

III-244

変状観察を中心としたトンネルの計測管理手法について（その1）

日本道路公団

尾崎 清明

飛島建設 ㈱

山口 高生

正 ○ 近久 博志

正 黒坂 聡介

1) はじめに

地山観察、内空変位計測、天端沈下計測のいわゆる計測Aによって日常のトンネルを管理して行うとする方法は、現実的で、有効的な手法であり、多くの現場で採用されている。また、これに関する最近の研究成果には優れたものも多い。しかし、反面、計測Aだけでは、複雑なトンネルの挙動を管理しきれない部分も多く、その運用や管理に関しては、各現場の試行錯誤に委ねられているのが現実であろう。こうした現状を踏まえ、ここでは、北陸自動車道城山トンネルで実施された、変状観察を管理項目に取込んだ計測管理手法の考え方について述べ、（その2）では、具体的な適用性について検討する。

2) 計測管理手法

計測管理は、図-1の流れに従う。掘削後、直ちに、掘削面の観察を記入し、地山の状態を把握する。次に、既存の切羽観察やトンネル挙動に関するデータに基づいて支保パターンを選定し、施工する。

施工の進捗にともなって計測や変状調査を実施し、適時トンネル構造物が現在及び将来とも安定しているかどうかを検討する。そして、トンネル構造物の安定に問題が生じそうな場合、計測や変状調査の頻度を増したり、対策工の必要性について検討する。対策工の有無に拘らず計測結果等の収束を待って一応の計測の終了とする。終了した場合、既存のデータを再度整理し、経済的な施工であったかどうか総合的な視野から検討する。また、これらのデータは、次の岩判定や支保パターンを選定する際の資料とする。

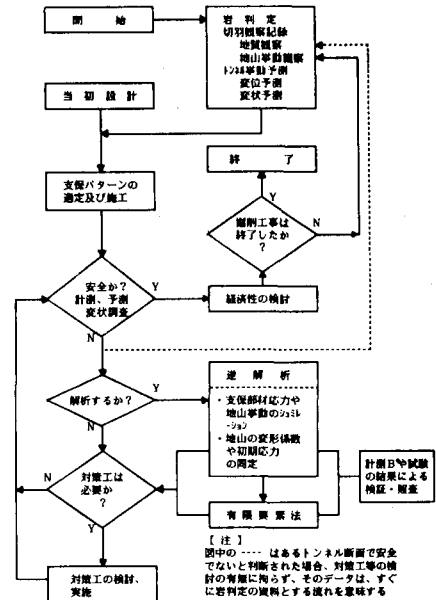


図-1 計測管理の流れ

表-1 計測管理項目と支保部材の状態

| 計測管理値           | 支保部材の状態                                                                                       |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 | 注意レベルⅠ（安定状態）<br>トンネルの挙動に追従しても、支保部材としての安全性に問題がないレベル                                            |
| 管理値 1<br>許容ひずみ等 | 注意レベルⅡ（注意状態）<br>トンネルの挙動に追従しても、支保部材の耐力の増加が期待でき、構造物として安全性に問題がないものの、耐力の限界に近づきつつあり、注意が必要なレベル      |
| 管理値 2<br>降伏ひずみ等 | 注意レベルⅢ（異常状態）<br>トンネルの挙動に追従すると、破壊状態ではないが、支保部材の耐力の増加が期待できず、設計で想定された支保能力が期待できないためならかの増強が必要となるレベル |
| 管理値 3<br>破壊ひずみ等 | 注意レベルⅣ（限界状態）<br>支保部材は破壊状態にあり、支保機能が発揮できない状態にあるため、至急増強すると共に、ここに至るに至った、施工法と設計全体にわたって見直しを必要とするレベル |

3) 記録項目と管理項目

施工中の地質・支保・施工に関する資料は次の2つに大別される。

① 記録項目

変状や異常の原因追求や対策の検討の際の資料とする（例、施工・支保に関する記録、切羽観察記録、切羽の写真、変

注）ここで示した許容、降伏、破壊のひずみは設計等で使用する値を現場管理用に若干変更してある。

状のスケッチ等）

## ② 管理項目

トンネルの安全性や安定性を把握できる項目（例、

計測管理表、計測結果の経時変化図や分布図等）

こうしたデータに関しては、数多くの研究者や研究機関が検討を進めているところであるが、いたずらに項目を多くし、全てを把握しようとしても、トンネルの施工管理としては、「a）データの収集・解析・評価に膨大な時間と労力が必要となる、b）データの数が膨大になり、施工へのフィードバックが遅くなる、c）データのタイムリーな評価が難しくなる」等の問題が生じる。このため、本現場では、施工管理を中心に、必要最小限の項目を選んだ。

記録項目に関しては、既存の切羽観察記録等（資料-②）によったため詳細は参考資料に譲るとして、ここでは、本トンネルの砂質泥岩層での管理項目について説明する。

まず、目視の範囲で、手軽に、連続して得られる地山と支保部材の変状の項目を選ぶ。そして、計測は、目視できない地山や支保部材の挙動（安定や効果等）を把握し、管理するために実施する。計測管理項目を表-3に示す。

## 4) 管理基準値の考え方

ここでは、管理値としては構造物の許容、降伏、破壊の3つ考え、その値を境にした4つの注意レベルを想定した（表-1）。そして、トンネル構造物の管理項目に対して表-3のようにそれぞれ管理値を設定した。

