

## 土木計測学

### ○土木計測とは何か？

「測量」 = 機械をのぞき込んだり，目盛付の棒を立てたりして何かを測ること

「土木計測」 = 構造物等を安全に，そして経済的に造ることを目的として，地盤が構造物に及ぼす影響を計測し，評価する（情報化施工）

「構造物等を安全に，そして経済的に造る」とはどのようなことか？

構造物等は当然に地盤の中や上に造られるが，地盤は複雑で不確定的な為に，設計をする段階では「完全に」把握することができない．⇒ そこで工事を進めながら日々変わっていく地盤からの影響を計測し，その結果より工事の安全性を確認する必要がある．また計測の結果は当初の設計段階での予想と比較され，必要ならばこれから工事する部分についての設計を変更する．安全側に変更される（一般に工事費が高くなる）こともありますし，経済的な方向に変更される（減額変更）こともある．

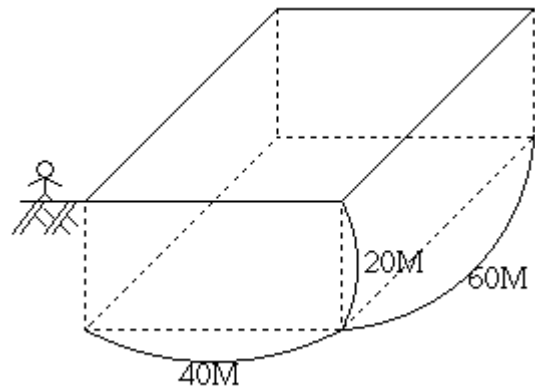
### ■「土木計測」の具体的なイメージ

「掘削山留め工事」を事例にとって、この場合の「計測」を取り上げる．

### ○「掘削山留め工事」について

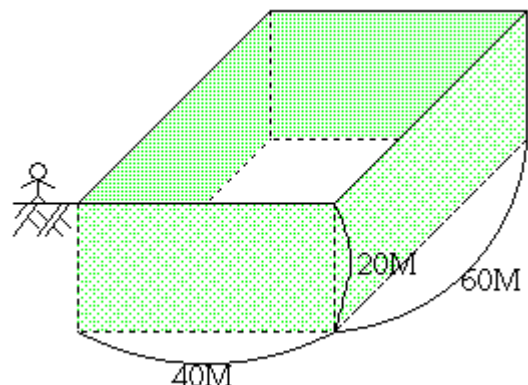
「掘削山留め」という方法で「巨大な地下空間」を作る。

（右図例：長さ:60m×巾:40m×深さ:20mの地下空間を作る）



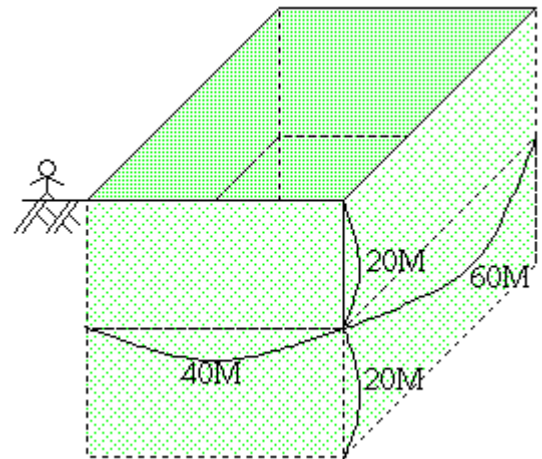
・このような巨大な地下空間をそのまま素直に掘削していったら，当然掘削しているそばから土が崩れてきてしまいます．そこでまず土が崩れてこないように、あらかじめ何かで壁を作ってから掘削を始める必要がある。

（緑色に着色したところが壁 ⇒）



・実際には——掘削する深さと同じ長さの壁ではなく——掘削する深さの 2 倍程度の長さの壁を打ち込む。

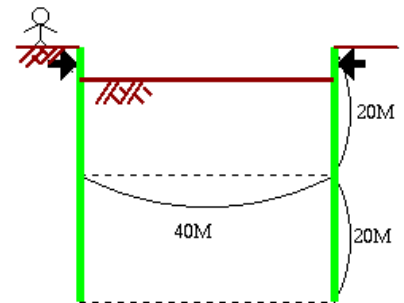
(右図の例では掘削の深さのちょうど 2 倍の 40M の長さの壁を作っている)



