

トンネル盤ぶくれ対策に関する評価解析の手法について

西日本高速道路（株）中国支社 正会員 ○澤井 健二
西日本高速道路（株）中国支社 非会員 前川 憲一，福田 稔典
西日本高速道路エンジニアリング中国（株） 正会員 末永 拓嗣，原川 朝木

1. はじめに

西日本高速道路(株)では、特定更新等工事として矢板工法で施工された高速道路トンネルにおいて、盤ぶくれ対策を進めている。盤ぶくれ対策については、既往の施工事例が少なく、また、その対策についての評価解析方法についても例が少ない。

本稿は、矢板工法トンネルの対策設計に係る評価解析の一例について報告するものである。

2. 設計対象トンネル

設計を行ったトンネルは、中国自動車道 北房 IC ～新見 IC 間に位置する『高尾トンネル』であり、地山については主に流紋岩が主体のトンネルである。本トンネルは、昭和 54 年 11 月から矢板工法により掘削されており、建設時に盤ぶくれが発現したことから、インバートを追加した後、昭和 59 年 3 月に供用を開始している。しかし、昭和 63 年に再度盤ぶくれが発現したことから、平成 2 年に下盤ロックボルトを施工している。現状では、隆起速度の 4 年間の平均は 0.8mm/年で、盤ぶくれが緩やかに進行している。高尾トンネルの地質平面及び代表覆工パターンを図-1 に示す。

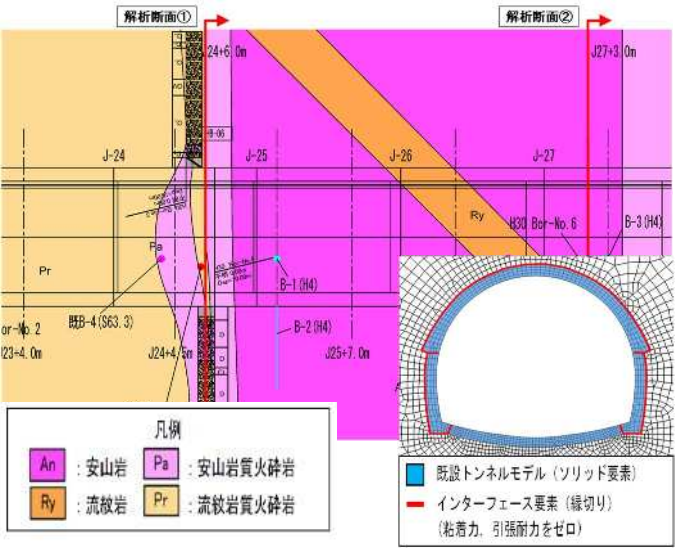


図-1 地質平面及び覆工パターン

3. 評価解析の流れ

評価解析は、①解析ケースの立案、②現状地山状態の再現解析、③将来変状の予測、④対策工の評価解析の順に実施する。

4. 解析ケースの立案

解析ケースについては、現状の覆工損傷状況等を鑑み『トンネル全周の強度が低下する解析ケース 1』、『SL より下の地山の強度が低下する解析ケース 2』の 2 ケースを検討した。また、地山の強度低下領域についても、近接施工の直接影響領域 1.5D と、掘削時の地山変位の収束目安である 1.0D とを比較し、より変状の再現度が高いモデルを選択できるよう検討した。変状の解析ケースのイメージを図-2 に示す。

ケース	解析ケース 1	解析ケース 2	備考
概要	トンネル全周の地山強度が低下するケース	S.L. より下の地山強度が低下するケース	
地山の強度低下領域			
塑性領域			
解析断面 1.0D と 1.5D			強度低下岩種 ■ 安山岩 (An (DL)) ■ 安山岩質火砕岩 (Pa (DL)) ■ 流紋岩質火砕岩 (Pr (DL)) ■ 流紋岩 (Ry (DL))

図-2 変状の解析ケース

5. 現状地山状態の再現解析

高尾トンネルにおける盤ぶくれについては、主に流紋岩質火砕岩、安山岩質火砕岩の箇所にて発現している。現状の地山状態の再現解析にあつては、累積の路面隆起量 44.4mm となるまで、これら変状岩種の

