早期閉合で施工した超近接双設トンネルの坑口部ＤⅢ区間での双設影響（その２）

中日本高速道路（株）敦賀工事事務所　正会員　○稲垣太浩・津野康則
八千代エンジニアリング（株）　崎野成二
清水建設（株）北陸支店　矢野一郎・牛田和仁・宮本利典

1.　はじめに

早期閉合で施工を行った超近接双設トンネルである舞鶴若狭自動車道鳥浜トンネルの一般部(ＤⅠ区間，土被り 28m)における双設影響の報告[1)]に続き，本報告では，掘削始点側坑口部(ＤⅢ区間，土被り 14m)における各種の計測結果から，小土被り区間の双設影響の特徴について考察を行った。

2.　地形・地質概要

鳥浜トンネルの掘削起点側坑口部は 35～40°前後の急傾斜を呈する(**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ある。計測位置では割れ目沿いに粘土を介在した弱風化の頁岩を主体とし，局所的に小規模の破砕帯を介在している。

3.　計測位置および掘削方法

計測断面は起点側(掘削始点側)小土被り ＤⅢ区間(土被り 14m)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(σ_c=36N/mm^2)，高耐力鋼アーチ支保工(HH-201)を採用した。支保部材のトンネル一般部(ＤⅠ)との比較を**表 1** に示す。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，先進坑･後進坑の両者で上半切羽から7～8m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早期閉合を実施している。

表 1. 坑口部と一般部の支保部材比較

支保部材		先進坑	後進坑
吹付けコンクリート	ＤⅠ	σ_c=36N/mm^2, t=200	σ_c=18N/mm^2, t=200
	ＤⅢ	σ_c=36N/mm^2, t=250	σ_c=18N/mm^2, t=250
鋼アーチ支保工	ＤⅠ	HH154×151	NH150×150
	ＤⅢ	HH201×200	NH200×200

4.　計測結果

(1)地表面沈下

地表面沈下の横断方向分布図を**図 3** に示す。地表面沈下は先進坑掘削時には数 mm と微小であるが，後進坑掘削時にはセンターピラー部を中心に約-20mm 程度の大きな値が認められ，後進坑掘削時には影響範囲が拡大している。

(2)層別沈下計

層別沈下計における区間ひずみの分布図を**図 4** に示す。先進坑掘削時には先進坑(E1)，センターピラー(E2)直上のみに引張ひずみが発生するが，後進坑掘削時には E1～E3

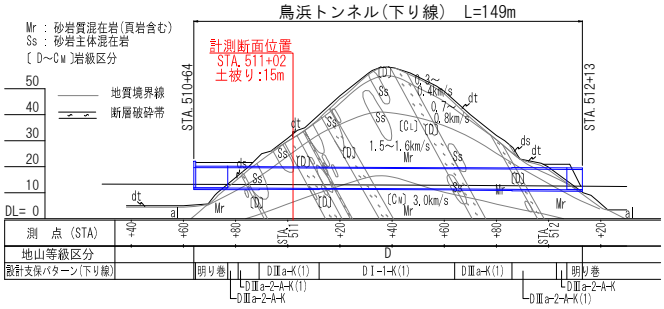

図 1. 鳥浜トンネル地質縦断図(下り線:先進抗)

