

プレキャストトンネルの施工時に生じた損傷とその発生原因

日本大学 正会員 ○中村 晋

1. はじめに

対象となるプレキャストトンネルはモジュラーチ工法による鉄筋コンクリート2ヒンジ式プレキャストアーチカルバートであり、東北自動車道矢吹ICと磐越自動車道小野ICを結ぶ全長35.9kmの自動車専用道路である「あぶくま高原道路」の福島空港の南方に位置している、そのトンネルは写真-1に示すようにモジュラーチ据え付けより約1年3カ月後に盛土工事が実施された。モジュラーチ上部の本格的な盛土が実施され、盛土の完成高さより-3mの位置まで到達した際、南側坑口の東側サイドウォール下部に写真-2に示す斜めひび割れを発見するに至った。

ここでは、トンネルに生じた損傷などの原因究明を行うために実施した調査と被害要因の分析結果の概要を報告する。なお、この報告は福島県が設置した「あぶくま高原道路(2号函渠)変状調査検討会」による報告概要をとりまとめたものである。

2. 損傷と変状の概要

まず、トンネルに生じた損傷は、図-1に示す南側坑口の東側サイドウォール下部に生じた最大ひび割れ幅0.8mmの斜めひび割れとそのサイドウォールの一部に発生した水平ひび割れ、およびボルトの中央部のブロックの天端付近で発生した縦方向に最大0.25mmのひび割れである。それら損傷の発生時期はトンネル内道路工事終了後、盛土の施工過程で生じたものと考えられる。

次に、トンネルに生じた変状は、図-2に示すトンネル内の道路やサイドウォールに生じた沈下、東側サイドウォールのブロック間およびボルトのブロック間に生じたずれである。サイドウォールの沈下は、東側で最大70mmに達し、横断方向に最大で49mm開いていた。また、この変状の観察は現在まで継続しているが、ボルト天端にて数mmの沈下を除き、大きな変化は認められていない。

3. 被害素因の概要

損傷や変状の発生素因として、地点固有の条件とモジュラーチ工法の適用性との関係、さらに当初の設計条件と施工過程で生じた差異などを整理する。まず、縦断勾配は図-3に示すようにトンネル施工の適用範囲で



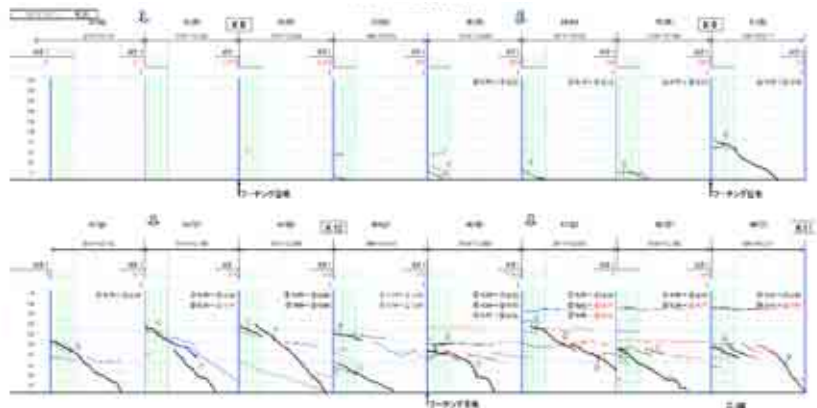
写真-1 モジュラーチ据え付け状況



写真-2 南側坑口の東側サイドウォールに生じた斜めひび割れと調査コア抜き



a) サイドウォールの損傷位置(赤部分に示す南側)



b) 東側サイドウォールに生じた斜めひび割れの発生状況
図-1 南側坑口の東側サイドウォールに生じた斜めひび割れ

キーワード プレキャストトンネル, モジュラーチ工法, 施工時, ひびわれ, 沈下

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1 日本大学工学部土木工学科 TEL:024-956-8712

