

23. トンネル（NATM）計測要領（案）

平成元年3月22日
建近技第98号
建近技第99号

トンネル (NATM) 計測要領 (案)

目 次

1. 計測の目的.....	23- 5
2. 計測の種類.....	23- 5
3. 計測の分類.....	23- 5
4. 計測計画.....	23- 5
5. 計測 A.....	23- 7
5-1 坑内観測調査.....	23- 7
(1) 観察調査の目的.....	23- 7
(2) 観察調査の間隔.....	23- 7
(3) 観察調査の要領.....	23- 7
(4) 観察調査結果の報告.....	23- 8
5-2 天端沈下測定.....	23- 8
(1) 天端沈下測定の目的.....	23- 8
(2) 天端沈下測定の間隔.....	23- 8
(3) 天端沈下測定の要領.....	23- 8
(4) 天端沈下測定結果の報告.....	23- 8
(5) 天端沈下測定結果の評価の目安.....	23- 8
5-3 内空変位測定.....	23- 9
(1) 内空変位測定の目的.....	23- 9
(2) 内空変位測定の間隔.....	23- 9
(3) 内空変位測定の要領.....	23- 9
(4) 内空変位測定の結果の報告.....	23-10
(5) 内空変位測定結果の評価の目安.....	23-11
6. 計測 B.....	23-11
6-1 地山試料試験.....	23-14
6-2 地中変位測定.....	23-15
(1) 地中変位測定の目的.....	23-15
(2) 地中変位測定の要領.....	23-15
(3) 地中変位測定結果の報告.....	23-15
(4) 地中変位測定結果の評価の目安.....	23-15

6-3	ロックボルトの軸力測定.....	23-16
(1)	ロックボルトの軸力測定の目的.....	23-16
(2)	ロックボルトの軸力測定の本数.....	23-16
(3)	ロックボルトの軸力測定の要領.....	23-16
(4)	ロックボルトの軸力測定結果の報告.....	23-16
(5)	ロックボルトの軸力測定結果の評価の目安.....	23-16
	イ. ロックボルトの降伏の判定.....	23-16
	ロ. ロックボルトの軸力分布の評価.....	23-16
6-4	吹付コンクリート応力の測定.....	23-17
(1)	吹付コンクリート応力測定の目的.....	23-17
(2)	吹付コンクリート応力測定の種類及び適用.....	23-18
(3)	吹付コンクリート応力測定の要領.....	23-18
(4)	吹付コンクリート応力測定結果の報告.....	23-18
6-5	鋼アーチ支保工応力測定.....	23-20
(1)	鋼アーチ支保工応力測定の目的.....	23-20
(2)	鋼アーチ支保工応力測定の要領.....	23-20
(3)	鋼アーチ支保工応力測定結果の報告.....	23-20
6-6	地表・地中沈下測定.....	23-20
(1)	地表・地中沈下測定の目的.....	23-20
(2)	地表・地中沈下測定の実施の判断.....	23-20
(3)	地表・地中沈下測定の要領.....	23-20
	イ. 地表沈下測定.....	23-20
	(イ) 地表沈下測定の方法.....	23-20
	(ロ) 地表沈下測定縦断方向測定位置及び間隔.....	23-21
	(ハ) 地表沈下測定横断方向測定範囲及び間隔.....	23-21
	ロ. 地中沈下測定.....	23-22
	(イ) 地中沈下測定の方法.....	23-22
	(ロ) 地中沈下測定縦断方向測定位置及び間隔.....	23-22
	(ハ) 地中沈下測定横断方向測定間隔.....	23-22
	ハ. 地表・地中沈下測定の期間.....	23-22
	ニ. 地表・地中沈下測定の頻度.....	23-23
(4)	地表・地中沈下測定結果の報告.....	23-23
(5)	地表・地中沈下測定結果の評価の目安.....	23-24
6-7	その他の計測.....	23-24

計測要領(案)

1. 計測の目的

トンネル掘削に伴う周辺地山及び各支保部材の変位並びに応力の変化等を把握し工事の安全性及び経済性を確認することにある。

計測の目的は、具体的には次のとおりである。

- ① 周辺地山の挙動を把握する。
- ② 各支保部材の効果を知る。
- ③ トンネル工事の安全性を確認する。
- ④ 工事の経済性を確認する。
- ⑤ 周辺構造物などへの影響を把握する。
- ⑥ 計測結果を将来の工事計画のための資料とする。