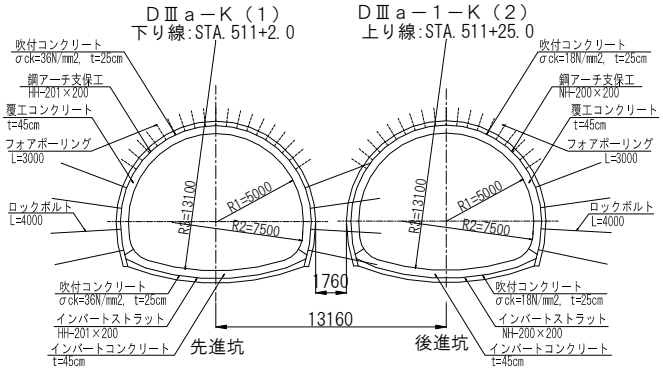

図 2. 計測位置の支保パターン図

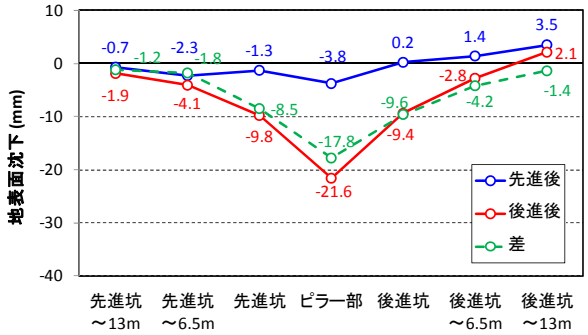

図 3. 計測位置における横断横坑地表面沈下分布図

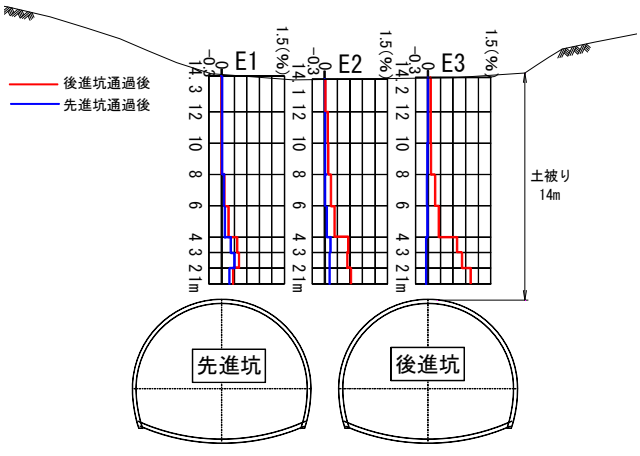

図 4. 層別沈下計区間ひずみ分布図

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，小土被り，坑口部
連絡先　〒914-0121　福井県敦賀市野神 12-60　TEL:0770-21-5550

のすべてで引張ひずみが発生し，特に，後進坑直上(E3)では，引張ひずみの発生域が地表面にまで到達している。

(3)トンネル壁面変位

壁面変位のベクトル図を**図 5** に示す。先進坑掘削時の先進坑の内空側変位は微小であったが，後進坑掘削時には，先進坑，後進坑で共に天端～センターピラー側で卓越した沈下が認められた。壁面水平変位では，後進坑掘削時に先進坑の天端～センターピラー側壁で，7～15mm 後進坑側に引張られる挙動が認められた。

(3)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 6** に示す。先進坑では後進坑掘削時に天端部を除く側壁部で圧縮応力が増加し，センターピラー側SL部では 13.7N/mm^2 と顕著な応力集中を示した。後進坑の吹付けコンクリート応力は2N/mm^{2}未満で後進坑掘削前の先進坑と同程度である。

(4)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 7**, **図 8** に示す。先進坑では後進坑掘削時に圧縮力が増加しており，センターピラー側のSL部で特に高い軸力が発生している。また，後進坑の上半部では先進坑と同程度の軸力が発生している。

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，後進坑掘削時には先進坑・後進坑で内空変位は微小であったが，トンネル壁面から地表面に至るまでセンターピラー部で沈下が卓越する現象が認められた(**図 3**, **図 5**)。これは，早期閉合により剛な支保構造体が形成されたため，トンネル自体の変形は抑制されるが，センターピラー部を中心に地表部を含むトンネル周辺地山の広い範囲で沈下挙動が生じていることを示唆する。

(2)先進坑センターピラー側支保工の挙動について

後進坑掘削時，先進坑センターピラー側 SL 部において，吹付けコンクリートと鋼アーチ支保工の圧縮力の卓越が認められた(**図 6**, **図 7**)。これは土被りのあるトンネル一般部(D I，土被り 28m)[1]では認められなかった現象である。層別沈下計の計測結果から，引張ひずみの発生域は，後進坑掘削時に地表面まで到達していることから(**図 4**)，当該計測断面(坑口部：土被り 14m)は小土被りであるために，トンネル周辺地山にグランドアーチが形成されず，全土荷重に近い荷重がセンターピラー部に発生したと考えられる。つまり，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ない小土被り部において，双設影響によりセンターピラー側に高い荷重が発生することが明らかとなった。