・次に上記で作った壁の内側の土を掘削していく。  
すると、壁の内側と外側の荷重のバランスが崩れ、壁が段々と内側に傾いてくる。

(右図は、山留めを真横から見た図で、両側の緑色の線は「壁」を、茶色の横線は「現在の掘削面」を、矢印は「壁への力」を表している)

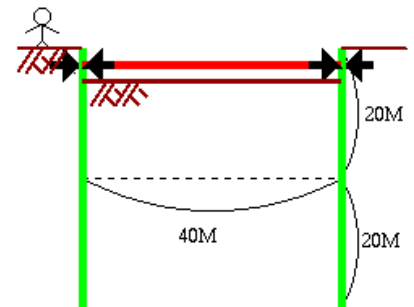
一次掘削の図 ⇒



・そこで、何らかの方法で壁の内外の力を均衡させ、壁の傾きを押える必要が出てくる。

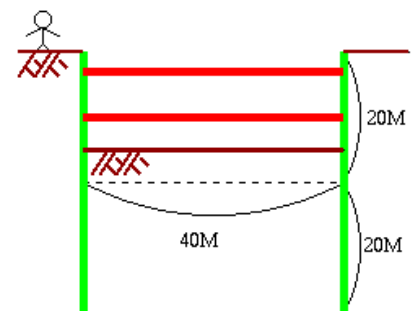
(↓右図は「切梁」(赤い横線で表示)で内外のバランスをとっている例)

一段目の切梁設置の図 ⇒



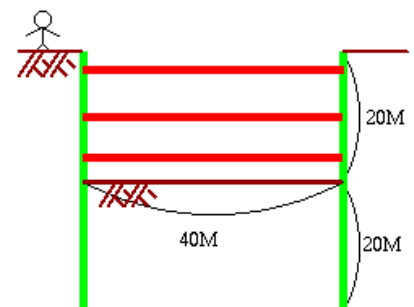
・上記の「掘削する」と「切梁等で壁の内外の荷重のバランスをとる」を交互に繰り返して工事は進む。

二次掘削 + 二段目の切梁設置の図 ⇒



三次掘削 + 三段目の切梁設置 で 掘削完了! の図 =

(まとめ) 掘削対象の周りに予め壁を作っておき、中の土を掘削する。その際、土圧等により壁が大きく内側に傾斜、または壁等の崩壊を防ぐ為に「切梁」や「アースアンカー」等の仕組みが必要。