2. 計測の種類

計測の種類は次のとおりとする。

- (1) 坑内観察調査
- (2) 天端沈下測定
- (3) 内空変位測定
- (4) 地山試料試験
- (5) 地中変位測定
- (6) ロックボルト軸力測定
- (7) 吹付コンクリート応力測定
- (8) 鋼アーチ支保工応力測定
- (9) 地表・地中の沈下測定
- (10) その他の計測

3. 計測の分類

トンネルの施工中に行う計測は計測Aと計測Bに分類する。

- (1) 計測A…計測Aは、日常の施工管理と類似した条件のトンネルの設計に使用するための資料の蓄積を目的とする。
この計測は知識と経験を有する技術者と、その補助員が駐在して行うものとする。
- (2) 計測B…計測Bは当初設計の妥当性の検証と実施設計へのフィードバック及び類似した条件のトンネルの設計に使用するための資料の蓄積を目的とする。
この計測は専門の技術者に行わせるものとする。

4. 計測計画

計測計画にあたっては、事前調査の結果にもとづき、計測の目的、トンネルの規模を十分考慮して設計・施工に適応した計測計画を立てなければならない。

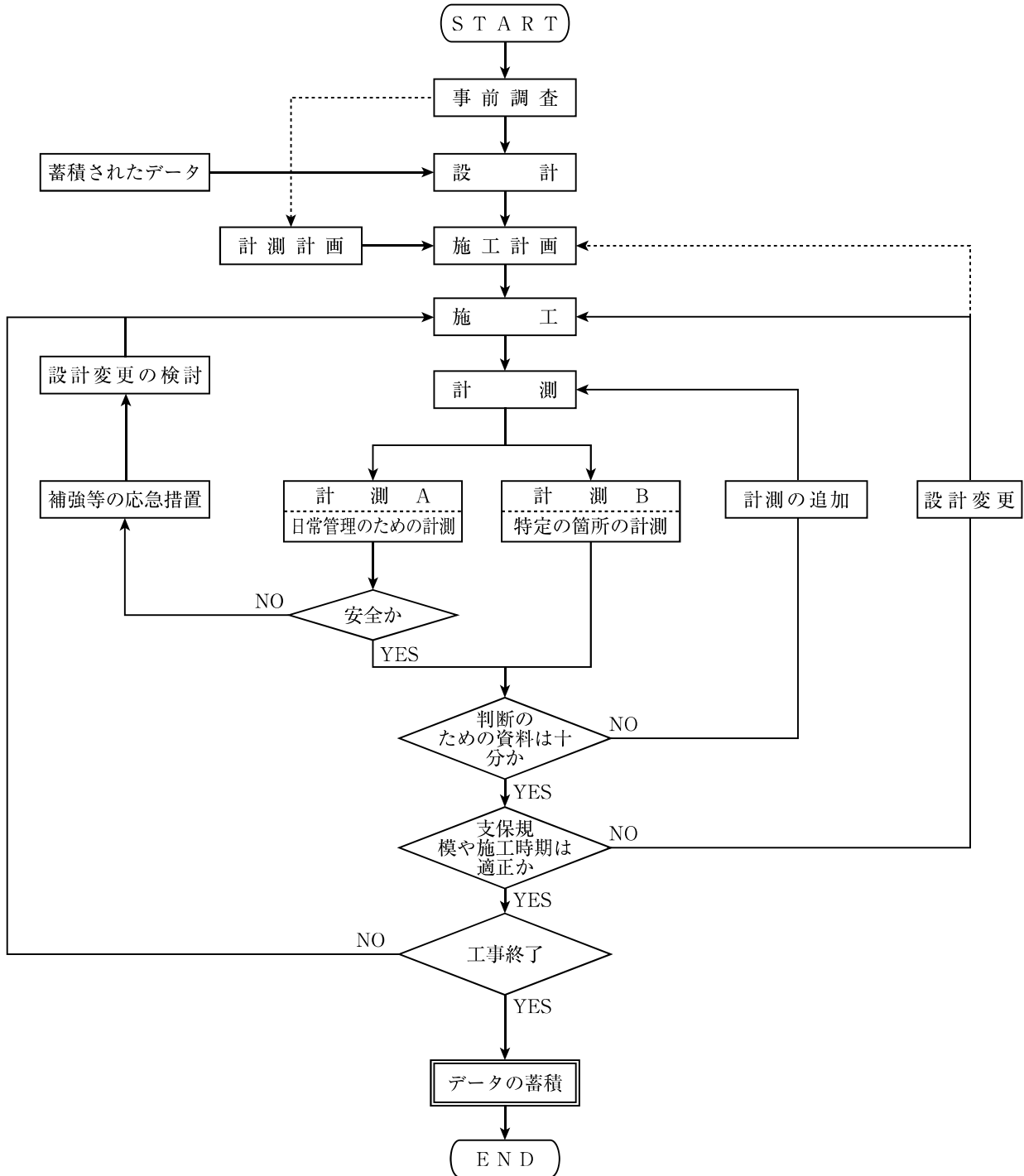


図4-1 計測のフローチャート

5. 計測A

計測Aは基本的に下記項目を実施するものとする。

- (1) 坑内観察調査
- (2) 天端沈下測定
- (3) 内空変位測定

5-1 坑内観察調査

(1) 観察調査の目的

坑内観察調査は、切羽の地質状況及び湧水の状態、施工済みの支保部材を目視によって観察調査し、当初設計時に想定した地山の状況と実際の地山状況が一致しているかどうかの確認を行い、その結果から切羽の前方の地質状態を推測すること、及び施工済のロックボルト、吹付コンクリート等の支保部材の状態の確認を行うことを目的とする。

なお、坑口付近等の土被りの小さい箇所では、地表の観察を行ないトンネル掘削の影響の有無について確認を行う。

(2) 観察調査の間隔

坑内の観察調査は、原則として各掘削毎に行うものとする。坑内観察記録については、掘削日毎に行うものとし、地質が急変する箇所、坑口附近、土被りの小さい箇所では適宜観察調査間隔を縮めるものとする。

