

早期閉合で施工した超近接双設トンネルの一般部D I 区間での双設影響（その1）

清水建設（株）北陸支店

正会員 ○高本絢也・矢野一郎

清水建設（株）地下空間統括部

淡路動太

中日本高速道路（株）敦賀工事事務所

中堀千嘉子・稲垣太浩・津野康則

1. はじめに

舞鶴若狭自動車道鳥浜トンネル(延長 149m)は、上下線のトンネル中心間距離約 13m、掘削面間離隔約 2m となる超近接双設トンネルである(図 1、図 2)。本トンネルでは、先進坑・後進坑の全線でインバートの早期閉合を行うことで、地山の緩みを極力抑制し、センターピラー部の地山改良等の補強工を実施せずに無導坑方式で双設トンネルを掘削した。本報告では、トンネル一般部(D I、土盛り 28m)の計測結果から、早期閉合で施工を行った超近接トンネルの双設影響について考察を行った。

2. 地形・地質概要

鳥浜トンネルは、標高 55~59m に対して計画高 13m 付近を掘削幅(D)約 11m で通過する(図 1)。トンネルを構成する基盤岩は中生代・前期～中期ジュラ紀の丹波テレーンに属する混在岩で、砂岩基質中に頁岩をレンズ状に混入し、褶曲に伴って層理面は不規則で変化に富み、部分的に破碎帯を介在する。トンネル中間部では地山等級 D I に相当する。

3. 計測位置および掘削方法

計測断面は先進坑側で掘削始点側より 45m の D I 区間(土盛り 28m)に位置する(図 1)。計測位置の支保パターン図を図 2 に示す。双設影響を考慮して先進坑側で高強度吹付コンクリート($\sigma_c=36\text{N/mm}^2$)、高耐力支保工(HH-154)を採用した。掘削工法は機械掘削による補助ベンチ付き全断面工法を採用した。計測位置では、図 3 に示すように、先進坑側で上半切羽から 7m 後方、後進坑側では上半切羽から 5m 後方で、吹付けコンクリート、鋼製ストラット支保工によるインバートの早期閉合を実施した。

4. 計測結果

(1)トンネル壁面変位

壁面変位のベクトル図を図 4 に示す。先進坑掘削時、先進坑の水平変位は内空側に 5mm 以下、沈下は最大 10mm 程度であった。後進坑掘削時の先進坑では、天端～センターピラー側で約-23mm となり沈下が卓越した。また、後進坑でも、センターピラー側壁面で約-8mm と沈下が卓越している。

後進坑掘削時の先進坑の水平変位では天端～センターピラー側壁で、6~9mm 程度の後進坑側に引張られる挙動が

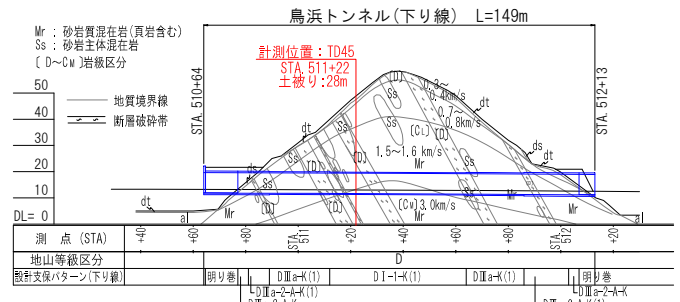


図 1. 鳥浜トンネル地質縦断面図(下り線:先進坑)

