

## 2. 事業費への影響

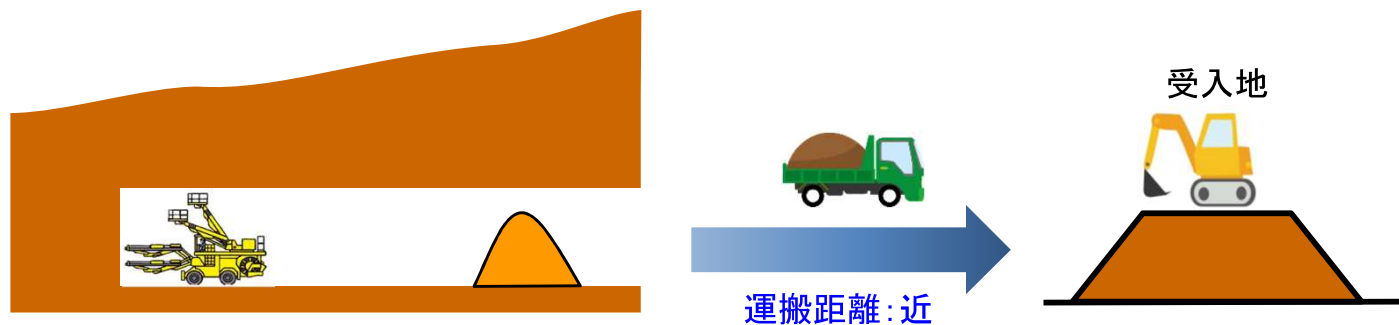
### (1) トンネル発生土処理に係る対応等

-トンネル発生土の運搬距離の増加-

トンネル掘削によって生じる発生土の受入地に関しては、発生土受入地確保が難航するケースが多く、複数のトンネル工区で、かなり遠方での受入地確保となったことから、発生土の運搬費用が増加した。

【変更前】

当初、坑口から近傍を想定



【変更後】

当初想定した運搬距離での受入地を確保できず、受入地が遠くなったため、運搬距離が増加



## 2. 事業費への影響

### (1) トンネル発生土処理に係る対応等

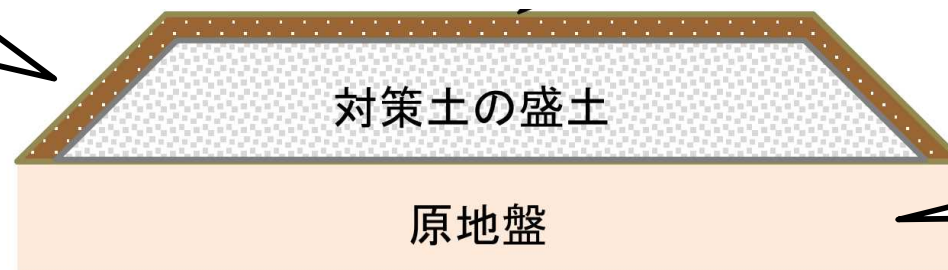
-発生土受入地における対策費用-

受入地に搬入する対策土に含まれる重金属の種類や濃度にあわせて吸着層の追加などの追加的な対策が必要な箇所が生じたことや、植林のための覆土厚増、当初よりも規模の小さい受入地に搬入することで盛土高さが低くなる等により、対策工費用の増加が生じた。

