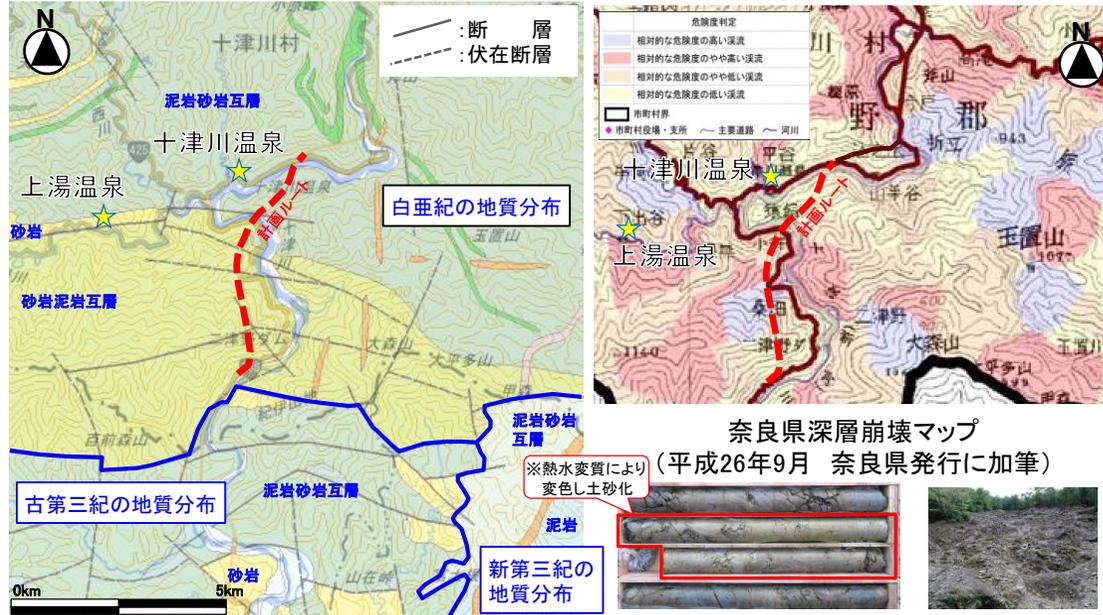


令和元年度 国道168号防災検討会（第2回）
説明資料
令和2年2月18日

（2）道路計画上の技術的課題について

1. 検討区間の地形地質概要

(1) 地質分布・地質年代



検討区間周辺の地質図
(産業技術総合研究所 地質図Navi加筆)

奈良県深層崩壊マップ
(平成26年9月 奈良県発行に加筆)

計画ルートから約90mの位置のコア(桑畑地区)
砂岩泥岩互層の露頭
※破碎質で崩壊地を形成

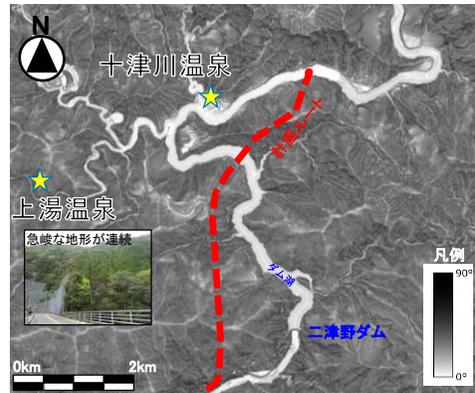
- 検討区間周辺の地質は、白亜紀の付加体堆積物である砂岩や泥岩が分布する。
- 形成年代の異なる白亜紀と古第三紀の地層境界にあたるため、断層が多く分布している。
- 計画ルート周辺は十津川温泉や上湯温泉などがある温泉地で、熱水変質帯が存在する。
- 急峻な斜面。二津野ダムにより、ダム湖が形成。



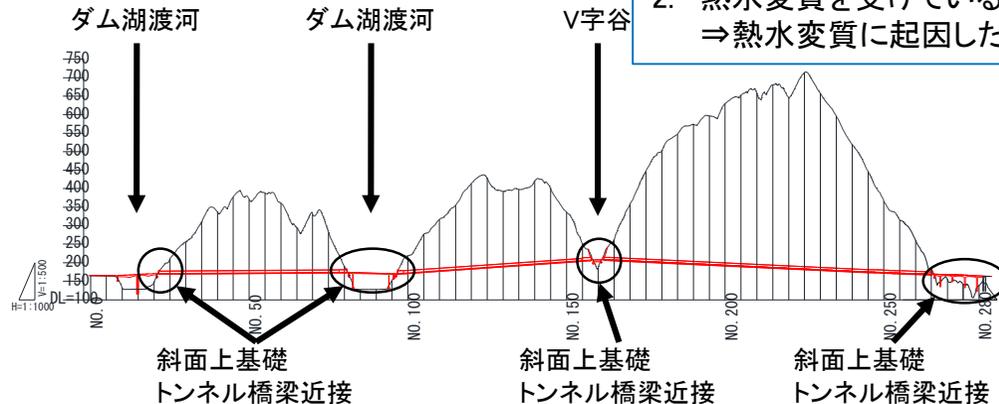
このような地質的要因により、想定される課題

1. 地質そのものが形成時に多くのキレツを有しており、また地層境界に近く、断層の影響による破碎が進行している。
⇒キレツの多い岩盤から供給された崖錐の分布
⇒深層崩壊・地すべり地形が存在
⇒土砂生産が盛んで土石流発生の危険性
⇒破碎地山の掘削によるすべりの発生やトンネル天端・切り羽崩落の危険性
2. 熱水変質を受けている可能性がある。
⇒熱水変質に起因したトンネル切り羽の崩落・突発湧水

