

膨張性地山において二次覆工に作用する荷重の推定

日本鉄道建設公団 フェロー 岡崎 準^{*}
 正 会 員 小川 淳^{**}
 パシフィックコンサルタンツ(株) 正 会 員 工藤 健^{***}
 京 都 大 学 フェロー 田村 武^{****}

1. はじめに

いわゆる膨張性地山と呼ばれるような地山条件下では、内空変位量が大きく変位収束まで一次支保状態でトンネル内空を保持できない場合や、工期等の面から変位収束前に二次覆工を打設する場合がある。また、トンネル完成後に二次覆工に作用した荷重によりひび割れや変状が発生し、大がかりな改築、補修工事を実施している事例も報告されている。このような膨張性地山において二次覆工に作用する荷重形態や荷重レベルについて種々の研究が行われているが¹⁾明確化されたものはなく、二次覆工の設計に際しては既往の実績等を参考に行っている。そのため、トンネル構造物の将来にわたる品質確保の面から、膨張性地山における二次覆工の設計手法確立する必要がある。

本報告は、設計手法確立の第一歩として、膨張性地山に施工されたトンネルの二次覆工応力測定結果から、実際に作用している外力の状態を明らかにしたものである。

2. 二次覆工に作用する荷重の推定

(1)検討手法

本報告では、骨組解析によるパラメータ解析を行い、図-1 に示すフローにより二次覆工に作用している荷重の形態（側圧係数 K_0 ）および鉛直、水平方向の荷重 P_V , P_H の推定を行った。図-2 に解析モデル、表-1、表-2 に基本的な計算条件を示す。荷重推定に用いた二次覆工応力測定値は表-3 に示す岩手一戸トンネルにおける測定結果である。

(2)荷重形態（側圧係数）の推定

パラメータ解析結果による二次覆工縁応力発生状況に覆工応力測定結果を重ね合わせたグラフ（代表断面として断面 での推定結果）を図-3 に示す。この結果、覆工内側縁応力に着目した場合、 $K_0=0.8$ では天端に引張応力が発生し、 $K_0=1.2$ では S.L. 付近に引張応力が発生する結果となり、この断面において側圧係数は概ね $K_0=1.0$ 程度と評価される。また、他の断面について同様に評価した結果いずれも $K_0=1.0 \sim 1.2$ 程度

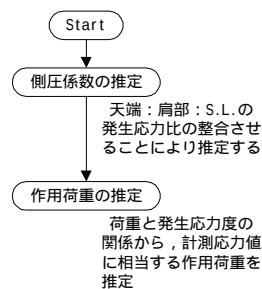


図-1 側圧係数、荷重推定フロー

表-1 骨組解析基本条件

覆工コンクリート	$f_{ck}=18\text{N/mm}^2$
地盤条件	$E=500\text{MPa}$

表-2 骨組解析パラメータ

覆工厚	$t=35, 40, 45\text{cm}$
鉛直荷重	$P_V=100, 200, 400\text{kN/m}^2$
側圧係数	$K_0=0.8, 1.0, 1.2$

表-3 覆工応力測定箇所

キロ程	覆工構造	覆工厚 (cm)
549k968m	SFRC	41
553k821m	SFRC	44
554k405m	単鉄筋補強	39
554k490m	単鉄筋補強	35
555k330m	SFRC	47

