

## 第11章 観察・計測工

## 第11章 観察・計測工

11.1	観察・計測工の目的	4-11-1
11.2	観察・計測工の分類	4-11-3
11.3	観察・計測工の種類	4-11-4
11.4	施工中の調査	4-11-5

## 第11章 観察・計測工

### 11.1 観察・計測工の目的

観察・計測による施工管理の主な目的は、地山の条件や掘削時の挙動を把握し、支保構造の設計や施工方法をより最適なものに変更することによって、工事の安全性と経済性を図ることにある。具体的には次のとおりである。

- (1) 地山の挙動に合せ、支保構造の目的であるトンネル内空を保持する。
- (2) 観察・計測の結果に応じて、適宜当初設計を変更して、実際の地山条件に合った設計をする。
- (3) 想定より悪い場合は必要に応じて増し支保等の設置をとる。
- (4) 想定より良い場合は、支保の軽減、施工速度の向上を図る。
- (5) 湧水などの地山状況・施工結果を一環のある記録として整理・保管し、将来の工事計画に役立てる。

#### 【解 説】

- (1) 観察・計測項目の要領及び活用の詳細については「道路トンネル観察・計測指針：(社)日本道路協会」によるものとする。

(2) 計測の位置付けを下図に示す。

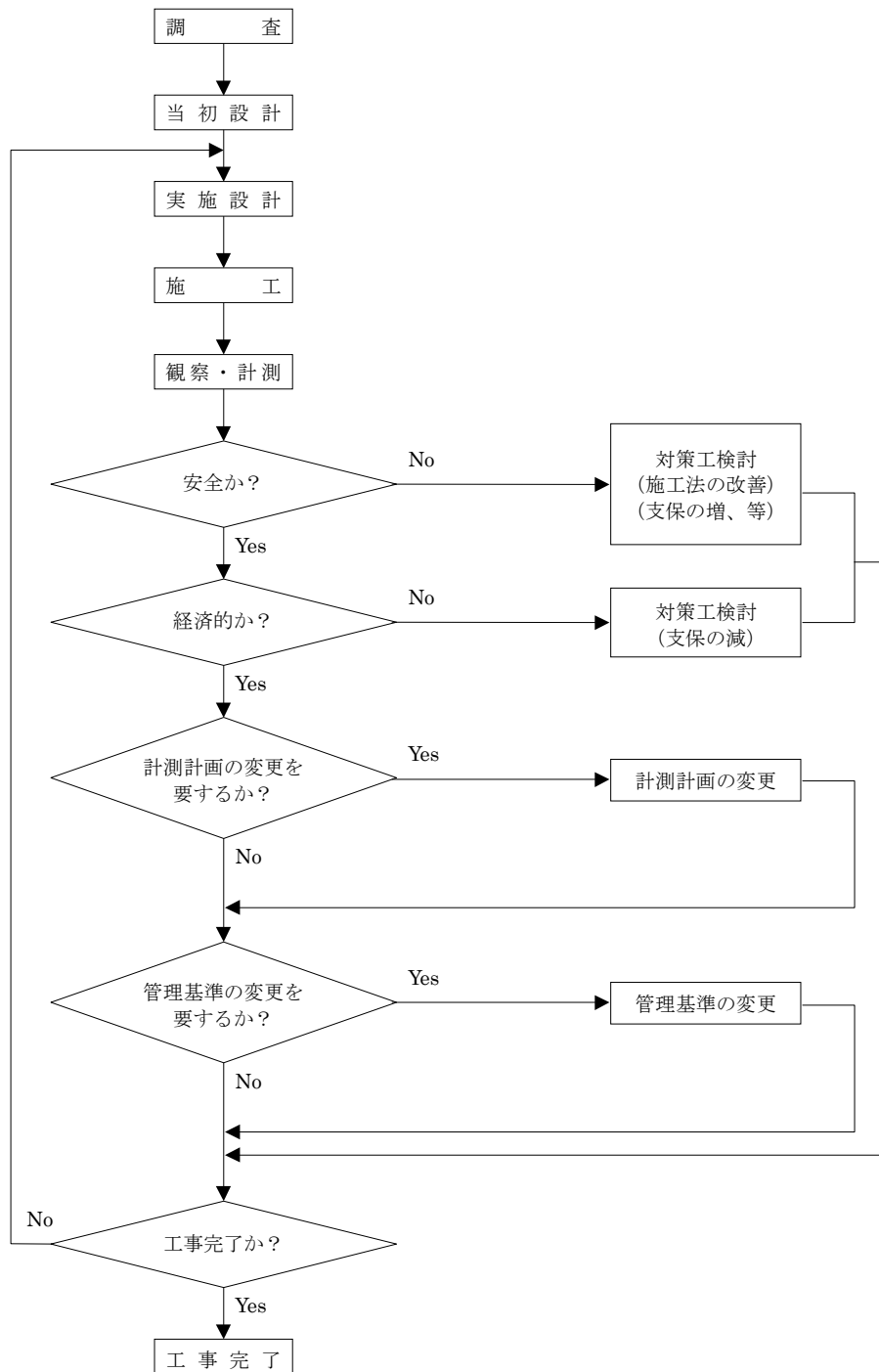


図11.1.1 観察・計測の位置づけの概念

## 11.2 観察・計測工の分類

観察・計測工の項目は日常の施工管理のための項目(計測A)と地山条件や設計の内容に応じて実施し、設計・施工に反映させることを主な目的とする項目(計測B)がある。資料は蓄積して類似した条件のトンネル設計に使用する。

### 【解説】

- (1) 計測A…計測Aは地山および支保構造が異常な挙動をしていないか、安定しつつあるか等の判断資料を得るためにトンネル延長方向に一定の間隔で実施する。
- (2) 計測B…計測Bは使用している支保部材や、施工方法が妥当かどうか判断し、以奥のトンネル設計・施工を合理的・経済的なものとするために実施する。計測及び解析業務は、その業務内容の特殊性、客観性を考慮して第三者である別途コンサル等に発注することを基本とする。

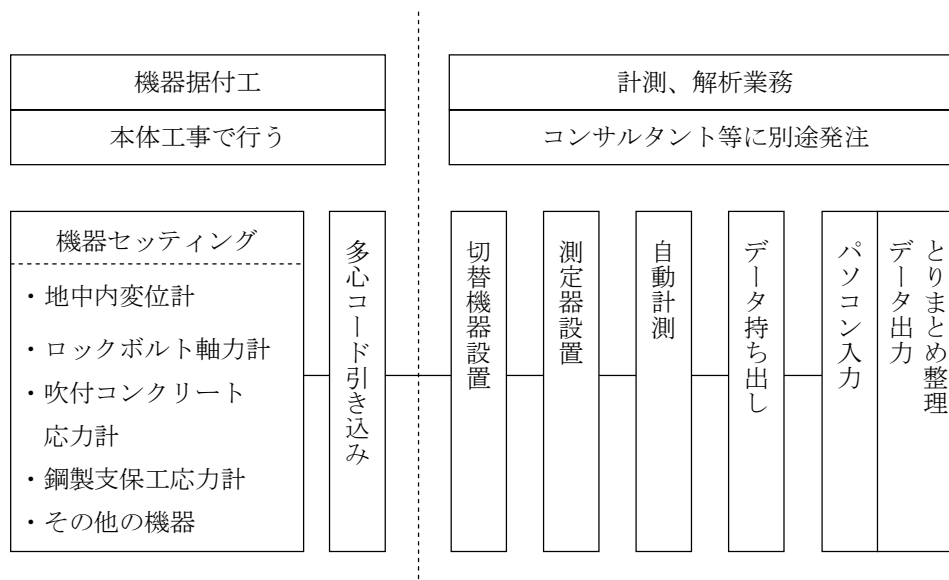


図11.2.1 作業範囲 (参考資料)