(2) 地形



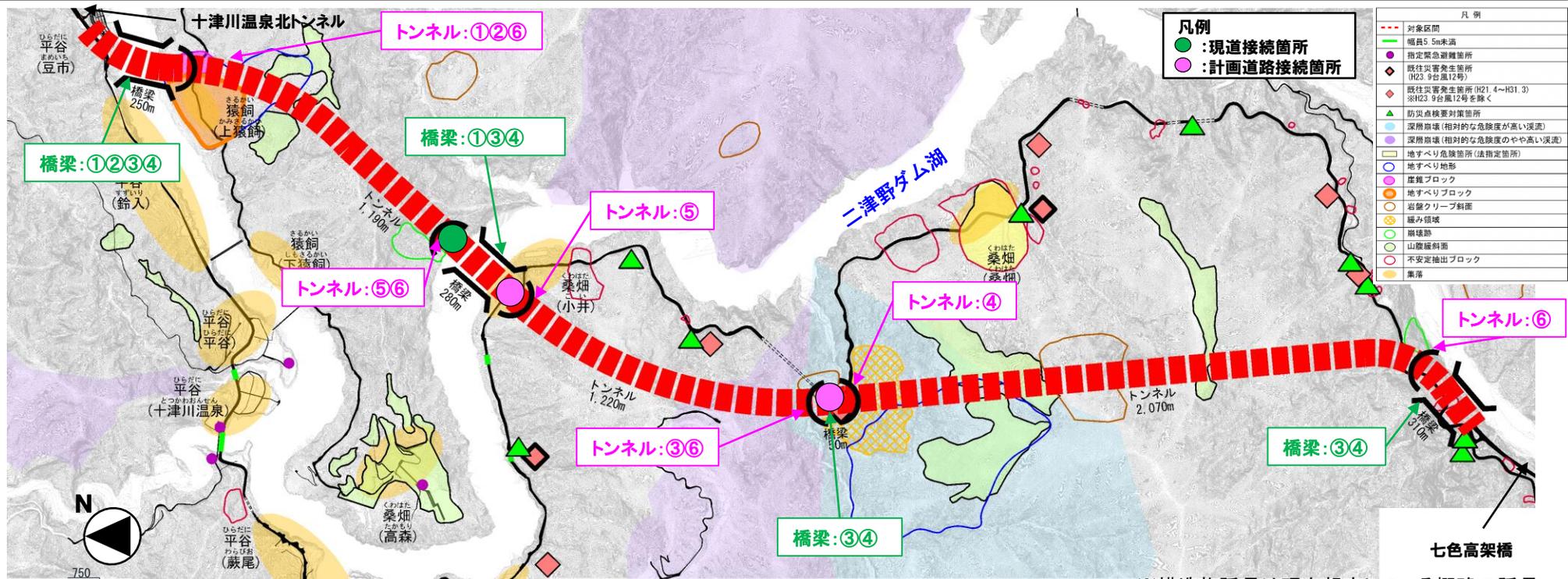
検討区間周辺の傾斜量図
(地理院地図に加筆)



縦断計画

2. 計画ルートにおける課題

- トンネル設計・施工上の課題：①崖錐ブロック、②地すべりブロック、③岩盤クリープ斜面、④緩み領域、⑤風化岩、⑥近接構造物
- 橋梁設計・施工上の課題：①長大橋梁、②橋脚配置、③支持層、④基礎形式
- 共通：①急峻な斜面



2. 計画ルートにおける課題

■ 本検討区間における技術的な課題のうち、当該地域特有の技術課題について整理。

項目(トンネル)			設計・施工上の課題
①	崖錐ブロック	1号北側	○崖錐堆積物が厚く分布するため、掘削に伴う地山の緩み ○発破振動及び掘削に伴う地山の緩みによる上部斜面の崩壊
②	地すべりブロック	1号北側	○発破振動による地すべり挙動の誘発及び斜面の崩壊
③	岩盤クリープ斜面	2号南側	○発破振動による既設トンネル上部斜面の崩壊 ○坑口部の残存岩盤クリープ斜面の崩壊
④	緩み領域	3号北側	○発破振動による上部斜面(緩み領域)の崩壊
⑤	風化岩	1号南側	○天端の崩壊、構造物掘削に伴う仮設法面の崩壊
		2号北側	○天端の崩壊、発破振動による上部斜面の崩壊
⑥	近接構造物	1号北・南側、3号南側	○国道・村道直下を通過するため、トンネル掘削に伴う地山の緩み
		2号南側	○現道トンネルに対する発破振動及びトンネル掘削に伴う地山の緩み
項目(橋梁)			橋梁設計に関する課題
①	長大橋梁	1号・2号橋	○ダム湖を横断するため、長大橋の大規模な構造
②	橋脚配置	1号橋橋脚	○ダム湖内橋脚配置
③	支持層	全橋梁橋台	○崖錐堆積物層および地すべり層以深の支持層の選定
		1号橋橋脚	○ダム湖内の堆積状況・河道状況把握
④	基礎形式	全橋梁橋台	○斜面変状への対応
		1号橋橋脚	○ダム湖内(水上)で岩盤層の施工が可能な工法
項目(共通)			橋梁・トンネルの設計施工に関する課題
①	急峻な斜面	トンネル・橋梁	○山岳部分の急峻な斜面にトンネル及び橋梁基礎が配置