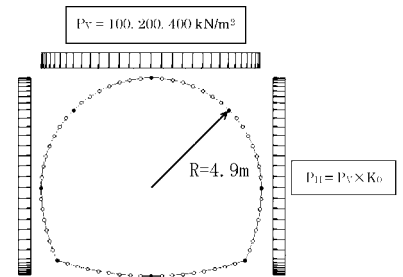


図-2 骨組解析モデル図

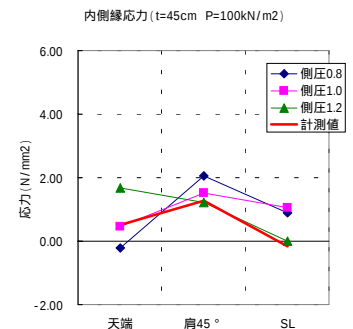
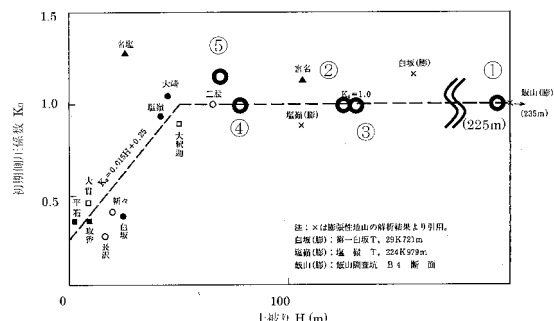


図-3 側圧係数の違いによる二次覆工縁応力発生形態（断面）

図-4 側圧係数 K_0 と土被り H の関係²⁾

キーワード：膨張性地山、トンネル二次覆工、骨組解析

連絡先：^{*} 〒231-8315 神奈川県横浜市中区本町 6-50-1 TEL 045-222-9100 FAX 045-222-9088
^{**} 〒020-0034 岩手県盛岡市盛岡駅前通り 1-41 TEL 019-626-9627 FAX 019-626-9632
^{***} 〒163-0730 東京都新宿区西新宿 2-7-1 TEL 03-3344-1903 FAX 03-3344-1906
^{****} 〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町 TEL 075-753-4793 FAX 075-753-4794

