

崩落した橋梁の撤去及び復旧工法の検討について ～ 洞爺湖町・伏見橋を事例として ～

胆振総合振興局産業振興部農村振興課

鈴木政幸

○広井 純

胆振総合振興局総務課（壮瞥町経済環境課）

竹内勝弘

株式会社 アース設計事務所

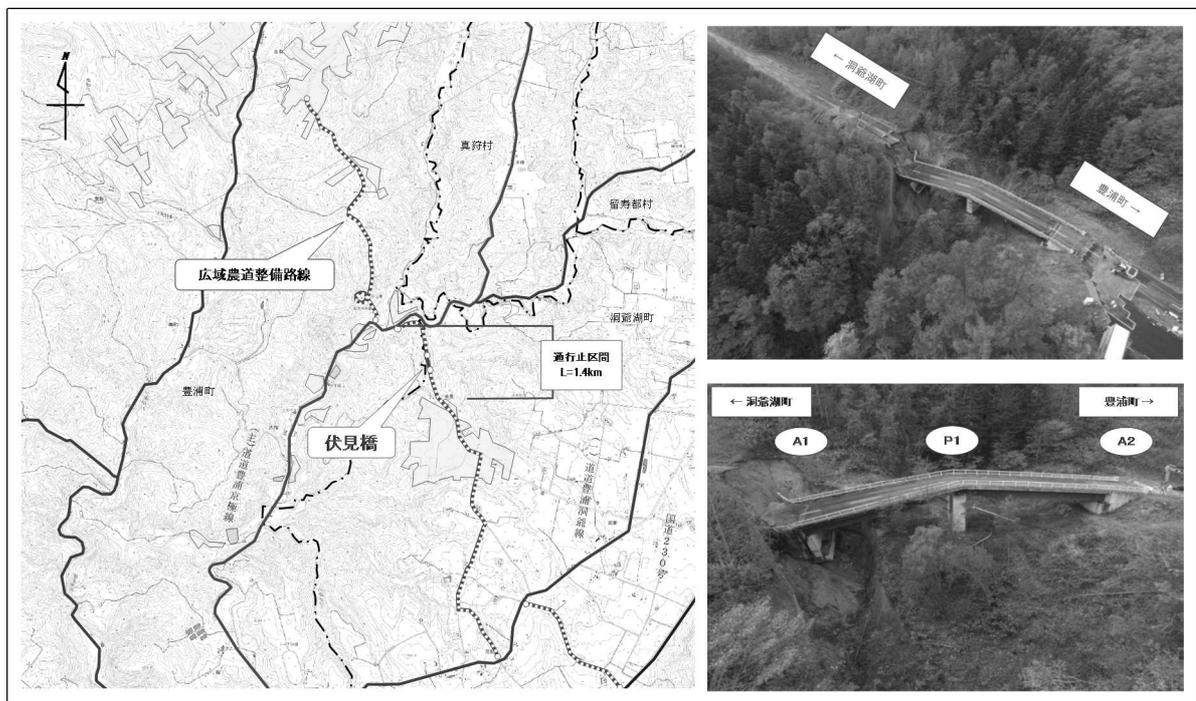
石橋慶樹

I. はじめに

伏見橋は、道営広域営農団地農道整備事業 胆振西部地区（平成2年度～平成11年度、事業主体：北海道）において、平成10年度に造成し、造成後は洞爺湖町が管理してきた橋梁であるが、平成26年11月に崩落し、現在、伏見橋を含む約1.4km区間が通行止めとなっている。

当該路線が通行できないことによる地域農業への影響は著しく、一刻も早い機能復旧が必要であるため、北海道が事業主体となり、農地整備事業（通作条件整備-保全対策型）西洞爺地区（平成27年度～平成29年度）として当該路線機能を復旧することとした。