【変更前】

○当初、受入地の対策工は原地盤による重金属類等の吸着特性を活用することを想定していた。

大規模で  
盛土高さも高い

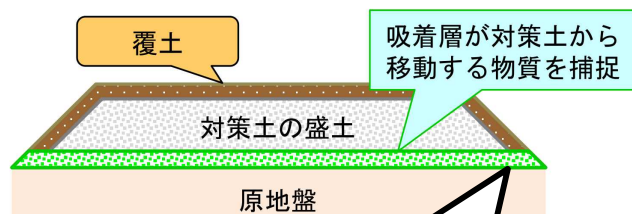


対策土中の  
重金属を吸着

【変更後】

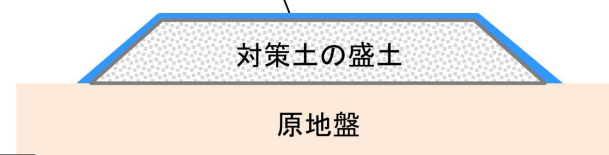
○対策土に含まれる重金属の種類や濃度に合わせて追加的な対策工を実施。

吸着層の追加



吸着層の追加

粘性土などによる被覆・浸透抑制



小規模で盛土高さが低い  
⇒対策土1m<sup>3</sup>当りの覆土増

植林のため  
覆土が厚い



## 2. 事業費への影響

### (1) トンネル発生土処理に係る対応等

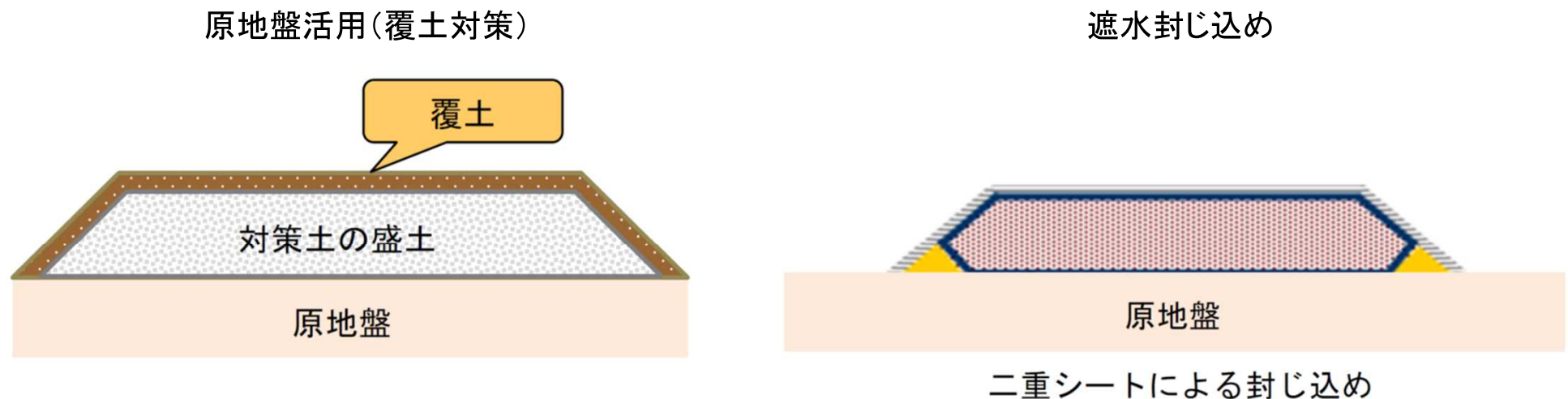
-事例(札幌トンネル)-

対策土については、トンネル坑内からの水平ボーリングによる調査の結果、想定よりも早く出現することが判明した。一方で、対策土の受入地が確保されていないことから、掘削が一時中止した。

