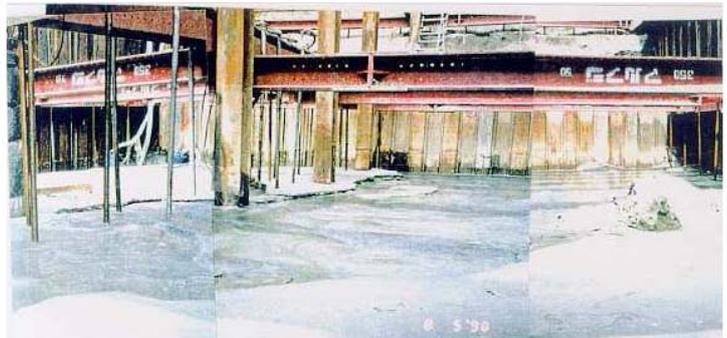


■ボーリング調査深度に起因するトラブル事例

- ・開削工事における湧水の発生 – 工事の最終掘削段階で地下水が噴出した！
- ・難透水層の見落とし → 盤ぶくれ～湧水の発生



湧水発生前

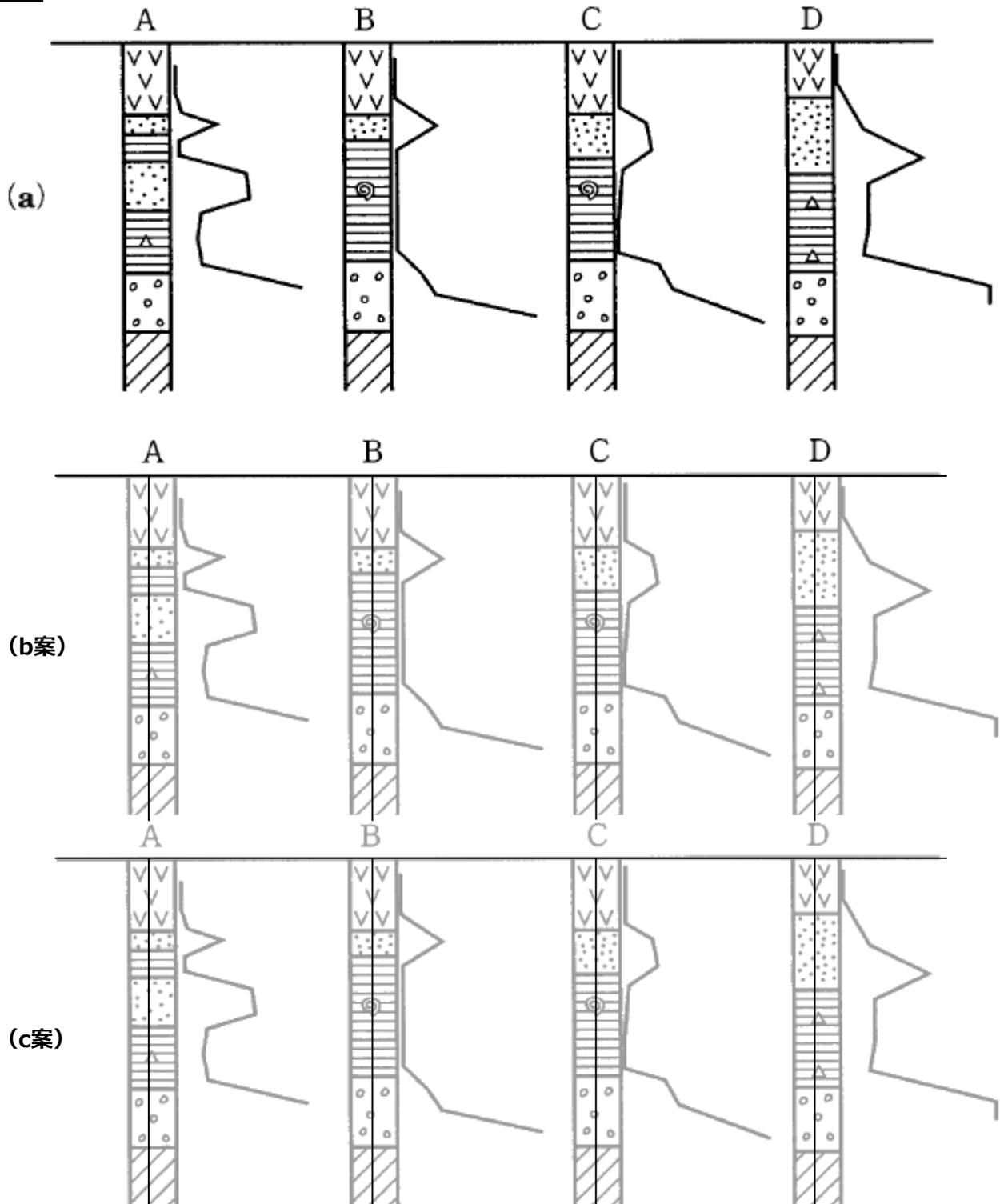


湧水発生後

■土質断面図作成時の留意点

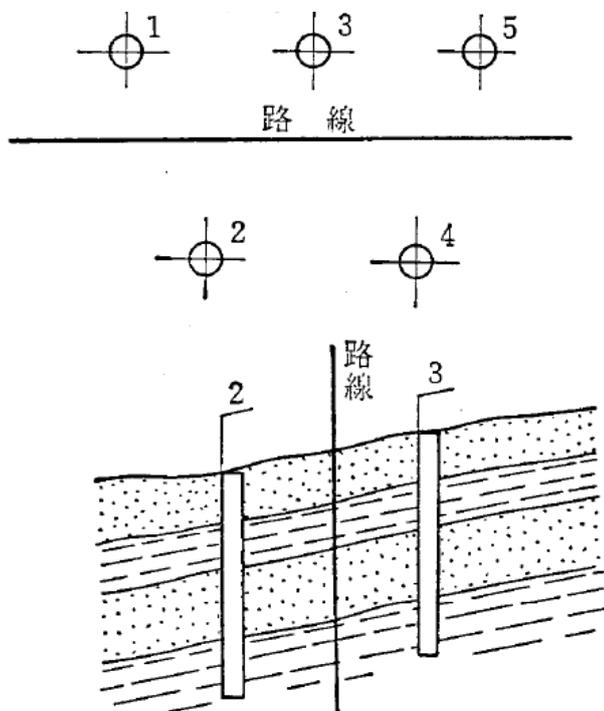
- ・深度がほぼ同じで土質が同じ層を単純に結んだ断面図は、地層構造の把握を誤解する可能性有り