3. 技術的な課題とその対応

◆技術的な課題

【トンネル掘削に伴う緩み】

- 1号北側坑口に近接して地すべりブロックおよび崖錐ブロック、1号南側・2号北側坑口に風化岩が分布する。
- 1号北側・南側、3号南側坑口で道路直下を通過する。また、2号南側坑口は既設トンネルと近接施工になる。
- 上記箇所では、トンネル掘削に伴う緩みに対し、適切な安定対策の検討が必要である。
- 特に1号北側坑口では、地山安定を図るため天端・切羽・脚部の安定対策の検討が必要であり、**孔内水平載荷試験により変形係数を設定し、トンネル逐次掘削解析(3次元FEM解析)による影響評価を行う**など高い技術力が求められる。
- 今後より詳細な調査を実施し、地盤定数の設定やトンネル掘削に伴う緩み影響等を考慮した合理的な設計・施工計画を検討する必要がある。

◆課題への対応事例

A.天端の安定対策 (1号北側・南側、2号北側、3号南側)

1号北側坑口では、RQDが0の未固結の崖錐堆積物(dt)が厚く分布しているため、標準の充填式フォアポーリングではボルト間からの抜け落ちの発生、緩み土圧による天端崩落が懸念されることから、**超長尺先受け工等の天端安定対策**が必要と考えられる。

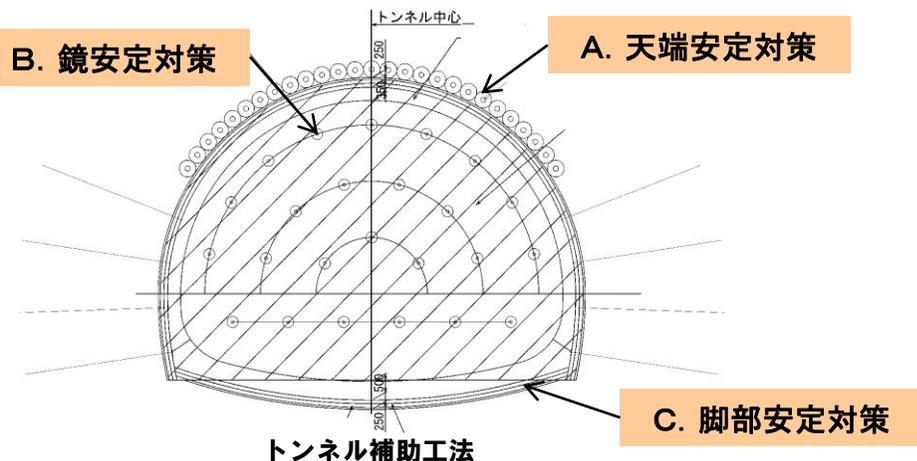
1号南側、2号北側坑口では、風化岩の崩落、3号南側坑口では、地表面沈下に対して**注入式長尺鋼管先受け工等の適切な天端安定対策**が必要と考えられる。

B.鏡面の安定対策(1号北側)

鏡面に未固結の崖錐堆積物(dt)が厚く分布し、流れ盤構造で当該区間の地山の粘着力が小さいと考えられ、鏡面の押出しが懸念されるため、**注入式鏡ボルト等の鏡面の安定対策工が必要**と考えられる。

C.脚部の安定対策(1号北側)

脚部(SL上)に未固結の崖錐堆積物(dt)が分布しているため、支持力不足が懸念される。脚部沈下はトンネル全体の変位につながるため、**早期閉合等の脚部安定対策工**の施工が望ましい。



3. 技術的な課題とその対応

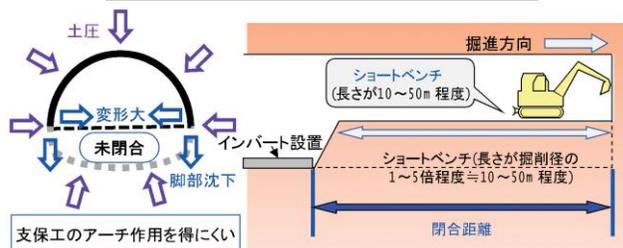
◆課題への対応事例

D.解析手法を用いた対策検討

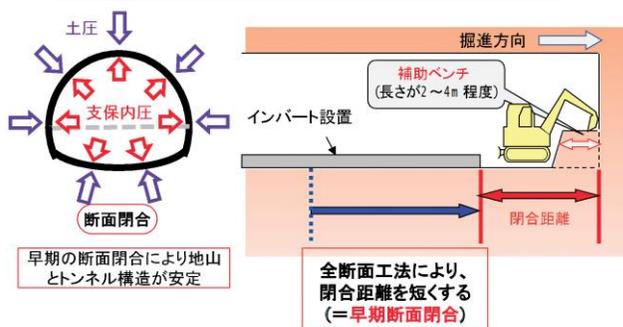
1号北側では、崖錐堆積物が厚く分布し、トンネル掘削に伴う緩みが直上の村道、近傍の地すべりブロックに影響するためトンネル掘削に伴う緩み抑止対策の検討が必要である。緩み抑止対策として、先述のA～Cの対策があり、このうちインバート早期閉合は、近年、事例が多くなっている。通常の坑口パターン(DⅢ)の施工は、上半先進ショートベンチカット工法が標準であるが、早期閉合は、補助ベンチ付き全断面工法により、インバートの閉合距離を短くして早期にインバート閉合することから緩み抑止効果が高い。対策検討にあたっては、天端・切羽の安定とともに閉合距離を含めた**トンネル逐次掘削解析(3次元FEM解析)**による**影響予測**を行い**観測化施工による対策工の妥当性確認**が必要と考えられる。