本報告では、崩落した橋梁の撤去及び路線機能を復旧するための検討事項等について紹介する。



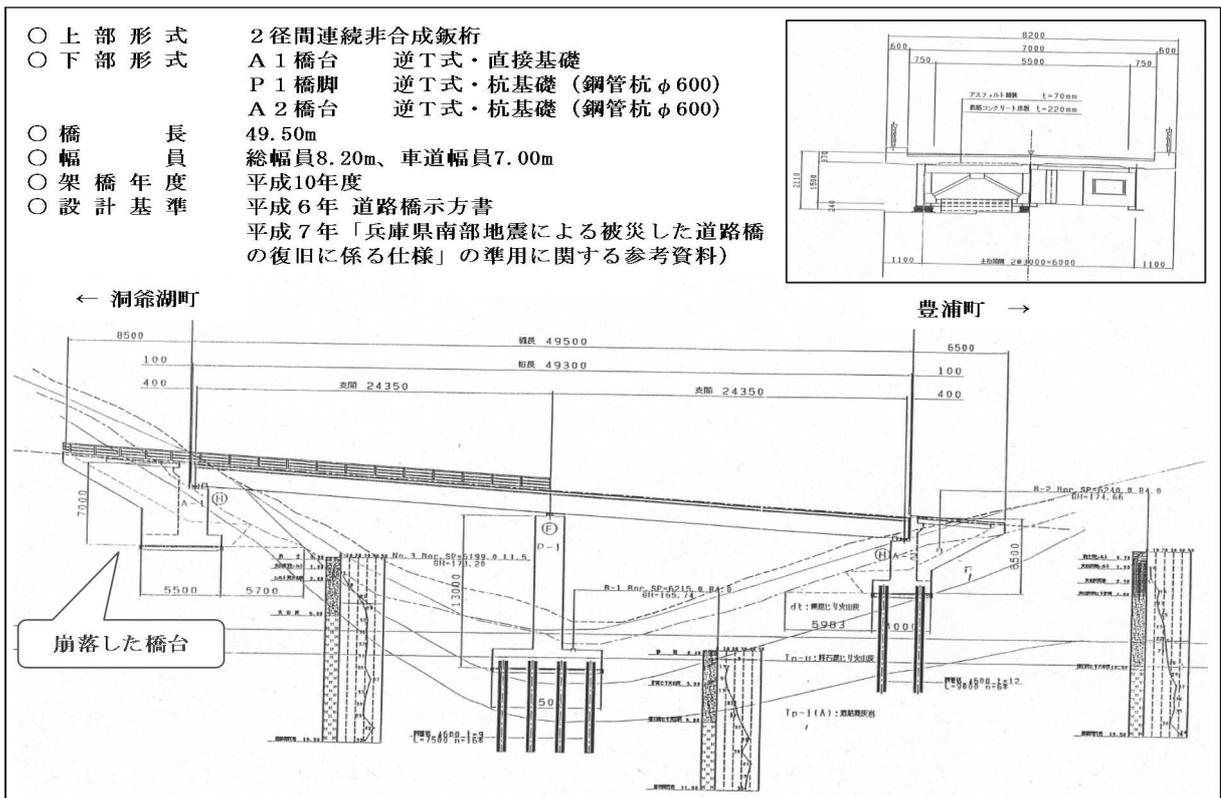
II. 概要等

1. 崩落の判明

平成26年11月7日午前8時30分頃、地域住民からの通報により伏見橋が崩落して

いることが判明した。洞爺湖町側の A 1 橋台周辺の基礎地盤が流亡したことにより A 1 橋台が崩落し、周辺地盤の変状が生じていない P 1 橋脚が支点となって上部桁が座屈している状況であった。洞爺湖町は同日中に橋梁箇所前後を通行止めとするとともに、迂回看板を設置して安全確保に努めた。

2. 崩落した伏見橋の概要



3. 本路線が通行できないことによる影響

本路線は、通作や農産物を輸送する上で重要な路線であるが、今回の伏見橋前後区間の通行止めにより、豊浦町で生産された野菜類を洞爺湖町成香に位置する野菜集出荷施設へ輸送する上での影響が非常に大きい。

現在は、道道や国道を利用して迂回（距離にして 3～4 倍）しているが、迂回による燃料代及び運転労力の増加によって営農に著しい支障を来しており、農業者や関係団体からは、一刻も早い路線機能の復旧が望まれている。

Ⅲ. 崩落した原因の検証

伏見橋の崩落を受け、平成 26 年 12 月 5 日に学識経験者等で組織する「伏見橋崩落調査委員会」を洞爺湖町が設置し、崩落の原因究明等を目的として調査及び検証を行うとともに、北海道農政部は同年 11 月 14 日に「伏見橋調査検証会議」を設置し、造成時の設計及び施工について検証し、伏見橋崩落調査委員会に報告した。

ここでは、胆振総合振興局産業振興部農村振興課が伏見橋崩落調査委員会に参画した立場から、崩落原因に関する調査検証結果について、伏見橋崩落調査委員会報告書（平成 27 年 3 月・洞爺湖町）より抜粋して紹介する。

