

供用中のトンネルでの プレキャストインバート設置工事について

藤原 寿友

兵庫県 企業庁 水道課 (〒650-8567兵庫県神戸市中央区下山手通5-10-1)

兵庫県道路公社が管理する西宮北有料道路の盤滝トンネルでは、阪神・淡路大震災以後、局部的に舗装が隆起する変状が進行し、通行車両の走行に支障をきたしていたため、対策としてプレキャスト製品を用いたインバート設置工事を行った。施工にあたっては、覆工コンクリート下を掘削することで、覆工コンクリートに変位が生じる可能性があったことから、インバートと覆工コンクリートを早期に閉合させることが課題であった。

本稿では、供用中のトンネルでのプレキャストインバート設置工事について、課題に対する様々な工夫について報告する。

キーワード トンネル、インバート、隆起対策

1. はじめに

西宮北有料道路は、六甲山地の東端に位置し、西宮市北部（西宮市山口町船坂）と南部（西宮市越水）を結ぶ一般有料道路で、平成3年3月に供用開始し、延長4.3kmの内、約1.7kmがトンネル区間となっている（図-1参照）。



図-1 位置図

当該トンネルは、阪神淡路大震災により南側坑口より230m付近の約15mの区間でコンクリート舗装に2~3cm程度の隆起が発生した。その後も隆起する変状が進行し、平成25年の調査時には、最大11cm隆起し、通行車両の走行に支障をきたしていた（写真-1参照）。

舗装の隆起対策として、新たにインバートを設置することとしたが、供用中のトンネルであり、様々な現場条件からプレキャスト製品を用いる必要があった。

本論文では、全国的にも事例のない、供用中のトンネルでのプレキャストインバート設置工事について、課題に対する様々な工夫について述べる。



写真-1 隆起している路面

2. 隆起の原因について

当該トンネルはNATM工法により施工されている。建設当時や震災被災時の資料より、隆起箇所には粘土層が斜め方向に存在する可能性があり、イバートが設置されていない断面で、隆起が発生していることがわかった(図-2参照)。

更にのちの工事で掘削してわかったことは、

- ・ (地震による隆起で) 中央排水管に亀裂が発生し、トンネル湧水が漏水していた(写真-2参照)。
- ・ 確認された粘土には、膨潤性をもつスズクバが含まれていた(写真-3参照)。

この2つの要因により、当該粘土に水が供給され膨張したことが隆起の原因と考えられる。

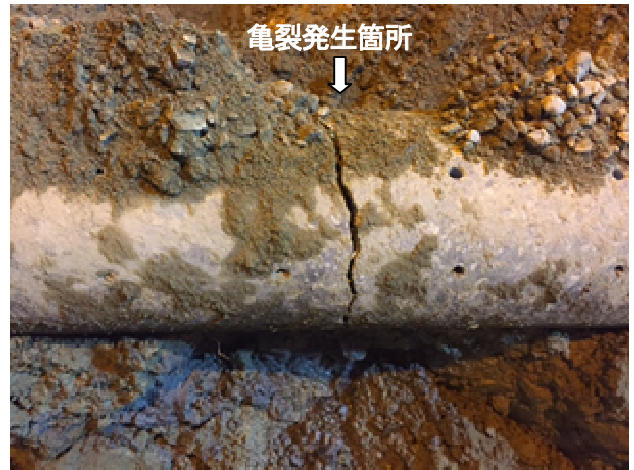


写真-2 中央排水管の亀裂



写真-3 確認された粘土

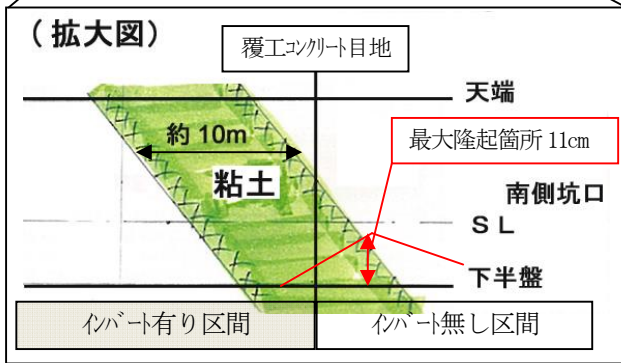
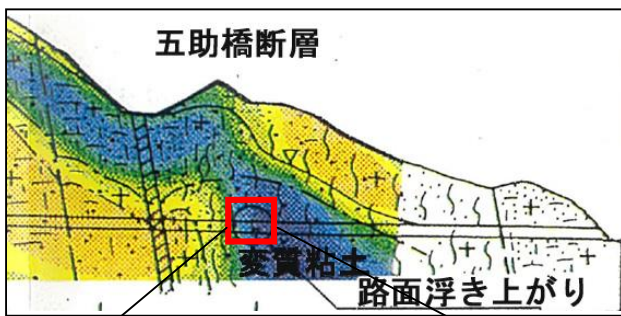


