

## 沈下制御を目的とした自動車道・埋設管交差部のトンネル施工計画

戸田・フジタ・アイワ・藤森共同企業体 正会員 ○梶原 大輔  
 鉄道・運輸機構 飯山建設所 正会員 依田 淳一  
 戸田建設 フェロー 岡村 光政

## 1. はじめに

高丘トンネル南工区は、現在建設中である北陸新幹線の長野-金沢間における高丘トンネル全延長 6918mのうち 2928m の NATM トンネル工区である。地質は更新世中期の低固結性粘性土地山であり、N 値 10～30 前後の亀裂質のシルトが主体となり、掘削時の変形性が大きい。ここで、小土被り区間（1D～3D）において重要保安物件の直下を掘進するため、地表面の沈下および沈下に伴う傾斜を抑制しなければならない。本稿は低強度地盤かつ小土被り地域におけるトンネル施工時の保安物件の管理と補助工法について報告する。

## 2. 工事概要

当該地山は、第四期更新世の豊野層からなり、亀裂質のシルト、帯水砂層の互層から成る（図-1）。

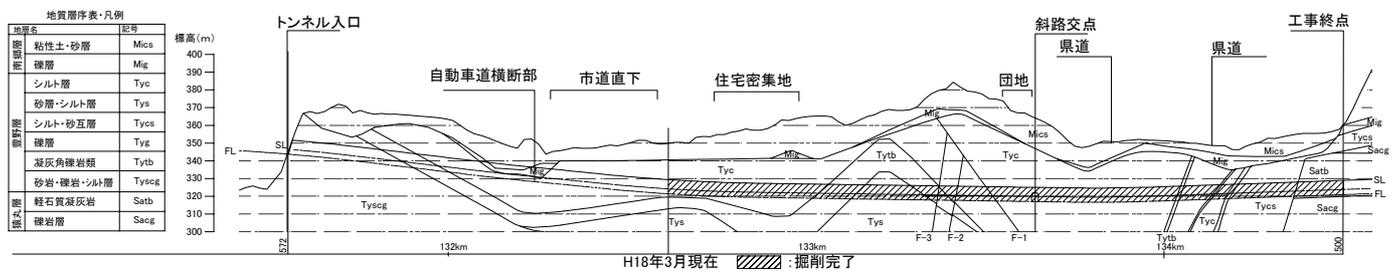


図-1 地質縦断図

当該掘削部分のシルト層は変形性が大きく ( $E=1,000\text{kN/m}^2$ )、1D～3D の小土被り区間において、トンネル直上に住宅密集地域、自動車道、 $\phi 500$  埋設管等の重要保安物件が存在する。このような条件下で、それぞれの保安物件の沈下を、トンネル掘削時に管理値内に抑制する施工を行わなければならない。本工事はこれまでトンネル掘削が 64%程度終了しており（H18年3月現在）、既に土被り 25.7m～38.0m の住宅密集地区間は無事通過している。住宅密集地区間にて地表面沈下を抑制するために実施した補助工法の概念図を図-2 に示す。

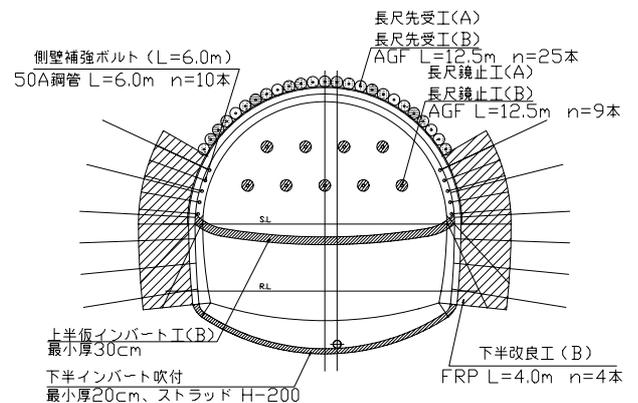


図-2 補助工法概念図

## 3. 施工上の検討課題

住宅密集地区間のトンネル掘削の結果、地表面の最終沈下量を管理値の 20%～40%に抑制することができた。一方、自動車道直下の地質はさらに低強度のシルトのため、住宅密集地で採用した補助工法では自動車道の沈下の管理基準値内に抑制できないという解析結果が出た。そこで、自動車道直下では沈下抑制のため、他の対策工を実施する必要性が生じた。

自動車道は盛土構造であり、また隣接する市道には重要埋設管があり、その直下を実質土被り約 8m で交差するため、トンネル掘削に伴う大きな沈下が懸念された。このため、各保安物件の沈下管理値を満足する掘削計画を立案する必要があった。各保安物件の沈下量の管理値を表-1 に示す。

キーワード パイプルーフ、立坑、沈下制御、トンネル

連絡先 〒383-0053 長野県中野市大字草間字大久保 1073-1 高丘トンネル（南）作業所 TEL 0269-24-6157  
 戸田建設（株）名古屋支店土木工事部土木技術課 TEL052-951-8174, FAX 052-961-4543