1. 設計施工の妥当性について

1) 崩落橋台の設計支持層の調査及び評価

崩落後にボーリング調査を行った結果、A 1 橋台の基礎掘削面は支持層以深に位置し、A 1 橋台はN値 30 以上の支持層を基礎としていたことを確認。

2) 橋梁設計の妥当性及び安定性照査

設計当時の基準を用い、崩落後のボーリング調査試験等で確認した地盤定数を設定して安定性を照査した結果、基準を満足し妥当であり、所要の安定性を確保していることを確認。

3) 橋梁施工の妥当性評価

施工に関する収集資料を基に橋梁施工者へ聞き取り調査した結果、施工方法は適切であり、地盤反力は平板載荷試験を監督員が立会確認、出来形も監督員が立会確認しており、施工は妥当と評価。

2. 維持管理について

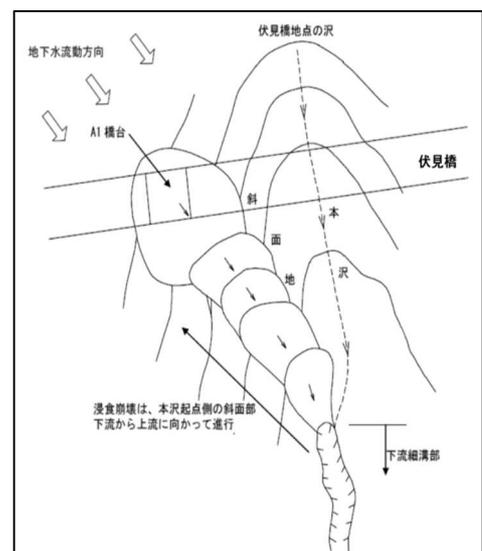
道路の維持管理は、洞爺湖町が 1 回/月の頻度でパトロールを実施し、路面状況や道路構造物を目視確認しており、崩落直前の平成 26 年 10 月 28 日のパトロールでは異常は確認されていない。また、橋梁長寿命化修繕計画の策定を目的とした橋梁点検は平成 24 年 8 月～9 月に実施されており、この段階で橋梁及び橋梁付近に変状等は確認されていない。

3. 伏見橋の崩落原因

○素因は、本地域が洞爺湖火砕流台地の浸食域に位置する地形的特性を有し、浸水に脆く下刻作用や側方浸食を受けやすい軽石流堆積物が分布する地質的特性を有していることである。

○主因は、浸食崩壊頭部から恒常的に発生している湧水であり、融雪期や降雨時には相当量が流下していたものと推察される。また、崩壊進行の副因として降雨（表流水）、凍上、地震が影響したものと考えられる。

○A 1 橋台の崩落は、浸食崩壊が下流から上流に向かい進行したため、平成 24 年の橋梁点検以降に浸食崩壊が急速に進行し、橋台部に到達して崩落に至ったものと推察する。