2号南側坑口では、新設トンネルの掘削に伴う緩みが既設トンネルに影響する可能性があるため、岩盤クリープ領域の位置を特定した上で、**解析手法等による対策検討**が必要と考えられる。

一般的な掘削工法（上半断面工法）

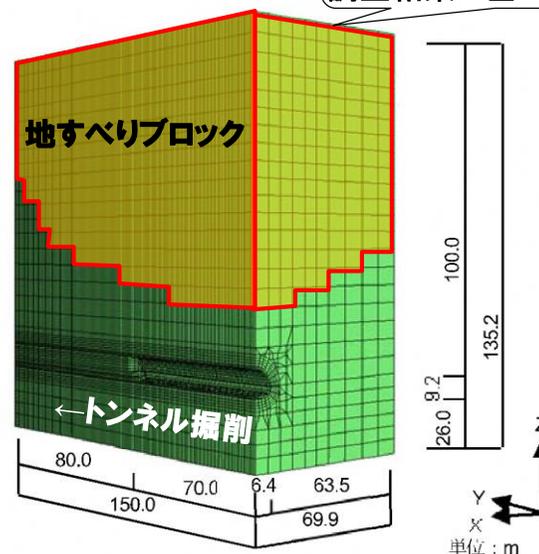


早期断面閉合（補助ベンチ付き全断面掘削）



早期断面閉合イメージ

変形係数等の地盤定数を調査結果に基づき適切に設定



三次元解析モデル例

山岳トンネルの早期断面閉合の適用性に関する研究手法に関する研究 (土木研究所道路技術研究グループ(トンネル)) (一部加筆)

3. 技術的な課題とその対応

◆技術的な課題

【発破振動による斜面崩壊】

- 1号北側坑口に崖錐ブロック、地すべりブロック、2号北側坑口に風化岩、2号南側坑口に岩盤クリープ斜面、3号北側坑口上部に緩み領域が分布する。また、2号南側坑口は既設トンネルと近接施工になる。
- 上記箇所にてトンネル発破掘削による振動低減対策の検討が必要となる。
- 振動低減対策の検討は、ボーリング調査結果に基づく**的確な地盤定数設定が必要**である。
- 今後より詳細な調査を実施し、地盤定数の設定や発破振動影響等を考慮した合理的な設計、施工時の観測化施工を検討する必要がある。

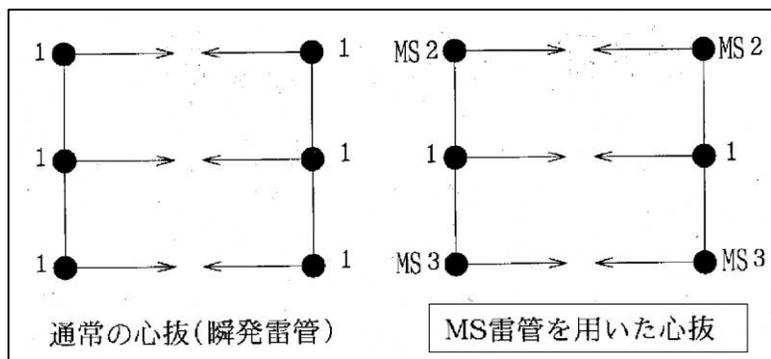
◆課題への対応事例

A.発破振動低減対策

トンネル掘削時には発破掘削による振動の影響が懸念され慎重な施工が必要と考えられる。

【制御発破(MS雷管)】

通常、心抜6孔を1断発で発破するが、MS雷管は3段発で秒時ずらすことにより振動を低減させる。



3. 技術的な課題とその対応

◆ 技術的な課題

【法面の崩壊】

- 1号北側及び2号北側の上部斜面については、地表面からの斜面对策検討が必要である。
- 1号南側坑口に風化岩が分布し、橋台掘削、坑口付け掘削など仮設法面の安定対策の検討が必要である。
- 斜面安定解析を行い法面对策を検討する。
- ボーリング調査結果に基づく**的確な地盤定数設定が必要**である。
- 今後より詳細な調査を実施し、地盤定数の設定や法面对策を考慮した合理的な設計、施工を検討する必要がある。

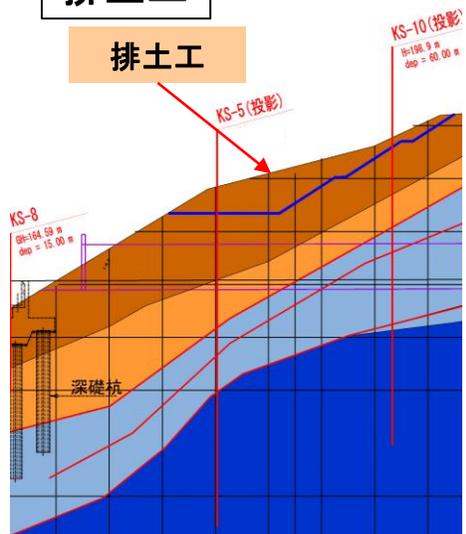
◆ 課題への対応事例

A. 永久対策

崖錐堆積物および風化岩が地表上に分布し、トンネル掘削に伴う緩みに伴い斜面对策検討が必要となる。斜面对策が必要となる場合には、上部斜面の排土や地表上からの斜面安定対策工(グラウンドアンカー工等)について検討を行う。

