

内空変位に動きが見られるトンネルの維持管理
—身延線の帯金トンネルを例に学ぶ—

東海旅客鉄道株式会社 ○ 名波 良弘
東海旅客鉄道株式会社 川元 隆史

はじめに

身延線には28ヶ所のトンネルがあり、これらの維持管理は重要である。また、身延線は私鉄より移管された経緯から当時の規格で建設されていることもあり、トンネルの検査体制を充実させ安全確保に努めてきた。本論文で紹介する帯金トンネルは、約20年にわたる検査・測定により徐々に縮小が確認されている箇所である。これらの実測データは山間線区のトンネル維持管理を行ううえで非常に有用なものであり、本論文では過去のデータを総括することで今後のトンネル維持管理について述べることにする。

1. トンネル概要

(1) 諸元 本トンネルは全長553.2mの単線甲形の山岳トンネルである。供用開始から約80年を経過し、覆工材料は無筋コンクリート、設計巻圧は40cm、インバートの無い構造で、最大土被りは120mである。なお昭和40年代前半に、この地区を襲った台風により、出入口付近で土砂崩壊を経験し、現在ではおおい工が設置されている。

(2) 地質 このトンネル付近の山間部の地質は主に富士川層群八木沢泥岩層が分布する泥岩層の多い砂岩と泥岩の互層から構成されている。岩はシルト質泥岩で地すべり・断層等の地質は見られない。

2-1. 変状の履歴

変状履歴と主な変状 昭和61年に全般検査にて、初めてAランクに判定された。個別検査結果で認められた主な変状は、水平方向のひび割れが中心で、トンネルの左右両方向に発生していた。発生箇所は図-1に示すように、入口より125m付近の山側アーチ部、278m付近の側壁部、340m付近の側壁部などで、以降Aランク変状として監視体制を強化し、検査・測定を実施してきた。

2-2. 検査・測定履歴

(1) ひび割れ測定 昭和61年より水平ひび割れが顕著な入口付近を中心に、ノギスによるひび割れ測定を行った。測定開始当初は各ひび割れ幅に進行性が見られたが平成13年を境に安定した(図-2)。しかし、側壁下部から覆工裏の土が噴泥していたことなど、地圧による断面変形が懸念された。

(2) 地表踏査 昭和62年に、トンネル上部の山肌表面を調査したところ、地層面はトンネル入口側へ約30°で傾斜し、出口側も表層土による急斜面が形成されていることがわかった。

(3) 内空変位測定 平成元年より特にひび割れの顕著な4箇所でコンバージェンスメジャーによる内空変位測定を開始した。なお測定点は平成5年の覆工調査結果より、覆工厚が小さい箇所を追加し、計5箇所とした。内空変位の水平方向の測定結果を図-3に示す。図から各測点で断面縮小傾向を示し、特に入口側から320~380m間で最も顕著となっていることがわかる。なお、変位速度は左下斜が-1.37mm/年、右下斜が-0.82mm/年であり3mm/年以下であることから、進行性が小さいことがわ



図-1. トンネル変状展開図

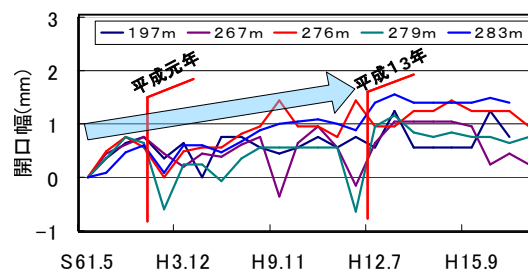


図-2. ひび割れ測定結果

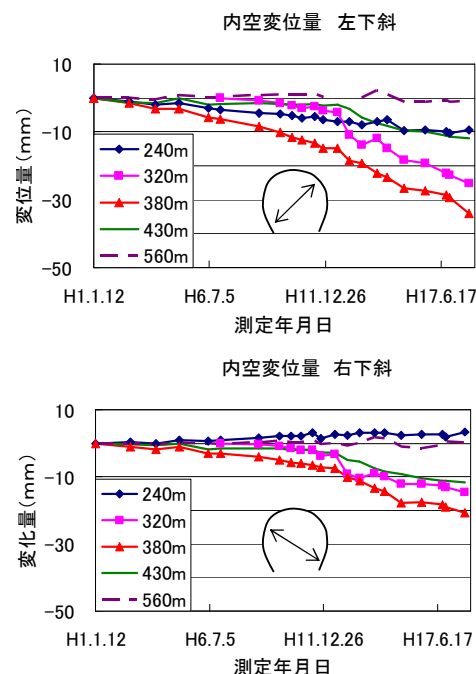


図-3. 各測点の水平変位

かった。また、左右両方向の内空変位が対象形で縮小していることも認められた。

(4) 地中変位測定 内空変位の縮小傾向が続いたため、地山の挙動と変状原因の究明を目的に平成 11 年から地中変位計を設置した。測定箇所を選定に当たっては、内空変位の縮小が最も顕著な入口より 380m 付近左右 2 箇所で行なった。設置方向は水平から下方 16° で、それぞれに 1.5m、3m、6m、12m の変位計を 4 本設置した (図 - 4)。

