

近接施工影響と事業損失リスクに配慮した山間部の開削トンネルの設計

(株) 建設技術研究所 若本 達也

1. はじめに

本バイパス道路における業務区間は、図-1に示すように、山岳トンネル坑口から始まる土工事、開削トンネル工事、橋梁接続部までの土工事区間で、山間部の閑静な集落を通過する区間となっている。開削トンネル設計区間は、民家の一部が支障物件になるなど、家屋との近接工事となり、工事騒音や振動の影響に加え、土留掘削に伴う地盤変状や工事振動によって家屋にひび割れが生じるといった事業損失も考えられた。

本稿は、周辺の環境保全や近接する家屋への影響に配慮した近接施工対策に加え、工事に起因する事業損失リスク対策を検討し、その結果を設計に反映したものである。

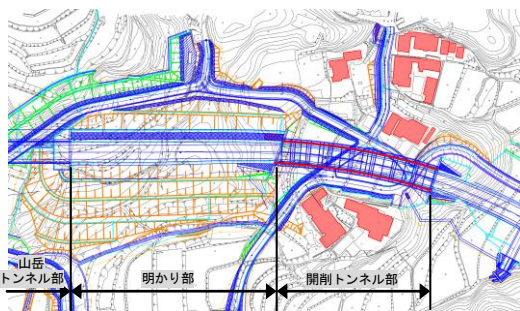


図-1 平面図

2. 地形・地質、周辺環境と課題

当該工区の地質は、山間部であることから、ボックス深部において軟岩および中硬岩が出現することが予想されている。また、閑静な集落内での工事であり、土留壁と最近接家屋との離隔が約7m程度と近接しているため、設計上の留意点として、土留壁の変形に伴う地盤変状対策や、騒音・振動に対する工事中の住環境の保全があった。対象箇所においては以下の課題が考えられた。

- ①岩盤掘削に対応した仮設工法の選定
- ②岩盤の出現により、施工法や施工機械による騒音・振動の影響、近接施工による家屋等の損傷

3. 想定される事業損失リスクと対応

上記課題に対して、事業損失リスクという観点で整理すると、以下の検討項目が挙げられた。

- ・岩盤掘削及び土留打設による騒音・振動影響
- ・工事振動による家屋の損傷
- ・土留打設時の地盤変状による家屋の損傷

これらの検討項目に対して、ハード対策を実施した結果を示す。

騒音に対しては、表-1に示すように、騒音レベルの90%レンジ上限値(LA5)は、特定建設作業に関わる騒音の基準値を上回っていたが、防音シート(h=3m)を設置することで、すべての工種で基準値を満足する予測結果となった。しかし、予測値が基準値の上限に近いこと、施工時に基準値を上回る可能性があることが問題としてあり、ハード対策を施すにも費用の限界がある中で、住民の仮移転までを視野に入れた一層の対応が求められていた。

表-1 騒音予測結果

種別	建設機械(ユニット等)	予測結果	予測結果LA5	基準値
		LA5	防音シート	
		(dB)	(dB)	(dB)
土留・仮締切工	鋼矢板(油圧圧入引抜工)	93	83	85
掘削工	土砂掘削	94	84	
現場打カルバート工	コンクリートポンプ車を使用したコンクリート工	91	82	
運搬工	ダンプトラック(積載重量32~55t)	88	78	

振動に対しては、表-2に示すように、振動レベルの80%レンジ上限値(L10)は、特定建設作業に関わる振動の基準値を満足したが、振動レベル(L10)は、振動の最大値を予測したものではないため、事業損失リスクに備えるために更なる振動対策を行った。本稿では、低振動型の硬質地盤クリア工法を採用することで、最近接する家屋位置の振動レベルは、通常の油圧圧入工法よりも更に抑制できる結果となった。しかし、地盤の不確実性や、低振動工法の振動データが少ないことが問題としてあり、また、振動による家屋の損傷は、振動の大きさだけでなく、現況家屋の健全性程度によって異なることも挙げられた。

表-2 振動予測結果

工区	種別	建設機械(ユニット等)	予測結果	予測結果L10	基準値
			L10	低振動工法	
			(dB)	(dB)	(dB)
開削トンネル部	鋼矢板打ち込み	鋼矢板(油圧圧入引抜工)	59	硬い地盤	39
	鋼矢板引き抜き			軟らかい地盤	
	床堀・埋戻し	軟岩掘削	61	---	75
明かり部	掘削工	軟岩掘削	47	---	
		中硬岩掘削(大型フレカ)	51	---	

地盤変状に対しては、図-2に示すように、家屋の一部は近接影響範囲に入るが、鋼矢板Ⅲ型で土留構造として成立し、家屋位置での沈下量や傾斜角度も許容値以内に収まっ

た。しかし、地盤変状による家屋の損傷が懸念されたため、更なる対策工を検討し、土留壁の規格をⅢ型からⅣ型へ上げた結果、土留最大変位は約 1/2 (沈下量は 12%) 小さくなった。硬質地盤クリア工法の鋼矢板の規格は、打設時に鋼矢板が貫入不能にならないようにする必要がある。当該地域は軟岩が支配的な硬質地盤であるため、土留材の貫入不能防止を考慮して鋼矢板Ⅳ型を採用し、土留壁の沈下量及び変形角の低減を図ることとした。