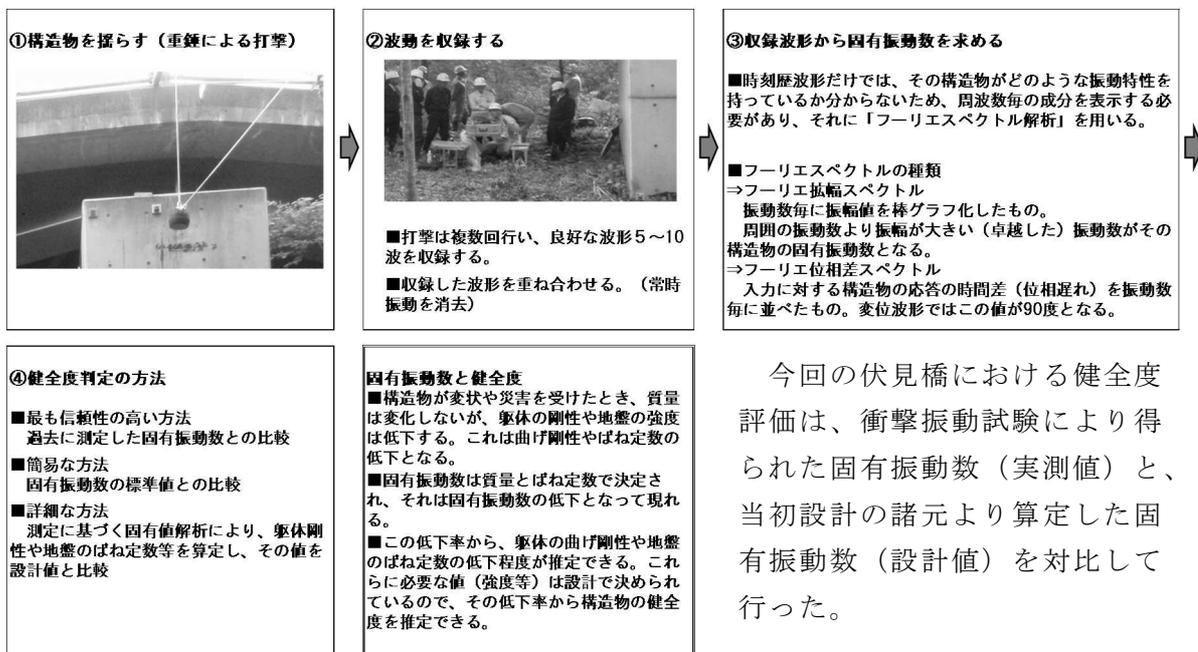
IV. 既設下部工の健全性評価

1. 概要

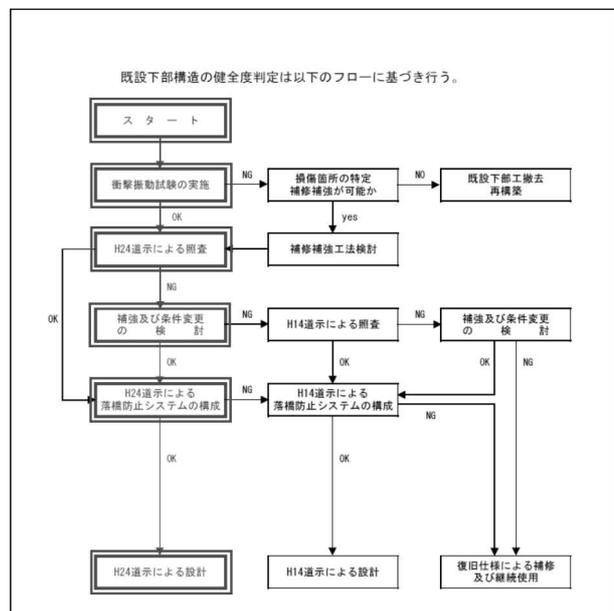
復旧工法を検討するにあたり、今回の事象において浸食の影響を受けず、軽微な損傷に留まっているP1橋脚及びA2橋台の健全性を調査し、かつ、復旧する橋梁の耐震性能の決定に際し、道路橋示方書（日本道路協会・平成24年）（以下、「H24道示」という。）にて要求される耐震性能に対してどのような状況にあるか検証した。

2. 健全性の試験概要

既設下部工の健全性の評価は、衝撃振動試験による構造物の健全度評価法（NETIS CB-090013-A）により行った。この試験は、対象物に対して重錘で打撃し、その際に発生する波動を計測することにより固有振動数を求める非破壊試験である。



また、当初設計は道路橋示方書（日本道路協会・平成6年）及び「兵庫県南部地震による被災した道路橋の復旧に係る仕様」の準用に関する参考資料により実施されているが、H24道示にて照査した際に十分な耐震性能を有しているか、不足する場合はどの部位、部材がどの程度不足しているかを照査し、復旧橋梁形式選定の基礎とした。



3. 試験・照査結果

1) 衝撃振動試験結果

試験は、上部桁撤去前と撤去後の2度実施した。

2度の試験結果はともに、実測値>設計値となっており、既設下部構造は健全であると判断された。

2) 既設下部構造照査結果

H24 道示により既設下部構造を照査した結果、以下の問題があった。

○ P 1 橋脚 Lv2 地震動時タイプ I、II における柱基部の耐力不足

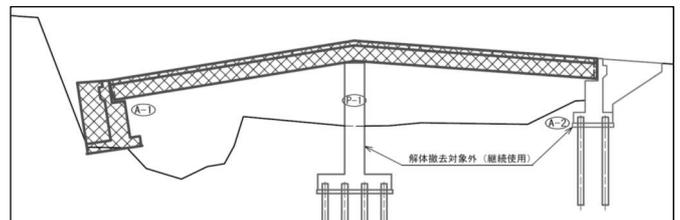
○ A 1 橋台 Lv2 地震動時タイプ I、II における底版の耐力不足

上記の耐力不足は、支点条件の変更や軽微な補強で対応が可能であり、新設する A 1 橋台を固定端とした橋梁形式にて復旧を行えば、H24 道示で求められる耐震性能を満足することが可能となった。

V. 崩落した橋梁の解体撤去について

1. 解体撤去対象

解体撤去は、崩落した A 1 橋台及び上部桁（附帯する支承、伸縮継手、高欄等を含む）であり、P 1 橋脚及び A 2 橋台については、健全性を確認し、継続利用とするため対象としない。