### 11.3 観察・計測工の種類

観察・計測の種類は次のとおりとする。

- (1) 計測 A
  - 坑内観察調査
  - 天端沈下測定
  - 内空変位測定
  - 地表沈下測定(坑口部および土かぶりの浅いトンネル)
  
- (2) 計測 B
  - 原位置調査・試験
  - 地山試料試験
  - 坑内地中変位測定
  - ロックボルト軸力測定
  - 吹付けコンクリート応力測定
  - 地表・地中の変位測定
  - 鋼アーチ支保工応力測定
  - 覆工応力測定
  - 盤ぶくれ測定
  - AE測定
  - その他の計測

#### 【解説】

各計測項目の重要度は、それぞれのトンネルの用途、規模、あるいは地山条件などによって異なるので、具体的な計測結果の活用目的、評価手法を明確にした上で、必要な項目について実施しなければならない。

注) 計測は計測Aを標準とし共通仮設費率に含まれる。ただし現地条件によって計測Bが必要な場合は別途考慮する。なお、計測B(材料費)は共通仮設費の技術管理費に計上する。

## 11.4 施工中の調査

トンネル施工では、地山条件の予知と把握が極めて重要である。したがって、接近した地点からの調査ボーリングや各種試験等を行って、掘削箇所から前方の地質状態を確認する必要がある。

### 【解説】

#### (1) 先進ボーリングの必要性

- 1) トンネル工事の特殊性として、着工前に行った地質等の調査と施工の際の状態とは必ずしも一致しないことが多い。特に、トンネル深奥部については、調査ボーリングを到達させることが難しく、正確な地質情報を得ることが困難である。このことから、施工時における地質的検討と実施パターンとの照査は不可欠であり、継続的に行うことが必要となる。
- 2) 従来、施工中における前方地質の検討は、切羽状態を経験的、定性的に判断して実施パターンを検討する方法が多く用いられ、地質の悪い区間や破砕帯が予測される場合においてのみ、先進ボーリングで調査精度を高める方法が取られてきた。しかし、昨今、NATMトンネルの計測管理によって、施工後の内空変位等による定量的検証手段が確立されるに至って、施工前の実施パターン決定に用いる前方地質確認手段に、よりいっそうの定量的、継続的な判定が要求されてきている。
- 3) 近年、支保性能の向上に相まって、機械化施工を前提とした、加背割の大断面化、標準化が進む傾向にあるが、一方では、坑内切羽での熟練工は不足しつつあって、従来からの経験的な危険予知意識が薄れる恐れがある。従って、施工安全的見地から、より正確な前方地質の把握に加えて、水抜き効果も兼ねた先進ボーリングの必要性が高まってきた。また、掘削土から酸性水や重金属の流出の可能性がある場合には掘削土の処理区間等の判定のために先進ボーリングコアを用いた化学分析が有効である。さらに、上記のような問題のある地山では湧水に重金属が含まれたり、酸性湧水となる可能性があるため、水処理の必要性を判断するためにも先進ボーリング時に湧水の水質を把握するのが望ましい。

以上の点を考慮し、施工中の先進ボーリングは全線において実施することを原則とする。ただし、下記に示す場合はこの限りでない。

- ① 比較的延長が短いトンネルで、十分な地質調査がなされている場合。
- ② 両坑口部にあって、事前に水平ボーリングが行われている区間。
- ③ 全体の地質が良好であり、湧水も少ないと認められる場合。
- ④ 並設トンネル等で、既存データがある場合。
- ⑤ その他

#### (2) 先進ボーリングの実施方法

一般に、掘削に伴うゆるみ域は、上半から天端にかけて多く発生するため、掘削時には同部位の地質性状がポイントになる。従って、先進ボーリングは上半から実施するのが原則となる。また、ボーリング時には、上半切羽が必然的に一時停止状態となるため、工程を工夫すると共に、速やかな対応が必要である。