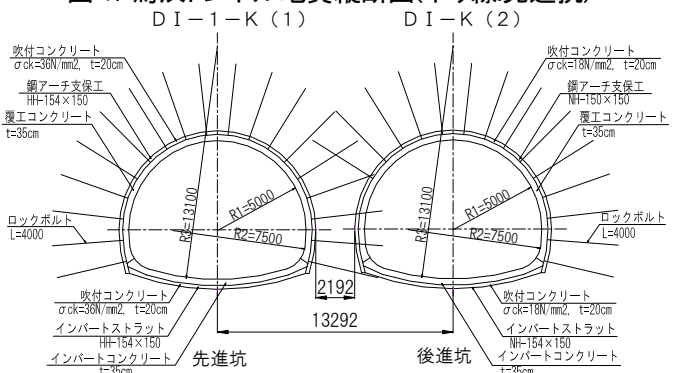


図 2. 計測位置の支保パターン図

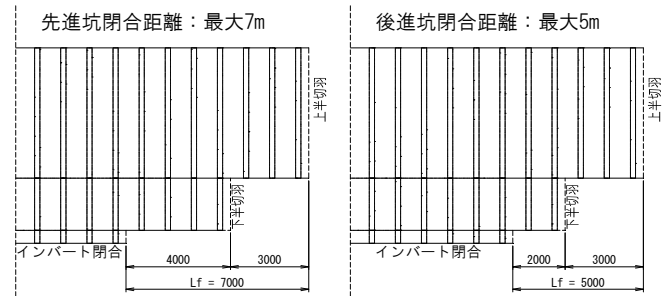


図 3. インバート早期閉合概要図

認められたが、センターピラー反対側では微少である。

(2)吹付けコンクリート応力計

吹付けコンクリート応力分布図を図 5 に示す。先進坑では後進坑掘削時に、天端～センターピラー反対側(T1, T2, T4)で2~3N/mm²の増加が認められるが、センターピラー側の肩部(T3)とSL部(T5)では圧縮応力の増加は顕著ではない。インバート部でも基本的に圧縮応力が発生している。後進坑上半部の吹付けコンクリート応力は、1~6N/mm²で後進坑掘削後の先進坑と同程度の圧縮応力が発生している。

キーワード 無導坑式超近接双設トンネル、インバート早期閉合、トンネル挙動、トンネル一般部

連絡先 〒919-1303 福井県三方上中郡若狭町三方 48-32-1 TEL:050-5805-9129

(3)鋼アーチ支保工応力計

鋼アーチ支保工応力計により計測された軸力および曲げモーメント分布図を図6、図7に示す。後進坑掘削時には、天端～SL部(S1～S5)までの上半アーチ部で圧縮応力が均等に増加している。また、後進坑の上半部でも先進坑と同程度の軸力が発生している。インバート部では大きな軸力は発生していないが、隅角部周辺、特にセンターピラー側のインバート部で内空側への大きな曲げモーメントが発生している。

5. 考察

(1)超近接トンネルにおける周辺地山の挙動について

トンネル壁面変位の計測結果から、トンネル内空側への変位は微小であったが、センターピラー側の壁面が卓越して沈下する現象が認められた(図4)。これは、早期閉合により剛な支保構造体が早期に形成されるため、トンネル自体の変形は微小な値に抑制されたが、双設影響によりセンターピラー部での荷重が高まり、トンネル全体がセンターピラー部側に傾くように沈下したことを示している。

(2)鋼製ストラット支保工に発生した曲げモーメントについて

先進坑のセンターピラー側鋼製ストラット支保工に内空側への高い曲げモーメントが発生している(図7)。これも、後進坑掘削時のセンターピラー部の卓越した沈下の影響と考えられる。このようなセンターピラー部での沈下が卓越する超近接双設トンネルでは閉合部材として曲げ耐力を持つ鋼製のストラット支保工が有効であることを示している。

(3)センターピラー部の支保工発生応力について

先進坑センターピラー側SL部では、後進坑掘削時に吹付けコンクリートと鋼アーチ支保工の圧縮軸力が卓越することなく、先進坑・後進坑の上半アーチ部で均等に圧縮応力が増加した(図5、図6)。これは、後進坑掘削時にセンターピラー部側のみに荷重が集中することなく、上半アーチ部で均等に荷重を分担していることを示している。つまり、土被りが十分にあるトンネル一般部では双設トンネルを包含する形でグランドアーチが形成されることにより、センターピラー部に応力集中することはないと考えられる。したがって、超近接双設トンネルでは、グランドアーチ形成が期待できる土被りのあるトンネル一般部ではセンターピラー部を特に補強する必要はないと考えられる。