2. 解体撤去方法

1) 基本事項

工法選定に際しては、A 1 橋台の底版下面が露出（特に前趾）し、非常に不安定な状態であるため、安全かつ確実な工法を選定する必要があり、以下を踏まえて決定した。

○ 橋台周辺土砂の崩落進行や、上部桁の撤去に伴う橋台位置の変位による工事災害の防止

○ 桁材等の予期せぬ落下による事故の防止

このため、工法の基本的な設計方針を以下のとおり定めた。

○ 橋面上には一切の重機を据え付けず、かつ、A 1 橋台位置の変位を抑制する安定化対策を実施する。

○ 主たる施工機械の進入及び据付は橋梁の上流側とする。

○ 崩落地内部へは、重機械の進入は行わず、必要最小限の作業に留める。



2) 橋台安定化対策の決定

崩落したA1橋台は、底版下面が露出し、上部桁を撤去した際に橋台が大幅に変位する可能性が高い状態であったため、橋台位置の変位を抑制する安定化対策として求める性能を以下のとおり定めた。

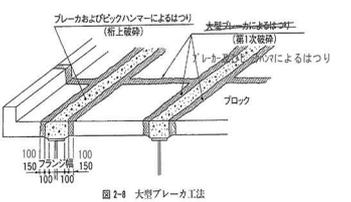
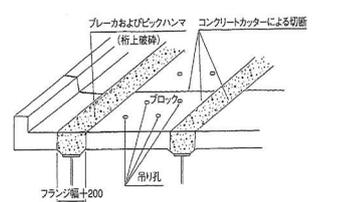
- 橋台位置の変位を抑制し、かつ、解体撤去時の重機足場の安定化を図ること
- 仮設であるため、設置・撤去が比較的容易に行えること。
- 橋台周辺での人力・機械作業を最小限に出来ること。
- 湧水の影響を受けないこと。

上記を踏まえて工法を検討した結果、切込碎石で橋台周辺を充填（埋め戻す）する工法に決定した。

切込碎石の投入は、橋台周辺への接近が困難かつ危険であるため、クラムシェルを装着したクレーンにて行い、また、崩壊沢地線上市に対しては切込碎石による埋戻しが盛土となるため、盛土としての安定性照査を行い、その結果から耐候性大型土のう（積層）による土留工を併用した。

3) 解体撤去工法の決定

撤去工法は、標準的工法2案と新技術工法（NETIS SK-140009-A）1案の計3案について、現地への適合性、安全性及び経済性を比較検討した結果、第3案の「コンクリートクラッシャー工法」を選定した。

標準的工法		新技術工法
第1案	第2案	第3案
プレーカーによる床版撤去→クレーンによる桁撤去	コンクリートカッターによる床版撤去→クレーンによる桁撤去	コンクリートクラッシャーによる床版・桁撤去
 <p>プレーカーおよびピックハンマーによるはつり（桁上破砕） 大型クレーンによるはつり（桁1次破砕） レール車によるはつり ブロック 100 150 100 150 100 100 図 2-4 大型プレーカー工法</p>	 <p>プレーカーおよびピックハンマー（桁上破砕） コンクリートカッターによる切斷 ブロック 吊孔 フランジ面+200 図 2-5 カッター工法</p>	 <p>上部工解体状況 下部工解体状況</p>

4) 施工状況

■橋台安定化対策工 完了



■上部工 解体撤去状況



■下部工 解体撤去状況



VI. 道路機能の復旧工法の検討

1. 復旧位置の検討

道路機能を復旧する際、崩壊地を避け、復旧位置を抜本的に見直すことも考えられるが、以下の理由により原位置で復旧することとした。

- 路線を上流側若しくは下流側に移動する場合においても、今回同様の浸食が発達してくる可能性があること。
- 道路線形を見直した場合、浸食被害を未然に防ぐ対策が必要となるが、将来的な浸食を予測した対策は困難である。一方、原位置による復旧は浸食が通過した状況にあり、浸食の要因である湧水に対して、効果的な浸食防止対策を講じることが出来ること。
- 線形の移動は、大規模な土工や構造物が伴い、長期の施工期間及び相当な建設費用を要し、地域農業や財政負担に大きな影響が生じること。

2. 復旧工法の検討

伏見橋は河川等を横断する橋梁ではなく、橋梁による復旧が必須条件ではない。

よって、盛土による復旧案と橋梁による復旧案について比較検討し、かつ道路管理者と協議した結果、経済性（初期コスト）については盛土による復旧案が有利となるものの、以下の理由により橋梁による復旧案を選定した。