#### (3) 施工中調査項目と調査間隔

地山等級を目安とした実施すべき施工中調査の項目を表11.4.1および表11.4.2に示す。

表11.4.1 施工中調査項目

	計測項目	計測によって求められる主な事項	地山等級			1 試料当りの供試体数
			A～C I	C II～D I	D II～E	
1 原 位 調 査 ・ 試 験	坑内観察調査	①切羽の自立性、素掘面の安定性、②岩質、断層破裂帯、しゅう曲構造、変質帯などの性状把握、③吹付けコンクリート等、鋼アーチ支保工、ロックボルトの変状把握、④当初の地山の区分の再評価	◎	◎	◎	
	坑内弾性波速度測定	①当初の地山区分の再評価、②ゆるみ領域、③地層の亀裂、変質の程度、④岩盤としての強度の把握	○	◎	◎	
	ボーリング調査	①岩質、断層破裂帯、しゅう曲構造、変質帯、ガスなどの性状把握、②地山試験試料の採取	○	◎	◎	
	ボーリング孔を利用した諸調査、検層	地耐力(標準貫入試験)、水圧、透水試験(湧水圧試験)、変形係数(孔内水平載荷試験)	○	◎	◎	3
	岩盤直接せん断試験	地山の初期せん断強度(C、 $\phi$ )、残留強度(C'、 $\phi'$ )、変形係数(D)	△	△	△	4
	ジャッキ試験	変形係数(D)、地盤反力係数(K)	△	△	△	3
2 地 山 試 料 試 験	一軸圧縮試験	一軸圧縮強度( $\sigma_c$ )、静ヤング率(E) 静ポアソン比( $\nu$ )	◎	◎	◎	3
	超音波伝播速度測定	P波速度( $V_p$ )、S波速度( $V_s$ )、動ヤング率( $E_d$ )、動ポアソン比( $\nu_d$ )	◎	◎	◎	3
	単位体積重量試験	単位体積重量( $\gamma$ )、含水比(w)	◎	◎	◎	3
	吸水率試験	吸水率	△	○	◎	3
	圧裂引張試験	圧裂引張強度( $\sigma_t$ )	△	△	△	3
	クリープ試験	クリープ定数( $\eta$ )	—	△	△	3
	粒度分析試験	土砂地山の場合、切羽の安定性の判断資料とする。泥岩、温泉余土などの場合、膨張の判断資料とする。	—	△	△	1
	浸水崩壊度試験	軟岩の場合、水に対する安定性の判断資料とする。	△	○	◎	1
	三軸圧縮試験	粘着力(C)、内部摩擦角( $\phi$ )、残留強度(C'、 $\phi'$ )	—	△	○	4
	X線回折試験	粘土鉱物の種類(膨潤性粘土の有無)	—	△	○	1
	陽イオン交換容量(CEC)	粘土鉱物の含有量の推定	—	—	△	1
	岩石・土壌の化学分析	掘削土からの酸性水・重金属流出の可能性の判断資料とする。	△	△	△	1
水質分析	重金属濃度が基準値を超える場合や酸性湧水がある場合に水処理の判断資料とする。	△	△	△	1	

◎必ず実施する、○通常実施する、△特別に必要な場合に実施する、—該当しない。



表11.4.2 施工中の調査間隔（参考）

項 目	地 山 等 級		
	A～C I	C II～D I	D II～E
坑 内 観 察 調 査	原則として1進行毎の切羽観察 毎日の既施工区間観察	同 左	同 左
その他の原位置調査・試験	両坑口付近と200～500m毎に実施	両坑口付近と90～100m毎に実施	両坑口付近と40～60m毎に実施
地 山 試 料 試 験	同 上	同 上	同 上
岩石・土壌の化学分析	地質状況に応じて調査間隔（頻度）を適宜判断すること。 例えば、先進ボーリングの10mを1区間とし、区間内の5地点から採取した混合試料を区間の代表試料として扱うことが考えられる。なお、地質の変化が見られない場合は1区間をより長く設定することも考えられる。		
水 質 分 析	湧水箇所に応じて適宜実施		