6. まとめ

早期閉合により施工を行った超近接双設トンネルの一般部(DI)における計測結果から以下の知見が得られた。

- ・早期閉合の実施によりトンネル自体の変形は微小な値に抑制されたが、双設影響によりトンネル全体がセンターピラー側に傾くような沈下が卓越する。

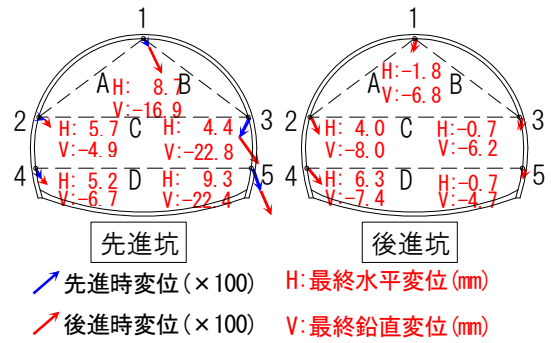


図4. トンネル変位ベクトル分布図

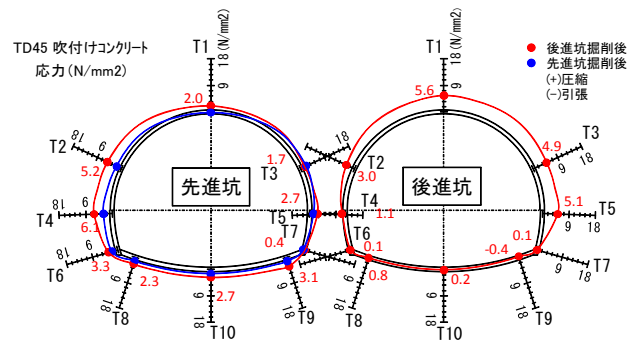


図5. 吹付コンクリート応力分布図

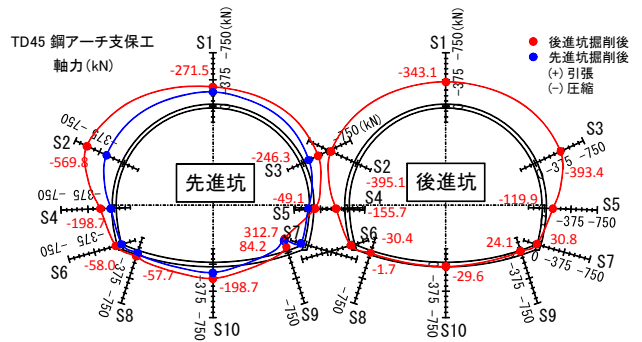


図6. 鋼アーチ支保工軸力分布図

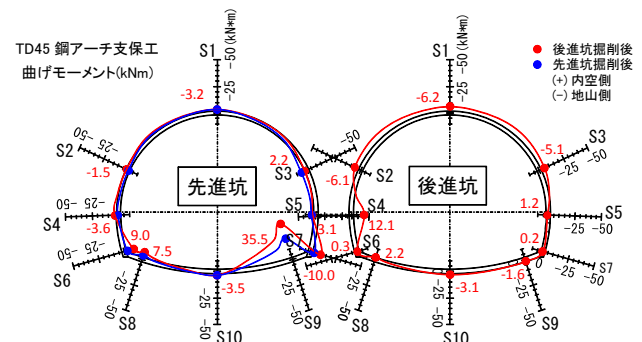


図7. 鋼アーチ支保工曲げモーメント分布図

- ・超近接双設トンネルではセンターピラー側で沈下が卓越するためにインバート閉合部材として曲げ耐力を持つ鋼製ストラット支保工が有効である。
- ・土被りのあるトンネル一般部では双設トンネルを包含する形でグランドアーチが形成されることにより、先進坑・後進坑の上半アーチ部で均等に荷重を分担することができる。