## ○「掘削山留め工事における計測」について

「掘削山留め工事」において「計測」がどのように行われているか。

### <計測の目的>

- ・工事の進行状況に合わせて山留め自体の状態を知る
- ・周辺への影響を知る

### <問題点>

- ・工事を行なう時、（地盤は複雑で不確定的な為に）地盤から山留めに受ける力が本当に設計時に仮定した通りなのか？

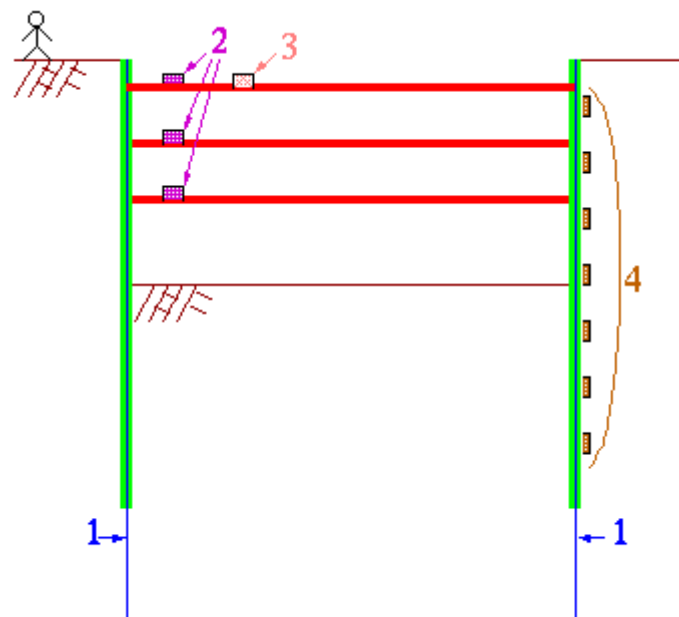
### <絶対に避けるべきこと>

- ・山留めの崩壊…地盤から山留めに受ける力が、現実には設計時の仮定より極めて大きかった、など
- ・過大設計…地盤から山留めに受ける力が、現実には設計時の仮定より極めて小さく、（当初の設計により）過剰な強度の壁や切梁等を設置すること。——材料的にも工期的にも——不経済。
- ・周辺への悪影響…（山留め工事の為に）周囲の地下水位を下げることににより、周辺の地盤が大きく沈下すると既設の構造物に影響がでる

## ■掘削山留め工事での計測器の配置

掘削山留め工事において、具体的に「どこに」「どのような」計測器を設置するかは、土木計測に関する深い造詣が必要。

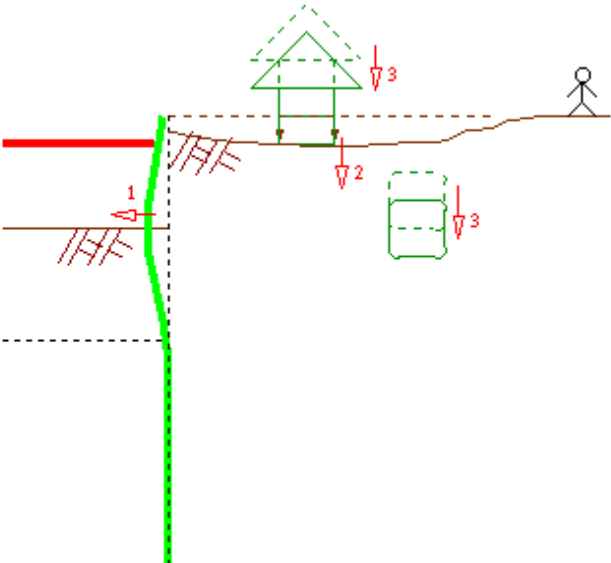
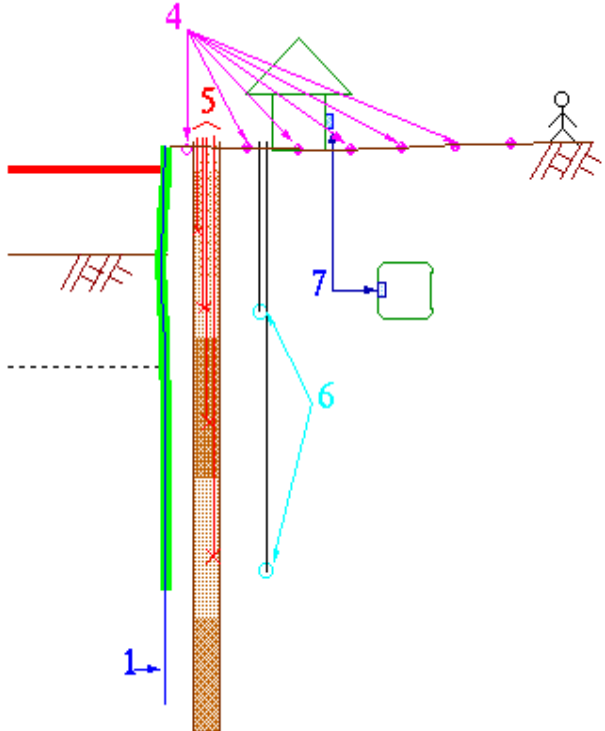
掘削山留め工事で行なわれている計測のうち、以下に基本的なものを幾つか挙げる。



No.	計測機器の種類	留意点
1	傾斜計	各深度での壁の傾きを計ることにより、山留めの「壁の変形」と（その値から）「壁に掛かっている力」が計算できる。「壁の変形」や「壁に掛かっている力」は（言うまでもなく）山留め壁の状態を知る為に極めて重要な情報。「壁の変形」は周辺地盤の沈下に直接繋がるという意味でも重要。
2	切梁歪み計	切梁に掛かる力（軸力）を計る。切梁は山留めの壁の変形からくる力を受け止めるので、この力（軸力）を計ることは重要。
3	切梁温度計	温度変化による切梁の軸力変化を見る。（切梁は温度（外気温）により伸び縮みしようとするが、両端を壁が押えられている為に、伸び縮み出来ない為に、外気温が高いと軸力が高くなり、外気温が低くなると軸力も低くなる。
4	壁体土圧水圧計	地盤から壁に及ぼす影響を直接的に知る。