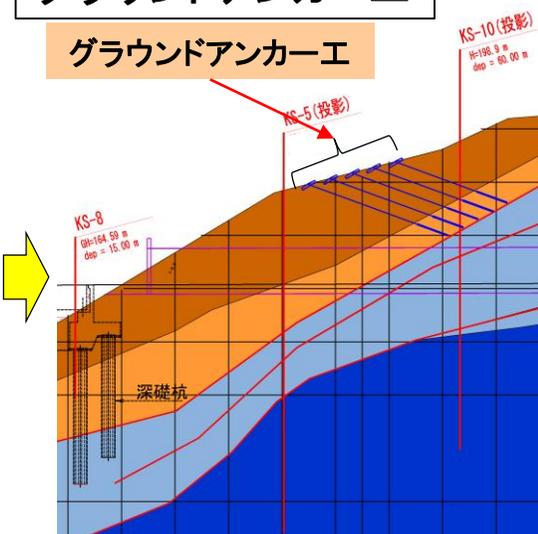
排土工

排土工



グラウンドアンカー工

グラウンドアンカー工

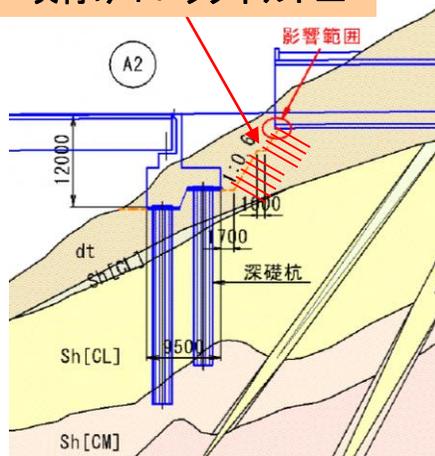


B. 仮設対策

橋台およびトンネル坑口位置について近接影響、構造物掘削影響等の比較検討を行い、適切な位置を決定する。構造物掘削影響について、仮設法面对策、土留め工の構造的性、施工性、経済性について比較検討を行い適切な対策工を選定する。

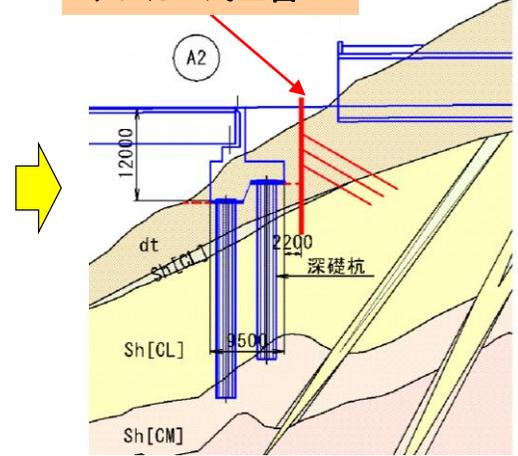
吹付け+ロックボルト

吹付け+ロックボルト工



アンカー式土留工

アンカー式土留工



3. 技術的な課題とその対応

◆技術的な課題

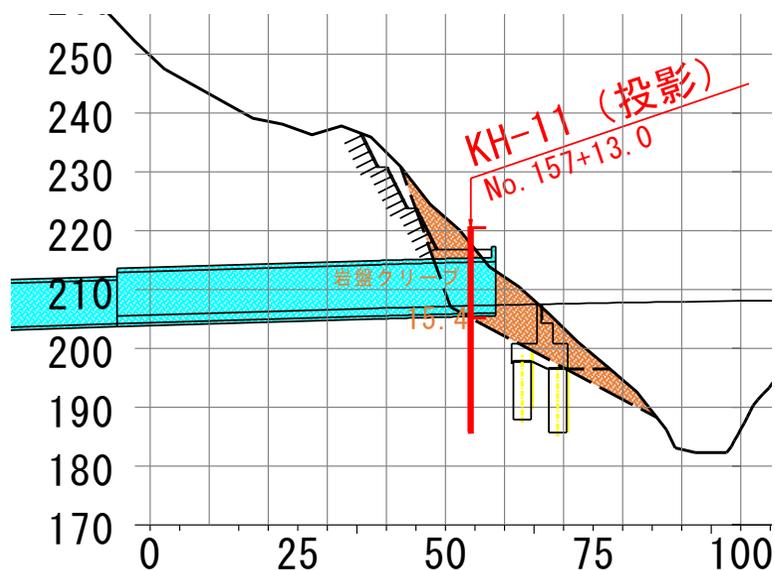
【岩盤クリープ残存斜面の崩壊】

- 2号南側坑口に岩盤クリープ斜面が分布する。
- 坑口付け掘削に伴い岩盤クリープ領域は除去されるが、坑門工背面に大規模な切土法面が発生する。
- 坑門工背面の大規模切土は、好ましくないため坑口付け掘削面の前出しによる切土法面の縮小化検討が必要である。
- 検討を行うためボーリング調査、ボアホールカメラ、孔内傾斜計観測により、**岩盤クリープ規模の的確な評価が必要**である。
- 今後より詳細な調査を実施し、岩盤クリープ規模の推定や残存する岩盤クリープ斜面への対策を考慮した合理的な設計、施工を検討する必要がある。