図-2 隆起箇所の地質図と震災時調査資料

3. 現場条件と対策工法の選定について

隆起対策として、イバート有り区間に隣接するイバート無し区間(覆工コンクリート1スパン10.5m)にイバートを設置し、隆起の発生していないイバート有り区間と同様の断面にすることとした(図-3参照)。

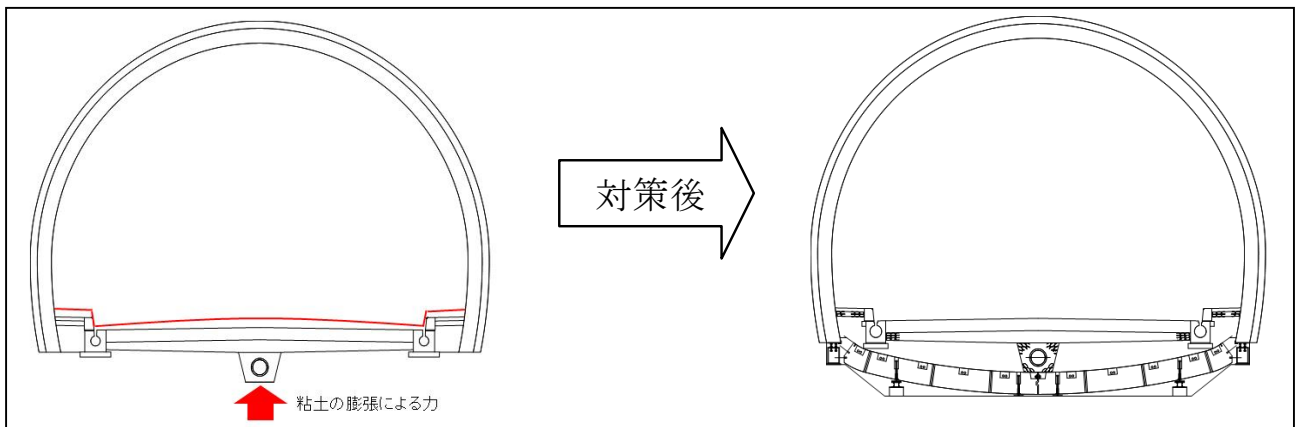


図-3 隆起箇所の現況トンネル断面図とイバート設置対策後断面図

インバート設置工事には、舗装の撤去及びインバート設置箇所
の掘削、インバートコンクリート打設・養生が必要となるため、10
日間程度の終日通行止規制が必要となる。しかし、

- ① 山岳部のトンネルであり、旧道の峠道以外、迂回路
がないこと。
- ② 1日当たり12,000～14,000台の交通量があること。
- ③ 西宮市北部と西宮市街地を結ぶ重要な路線であり、
かつバス路線であること

これらの3つの要因により、社会的な影響を考慮し、交
通量が減少する21:00～翌朝5:30の間の夜間通行止規制
で工事を実施することとし、日中は仮舗装で供用させる
こととした。このため、コンクリートの養生時間を考慮すると、
規制時間内に、仮舗装で供用させることができないため、
プレキャストインバートをを用いることとした。

4. 現場条件と対策工法の選定について

トンネルを新たに建設する場合は、インバートを施工してから
覆工コンクリートの施工を行う。今回は、プレキャストインバートの据
付時に覆工コンクリートが支えのない状態になる(図-4参照)。このため、以下に示す課題を解決する必要があった。

- ① 覆工コンクリートの下部を掘削する時に、覆工コンクリート沈下
等の変位をいかに防止するか。
- ② 覆工コンクリートとプレキャストインバートをいかに一体化させるか。
- ③ トンネル内で使用できるクレーンの大きさが制約される
ことから、プレキャストインバート1ブロックあたりの重量およ
び形状をどのように決めるか。

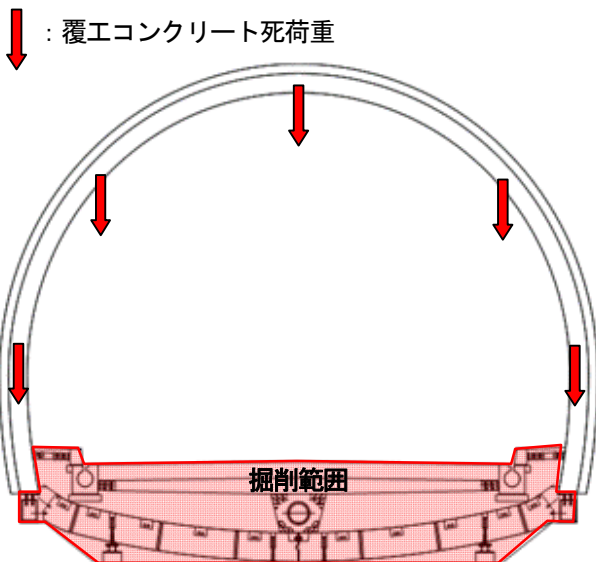


図-4 覆工コンクリート下掘削による変位発生模式図

5. プレキャストインバート据付課題対応と工夫

(1) 覆工コンクリート変位発生防止対策(覆工コンクリート支保方法の工夫)