対策土受入地確保の難航及び新型コロナウイルス感染拡大の影響に伴う説明会開催の延期により、トンネルの掘削着手が遅延。

住民説明会等を経て、受入地の協定を締結し、受入地の整備後に掘削を開始した。

※工事の一時中止により「工事体制の縮小」「工事現場の維持」「工事の再開準備」に要する費用が発生する。



自然由来重金属等を含む発生土の対策工の事例

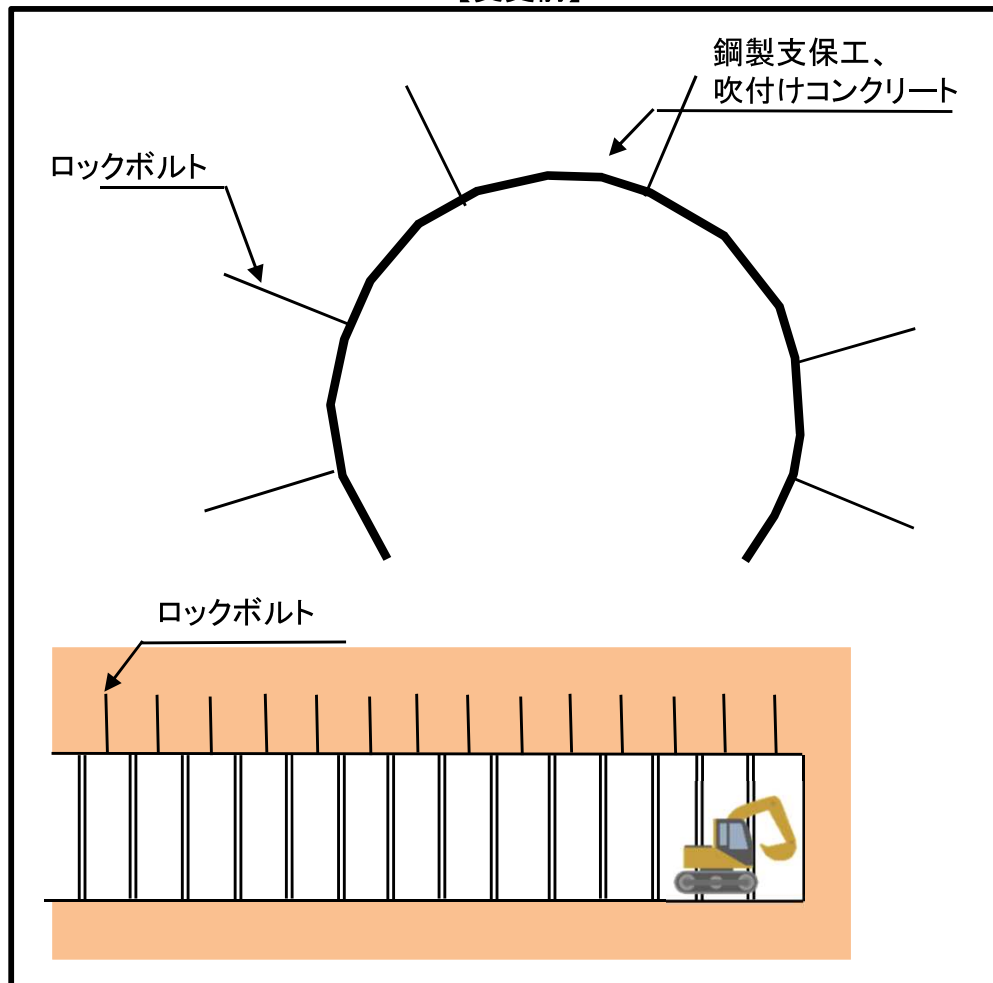
## 2. 事業費への影響

### (2) 地質不良箇所に係る対応等

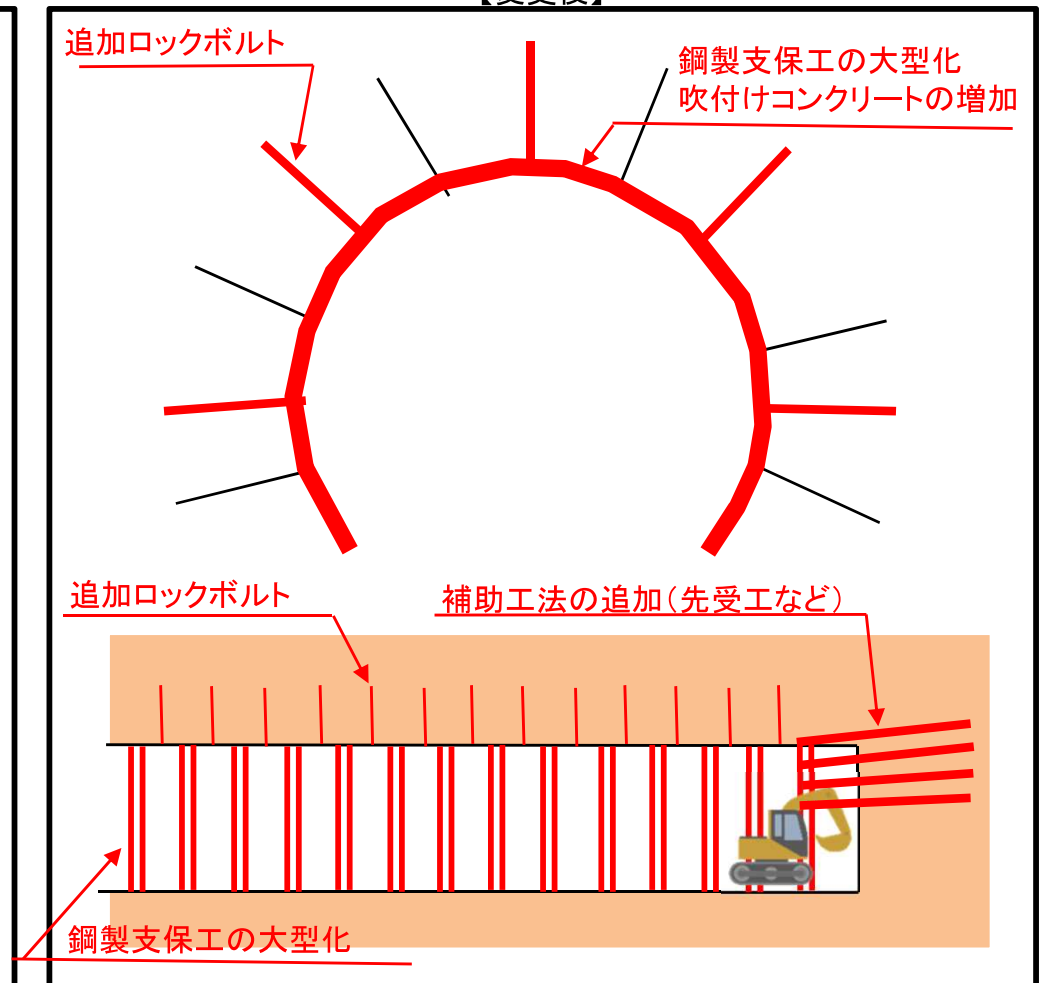
-山岳トンネルにおける 支保パターン変更・補助工法-

山岳トンネル工事においては、掘削作業とともに、掘削断面保持のために壁部の補強作業(コンクリート吹付け・鋼製支保工及びロックボルトの一定間隔設置)を実施するが、軟弱な地質が出現しており、こうした箇所でも十分な断面保持能力を確保するためには、①支保パターンのグレードアップ(吹付け厚の増、鋼製支保工の設置間隔縮小・大型化、ロックボルト本数の増等)、②トンネル掘削面を安定させる工法(先受工等)等の追加工事が必要となっている。また、今後掘削区間についても、想定よりも地盤が軟弱な箇所が存在するリスクを考慮する必要がある。