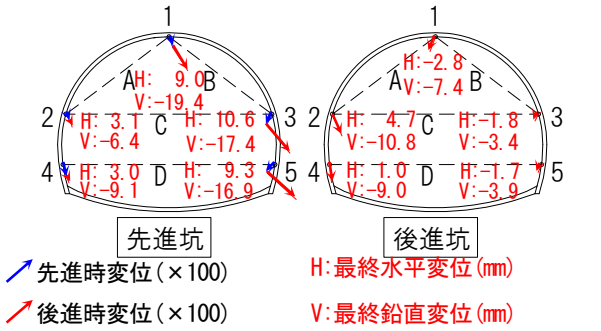

図 5. トンネル変位ベクトル分布図

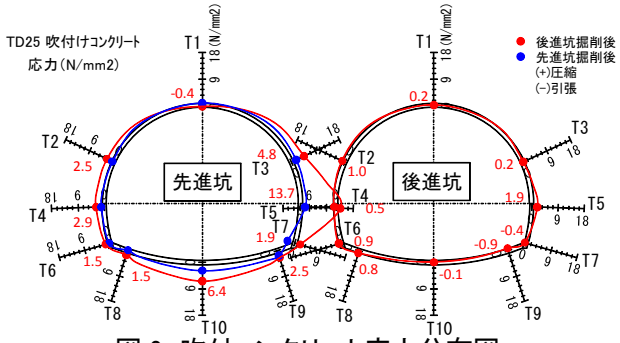

図 6. 吹付コンクリート応力分布図

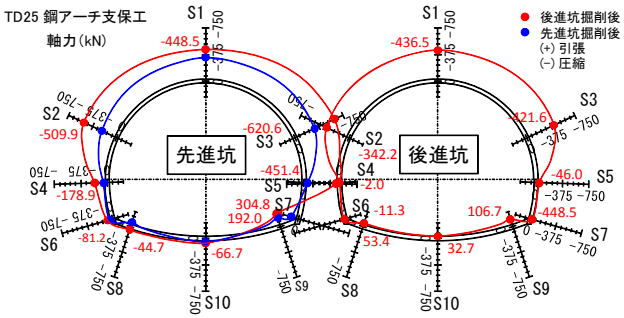

図 7. 鋼アーチ支保工軸力分布図

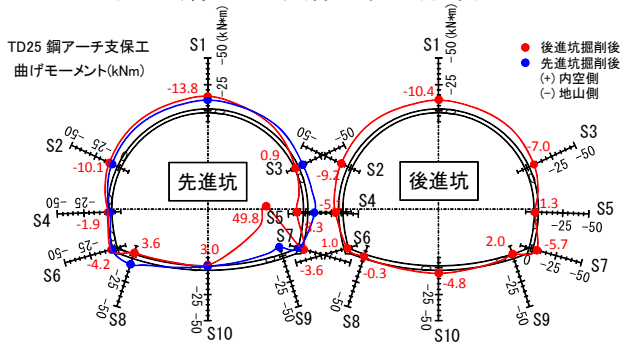

図 8. 鋼アーチ支保工曲げモーメント分布図

6. まとめ

早期閉合を行った超近接双設トンネルの坑口部における計測結果から以下の知見が得られた。

- 早期閉合によりトンネル自体の変形は微小な値に抑制されたが，双設影響により地表面まで含む広い領域でトンネル全体がセンターピラー側に沈下する挙動が認められた。
- グランドアーチが形成できない小土被り部では，後進坑掘削時に先進坑ピラー側支保工に高い圧縮力が発生する。

参考文献

1) 高本ほか：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)，土木学会第67回年次講演会，2012.