

## 金沢・敦賀間での新幹線山岳トンネルの A 計測結果に関する一考察

(独) 鉄道・運輸機構 正会員 ○柏木 亮

(独) 鉄道・運輸機構 正会員 後藤裕太郎

パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 大崎 雄治

## 1. はじめに

北陸新幹線（金沢・敦賀間）は、工事延長 114.6km の 1/3 にあたる約 38.4km がトンネル区間であり、全てのトンネルが 2014 年～2020 年の約 6 年の間に NATM で掘削完了している。各トンネルの各種観察、計測結果では掘削断面・施工時期・施工法・施工技術に大きな違いがなくデータ量も豊富であり、その施工データはトンネルの諸課題の解決に有用である。本稿は、施工データのうち A 計測結果について支保パターン、岩盤（地山）分類により整理し、分類別の傾向および既往の計測管理指標との比較・分析を行ったものである。

## 2. A 計測（内空変位・天端沈下）結果に基づく分析

既往の計測管理指標との比較のため、内空変位・天端沈下の最終変位量について「支保パターン別」「岩盤（地山）分類別」にグラフにしたものの例を図-1, 2 に示す。棒グラフは、横軸に 2.5mm 間隔の最終変位量を、左縦軸に断面数を、折れ線グラフは、右縦軸に全断面数に占める各最終変位量の頻度に関する累積加算を示している。図-1 の支保パターン別からは、鋼製支保工の無い III<sub>NP</sub> では変位量が概ね小さく、鋼製支保工の有る I<sub>N-1P</sub> では変位量が概ね均等に分布し、支保ランクの重い I<sub>SP</sub> では変位量のバラツキが大きい状態で分布していることがわかる。また、図-2 の岩盤（地山）分類別からは、硬岩系葉状 HF と軟岩系塊状 SM の変位量分布に大きな差異はなく、未固結地山 UC では変位量が小さい値に集中して分布していることがわかる。

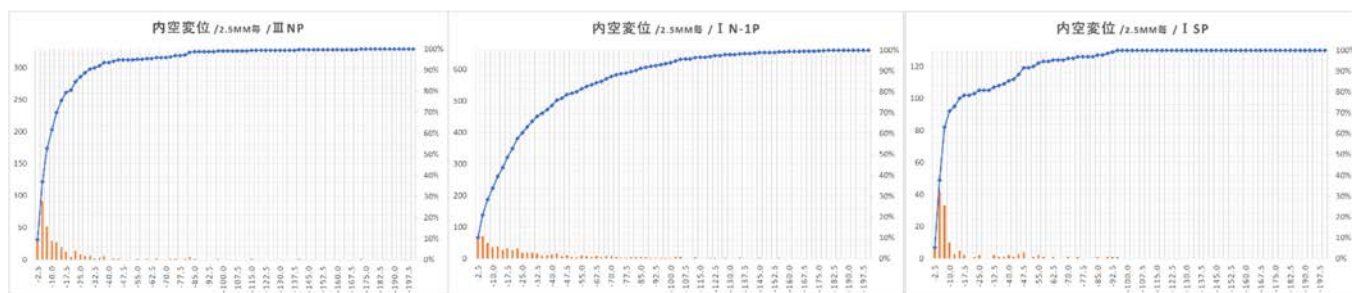


図-1 内空変位量（支保パターン別）の例

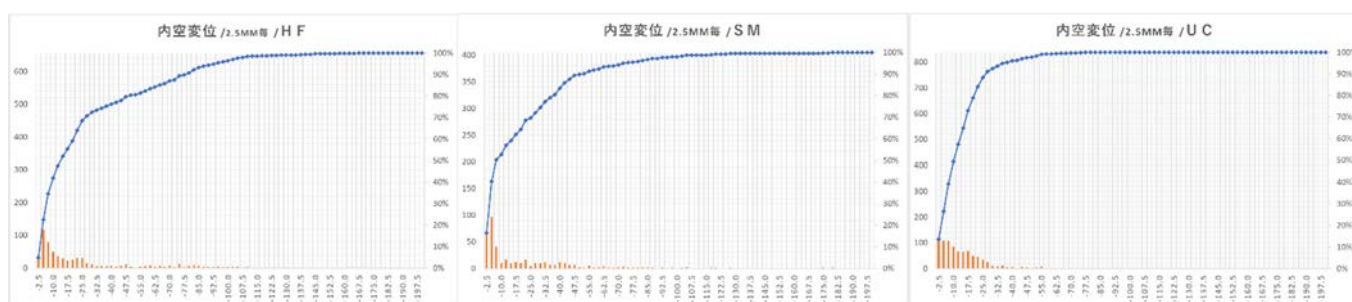


図-2 内空変位量（岩盤(地山)分類別)の例

次に、「支保パターン別」「岩盤(地山)分類別」それぞれの特性を比較するため、発生頻度の中央値、70%域、95%域を表-1, 2 に整理した。各データの範囲を見ると、内空変位量は概ね 100mm 程度に、天端沈下量は概ね