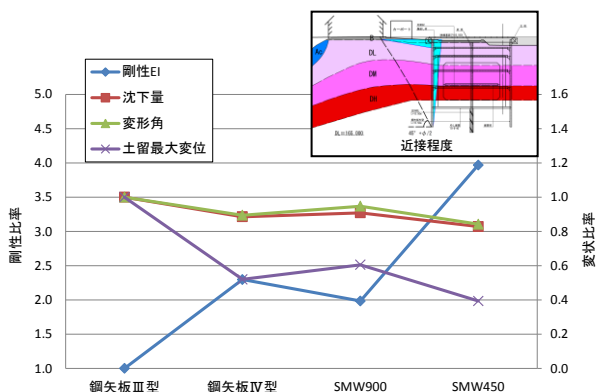


図-2 剛性と変状の比率(鋼矢板Ⅲ型を 1.0 とした場合)

4. 地元合意に向けた更なる事業損失リスク低減検討

3. で記載したように、ハード対策によって、工事影響は基準値以下となったものの、工事前地元説明において、地元の方の不安を完全に払拭するには至らなかった。特に、騒音影響は予測値が基準値の上限に近いこと、工事振動影響や地盤変状による影響は、地盤の持つ不確実性や現家屋の健全性程度によって異なるため、事業損失リスクに対して、より一層の低減が求められた。

しかし、ハード対策のみでは、コスト面、またその効果の確実性に限界があり、ソフト対策を兼用した対策検討を行うこととした。

ソフト対策としては、機械の稼働時間や出力制限、オペレータへの警告、重機配置の変更等の手段が想定される。このソフト対策の実効性を向上させるために、工事のモニタリング計画を立案した。また、騒音・振動など事務処理要領が定型化されていない種類の事業損失の認定については、因果関係と受忍限度を明確にする必要もあることから、モニタリング計画に加えて、事前の試験施工を提案した。これにより、工事影響の大きさを見える化し、住民との情報共有を図ることで、工事を円滑に進めることが可能になることが期待された。

試験施工では、予測手法の妥当性を確認し、後述する管理基準値を超えた場合の対策工検討を事前に行うことを目的とし、あわせて、振動レベルの最大値が家屋への影響を及ぼすレベルに達するかどうかを確認する。また、受忍限度を超えるかどうかの判断を事前に行い、住民の仮移転

の可否の検討も行う予定である。

工事のモニタリング計画では、予測以上に工事振動が大きくなった場合に、機械の稼働時間と出力の制限、オペレータへの警告、重機配置の変更等の現場対応を瞬時に計画である。一方、事業損失による費用負担に備えるため、万が一、家屋に新たな損傷が生じた場合、工事影響との因果関係を立証する一つのデータとして工事のモニタリングを行う。施工時の対応としては、騒音・振動表示器を設置し、掘削に伴う地盤沈下が家屋へ及ぼす影響を監視するため、固定傾斜計を設置する計画とした(図-3)。

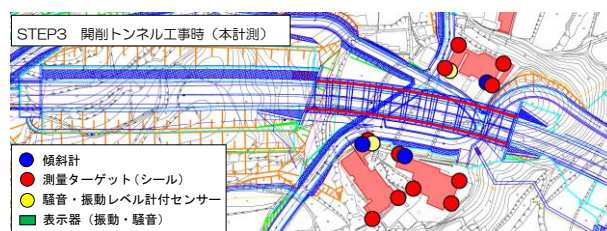


図-3 本計測概要

表-3 に当該工区での開削トンネル工事における振動レベルの管理レベルと安全体制を示す。管理基準値は、特定建設作業の規制値である 75dB を上限として、特定工場等において発生する振動の規制基準である 60dB、一般的に揺れを感じるとされる振動レベルである 65dB を設定した。今回の工事では、低振動工法の採用により、75dB 以上となる振動は発生し得ないレベルであると予測しているが、75dB 以上の振動レベルが確認された場合、直ちに工事を中止し、振動予測手法や施工方法を見直す必要があると考えられる。

表-3 管理レベルと安全体制(案)

管理レベル	管理値	信号(色)	実施行動
管理レベル1以下 【通常体制】	通常体制	青	定時計測 所定の計測頻度で施工を継続する。
管理レベル1~2 【注意体制】	60	黄	計測頻度強化。計測頻度を増やし、計測値の相互分析を行った上で、想定される予定工事に対する発生振動の予測と、対策工検討を行う。
管理レベル2~3 【警戒体制】	65	赤	計測体制強化。ほとんどの人が揺れを感じるレベルで、苦情が多くなる。さらに計測頻度を増やし、施工内容(作業時間、重機の組合せ)等の検討を行い、対策工を施す。
管理レベル3以上 【工事中止体制】	75	—	工事を中止し、計測結果にもとづいて施工法の再検討を行い、施工法変更等の対策工を検討する。

5. おわりに

本稿では、山間部の閑静な集落を通過する開削トンネルの近接施工影響と環境影響に着目し、事業損失リスクに対して、ハード対策だけでなく、ソフト対策も施すことにより、地域住民との合意形成を図り、工事着手への同意が得られた。今後はモニタリング計測等を実施することで、更なる事業損失リスクの低減に努めていくことが重要と考える。