又、施工済の支保部材の観察調査は原則として掘削日毎に行うものとする。

(3) 観察調査の要領

1) 切羽の状況を観察し、切羽スケッチを作成する。図には次の事項を記入する。

- ① 地質（岩石名）とその分布、性状及び切羽の自立性
- ② 地山の硬軟、割れ目の間隔とその卓越方向等の地山の状態
- ③ 断層の分布、走行、傾斜、粘土化の程度
- ④ 湧水箇所、湧水量とその状態
- ⑤ 軟弱層の分布
- ⑥ その他

2) 切羽スケッチから地質縦断図及び地質平面図を作成する。

3) 施工済みの支保工部材の状況を観察し、次のような異常があれば報告する。

- ① ロックボルト
 - ・頭部の破断
 - ・ベアリングプレートの地山への食い込み状況及び変状

② 鋼製支保工

- ・変状及び座屈の位置と状況
- ・可縮支保工の可縮状態
- ・底板及び支保工の地山への食い込み状況

③ 吹付けコンクリート

- ・地山との密着状態
- ・ひびわれの発生位置、種類、幅、長さ、発生時期
- ・湧水箇所及び湧水量とその状態

(4) 観察調査結果の報告

観察調査結果は原則として毎日監督職員に報告する。

5 - 2 天端沈下測定

(1) 天端沈下測定の目的

天端の沈下測定は、掘削に伴うトンネル天端の同一位置における絶対高さ標高の変化を水準測量によって求め、トンネル天端の沈下量、沈下速度を把握することによってトンネルの安全性、支保工効果を判断する資料を得ることを目的とする。

(2) 天端沈下測定の間隔

天端沈下測定の間隔は、内空変位測定の間隔と同じにする。

(3) 天端沈下測定の要領

- 1) 天端沈下測定は天端の吹付コンクリートに計測用ピンを埋め込み、水準測量により行う。
- 2) 各測定点の測定は掘削後すみやかに行う。
- 3) 測定頻度は内空変位測定の頻度と同じにする。

(4) 天端沈下測定結果の報告

測定結果は各断面ごとに、沈下と時間経過及び切羽との離れとの関係がわかるグラフを作成し、図5-1のクリープ領域判定図との関係に関連づけて整理し、計測の翌日までに監督職員に報告する。