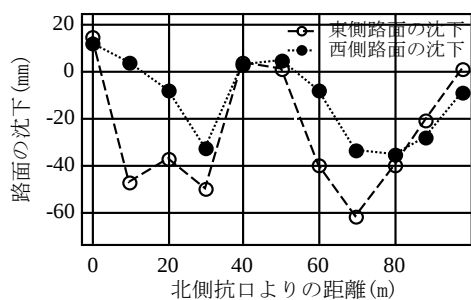


図-2 トンネルに沿った路面の沈下状況

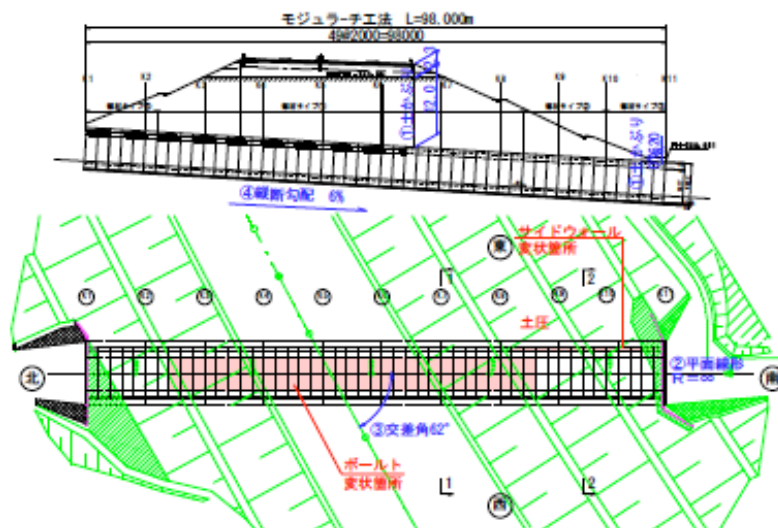


図-3 盛土内におけるトンネル縦断勾配と平面交差

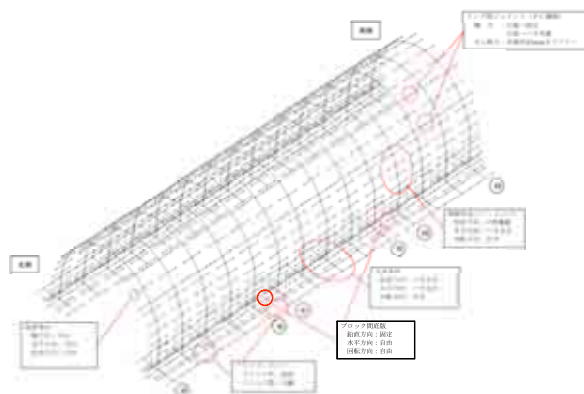


図-5 南側抗口の3次元骨組み解析モデル

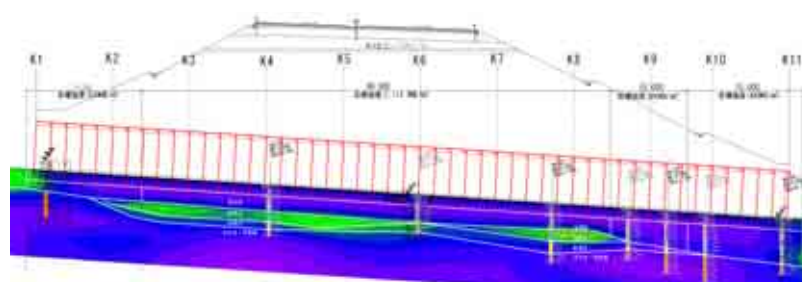


図-4 表面波探査より得られたトンネル支持地盤の未改良層(緑色部分)

あるが 6%と比較的大きな勾配を有している。次に、道路とのトンネル軸方向の平面交差角は図-3に示すように施工限界値

60°に近い62°で、盛土の偏土圧の影響を受けやすい。また、西側の支持層が傾斜し、東側の基礎以深には比較的軟弱な粘性土が存在している。最後に、支持層までの支持地盤の改良過程で支持地盤の凹凸による不整形により図-4に示す未改良な地層が生じたことなどが挙げられる。

4. 分析による被害要因の概要

損傷や変状の発生素因を踏まえ、トンネル縦断面、横断面に関して、盛土の盛り立て過程と、地盤材料の非線形性を考慮した2次元有限要素解析に基づいて評価したトンネルへ作用する土圧を、トンネル-地盤系を基礎、側壁を地盤ばねで支えられた骨組みモデルへ作用することにより得られる断面力と変形より、損傷、変状の発生機構の推測を行った。南側抗口の東側サイドウォール下部の損傷は図-5に示す3次元骨組解析を用いて評価した。その結果、変状は主として盛立て時の土圧作用下でトンネル直下の不整形な支持地盤の未改良層の存在を含む周辺に地盤条件に起因して生じたものと推測される。また、損傷のうち終局状態と考えられるサイドウォールのひび割れの発生原因は、平面交差、東西の地盤条件による設計以上の上載土圧、盛土の側方への変形に伴うせん断応力がボードに作用し、トンネル自体が縦断勾配により傾いていることから、サイドウォールに面内曲げモーメントや面内せん断力が発生した。合わせて、東側のサイドウォールの未改良領域の存在により東西および軸方向に沿って基礎に生じた不同沈下によりボードにせん断力が作用し、そのせん断力に起因したねじりモーメントが東側サイドウォールに卓越して生じることになった。結果として、せん断力の作用にねじりモーメントが加わり、東側サイドウォールの耐力を超え、斜めひび割れが発生したものと考えられる。

5. あとがき

モジュラー工法のようなプレキャスト部材を用いた施工は経済性などからニーズがあるが、ここで示した損傷事例を踏まえ、現行マニュアルの設計条件として縦断勾配が大きい場合やトンネル軸、軸直交方向に不同沈下が懸念される場合、トンネル軸方向の断面力照査の追加などの見直しを設計手法の課題として提案する。