【変更前】



【変更後】



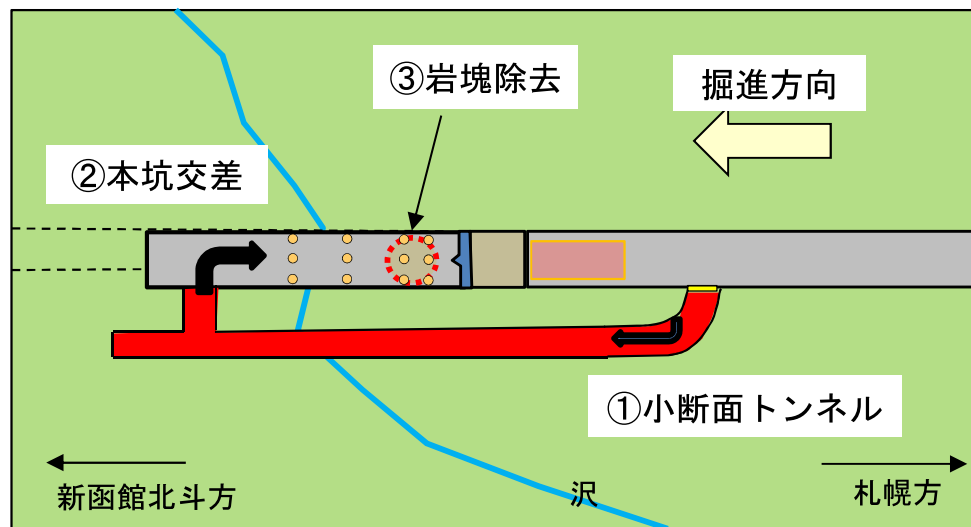
## 2. 事業費への影響

### (2) 地質不良箇所に係る対応等

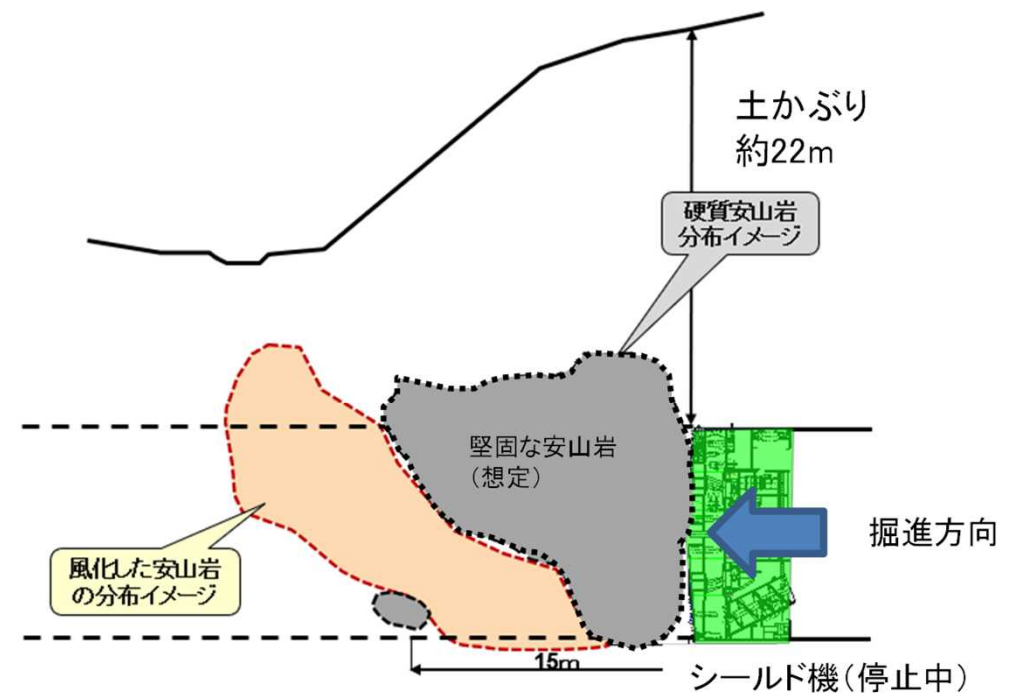
-事例(羊蹄トンネル)-

令和3年7月、当初の想定を超える巨大で堅固な岩塊が出現し、掘削を中断した。掘削停止後、シールドマシン中や地上から調査を実施したところ、シールドマシン前方に10m規模の巨大で堅固な岩塊が存在していることが推測された。掘削が中断した原因であるシールドマシン前方の岩塊を除去するため、令和4年4月より、新たに小断面トンネルの掘削を開始。

岩塊の撤去工事とあわせて、羊蹄トンネルの今後の掘削ルート上で追加調査(弾性波探査、ボーリング調査等)を実施し、新たな岩塊の存在の有無を調査している。



羊蹄トンネル 岩塊除去工法のイメージ



羊蹄トンネル 掘削停止位置断面図



## 2. 事業費への影響

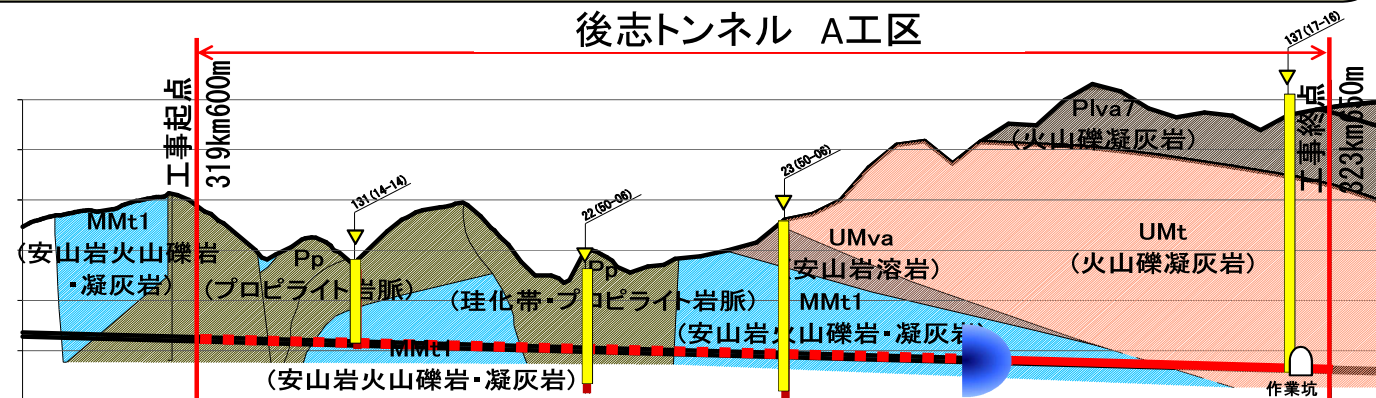
### (2) 地質不良箇所に係る対応等

-事例(後志トンネル)-

安山岩・凝灰岩の安定的な地質を想定していた区間において、当初想定していなかった、脆く軟質な強変質凝灰岩(地山不良区間)が出現した。当該区間では、トンネルが岩盤からの圧力で押されることによる内空変位が大きく、設置した鋼製支保工が耐えられず座屈してしまうなど、想定を超えた圧力がかかっている。こうした圧力でも耐えられるよう、より強度を上げた対策工を追加で実施している。