地中変位計測定データを図 - 5 に示す。いずれの地中変位計ともほぼ同様の変位の値を示していることから側壁より 1.5m 以内の比較的浅い覆工背面付近でのみ、変位が見られることが確認できた。

(5) 覆工調査 平成 5 年に覆工調査を実施した結果を図 - 6 に示す。覆工の圧縮強度は 350m～450m 間で相対的に強度が低いことが分かり、覆工厚 (クラウン部) については、200m～400m の区間で相対的に小さいことが分かった。

3. 調査結果のまとめと要注意箇所を選定

水平クラックの発生箇所、覆工の圧縮強度、覆工厚、内空変位速度の各項目について弱点箇所を図 - 7 にまとめた。図から、入口から 350m～400m の区間において各検査・調査結果の弱点箇所が重なり、この区間が要注意であることがわかった。

4. 帯金トンネルの調査結果と変状原因の推定

上記の調査履歴と結果と一般的な変状原因である偏圧と塑性圧の変状特性とを比較し、変状原因を考察することとした。

①地山背面は泥岩質であり、塑性圧を受けやすい。②内空変位が、左右両方向で縮小しており、塑性圧による変状と類似している。③水平クラックが左右両方向に発生しており、塑性圧による変状と類似している。

以上のことより、トンネル中央部の変状は、塑性圧が原因の一つであると考えられる。なお出入口付近にもひび割れが発生している事については、土被が薄いため表層すべり等による荷重が直接、覆工にかかることが原因と考えられる。

5. 維持管理上の留意点

本トンネルを検査維持管理してきたうえで得られた知見を以下に述べる。

- ①短期的なひび割れ進行の確認により、内空変位測定を迅速に実施した。その結果、内空変位の変位速度は急を要する速度でないことから安全を確認できた。また、ひび割れについては継続して測定することで、中期的には安定していることがわかった。以上より検査を継続して実施することの重要性を実証できた。
- ②地中変位測定や内空変位測定などの検査結果から、変状原因、要注意箇所について絞り込むことができた。今後は監視を継続するとともに要注意箇所には対策工を実施し、更なる安全の確保に努める。

おわりに

本トンネルでは、約 20 年間にわたる検査・測定・調査を通じ継続して監視をしていくことが変状をとらえる上で重要であることを再確認した。また、検査を継続してきたことで変状の特性、要注意箇所が明らかになった。なお、本論分の取組みに対し、(財)鉄道総合技術研究所にご指導・ご協力頂いた。

参考文献

- 1) 鉄道構造物等維持管理標準・同解説 (トンネル)

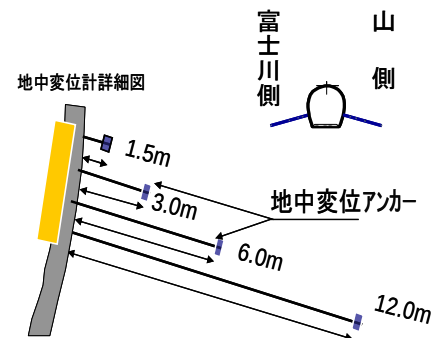


図 - 4. 地中変位計設置断面

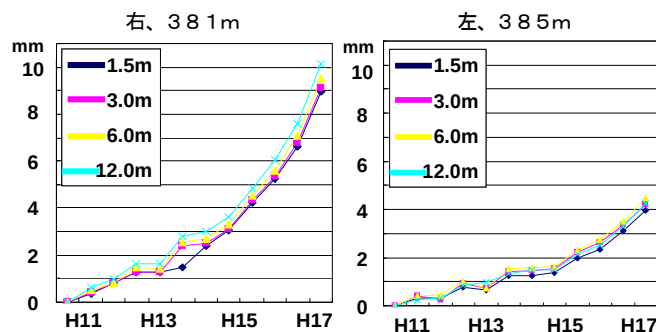


図 - 5. 地中変位測定グラフ

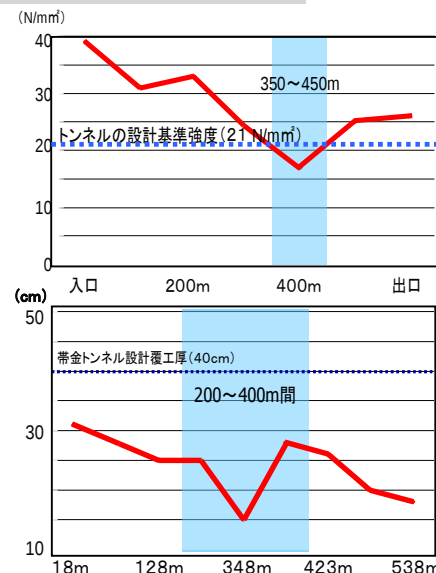


図 - 6. 覆工調査結果

(上: 覆工の圧縮強度、下: 覆工厚)

	入口からの距離			
	100m	300m	500m	
水平クラック発生箇所				
設計圧縮強度以下				
覆工厚不足				
内空変位速度				

図 - 7. トンネル弱点箇所