キーワード 盤ぶくれ，路面隆起，矢板工法トンネル，数値解析，変状対策設計

連絡先 〒731-0103 広島県広島市安佐南区緑井 2-26-1

西日本高速道路(株)中国支社 建設・改築事業部 改築課 TEL082-831-4488

地山強度 ($C \cdot \phi$) を低減させ、地山状態の再現を行う。なお、既設インバートに生じる応力の許容値については、増加圧縮応力について $0.3 \sigma_{ck}$ 、増加引張応力については $0.06 \sigma_{ck}$ とした。各解析ケースについて、現状の再現解析を行ったところ、解析ケース 1 の場合は、既設インバート底部が破壊するほどに応力が過大に出る結果となった。また、解析ケース 2 において、地山強度低下領域を 1.0D とした場合には、インバート下端の最大圧縮応力が 11.36 N/mm^2 と比較的大きな値が出たことに対して、地山強度低下領域を 1.5D とした場合には、コンクリートの許容圧縮応力を僅かに上回る程度である 5.72 N/mm^2 の応力が発現する結果となった。

現状 4 年間の隆起速度が 0.8 mm/年 であることを考慮すると、ケース 2 で地山強度低下領域を 1.5D とした場合が最も現状の地山状態を再現できているものと予測される。

解析ケース 2 で地山強度低下領域 1.0D 及び 1.5D の解析結果を図-3 及び図-4 に示す。

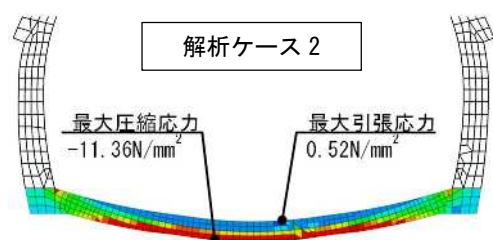


図-3 地山強度低下 1.0D の解析結果

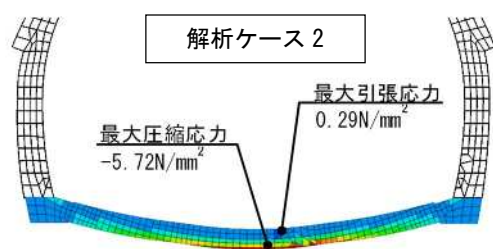


図-4 地山強度低下 1.5D の解析結果

6. 将来変状の予測

現状の盤ぶくれの累積隆起量は 44.4 mm であるものの、今後も地山強度低下が進行し、最大で路面隆起量 53.8 mm に及ぶことが推察される。

7. 対策工の評価解析

対策工は、地山強度低下による盤ぶくれが起こったとしても、適切に覆工コンクリートに応力が伝達できる構造のインバートを設計した。当該対策を施

工した後に、生じる盤ぶくれによる隆起の影響を解析により確認した。その結果、新たに設置したインバートに生じる応力は 1.6 N/mm^2 程度と許容値未満であり、路面の隆起量は最大で 1.4 mm と小さい値に収まった。以上の結果から、今回設計したインバートは解析上十分に効果があることが分かった。

新設インバートの応力解析結果を図-5 に、対策後の隆起量の解析結果を図-6 に示す。

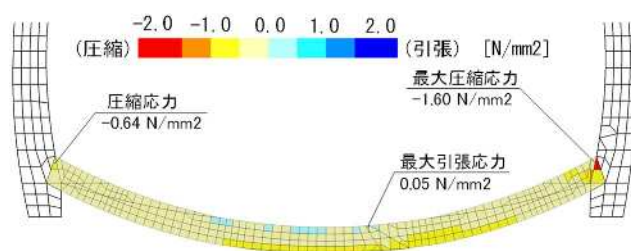


図-5 新設インバートの応力解析結果

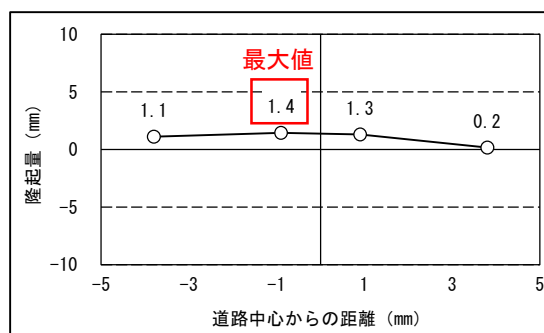


図-6 対策後の隆起量の解析結果

8. まとめ

今回の解析において、解析ケースについて地山強度低下領域 1.0D を選定した場合、小さい範囲で所定の路面隆起量を再現しなければならないことから、地山強度 ($C \cdot \phi$) を大きく低減する必要があった。また、その場合には、既設インバートに生じる応力が比較的大きくなる結果となった。

更に、現況の隆起量から想定した地山強度低下量であれば今回設計したインバートにより対策を行えば、十分に対策効果が得られることが分かった。

9. 今後の施工について

今回の評価解析で得た結果については、実際のインバートや地山の状態を確認せずに、各種条件を想定している。今回の評価解析で得た結果と現場に差異があった場合に、対策により所定の効果が得られない可能性があることから、実際に掘削した際に解析時に設定した条件が合致しているかを確認する予定である。