ロックボルトの変状状況



地質不良区間

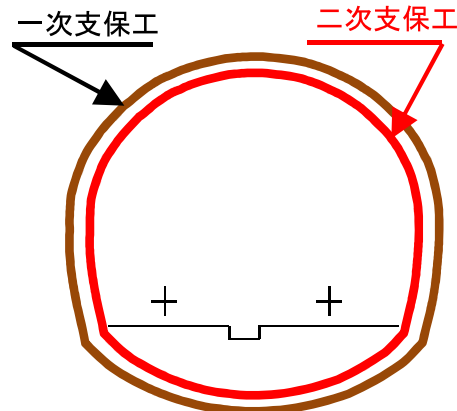


地質不良区間の特別な対応



支保工の座屈状況

二重支保工による対策



地質不良区間では、トンネル内側に変形が進行し続けることから、通常区間で施工する支保工(一次支保工)の内側に、新たな支保工(二次支保工)を施工する対策(二重支保工)を実施

## 2. 事業費への影響

### (3) 耐震設計標準等の改訂

-高架橋・橋りょうにおける 耐震設計標準等の見直し-

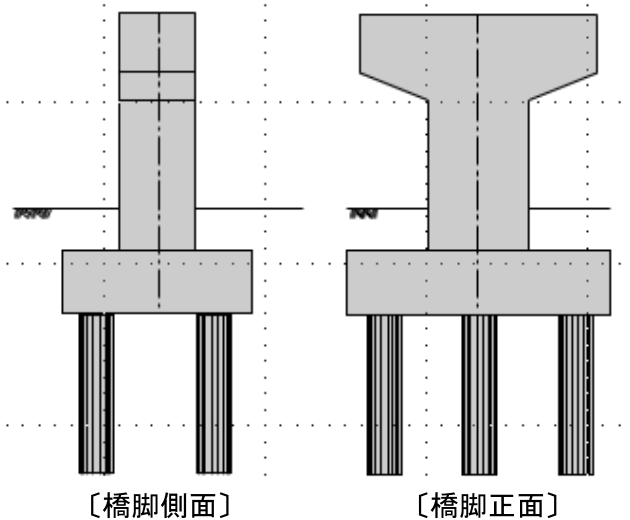
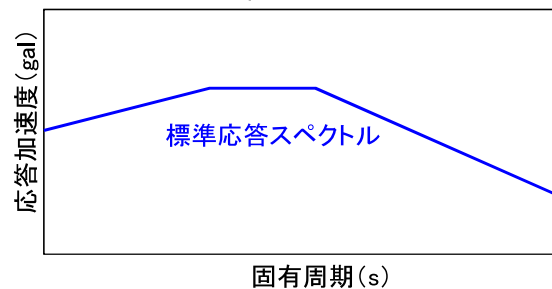
東日本大震災を契機とした鉄道構造物等設計標準が平成24年7月に改訂された。これに伴い、建設地点の地震増幅特性(サイト増幅特性)等を考慮した設計とする必要が生じ、設計地震動の大きさ(応答加速度)が従来よりも増加することとなっている。こうした耐震性能の向上を図るため、構造物寸法(躯体、基礎、杭)が大きくなっている。

【変更前】

#### ○鉄道設計標準等改訂の例

標準応答スペクトルにより構造物を設計。

応答スペクトル

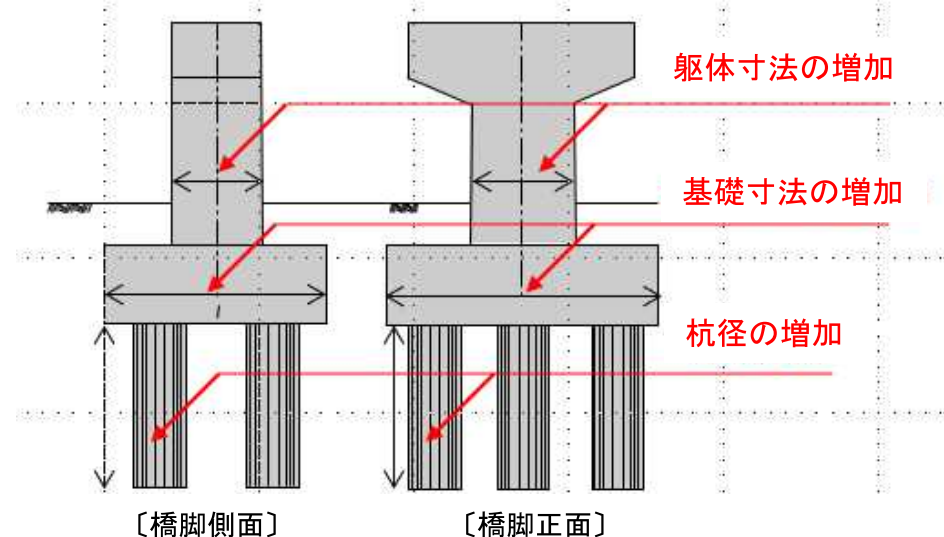
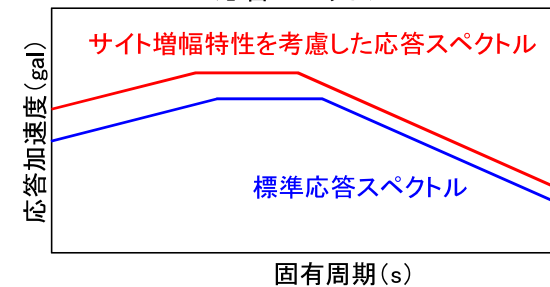