キーワード 北陸新幹線, 支保パターン, 岩盤(地山)分類, 内空変位, 天端沈下

連絡先 〒914-0047 福井県敦賀市東洋町 1-15 (独) 鉄道・運輸機構 北陸新幹線建設局 TEL 0770-47-5033

40mm以内に収まっていることがわかる。支保パターン別の中央値で比べてみると、内空変位量、天端沈下量ともに、支保パターンが‘重く’なるにしたがって変位量の値も大きくなる傾向が見られる。一方で、特殊地山に適用される $I_{SP}$ 、 $I_{LP}$ については、支保パターンが‘軽い’ $I_{N-1P}$ よりも小さい値となっているが、これは特殊地山ゆえに補助工法の影響が大きいものと考えられる。また、内空変位量および天端沈下量の中央値、70%域、95%域それぞれの値を比べると、大半の支保パターンで天端沈下量の値よりも内空変位量の値が大きくなるが、 $IV_{NP}$ 、 $I_{LP}$ では、双方の値がほぼ等しくなっている。表-3に示す岩盤(地山)分類別では硬軟で顕著な違いは見られないが、HM、HF、SM、SBの内空変位量と比較すると、SR、UCの内空変位量は極端に小さな値となっている。

当該データの評価にあたり、これまでの施工データや管理値等との比較を行った。例として内空変位量による区分の目安を表-4に示す。表-4の地山等級を支保パターンと読み替えて表-1の値と比べると、95%域では $II_{NP}$ 、 $I_{N-2P}$ 、 $I_{N-1P}$ の値が目安を超過しているものの、ほとんどの断面で目安値内での最終変位量となっていることが分かる。中央値で比べると、いずれの支保パターンでも目安値と比べて小さな値となっていることから、地山に対する本来の支保よりも‘重い’支保を採用する傾向が見られる。また、内空変位量の目安値と比べて $I_{SP}$ が非常に小さいが、これは他の支保パターンと異なり、補助工法を前提とした施工が行われ、特に切羽前方において切羽開放時の変形を出来る限り抑え込もうとする、掘削時のリスク低減に向けた的確な対応の結果と考えられる。

表-1 A計測結果の頻度分布(支保パターン別)

支保パターン	内空変位量			天端沈下量		
	中央値	70%	95%	中央値	70%	95%
$IV_{NP}$	-4.0	-4.5	-7.5	-3.0	-5.0	-6.0
$III_{NP}$	-5.0	-12.5	-45.0	-4.0	-7.0	-16.0
$II_{NP}$	-17.5	-35.0	-95.0	-7.0	-11.0	-23.0
$I_{N-2P}$	-10.0	-20.0	-87.5	-8.0	-12.0	-36.0
$I_{N-1P}$	-17.5	-35.0	-102.5	-10.0	-18.0	-35.0
$I_{SP}$	-5.0	-7.5	-57.5	-5.0	-8.0	-29.0
$I_{LP}$	-10.0	-17.5	-40.0	-7.0	-11.0	-32.0
備考	2.5mm間隔、 $IV_{NP}$ のみ0.5mm間隔			1.0mm間隔		

表-2 A計測結果の頻度分布(岩盤(地山)分類別)

岩盤分類	内空変位量			天端沈下量		
	中央値	70%	95%	中央値	70%	95%
HM(硬岩系塊状岩盤)	-7.5	-22.5	-97.5	-5.0	-9.0	-24.0
HF(硬岩系葉状岩盤)	-12.5	-25.0	-92.5	-8.0	-12.0	-24.0
SM(軟岩系塊状岩盤)	-7.5	-25.0	-72.5	-8.0	-19.0	-43.0
SR(軟岩系礫質岩盤)	-10.0	-12.5	-17.5	-4.0	-6.0	-12.0
SB(軟岩系互層岩盤)	-15.0	-40.0	-90.0	-9.0	-15.0	-36.0
UC(未固結地山)	-10.0	-15.0	-35.0	-6.0	-10.0	-28.0
備考	2.5mm間隔			1.0mm間隔		

表-3 岩盤(地山)分類

硬岩系岩盤 [H]	塊状 [M]	HM(硬岩系塊状岩盤)
	葉状 [F]	HF(硬岩系葉状岩盤)
軟岩系岩盤 [S]	塊状 [M]	SM(軟岩系塊状岩盤)
	礫質 [R]	SR(軟岩系礫質岩盤)
	互層 [B]	SB(軟岩系互層岩盤)
—	—	UC(未固結地山)

表-4 内空変位量による区分の目安

支保パターン	内空変位量	新幹線(複線断面)
$IV_{NP} \sim I_{N-2P}$		50mm以下
$I_{N-1P}$		50~100mm
$I_{SP}$		100~150mm

#### 4. おわりに

北陸新幹線(金沢・敦賀間)の山岳トンネルのA計測(内空変位・天端沈下)結果をもとに、既往の計測管理指標との比較を行い、支保パターン別・岩盤(地山)分類別の変位傾向を把握することができた。今後は、更にデータを増やし、山岳トンネル施工時の有用なデータとして活用できるよう分析を進めてまいりたい。

#### 参考文献

- ・地盤工学会：地盤工学会基準(案)岩盤の工学的分類方法，2011
- ・鉄道・運輸機構：山岳トンネル設計施工標準・同解説，2017