

鉄道トンネル近接施工における計測管理について

西日本旅客鉄道(株) 正会員○伊藤 修司、紙田 茂

1. はじめに

一般国道のバイパス道路新設に伴い、建設予定の道路トンネルが既設新幹線トンネルと交差することになった。(図-1参照) そこで、既設トンネルの上部掘削工事による影響を調査・把握して、列車の運転保安を確保するため、各種計測機器を既設トンネル内に設置し、計測管理を行ったので、その内容と結果を報告する。

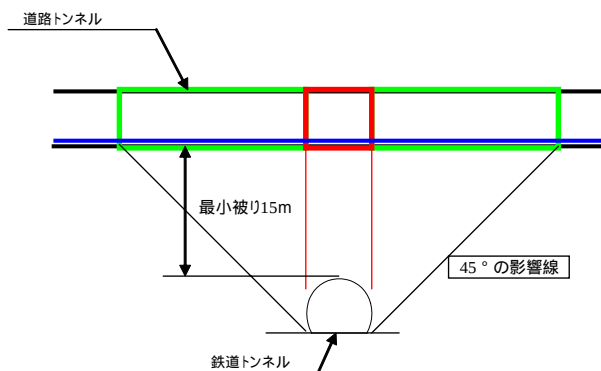


図-1 道路トンネルとの位置関係

2. 既設トンネルの近接度と対策の進め方

供用中の既設鉄道トンネルに近接して、新しいトンネル等を施工する場合、列車の運転保安などの安全性の確保のため、その影響度の把握が非常に重要となる。今回の工事において、当該既設トンネルにおける近接度は「要注意範囲」(新設構造物の施工により、既設構造物に変位や変形等の影響が及ぶ可能性がある範囲)であることがわかった¹⁾。要注意範囲における対策の進め方は、特に以下の項目について注意する必要がある。

- ・過去の調査例を参考に影響予測を行う必要がある
- ・既設トンネルの対策は不要(著しい変状はない)
- ・新設トンネル側の対策は、既設トンネルへの影響が最小となるように配慮する

以上から、新設トンネルの施工にあたっては、掘削工法として主として制御発破である電子遅延式雷管を用いた多段式発破工法が安全性、経済性、工程的にも有利であると判断し、採用するとともに既設トンネルにおいても十分な計測管理を行うこととなった。

3. 計測管理の概要

施工にあたり、既設トンネルにおいて「内空変位」、「軌道鉛直変位」、「覆工振動速度」等を計測管理することとし、計測時期を「事前計測」、「本計測」、「事後計測」の3段階に分けて実施した。

3-1 事前計測

事前計測は施工前(常時)における構造物の温度変化、列車走行時の振動等による挙動を把握し、管理値を決める際の参考資料とするもので約3ヶ月間実施した。

3-2 本計測

本計測は近接工事、施工中における構造物の挙動を把握して、列車走行安全性の確保を判断するため、データを収集する。近接構造物が施工の影響範囲内にある期間で約7ヶ月間実施した。

3-3 事後計測

事後計測とは工事施工後の一定期間における構造物の挙動を把握し、工事における影響が収束したことを確認するためのもので約3ヶ月間実施した。

4. 計測器の配置及び計測監視システム

計測器の配置は、図-2に示すように、既設トンネル交差部付近の「制御発破区間」100mに近接する、A測線、B測線、C測線の3断面とした。

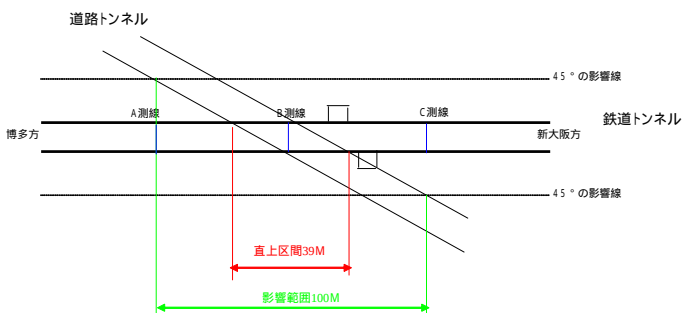


図-2 計測器の配置

計測システムについては、構造物に対する近接施工であることから計測データの処理・警報発令等の処理を迅速に行う必要がある。今回の計測では、三次元計測システムのみ手動計測、その他は自動計測システムを採用して、計測データを遠隔地においても把握できるようにタ

キーワード：近接施工管理、自動計測システム、覆工振動速度

連絡先：広島支社 広島土木技術センター 広島市東区二葉の里3-8-21 電話 082-261-3422 FAX 082-261-2649

ーミナルアダプターとNTT 公衆回線を使用してデータを各監視箇所に設置したパソコンに配信するようにした。

なお、計測管理については、一次管理値、二次管理値、管理限界値の3段階に分けて管理することとし、計測値が各管理値を超過した時点で警報を発令し、その管理値の段階に応じて原因の究明、工事の中断、監視体制の強化等を講じる対策とした。（図 - 3 参照）