【変更後】

#### ○鉄道設計標準等改訂の例 (耐震標準「6.4.4 L2地震動の算定」)

建設地点の地震増幅特性(サイト増幅特性)を評価し、標準応答スペクトルより大きい場合、サイト増幅特性を考慮した応答スペクトルにより構造物を設計。

応答スペクトル



## 2. 事業費への影響

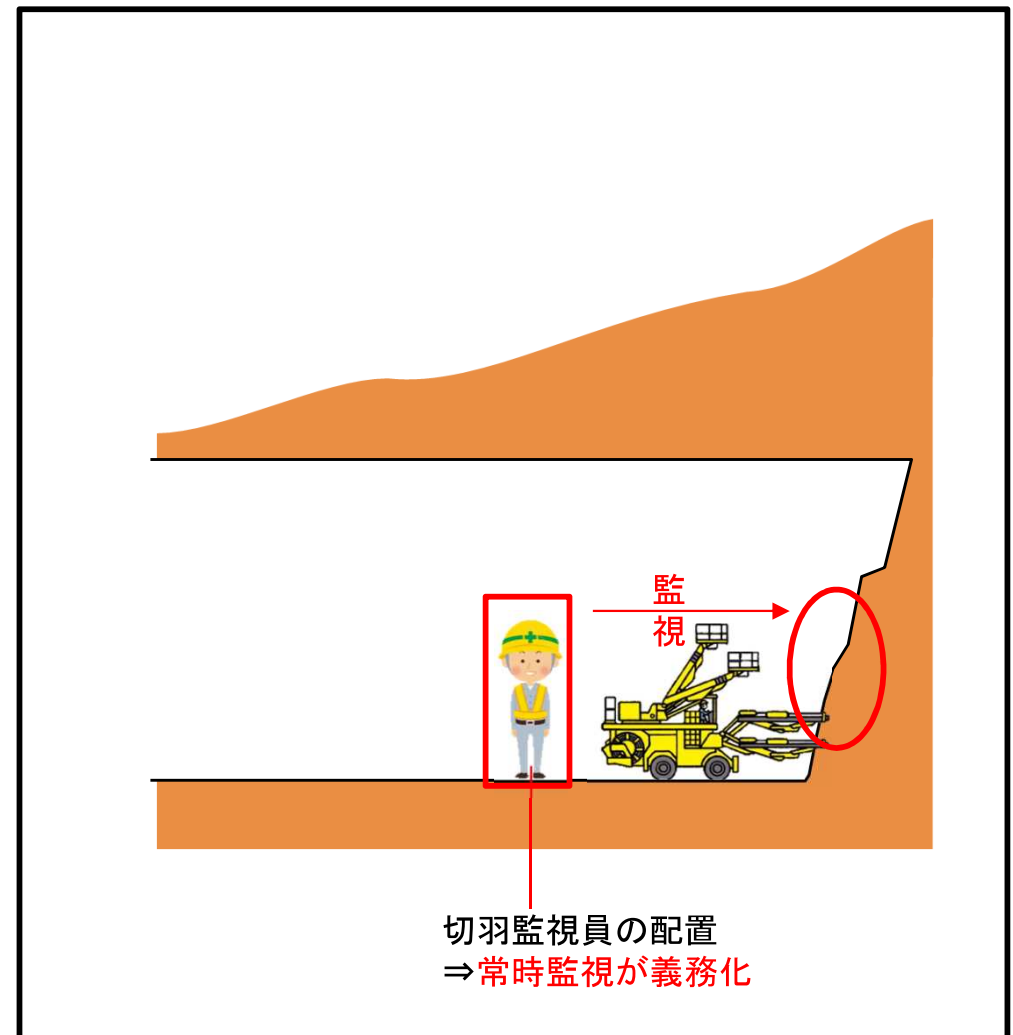
### (4) 山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドラインの改正