◆課題への対応事例

A. 切土法面安定対策

岩盤クリープ規模をボーリング調査等により推定し、残存する岩盤クリープ斜面の安定対策について検討を行う。



3. 技術的な課題とその対応

◆技術的な課題

【長大橋梁に対する課題】

■当路線は、2か所でダム湖を横断することから橋長200m以上の大規模な長大橋となるため、橋梁形式はダム湖内の橋脚配置を視野に入れた支間割りと合わせて最適な橋梁形式を決定する必要がある。

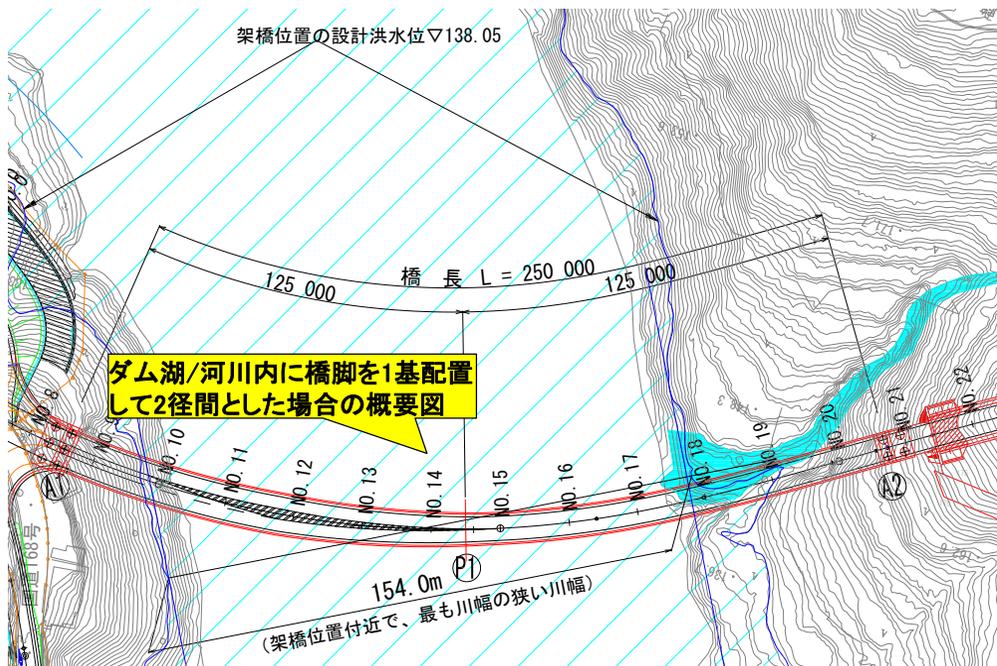
【橋脚配置計画に対する課題】

■1号橋梁は、上部工偏心荷重に対して**ダム湖内に橋脚を配置する(支持する)**必要があり、ダム湖内橋脚はダム湖の制約条件を踏まえた設計・施工計画を検討する。

◆課題への対応事例

A.長大橋梁計画

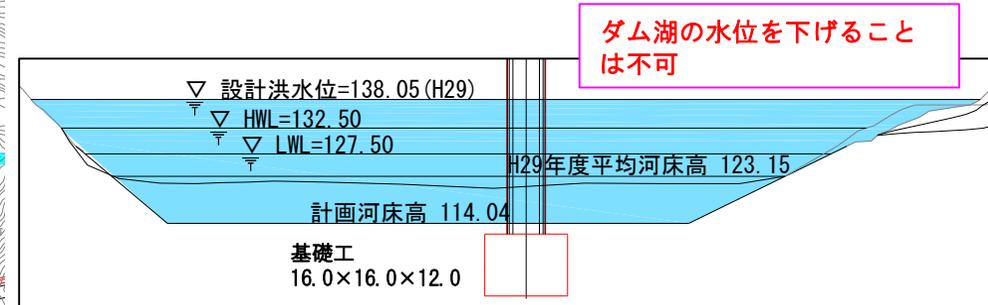
ダム湖を横断する長大橋の橋梁形式は、ダム湖内の橋脚配置を視野に入れた径間割りを想定し、今後の維持管理も踏まえた橋梁形式比較により最適となる橋梁形式を決定することが必要である。



B.橋脚配置計画

1号橋梁はダム湖内に橋脚を配置するため、河川調査によりダム/河川制約条件が満足できる橋脚配置を検討する。

またダム湖は貯水量を確保するため瀬替え・水位を下げることはできないため、水上施工が可能となるケーソン基礎を基礎工とする。



3. 技術的な課題とその対応

◆技術的な課題

【支持層選定に対する課題】

- 各橋台位置では、当該路線が有する**災害要因を踏まえ、適切に支持層を選定**する。
- ダム湖内橋脚では、支持層評価に加えて基礎地盤の性状を正しく評価した基礎工計画が必要で、高い技術力が求められる。