覆工コンクリート下を掘削後すぐにH鋼支保を据え付け、覆
工コンクリートの死荷重を支保させることで変位を防止するこ
ととした。このため、支保工は外側で高さ調節ができる
構造とし、覆工コンクリートの死荷重を地山へ確実に伝達する
こととした(写真-4、図-5参照)。



写真-4 支保工設置状況

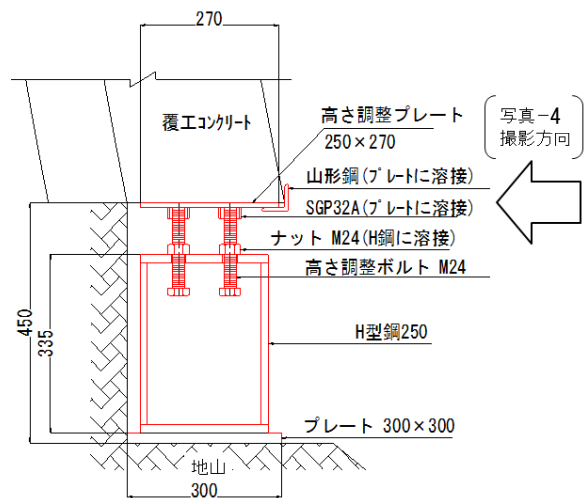


図-5 支保工詳細図(横断図)

(2) 覆工コンクリートとインバート接合構造の検討

a) 裏込充填材に超速硬無収縮モルタルの使用

プレキャストインバート工では、インバート下の地山との隙間に、裏込充填を行う必要がある。この充填材を覆工コンクリート下にも充填し接合部のコンクリート構造物とすることで、早期に覆工コンクリートとインバートを一体化することが可能となった(図-6、写真-5参照)。

充填する材料は、超速硬無収縮モルタルとし、その仕様は以下の条件から1時間材令圧縮強度を、 $\sigma_{1h}=0.6N/mm^2$ の地山強度以上を確保することとした。

- ・ 規制時間内作業を完了させるため、充填完了後、時間を置かず埋戻し作業を行う。
- ・ 覆工コンクリートの死荷重を支保工だけでなく、できるだけ早期に硬化した無収縮モルタルで受けさせる。

b) 接合部のずれ止め処理

覆工コンクリートとの接合部は、トンネル建設時にインバートを設置する場合と同様に、図-7に示す形状とすることが望ましい。しかし、覆工コンクリート下端部を取壊し、同様の形状にしようとする、規制時間内に作業が終了しなくなるため、既存の形状のままで接合せざるを得なかった。

この場合、接合部でズレが発生する恐れが予想されることから、接合部において以下に示すズレ止め処理を行い、覆工コンクリートとインバートの一体化を図った(図-8参照)。

- ・ 無収縮モルタル充填の上端の仕上げを、覆工コンクリート下面より3~10cm高く仕上げ、覆工コンクリート内側に、巻き込む形状とした。
- ・ プレキャストインバートへ用心鉄筋として、あと施工の差筋を設置した。