「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドラインの改正について」(厚生労働省、H30.1.18)【第5-4-(1)】に伴い、トンネルの掘削面からの肌落ち災害防止策の一つとして、切羽の常時監視が必要となり、切羽監視責任者を常時配置する必要性が生じている。

【変更前】



【変更後】





## 2. 事業費への影響

### (4) 山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドラインの改正

平成 28 年 12 月 26 日  
改正 平成 30 年 1 月 18 日

山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン

#### 第1 目的

本ガイドラインは、労働安全衛生関係法令と相まって、切羽における肌落ち防止対策を適切に実施することにより、山岳トンネル工事の切羽における労働災害の防止を図ることを目的とする。

#### 第2 適用対象

本ガイドラインは、山岳トンネル工事の切羽における作業に適用する。

#### 第3 用語の定義

本ガイドラインで使用する主要な用語の定義は、労働安全衛生関係法令において規定されているもののほか、次による。

##### 1 切羽

山岳トンネル工事現場におけるトンネルの掘削の最先端をいい、地山が露出している領域全体をいう。

##### 2 肌落ち

トンネルを掘削した面から岩石等が落下することをいう。

##### 3 山岳トンネル工事

掘削から支保工の構築完了までの間、切羽付近の地山が自立することを前提として、発破、機械または人力により掘削し、支保工を構築することにより、内部空間を保ちながらトンネルを建設する工事をいう。

##### 4 地山

掘削対象となる自然地盤及び改良された地盤をいう。

##### 5 地山等級

岩種、割目の状態、地山の弾性波速度等を因子として決定される地山の分類をいう。

なお、発注者が鉄道事業者の場合、鉄道トンネルではⅠ～Ⅴの地山等級が用いられ、この数字が大きいほど自立性の高い安定した地山であることを示す。また、発注者が道路事業者の場合、道路トンネルではB～Eの地山等級が用いられ、Bに近い等級であるほど自立性の高い安定した地山であることを示す。

##### 6 鏡

切羽において、掘削の進行方向に対して垂直である面をいう。

##### 7 浮石

切羽において、地山から剥離した岩石をいう。

##### 8 吹付け

#### 4 切羽監視責任者の選任等

##### (1) 切羽監視責任者の選任

事業者は掘削現場に属する労働者の中から切羽監視責任者を選任し、切羽で作業が行われる間、切羽の状態を常時監視させること。このとき、切羽監視責任者は、原則として専任とするが、トンネルの標準掘削全断面積が概ね 50m<sup>2</sup> 未満であって、切羽監視責任者と車両系建設機械との接触防止等の安全確保措置の実施が困難な場合には、ずい道等掘削作業主任者等が切羽監視責任者を兼任して差し使えないこと。なお、発破の点火やズリ出し等切羽に労働者が接近しない作業工程においては、切羽監視責任者による常時監視は要しないこと。

また、事業者は、選任した切羽監視責任者を関係労働者に周知すること。なお、切羽監視責任者は労働安全衛生規則第 382 条に定める点検者と同じ者を選任することを妨げないこと。

山岳トンネル工事が交代制により行われる場合には、交代番ごとに切羽監視責任者を選任する等により、切羽の状態が継続的に監視されるようにすること。

#### 第6 具体的な肌落ち防止対策

##### 1 肌落ち防止対策の種類

肌落ち防止対策は、切羽での肌落ちのリスクを低減させるためのものであるところ、様々な対策が存在し、現在も新たな対策の考案、既存の対策の改良が行われているが、現時点で比較的多く採用されており、肌落ち防止対策として有効であると考えられる対策を具体的に挙げると、次のとおりである。

##### (1) 鏡吹付け

鏡吹付けは、鏡に対し吹付けコンクリートを吹き付けることである。

掘削により露出した地山を早期に吹付けコンクリートで覆うことにより、トンネル横断方向だけでなく、縦断方向の緩みも抑えることができる。

また、鏡吹付けにより、鏡がコンクリートで覆われるため、切羽の変形に伴い新たに発生した亀裂や切羽の変状が視認しやすくなる。

さらには、地山を坑内の空気又は水分に触れさせることを防ぐことができるため、膨張性地山に対しても有効である。

なお、肌落ちは鏡のみならず切羽全体で発生するものであり、鏡吹付