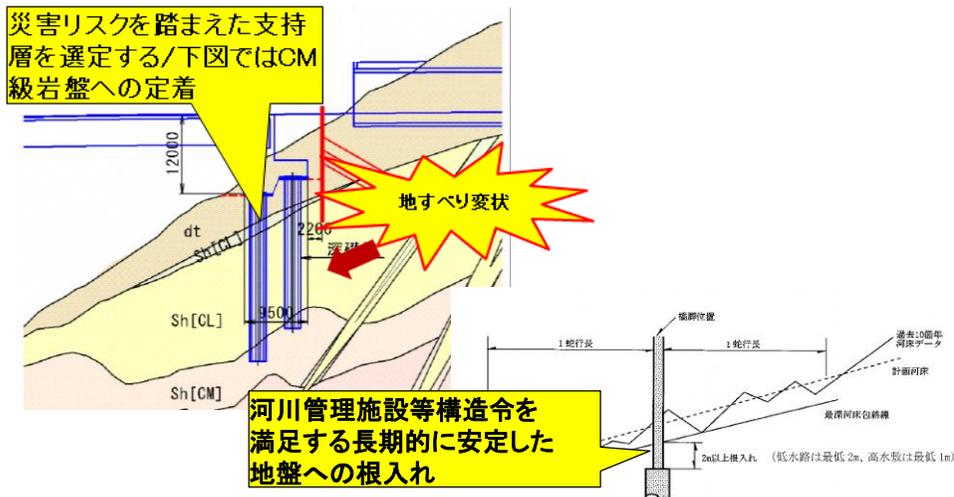
【基礎形式選定に対する課題】

- 斜面変状に伴う作用を適切に評価のうえ、基礎に変状が生じにくい抵抗特性の優れた基礎形式を検討する。
また、ダム湖内では水上施工が可能となる基礎を選定する。

◆課題への対応事例

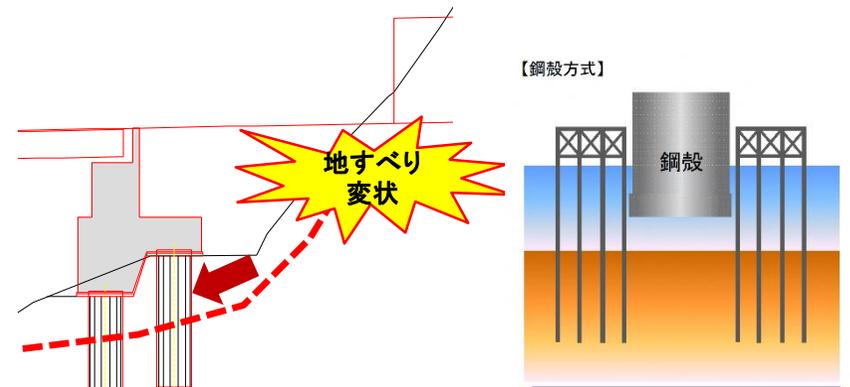
C.支持層選定

- ◆ 各橋台位置では、地すべり規模、すべり面を適正に評価の上、支持層を選定する。
- ◆ ダム湖内橋脚では、ダム湖内堆積状況・河道状況把握・湖底堆積物性状把握、支持層の不陸を考慮した基礎工計画(長期的に安定した地盤への根入れ)が必要である。



D.基礎形式選定

- ◆ 各橋台位置では、斜面変状に対して基礎に変状が生じにくい抵抗特性の優れた基礎形式(組杭深礎基礎など)を検討。
※通常用いられることが多い場所打ち杭・鋼管杭等は細径のため不適。
※必要に応じて別途斜面安定対策(地すべり抑止杭等)を検討。
- ◆ ダム湖内橋脚では水上施工が条件となるため、ニューマチック、鋼殻などのケーソン基礎を検討。



4. 詳細な設計や工事実施に向けて必要となる調査

(1)トンネル

- 課題① … トンネル掘削に伴う緩み対策に必要な調査
- 課題② … 発破振動による斜面崩壊対策に必要な調査
- 課題③ … 法面对策に必要な調査
- 課題④ … 残存する岩盤クリープ斜面の安定対策に必要な調査

【調査項目の一覧】

	調査項目				課題	課題	課題	課題
	※赤字は特に高度な技術と高い判断を要する調査				①	②	③	④
設計段階	1	ボーリング調査(水平ボーリング(オールコアボーリング))(全地区)			○		○	
	2	原位置試験(孔内水平載荷試験 等)(上猿飼地区)			○			
	3	トンネル逐次掘削解析(三次元FEM解析 等)(上猿飼地区)			○			
	4	孔内傾斜計設置観測(災害要因を有する箇所では、施工の最低1年前より実施)			○	○	○	
	5	ボーリング調査(孔内傾斜計観測、ボアホールカメラ)(桑畑地区)						○
	6	斜面安定解析(簡便法(フェレニウス法)) (上猿飼地区、小井地区、桑畑地区)					○	○
	7	発破振動影響検討(上猿飼地区、小井地区、桑畑地区)				○		
施工段階	1	ボーリング調査(水平ボーリング(ノンコアボーリング))(全地区) (施工時切羽から前方の地質確認として前方探査を行う)			○			
	2	地中変位、支保工応力等のB計測(上猿飼地区)			○			
	3	地表面変位、孔内傾斜計、伸縮計観測 (上猿飼地区、小井地区、桑畑地区)※小井対岸地区、七色地区:地表面変位			○	○		○
	4	振動速度値の確認(上猿飼地区、小井地区、桑畑地区)				○		

※計画ルート近傍に破碎帯や熱水変質帯が確認されているため、トンネル予備設計前にトンネル区間全体の弾性波探査等を実施し、計画ルート上の破碎帯などの有無及び位置を把握する必要がある。