#### 4. 立坑・パイプルーフ・本坑掘削時の対策

種々の工法を比較検討した結果、地表面沈下抑制の対策工として、全土被り荷重を支持し、沈下抑止に対して最も信頼性が高いパイプルーフ工法を選定した。パイプルーフを併用したトンネル掘削では地表面に沈下を生じさせる要因として、発進立坑の掘削、パイプルーフ推進、本坑掘削がある。

本坑掘削時の地表面沈下量の推定には、パイプルーフの配置形状が大きく影響する。パイプルーフは上半の120度範囲が多用されているが、非線形弾性解析を用いて本坑掘削時の沈下量を予測した結果、上半の120度及び150度配置では本坑掘削時に沈下管理基準値を上回ることとなった。次に、パイプルーフの配置形状を上半の180度に設定した場合、側方からの押し込みの抑制およびパイプルーフ下端に存在する砂礫層によるパイプルーフ支持の相乗効果から、地表面沈下量を管理基準値内に収めることが可能となった。

また、パイプルーフ推進時に、パイプルーフに生じる変形やテールボイドによって引き起こされる地表面沈下を低減するため、本工事では掘削外径を $\phi 848\text{mm}$ から $\phi 840\text{mm}$ にすることにより、テールボイドを減少させる計画とした。また、パイプルーフの施工中および完了後のボイドの応力解放防止の目的から、滑材として2液性固形滑材を注入することでテールボイドの一次安定性を向上させる。

なお、パイプルーフ発進の立坑は自動車道に近接した場所となるため（図-3）、立坑掘削による、自動車道と埋設管に生じる沈下を極力低減させる必要がある。山留め壁の形式としてSMW（芯材H-390とH-300）及び鋼矢板を検討し、立坑の側方変位に伴って発生する自動車道・埋設管での地表面沈下をより低減させる目的から、剛性の高いH-390の芯材を用いたSMWを山留め壁の形式として採用した。

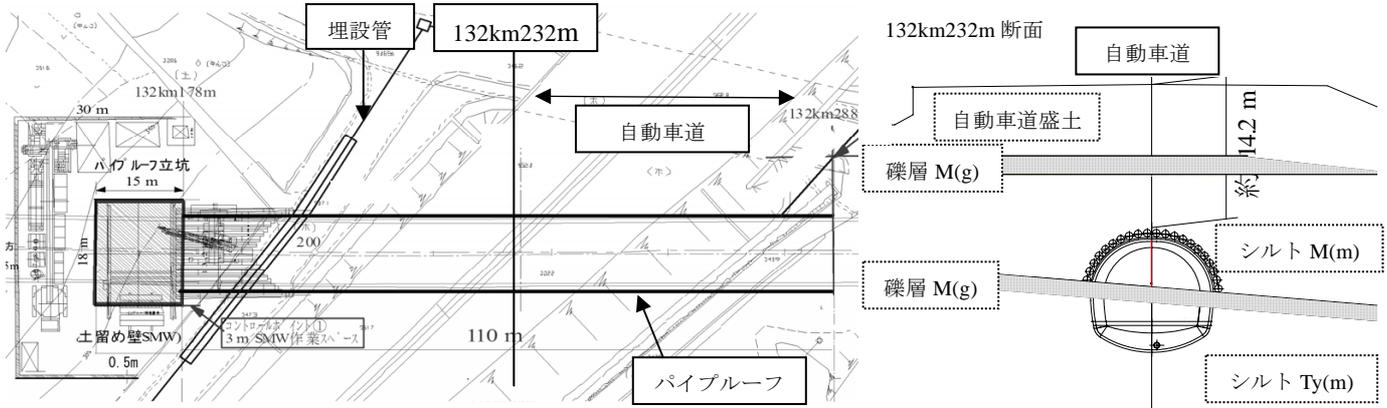


図-3 パイプルーフと自動車道路の位置関係

#### 5. 検討結果

本坑掘削時には沈下量は自動車道で27mm、埋設管で33mmとなる。また、パイプルーフ部材の変形が引き起こす地表面沈下の値は、自動車道・埋設管それぞれで3mm、4mmとなる。さらに、立坑掘削時の自動車道、埋設管それぞれの地表面予測沈下量は2mm、12mmとなることが解析結果から推定された。立坑掘削時、パイプルーフ施工時、本坑掘削時それぞれの地表面沈下量の予測結果を表-2に示す。これらの予測沈下量は地表面沈下量の管理値以内であり、施工可能と判定した。

#### 6. まとめ

自動車道直下施工時、パイプルーフ工法を併用することにより保安物件における沈下量管理値を満足することが可能であることが明らかとなったが、実際の施工における不確定要素を考慮して、引き続き、地表面沈下量を監視し、状況に応じて適切な補助工法を併用して施工を行う予定である。

表-1 保安物件における管理値

	自動車道 盛土構造	埋設管 $\phi 500$
管理値(mm)	50	80
注意値(mm)	40	64
管理値： 限界値と捉え、管理者と 緊急対策の実施について協議		
注意値： 計測の強化、掘削方法・ 追加対策の検討		

表-2 保安物件における予測沈下量

	自動車道	埋設管
管理値	50	80
注意値	40	64
本坑掘削時	27	33
パイプルーフ施工後	3	4
立坑掘削後	2	12
合計	32	49