#### ■山留め掘削工事における周辺への影響の計測

以下のような状況下で各項目の計測が行なわれ、得られたデータを解析することにより、「山留めの状態」や「その周辺の地盤等の状況」を把握できるよう努める。

山留め掘削工事における周辺への影響の例	周辺の状況を知る為の計測の例
山留め壁が内側に <b>変形</b> (1)すると、変形した分の土は周辺の地盤より補われる為に、周辺地盤が <b>沈下</b> (2)し、そこにある家や地中埋設物も <b>沈下</b> (3)している図	4：表面沈下、5：層別沈下計 6：間隙水圧計、7：傾斜計
	

No.	計測の種類	留意点
1	表面沈下	計りたい所に「スタッフ」を立て、基準点から「レベル」でスタッフの高さを計る。（これは「測量」と似ている）
2	層別沈下計	地盤の各層の沈下を計測。それぞれの層を調べる理由は、層の種類により沈下の度合いが異なるため。
3	間隙水圧計	地中の水位が下がることにより、その地盤は沈下するので——地中の間隙水圧を計測。
4	傾斜計	山留め周辺の構造物の傾きを計測。

○計測するとはどういうことか？

○計測するには、対象の「どこ」に注目するべきかを決めなくてはならない。

対象（この場合は掘削山留め）に対して、計測することができる項目は「無数」にある。例えば、

- 1:各深度における地盤の種類
- 2:山留めの壁の傾き（変形量）
- 3:山留めの壁に掛かる土水圧
- 4:切梁に掛かる力
- 5:切梁の温度
- 6:地下水位
- 7:周辺地盤の沈下量
- 8:山留めの壁の色
- 9:山留めの壁の肌触り
- 10:現場の周辺に咲いている花の種類
- 11:山留めの日射条件
- 12:周辺の地盤から汲み上げた水の味
- 13:山留めのなかで吸われた煙草の本数
- 14:現場の土の中にいるアリさんの性格^^;
- 15:           :

・意味のある計測とは？

無数に存在する項目の「全て」を計測しようとすることは無理

計測したほとんどの項目が目的に対して無意味

○対象のどこに注目すればよいか、については、計測対象に関する知識（体系）が必要

計測対象に対する知識（体系）から、今回注目すべき計測項目が決まる。

掘削山留めに関する知識 ⇒「今回の現場の条件で、山留め自体の安全性を知るには、山留めの『ここ』と『ここ』に注目して計測すればよい」などと決めることができる。観察する時には、何の知識も無しに観察が行えるのではなく、ある視点を持って初めて観察が成立する。

例題 人工衛星の姿勢の制御をするための計測器はどこにどのようなものを何点つけばよいか？

○計測を行なうには、計測器に関する知識も必要である

計測が計測器を使って行なわれる場合には——当然あらゆる段階で——計測器に関する知識が必要。計測器に対する知識が無いと——たとえどんなに 計測対象に関する知識があったとしても——適切な計測を行なうことは出来ない。

1:「計測器の選定の段階」で、計測器に関する知識が必要である。

計測器を選定する場合、

- ⇒ そこでの計測器に求められる条件を考える
- ⇒ 適切な計測器を選ぶ必要がある（予想される測定範囲、精度、耐久性、PC との接続…等々）

計測器の選定ミスの例

- ⇒ 掘削に伴うシールドトンネル内の形状の変化を調べたい時に、山岳トンネル用の計器を使ってしまった。シールドトンネルの形状の変化は、山岳トンネルのそれと比べて極めて小さいので、山岳トンネル用の計測器では、計測器の精度不足の為にシールドトンネルの微小な形状変化を捉えられなかった。
- ⇒ ある計測に付随して波の高さを知る必要があり、水圧計を海の中に投入したが、時間が経って潮が引いてきた時、水圧計が海面から露出していた（高い圧力まで計れる水圧計を用意して、潮の満ち引きに関係しない深さまで投入すべきだった）