4. 詳細な設計や工事実施に向けて必要となる調査

(2) 橋梁

課題① … 支持層の評価に必要な調査

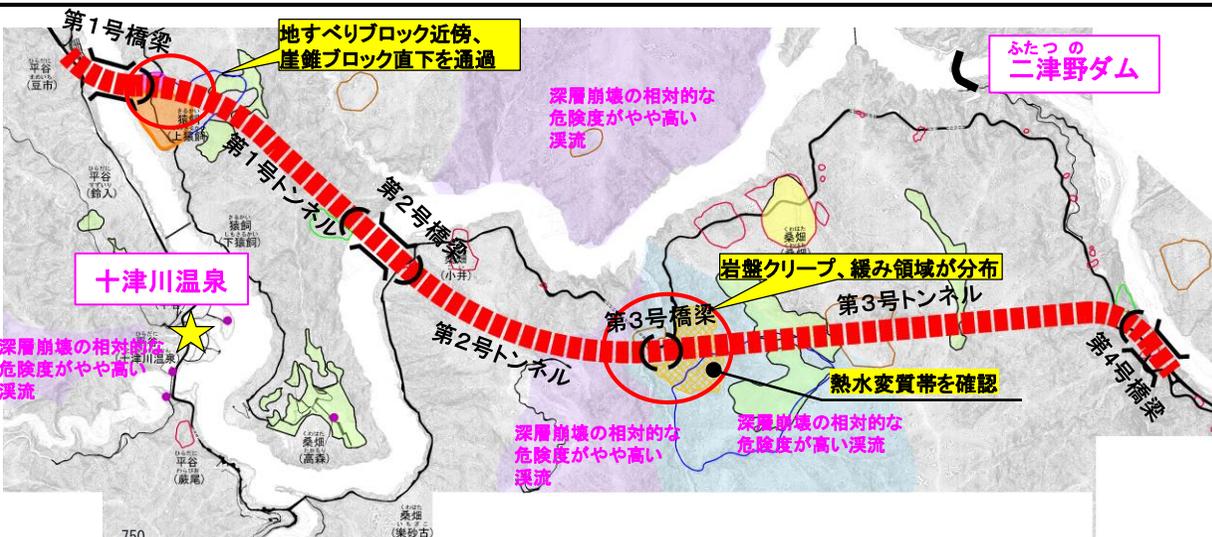
課題② … 基礎洗堀および河川内施工の検討に必要な調査

【調査項目の一覧】

		調査項目 ※赤字は特に高度な技術と高い判断を要する設計	①	②
設計段階	1	ボーリング調査 (オールコアボーリング/高品質コア採取によるすべり面の判定)	○	
	2	原位置試験(標準貫入試験、孔内水平載荷試験、現場透水試験)	○	
	3	ボーリング孔内検層(速度検層)	○	
	4	室内土質試験(含水比・粒度・三軸圧縮強度等)	○	
	5	室内岩石試験(有効間隙率・超音波伝播速度等)	○	
	6	河川調査 (水位、流量、流速や過去の流心、河床の変動、洪水等の災害履歴等)		○
	7	利水状況調査(灌漑・水力発電等の利水状況、漁業権の調査等)		○

5. 技術的課題まとめ

- 周辺地域は、深層崩壊の「相対的な危険度が高い(やや高い)溪流」が存在するほか、破碎質な地山や温泉による熱水変質帯が分布する脆弱な地質帯である。また、計画ルートは、「地すべりブロック」近傍や「崖錐ブロック」直下など、脆弱な地質帯を通過せざるを得ないことから、その分布範囲を適確に把握し、施工時においても災害危険性を適正に判断しながら、トンネル補助工法等に**新技術の活用を検討するほか、観測化施工によりトンネル掘削を行う必要がある。**
- また、脆弱な地質帯付近におけるトンネル、橋梁の設計・施工となることから、**地すべり規模等を把握し、高品質コア採取によるすべり面の判定を行っただうえで、事業を進める必要がある。**
- 以上のことより、本区間は詳細な調査を実施したうえで、**高度な技術力を活用することにより事業実施が可能となる。**
- なお、それぞれの技術的課題への具体的な対策内容については、今後の詳細な調査に基づく検討を踏まえ、本検討会で技術的助言を得ながら決定していく。



- 【地形・地質の課題】**
- ◆検討区間は、深層崩壊の相対的な危険度が高い(やや高い)溪流が存在する地域であるほか、複数の断層帯を確認。また、熱水変質帯を確認しており周辺に十津川温泉もあることから、熱水変質帯がルート上に存在する可能性がある。
 - ⇒ トンネル掘削や仮設時の切土により、大規模な地山崩壊を誘発する可能性や突発湧水の危険性がある。
 - ◆地すべりブロックや、岩盤クリープ、緩み領域を通過する。
 - ⇒ トンネル掘削において天端や切り羽の崩壊の危険性が高い。
 - ⇒ 調査設計段階において地すべり規模やすべり面等の適確な把握が必要
 - ◆ダム湖を渡河するため、湖底に厚く未固結な堆積物が分布するとともに、山間部の河川であることから支持層の不陸が大きいと想定される。
 - ⇒ 調査設計段階において支持層の適確な把握が必要
 - ◆検討区間は、山間部であり急峻斜面が存在する。
 - ⇒ 急峻斜面に近接して、トンネルと橋梁を連続して施工する必要があるため、施工時に配慮が必要。