- 盛土案の場合、最大盛土高が約 40m となり、安定性を考慮すると複数年による段階的施工が必要であるため、橋梁案に対して工期が長期化（供用の遅れ）する。
- 盛土案は崩壊地を含めた沢地一体を盛土で覆うため、湧水の影響による盛土内の変状の目視確認が困難であるため、計測機器等を使用した監視体制を検討する必要がある。一方、橋梁案も橋台周辺は埋め戻すこととなるが、範囲が限定的であり、土留工や管理柵を監視することで変状の有無を確認できる。

3. 崩壊地対策の検討

橋梁を復旧する上で、同様の事態が再発しないよう橋台周辺の湧水処理対策をはじめ、崩落により崖地形状となった地形の安定性を図る崩壊地対策が必要となるため、基本的な設計方針を以下のとおり定めた。

- 崩落の要因となった湧水及び地表水は確実に排除する。
- 湧水処理を行う際は地山土粒子の流出防止を徹底する。
- 崖形状となった崩壊地は安定勾配に整形する。
- 日常監視や維持管理の容易性も考慮する。

1) 崩壊地部の復旧基本形状

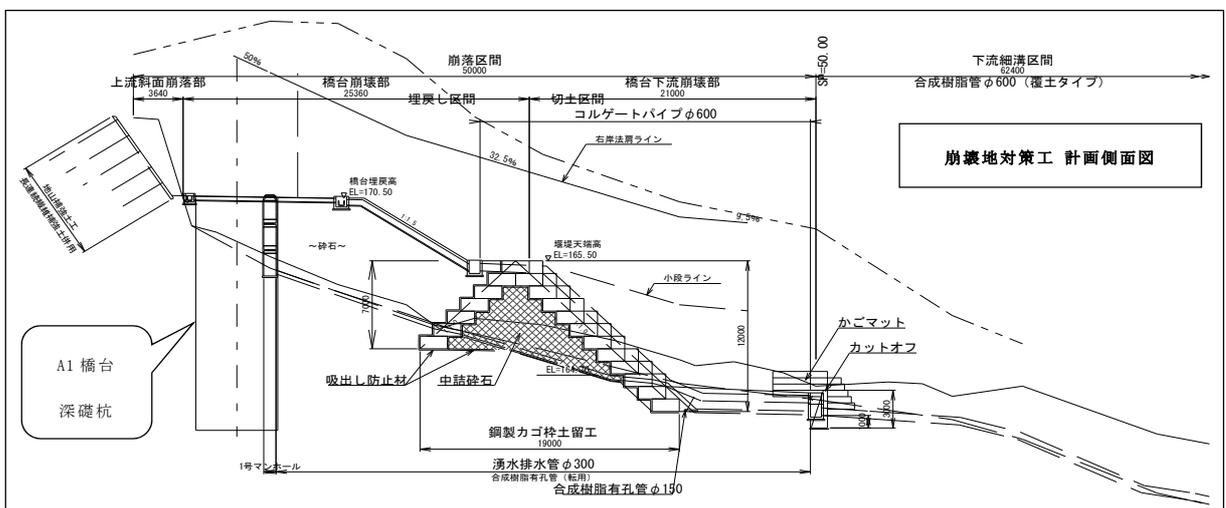
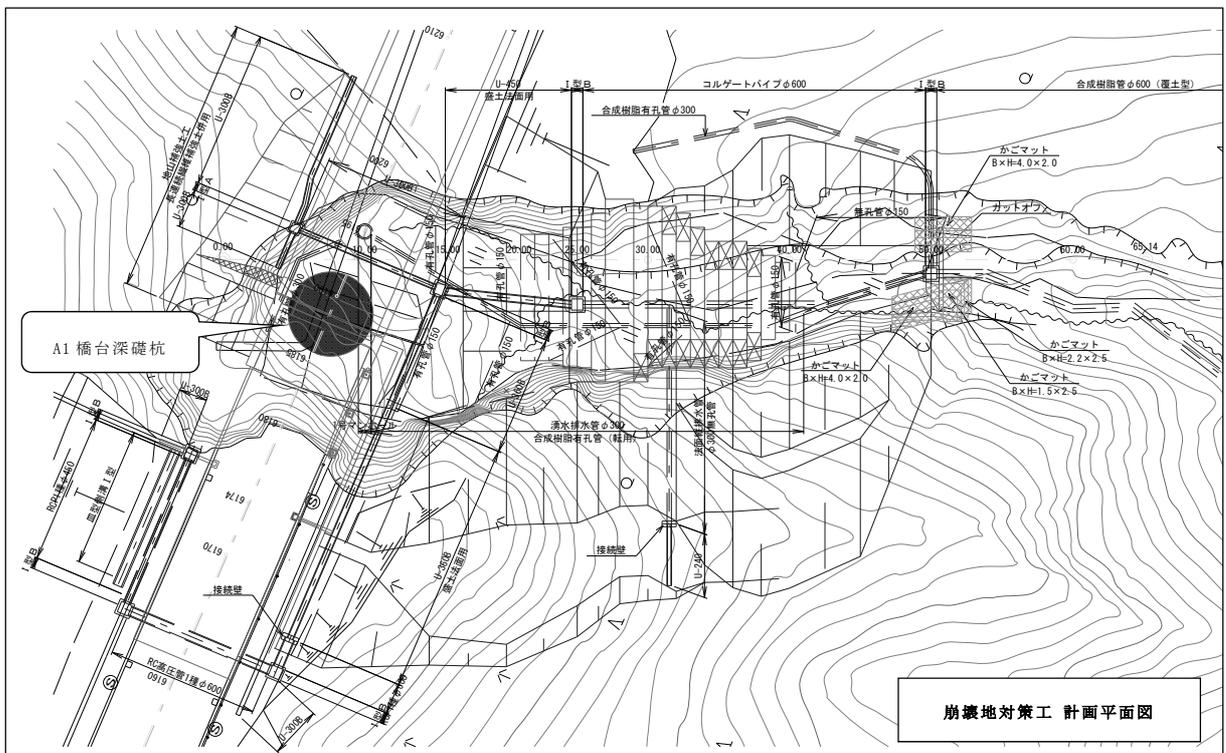
崩落した橋台周辺の復旧形状は、復旧する橋梁規模に与える影響及び経済性等を総合的に評価し、復旧する橋台周辺は周辺地盤高程度に埋め戻し、その下流区間はオープン形式とすることを基本とした。