### 【参考資料】

- ① 「山岳トンネルの地山評価に関する研究報告書」 S60.2, 日本トンネル技術協会
- ② 「第三紀層泥岩地帯におけるNATMの計測管理検討委員会報告書」 S61.3、（財）高速道路技術センター
- ③ 近久、江良、「NATMによる山留め工の計測」、土木施工、山海堂、S62.3

表-2 注意レベルの概略の対応

| 注意レベル | 状態 | 対応策                                                                                                 |
|-------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| レベルⅠ  | 安定 | 通常の計測や観察を続ける。                                                                                       |
| レベルⅡ  | 注意 | 計測や観察の結果や現場の状況を総合的に判断して変状等の異常は何か主因となっているかを検討するこの間、計測・観察の頻度や精度を増し、地山の安定状態の確認に努める。必要に応じて、対策工の資材の準備をする |
| レベルⅢ  | 異常 | 異常の原因追究に努め、主因に対する対策工を実施する。この場合、施工的に簡単な変更でも対策工を採用する。                                                 |
| レベルⅣ  | 限界 | 工法全体の見直し、支保部材の追加や補助工法等の併用も含めて、比較的大規模な変更が必要となる。この場合、現場の状況や設備を十分に勘案し、適切な対策工の採用が望まれる。                  |

上記の対策工を推し進める前提は、施工的不備がないにも拘らず、地山の挙動や支保部材の変状が異常に進展し、構造物としての安定が問題となる場合である。従って、施工不良や施工の遅れによって発生したと考えられる異常については、まず、それらを排除する必要がある。

また、これを実施するに際し、次のことに注意する必要がある。

- a) 本表の対策工は、一応の目安であり、実際の採用にあたっては、状況を十分に把握、検討しなければならない。従って、本対策を必ずしも実施する必要もなく、別の対策を採用する場合もある。
- b) また、採用する場合でも、全てを採用するのではなく、現場の状況に応じて1つもしくは複数項目を採用する。
- c) 管理項目がある注意レベルに入ってからその対策工を検討し、実施する場合もあるが、事前に、早期に次のレベルの対策を検討し、実施する場合もある。
- d) レベル4の状態（現象）に対して、レベル3の対策を採用することはあるが、その数は少ない。

表-3 計測管理表 支保パターン D（観察位置 STA + ）

| 管理項目 | 注意レベル                              | レベル1<br>(安定状態) | レベル2<br>(注意状態)        | レベル3<br>(異常状態)                        | レベル4<br>(限界状態)            |
|------|------------------------------------|----------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| 地    | A 切羽の状態                            | 自立している         | 肌落ちがある                | 局部的に自然にまたは手で容易に崩れる                    | 全体的に自然に崩れるあるいは流出する        |
|      | B 露出面の状態                           | 自立している         | 肌落ちがある                | 小崩落がある(<1㎡) 手で容易に崩れる                  | 大崩落がある(>1㎡) 自然に崩れるまたは流出する |
| 山    | C 湧水                               | なし             | にしみ水、湧水程度             | 常時しみ出し                                | 流出、噴出                     |
|      | C' 水による劣下                          | なし             | 部分的に軟弱化 割れ目が開き進む      | 部分的に崩壊、流出 全体的に軟弱化                     | 大崩壊 流出                    |
| 計    | D 内空変位量 (mm)                       | D<20           | 20<D<40               | 40<D<70                               | 70<D<100                  |
|      | D' 内空変位速度 (mm/d)                   | D'<2.4         | 2.4<D'<4.8            | 4.8<D'<7.2                            | 7.2<D'<10.0               |
|      | E 天端沈下量 (mm)                       | E<20           | 20<E<40               | 40<E<60                               | 60<E<80                   |
|      | F 地中変位区間歪 (‰)                      | F<0.26         | 0.26<F<0.75           | 0.75<F<2.21                           | 2.21<F                    |
|      | G 鋼支保工軸力 (ton)                     | G<52           | 52<G<93               | 93<G<129                              | 129<G                     |
|      | G' 鋼支保工軸歪 (‰)                      | G'<0.08        | 0.08<G'<0.15          | 0.15<G'<0.22                          | 0.22<G'                   |
| 測    | H ロックボルト軸力 (ton)                   | H<10           | 10<H<18               | 18<H<25                               | 25<H                      |
|      | H' ロックボルト軸歪 (‰)                    | H'<0.10        | 0.10<H'<0.17          | 0.17<H'<0.20                          | 0.20<H'                   |
|      | I 吹付コンクリート強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) | I<60           | 60<I<120              | 120<I<180                             | 180<I                     |
| 変    | J 泥 泥 化                            | なし             | 少しあり                  | あり                                    | 著しい                       |
|      | K 鋼支保工                             | 変状なし           | 吹付コンクリートと少し分離         | 吹付コンクリートと大きく分離、変形 底盤プレートの変曲 プランジの局部変位 | 大きく変形、変曲 底盤プレートの破断、ネジ部破断  |
| 状    | L ロックボルト                           | 変状なし           | 頭部打たなく高さがずれる、プレートの小変形 | プレートの大変形                              | プレートの押壊せん断、ネジ部破断          |
|      | M 吹付コンクリート                         | 変状なし           | 軽微なクラック               | 顕著なクラック R8による押壊せん断 分離、剥離              | 崩落 大規模な剥離                 |