2:「得られたデータを評価する段階」で、計測器に関する知識が無いと適切な評価が出来ない。

計測の結果、得られたデータ（数値）が適切かどうかは——対象に関する知識が必要なことはもちろん——計測器に関する知識も必要。

- ・ データを評価するという作業を行なう際、得られたデータを鵜呑みにしないこと。
- ・ 特に予想された動きと、実際に計測器から得られたデータが食い違った時は、その食い違いがなぜ生じたかを追求すること（設置場所不適切・選定不適切・取り付けミス・故障等々）

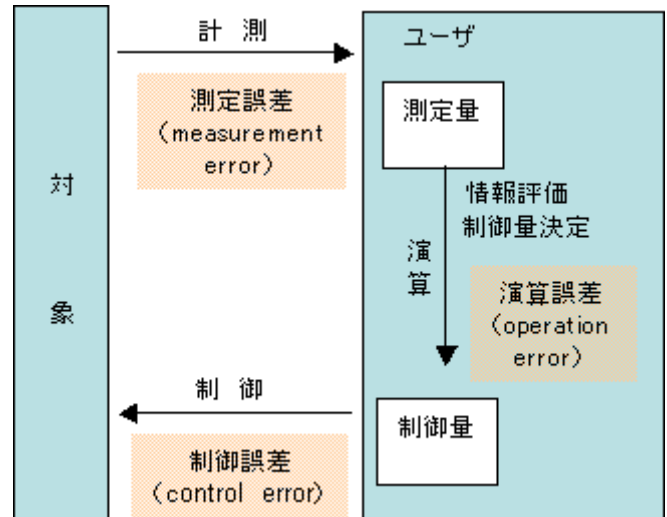
#### 計測器に関する必要な知識の例

- ・ 間隙水圧計を設置した後しばらく（余剰水圧が抜けるまで）は，値が高めに出る（当然その時を初期値としてはいけない）
- ・ H 鋼のフランジの対角線上の 2 点に取り付けられた切梁歪み計の値は，圧縮方向以外の力（ねじる方向の力）も拾う
- ・ （多数のセンサーが接続されている）スイッチャーは，過度の湿度に弱い
- ・ 計測器のケーブル絡みのトラブルは，計測器本体の故障よりも多い

例題 ある小流域から流れてくる水の量を計測する場合の手段と留意すべき点を述べよ。

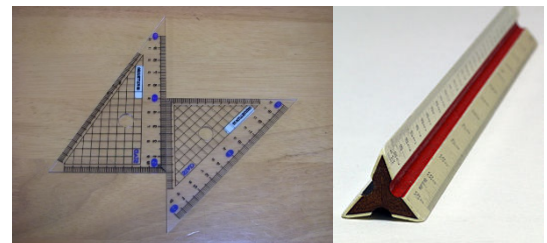
## ●測定と計測

### ●計測の目的 計測・演算・制御ループ



### ●「材料」が計測対象

### ●定規と物差し



### ●経験と判断

#### ■データと情報

#### ■想像と空想の違い

#### ■現象は波として捉える

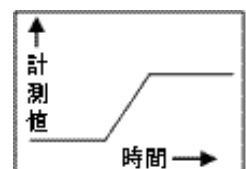


図-1

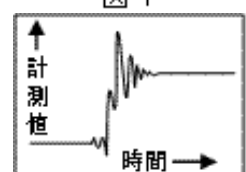


図-2



- 温度と歪みと応力

- 計測の命題-誤差と遅れによる発振

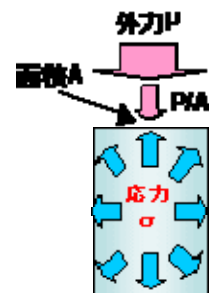
- 各ステップの誤差

- 制御の遅れ

- 発振について

- 計測業とレストラン

- なぜ応力（ひずみ）計測や変位計測が必要か



- ・「弾性域」では、「変形（変位）に比例して応力が大きくなる」のに対し

- ・「塑性域」では「変位が増大しても応力がそれほど大きくなるしない」

- 外力による変形と破壊

- 応力（ひずみ）管理