- ・N値、物理試験結果、混入物（貝殻、火山噴出物など）、不整合の可能性などに留意すること

問題 下の (a) 図のボーリング柱状図の情報から土質断面図 (b案) (c案)を作成せよ。

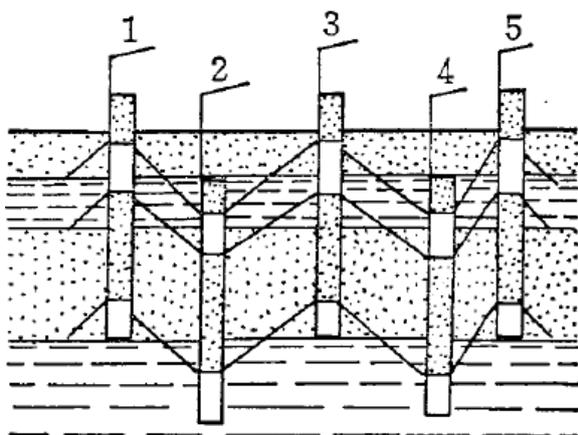


・ 全体的な地層の傾斜を考慮して柱状図を断面へ投影すること

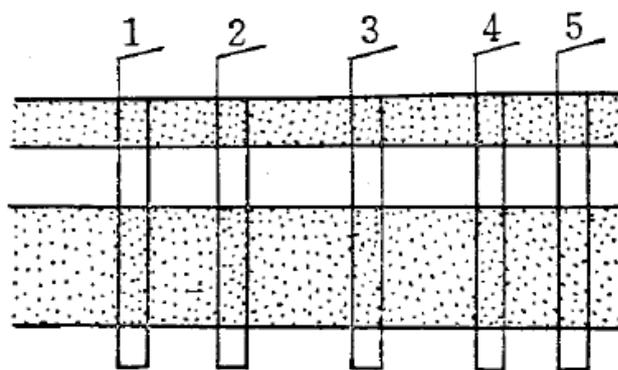
(a)地質の条件 地層の傾斜が有る場合は、柱状図の地表の標高をそのまま断面線に投影すると断面図が不正確になる



