

インバート部の変状発生に関する基礎的実験

(独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構
(公財) 鉄道総合技術研究所

正会員 ○渡辺和之, 水谷哲也, 井浦智実
正会員 野城一栄, 伊藤直樹

1. はじめに

山岳トンネルにおいて, 施工完了後しばらくして本インバートにひび割れや盤ぶくれ等の変状が発生することがある。これらの発生モデルとして, インバート下への給水, 地山強度の低下, 地山破壊による隆起圧の作用が考えられている。今回, 上述モデルの検証のための基礎的実験として, トンネル現場の岩石試料を用いた模型実験によりインバートの変状発生を再現した。

2. 実験方法

実験には図-1 に示す載荷模型実験装置¹⁾を使用した。図-2 に土槽とトンネル模型の寸法を示す。トンネル模型は新幹線トンネルの 1/50 スケールのモルタル製で, 模擬地山には低強度モルタルを用いた。実験手順は以下のとおりである。

- ① 土槽中央にトンネル模型を設置し(図-2), 模擬地山として低強度モルタルをトンネル模型の周囲に打設した。
- ② 乾燥炉にて絶乾状態とした泥岩をインバート下に敷設した。
- ③ 実験は低強度モルタル打設 7 日後に実施した。土槽の左側面に対し, 載荷板変位を変位制御 (0.2 mm/分) により右方に載荷し, 所定の荷重 (約 500 kPa) を与えた。
- ④ 荷重を保持したまま, 24 時間後, 48 時間後, 72 時間後の 3 回泥岩部に注水を行い, インバート底面の鉛直変位, インバート底面への作用土圧を計測し, 肉眼でもトンネルの変形破壊挙動を確認した。

3. 岩石試料

岩石試料は表-1 に示す古第三紀, 新第三紀の泥岩 3 ケースを使用した。これらはトンネル掘削時点での水平内空変位が 100 mm 以上と大きな変位を生じたトンネル(ケース 1 と 3) およびインバートに変状が発生したトンネル(ケース 2) にて採取したものである。この泥岩は浸水により顕著なスレーキング現象が確認できた。その状況を写真-1 に示す。

4. 実験結果

図-3 にインバート底面への作用土圧の経時変化, 図-4 にインバート底面の鉛直変位の経時変化を示した。

作用土圧は, 1 回目の注水(24 時間後)直後に急増した後に急減し, その後は徐々に増加傾向を示す(図-3)。底面鉛直変位は 1 回目の注水時に急激に増加するが, 作用土圧のような急減はみられない。一方, 作用土圧と鉛直変位ともに, 2 回目(48 時間後), 3 回目の注水時(72 時間後)での変化は顕著でない。

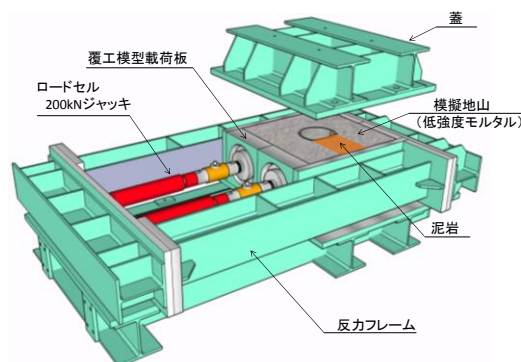


図-1 実験装置模式図

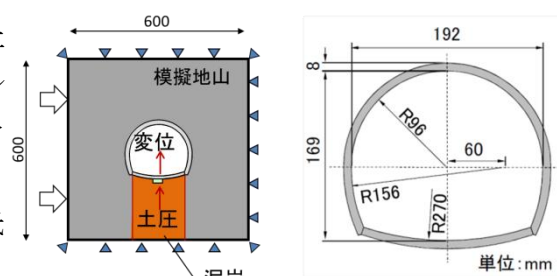


図-2 土槽・トンネル模型の寸法

表-1 試験ケース

	ケース1	ケース2	ケース3
	Aトンネル①	Bトンネル	Aトンネル②
泥岩時代区分	古第三紀泥岩	新第三紀泥岩	古第三紀泥岩
泥岩採取箇所	下半	インバート	下半
採取位置土被り	約70m	約40m	約100m
水平内空変位 (掘削完了時点)	約100mm	約300mm	約200mm

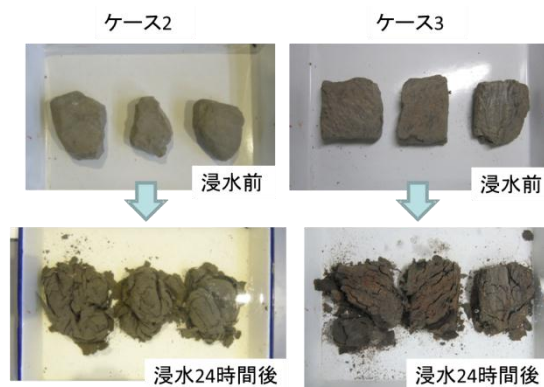


写真-1 泥岩の浸水試験状況

キーワード 山岳トンネル, インバート

連絡先 〒231-8315 横浜市中区本町 6-50-1 TEL:045-222-9083

実験中、インバートのひび割れを目視で観察し、注水に伴いインバートに曲げひび割れが発生することを確認した。前述の土圧の急減はインバートのひび割れに伴い荷重が一旦解放されたためと考えられる。