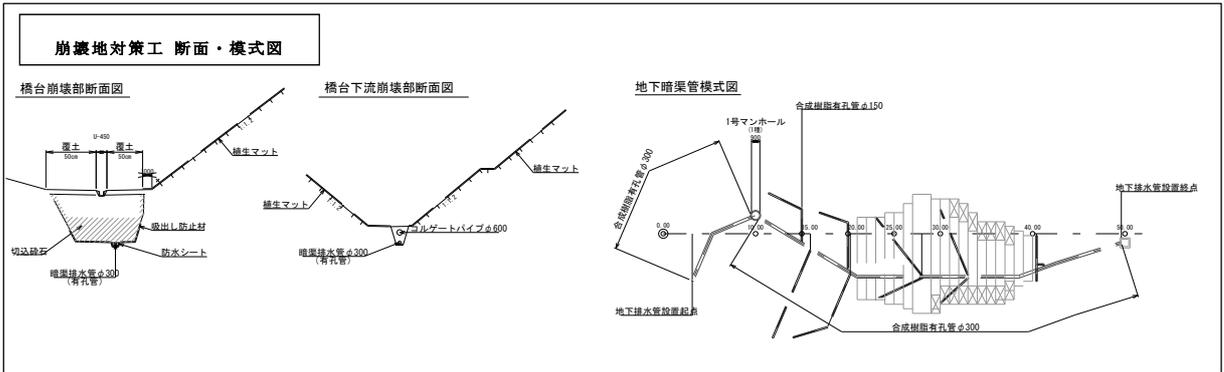
2) 湧水の集排水方法

- ・調査により位置確認されている湧水を暗渠管で集排水する。
- ・崩壊地断面の埋め戻しは、透水材（切込砕石）を使用し、底部に暗渠管を樹状型に配置することで全方位からの湧水に対応する。
- ・地山である軽石流堆積物の吸い出し流亡を防止するため、埋め戻し材の接地面、暗渠管の周囲には吸出防止材や防水シートを敷設する。
- ・排水放流箇所を選定は、放流箇所での新たな下刻作用の発生を防ぐため、断面及び河床が安定している箇所まで導水する。