なお、天端沈下量の測定結果は内空変位の経時変化図と一緒に書き込むこと。

集積したデータは、地山区分、土被りごとに沈下量が判かるようにとりまとめ監督職員に提出する。

(5) 天端沈下測定結果の評価の目安

内空変位測定結果と同様の管理図を作成し、図5-1の天端沈下のクリープ領域判定図の判定結果と合わせ、トンネル地山の安定の確認を行う。

判定は2次クリープに移行する場合は、時間経過とともに変位が収束するか3次クリープに移行するか、計測結果に十分な注意を行う。

3次クリープに移行した場合はクリープ破壊が迫っていると判定し直ちに沈下防止の対策を行う。なお、3次クリープに移行したかどうかの判定は図5-1(b)のクリープ領域(S-log t)判定図を用いる。

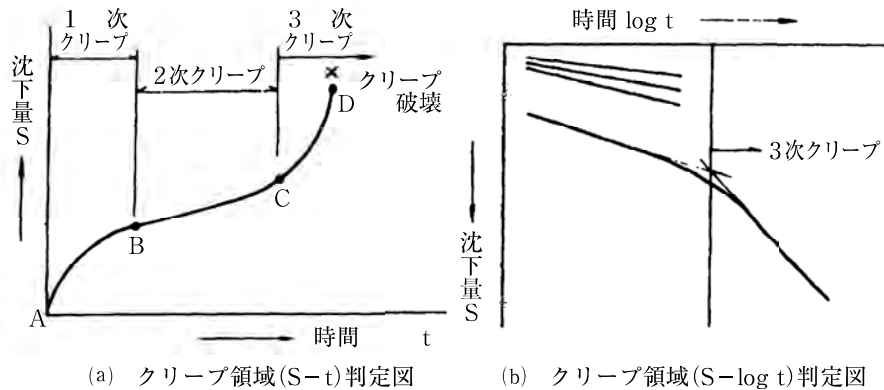


図5-1 天端沈下のクリープ領域判定図

5-3 内空変位測定

(1) 内空変位測定の目的

内空変位測定は、トンネルの安定及び支保工効果の確認支保工の施工時期の判定、覆工の打設時期の判定等の資料を得ることを目的とする。

(2) 内空変位測定の間隔

内空変位測定は、原則として30mに1箇所（1断面）及び設計パターンを変更する箇所で行うものとする。

ただし、施工初期段階（200m程度の施工が進むまでの段階）では20m間隔とする。

なお、地山等級D、Eについては、適宜測定間隔を狭めるものとする。坑口附近（0～2D区間）及び土被りの浅い（0～2D）の区間の測定間隔は10mを標準とする。

(3) 内空変位測定の要領

- 1) 測線の配置は、原則として図5-2を基本とする。
- 2) 下半掘削通過後の測定は上下半同時期に実施する。
- 3) 各測点の測定は掘削後すみやかに実施する。
- 4) 測定頻度は、表5-1を基本とする。ただし、上半と下半の変位速度が異なる場合は、変位速度の大きい方の測定頻度に合わせるものとする。なお、変位速度が小さい場合でも坑口附近の測定頻度は1回/日

以上とする。

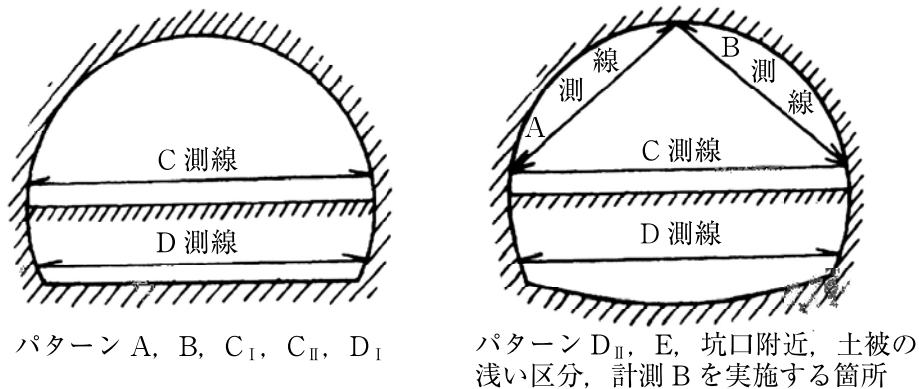


図5-2 内空変位の測線

表5-1 内空変位測定の見測頻度

頻 度	測定位置と切羽の離れ	変位速度 (内空変位)
2回 / 1日	0 ~ 0.5D未満	10mm / 日以上
1回 / 1日	0.5D ~ 2.0D未満	5 ~ 10mm / 日
1回 / 2日	2.0D ~ 5.0D未満	1 ~ 5 mm / 日
1回 / 1週	5.0D以上	1 mm / 日以下