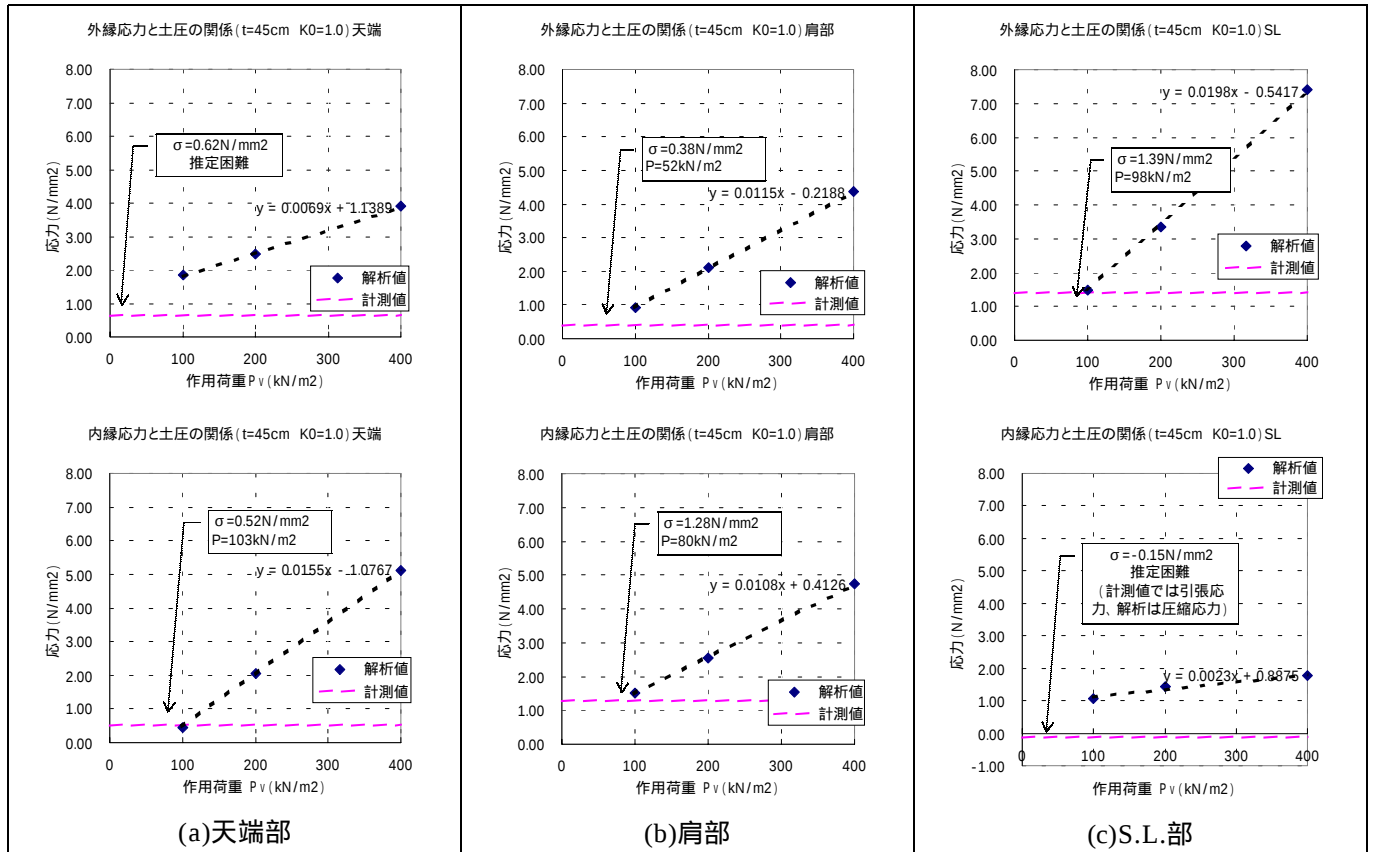


図-5 二次覆工応力計測結果による作用外力の推定結果（断面 ）

であり、鉛直荷重と水平荷重は同等程度であった。この傾向は図-4 に示すように既往の調査結果とも一致する。

(3) 応力測定結果による二次覆工作用荷重の推定結果

荷重形態の推定結果をもとに、鉛直荷重 P_V をパラメータとして算出した縁応力と二次覆工応力測定結果をグラフ化し、その交点から二次覆工に作用している荷重を推定する。推定結果のグラフ（代表断面として断面

での推定結果）を図-5 に示し、その他の断面において同様の手法により推定した結果を表-4 に示す。

二次覆工に作用している荷重は、鉛直荷重で 50～160kN/m²程度であり、換算土被りで 0.3～0.8D 程度である。なお、断面 ， および では二次覆工打設時に内空変位はほぼ収束しており、断面 および では二次覆工打設時の変位速度は 0.4～1.1 mm/月程度（二次覆工打設前 1 ヶ月間の内空変位量が 0.4～1.1 mm程度）と小さいものであったが、上記のような荷重が作用していることが明らかとなった。

3. まとめ

今回、膨張性地山に施工されたトンネルにおける二次覆工応力測定結果から、実際に作用している外力の状態の推定を行い、それら断面における荷重状態として以下の成果を得た。

- 1) 側圧係数は $K_0=1.0 \sim 1.2$ であり、鉛直荷重と水平荷重は同等程度である。
- 2) 二次覆工打設時の変位速度は十分小さいものであるにもかかわらず、鉛直荷重で 50～160kN/m²程度、換算土被りで 0.3～0.8D 程度の荷重が作用している。

今後は、以上の検討を踏まえ、内空変位測定を用いた膨張性地山における荷重推定法、実際のひび割れ発生状況に関する考察、二次覆工の仕様選定に関する研究等を併せて行い、膨張性地山における二次覆工の設計手法の確立を目指す。

【参考文献】1) 膨張性軟岩における二次覆工の設計に関する考察，登坂他，土木学会論文集 No.623/ -43 1999.6

2) NATM 設計施工指針，日本鉄道建設公団 1996.2

表-4 作用荷重の推定結果

キ口程	覆工構造	計測応力からの推定荷重	
		側圧係数	推定荷重(kN/m ²)
549k968m	SFRC	$K_0=1.0$	$P_V=60 \sim 120$
553k821m	SFRC	$K_0=1.0$	$P_V=50 \sim 100$
554k405m	単鉄筋補強	$K_0=1.0$	$P_V=60 \sim 140$
554k490m	単鉄筋補強	$K_0=1.0$	$P_V=80 \sim 160$
555k330m	SFRC	$K_0=1.2$	$P_V=60 \sim 90$