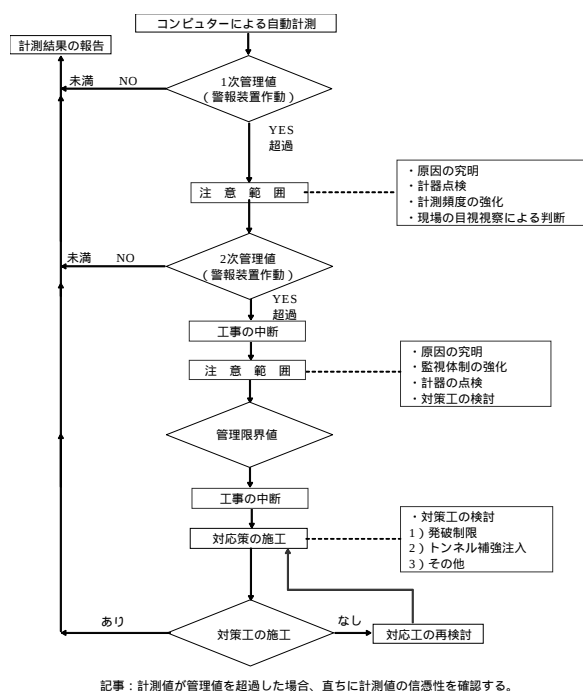


図 - 3 計測管理の流れ

5．計測管理の結果

5 - 1 事前計測

覆工観察、内空変位、軌道鉛直変位については、特に問題となる事象は計測されなかった。ひび割れ幅の変位については、全てのクラックで大気温度と強い関連があることが分かった。

覆工歪の近接工事に起因する増加応力の許容値は、引張応力で $+0.3\text{N/mm}^2$ 、圧縮応力で -1.0N/mm^2 で、これを歪で表わすと引張歪 $+15\mu$ 、圧縮歪 -50μ となる。従って、自然変動に起因する歪が近接工事に起因する許容歪と比較して引張歪で最大 6.6 倍、圧縮歪で 0.8 倍にまで達している。これより、本計測期間において、近接工事の段階的な荷重変動を受けた場合に発生する応力変化の見極めが難解になることが想定された。

一方、覆工振動速度が、アーチ部において最大値 1.10 カインとなり、一次管理値である 1 カインを超えたことから、警報が作動したため、発破作業を即時中断してトンネル内の目視点検および計測機器の点検を実施し、異常のないことを確認した。

今回の超過データは影響範囲外での施工中に計測したもので、このままでは列車の運転保安を確保できないと判断し、道路管理者と協議の結果、多段式発破工法から、より安全で騒音の少ない、TBM 工法と割岩・ブレーカー掘削工法の併用による掘削工法に変更した。

以上の各測定結果から、計測項目によっては、自然変動量が許容値と比較して無視できないものがあることが判明した。そこで、覆工歪やひび割れ幅の変位においては各断面毎に自然変動量を加算して計測管理するものとし、それ以外の計測は測定データで管理することとした。

5 - 2 本計測

事前計測に基づく工法検討の結果、TBM 工法により先進導坑掘削後、割岩とブレーカー掘削工法の併用により、上半断面→下半断面施工の順に掘削を施工した。

先進導坑掘削時における測定値は、軌道鉛直変位で一次管理値の 80～93%と、やや高い値を計測したが、ひび割れ幅の変位や内空変位は、一次管理値の 32～38%であった。覆工歪測定は C 測線の下り線路方向が一次管理値 $(+1.3\text{N/mm}^2)$ に対して $+1.42\text{N/mm}^2$ と超過しているが、これは温度に起因した影響と思われる。いずれにしても C 測線の最大値(引張側)が一次管理値に近接しているため、注意して監視を行った結果、特にトンネル本体に影響を与えることはなかった。また覆工振動速度は最大でも 0.075 カインと、一次管理値 1 カインの 1/10 以下であり、発破工法から TBM 工法に変更した効果が証明された結果となった。

なお、先進導坑以外の上半、下半の計測管理についても一次管理値を超過するデータは計測されなかった。

5 - 3 事後計測

事後計測においては、特に異常なデータは観測されなかった。

6．まとめ

今回の既設鉄道トンネルにおける計測管理については、事前計測の結果をもって速やかに掘削工法を変更し、未然に列車の運転保安を確保出来たことは、大きな成果があったものと思う。今後、都市化に伴いバイパス道路等、トンネル建設の計画がなされることも多く、今回の計測管理手法を参考にして頂ければ幸いである。

参考文献 1) (財)鉄道総合技術研究所、「既設トンネル近接施工対策マニュアル」, 1995.1