(D: トンネル掘削幅)

(注) 1 計測頻度については、内空変位の変位速度より定まる計測頻度と、切羽からの離れより定まる計測頻度のうち頻度の高い方を採用するものとする。

(注) 2 内空変位の変位速度が1 mm / 週以下となったことを2回程度確認できたら監督員と協議の上、測定を終了してよいものとする。ただし、天端沈下測定、内空変位測定については覆工前に最終変位測定を行い、監督員に承諾を得るものとする。

(注) 3 切羽とは、下半、インバートを含むものをいう。

(4) 内空変位測定の結果の報告

内空変位測定結果は各断面、各測線ごとに変位と時間経過及び切羽との離れとの関係がわかるグラフにし、測定の翌日までに監督職員に報告する。なお、集積したデータは地山区分、土被りごとに最終変位量が分かるようにとりまとめ監督職員に提出する。

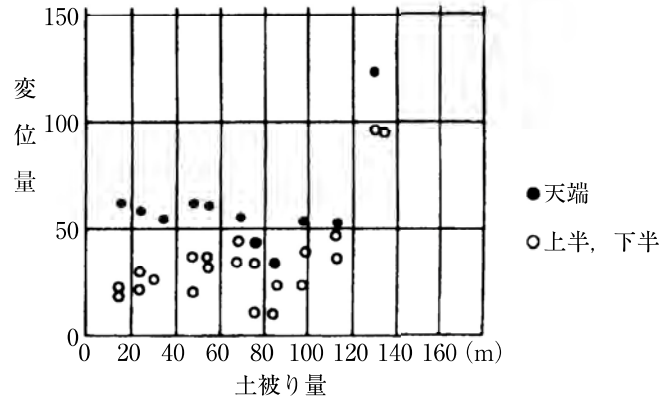


図5-3 内空変位量—土被り

(5) 内空変位測定結果の評価の目安

- 1) トンネルの地山の安定と施工した支保工の効果の確認等を行うため図5-4のような管理図を作成し（管理基準は掘削の初期段階では過去の実績又は事前の数値解析により設定し、ある程度掘削が進みデータの蓄積が行われた後は、施工済みの区間のデータから管理基準を修正する。）変位速度、変位量から許容範囲内に入るかどうかを判断する。変位が上限値を超える恐れのある場合は増ボルト等を検討し、下限値を下回る場合は、ロックボルトの軸力試験等他の計測結果と合わせ、設計変更を行う必要があるかどうかの検討を行う。

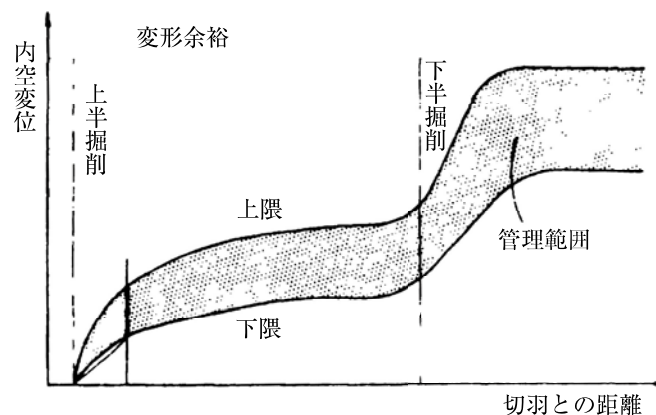


図5-4 内空変位管理図の例

2) 覆工の安全の確認

覆工打設前に変形が収束しているかを確認し、収束していなければ打設時期を遅らせるか、覆工に必要な補強を行う。

6. 計測B

計測Bには、下記の項目等があるが、設計へのフィードバックに必要な計測と位置づけ、その必要性により、実施項目や頻度は適宜、選定するものとする。

- (1) 地山試料試験
- (2) 地中変位測定
- (3) ロックボルト軸力測定
- (4) 吹付コンクリート応力測定
- (5) 鋼アーチ支保工応力測定
- (6) 地表、地中の沈下測定
- (7) その他の計測

計測Bの地山条件に応じた計測項目は、表6-1を標準とする。

実施頻度については、設計へのフィードバックに必要な計測と位置づけ、その必要性により適宜決定するものとする。