(b)地層の傾斜が有る場合の断面への投影



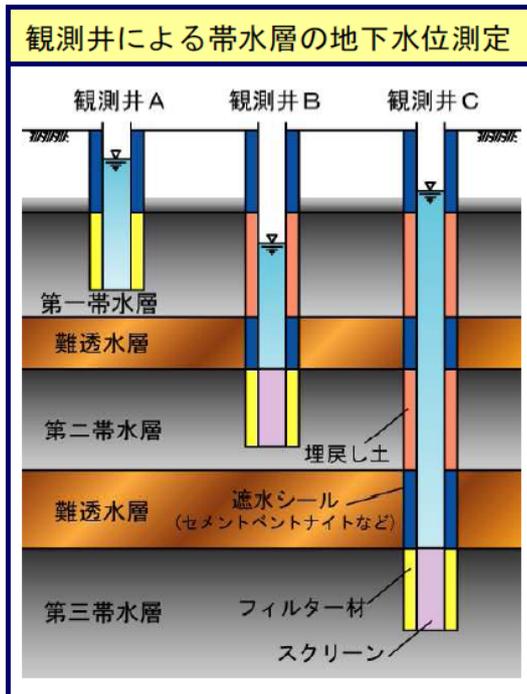
誤った投影法による断面図



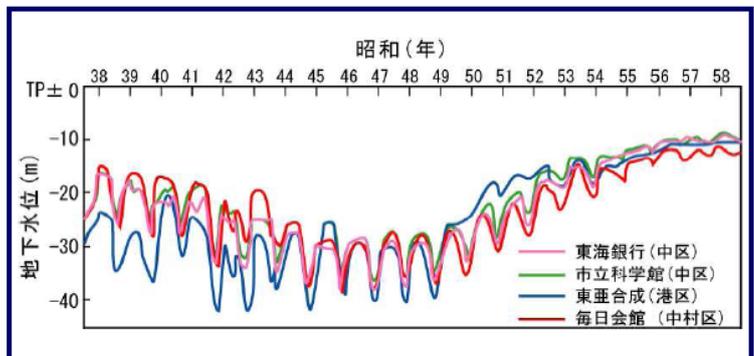
正しい投影法による断面図

■地下水位の把握

- ・各帯水層ごとに間隙水圧測定を実施し水位を把握する必要がある
- ・**地下水位は変動するので数回の測定で短絡的に決めつけない**



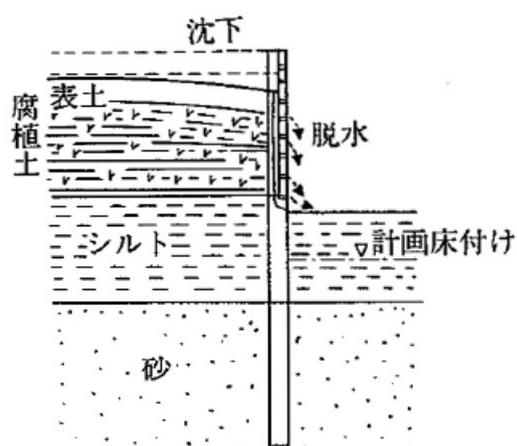
- ① 地下水位は帯水層ごとに異なる
→ 帯水層ごとに測定
- ② 地下水位は常に変動している
→ 長期的な測定



■地下水位に関するトラブル事例

- ・**水を下げれば、地盤は沈下する！**

(a) 腐植土層の自然脱水による沈下



(b) 揚水による地盤沈下