図-5に実験前後の岩片の粒径加積曲線を示す。実験後は岩片が全体的に細粒化しているが、浸水試料(写真-1)のような土砂～細片化にまでは達していない。

5. 考察

注水1回目(24時間後)から2回目(48時間後)までの載荷板変位、インバート底面鉛直変位、土槽側面作用圧、インバート底面作用土圧の増分を図-6にまとめた。すべてのケースで、注水により変位と土圧は増加している。作用土圧の大小はあるが、全てのケースで同様の傾向がみられ、同じトンネルの試料を用いたケース1とケース3では、土圧の経時変化は比較的良好に似た傾向を示している。

実験結果からみると、給水によりインバート下の模擬地山の全般的な強度が低下することにより、側方からの土圧によりインバート下の地山が破壊したと考えられる。また、模擬地山の強度低下の原因として、模擬地山を構成する泥岩の吸水に伴うスレーキング発生が関与している可能性があり、スレーキングによる模擬地山の全体的な強度低下が路盤隆起を生じさせた一因であることが示唆される。

6. まとめ

- ① トンネル施工後、インバート下部の地山に水が供給される状況を想定し、トンネル岩片を模擬地山に使用した模型実験を実施した。
- ② 岩片には古～新第三紀の泥岩で、水平内空変位が大きかった、もしくはインバートに隆起が発生したトンネルのものを使用した。
- ③ 載荷圧をかけた状態での模擬地山への給水により、インバートへの作用土圧が増加し、隆起が発生した。
- ④ 実験後、岩片の粒径は全般的に小さくなっており、岩片の細粒化の進行が示された。
- ⑤ インバート隆起は、泥岩のスレーキング発生に起因する模擬地山の全体的な強度低下により、生じた可能性が考えられる。

7. おわりに

トンネル供用後のインバート変状発生モデルとして、インバート下部地山への給水による地山の劣化 ⇒ 地山強度低下および地山破壊によるインバートへの作用土圧の増加 ⇒ インバートの破壊・隆起が考えられている。今回の実験は、変状発生モデル解明に寄与するものと考えている。一方、泥岩の細粒化の程度は大気圧下と拘束圧下と

で大きく異なっており、スレーキングの発生機構に外的環境(拘束圧)の影響を示唆するものかもしれない。

参考文献

- 1) 野城一栄ほか：地質不良区間における山岳トンネル被害メカニズム，土木学会論文集 C, Vol.65, No.4, pp.107-119, 2009.12

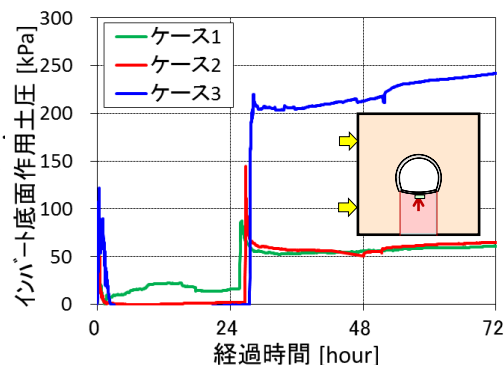


図-3 作用土圧の経時変化

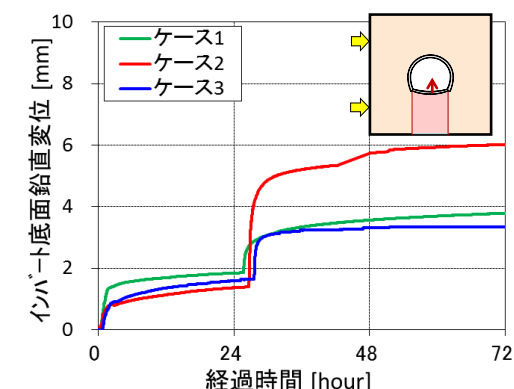


図-4 鉛直変位の経時変化

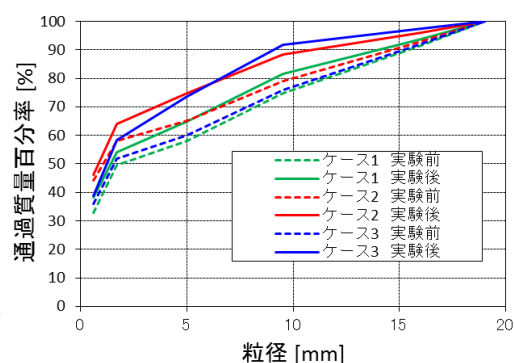


図-5 岩片の粒径加積曲線

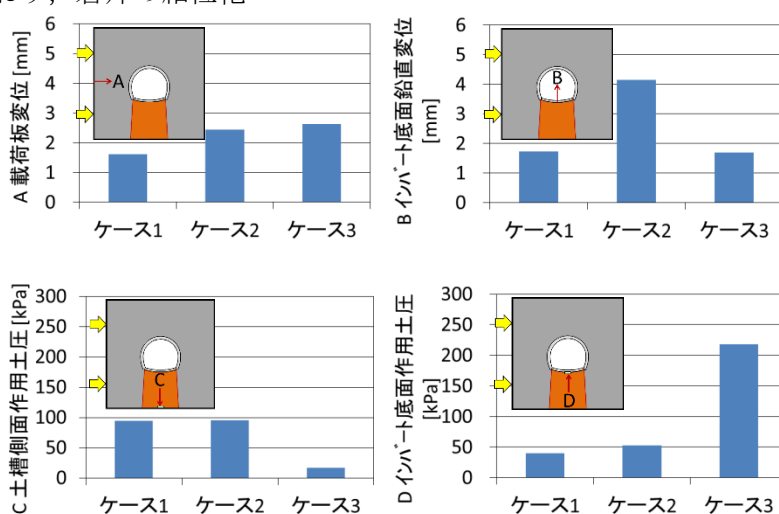


図-6 注水による各計測値の増分