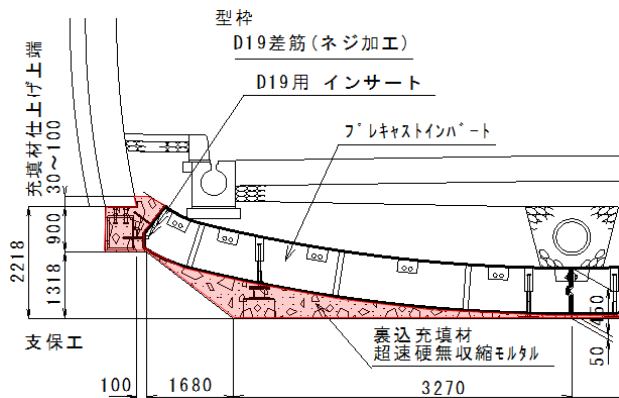


図-6 プレキャストインバートおよび接合部断面図

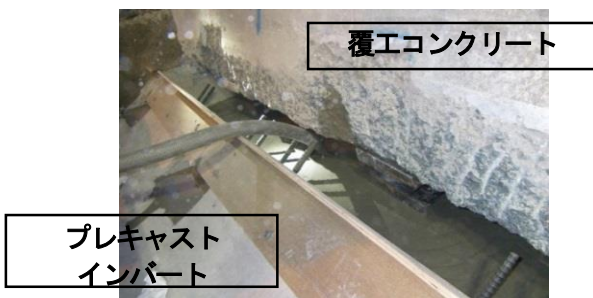


写真-5 接合部無収縮モルタル充填状況

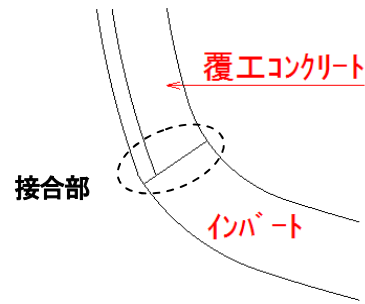


図-7 一般的なインバートと覆工コンクリートとの接合部断面図

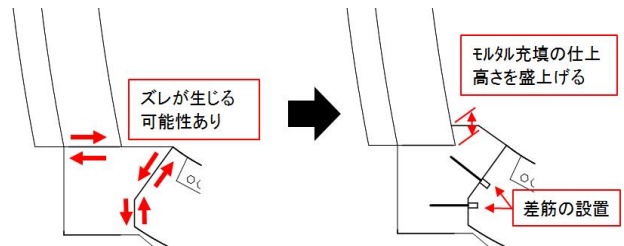


図-8 ズレ止め対策模式図

(3) プレキャストインバート形状の検討

以下に示すトンネル内でクレーンの制約条件から、重量7t以上のプレキャストインバートは使えないことがわかった。

クレーンの制約条件 (図-9 参照)

- ・ クレーンの大きさ : 50t 吊ラフテレーンクレーン
- ・ アウトリガーの張出幅 : 約 7.5m
- ・ 最大作業半径 : 約 13m 必要
- ・ ブーム角度 : 0°



吊上げ可能なプレキャストインバートの重量

1ブロックあたり 7t 未満

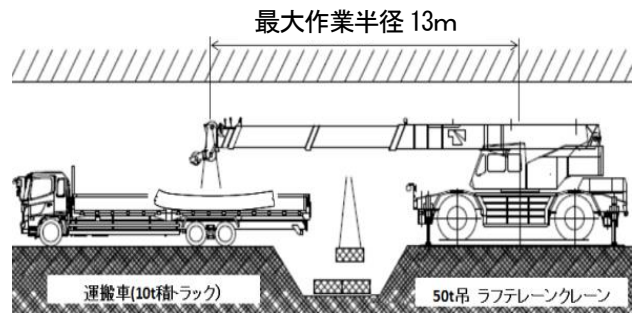


図-9 プレキャストインバート据付模式図

上記の条件のもとで検討した結果、プレキャストイバートの形状を以下のとおりとすることで、1ブロックあたりの自重を6.2tとした（図-10参照）。

- ・幅（横断方向）：4.11m（イバート幅全体の1/2）
- ・長さ（縦断方向）：1.15m（施工縦断延長を9分割）
- ・厚さ：0.45m

この結果、今回の工事で18ブロックのプレキャストイバートを据付することとなった（写真-6参照）。

今回の施工実績が、供用中のトンネル改築工事で参考になれば幸いである。

なお、本稿は従前の所属である兵庫県道路公社の所掌内容である。

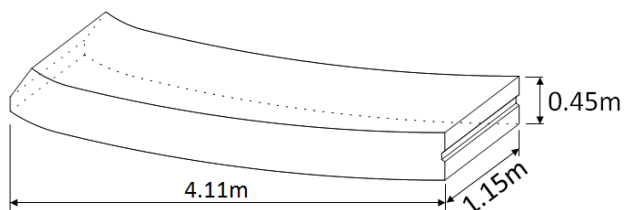


図-10 プレキャストイバート形状図



写真-6 プレキャストイバート据付状況

6. おわりに

実際の施工では、土工・プレキャストイバート据付・無収縮珪砂充填と複数の専門作業員の連携が不可欠であった。また、作業毎の工程管理も10分単位での管理を行い、据付作業を重ねる毎に、水替え方法の見直しなど、複数の作業手順の改善が行われ、規制日数内で工事を完了することができた。

これまで供用中のトンネルにイバートを設置するには、対面通行のトンネルの場合、長期間終日通行止規制を行う必要があった。しかし、プレキャストイバートを用いることで、夜間通行止規制でイバートを設置することが可能となった。

また、現場打ちコンクリートでイバートを設置する場合と比較し、コストは増加するが、養生時間が必要無いため、工期短縮に有効である。よって、終日通行止規制で工事を行う場合でも、規制日数の短縮に寄与すると思われる。