3) 崩壊地部の切土勾配

露出した崖地の土質、土壌硬度及び橋梁前後の現況切土勾配を考慮し、「1 : 1.2」勾配に決定した。





4. 橋梁形式の検討

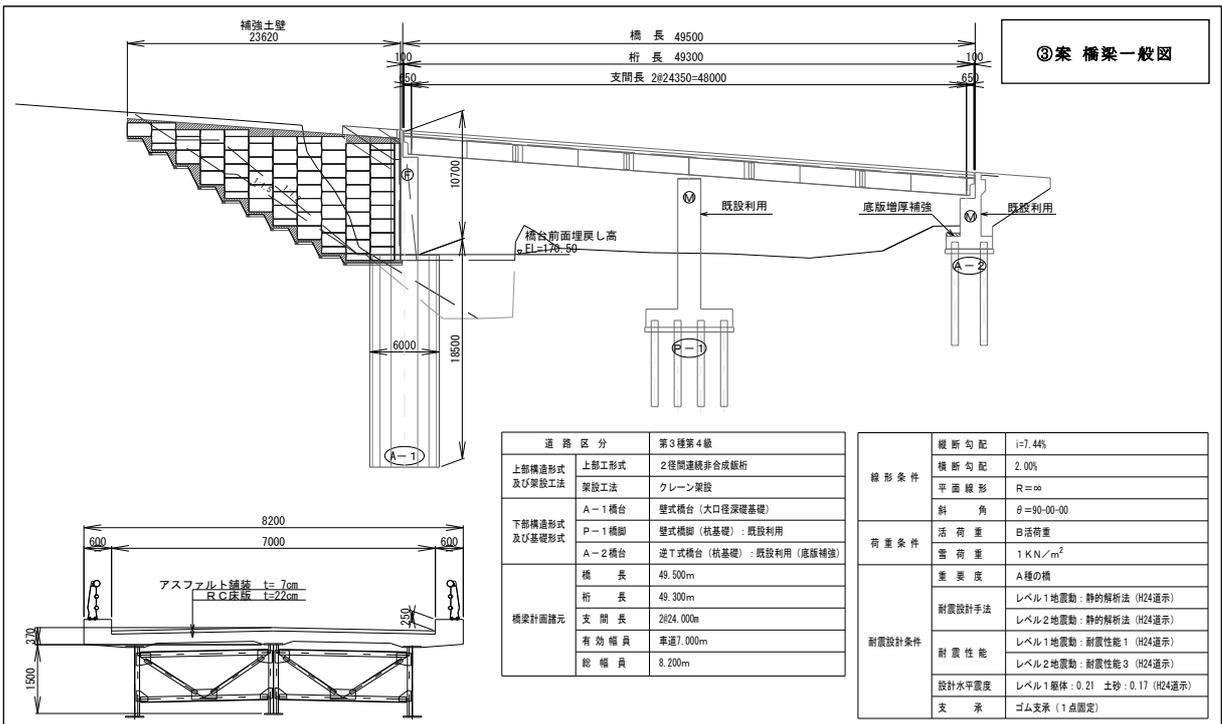
1) 線形条件・荷重条件

道路の平面線形及び縦断線形、各荷重条件は造成時の条件を踏襲した。

2) 橋梁形式の比較

基本設計において以下の3案を比較検討し、経済的な③案に決定した。

比較案	概要	上部工形式	橋長	橋台形式	橋台基礎形式	橋台背面土留形式	コスト比
①案	崩壊した橋台位置に橋台を復旧し、既設同様の橋梁規模とする案	2径間連続非合成鉄桁	49.5m (既設同様)	逆T式	鋼管杭φ800mm	L型擁壁 +杭基礎	1.13
②案	崩壊地を避けた位置に橋台を復旧し、橋長を伸長する案	2径間単純合成鉄桁	68.7m	逆T式	直接	橋台翼壁	1.17
③案	崩壊した橋台位置に橋台を復旧し、かつ、橋台底版部の掘削土留規模を低減するため、大口径深礎とする案	2径間連続非合成鉄桁	49.5m (既設同様)	壁式	深礎φ6000mm	補強土壁	1.00



Ⅶ. おわりに

伏見橋の復旧については、平成 28 年度内の供用再開を目指し、現在、橋梁及び崩壊地対策工事を進めている。

今回の伏見橋のような農業生産基盤施設に損傷や損壊が生じた場合、地域農業や地域住民生活への影響を最小限に留めるために一刻も早い復旧が必要となるが、それを実現する上で重要と考えられるポイントを今回の事例を踏まえて以下に記載する。

- 施設の復旧に向け、施設管理者とともに北海道が初期対応から積極的に関与すること。
〔市町村等に譲与した施設であっても、北海道は施設造成者として知識や情報を提供し、復旧に向けた助言を行うなど、施設管理者と一体となって迅速に取り組むことが重要。〕

- 施設造成者は施設造成後、整備履歴、設計諸元及び設計図等の必要な資料や情報を電子データとして保存・蓄積・管理すること。
〔原因究明や復旧対策を検討する上で、施設に係る設計資料等があれば効率が良い。施設管理者に関係資料を引き継ぐのみではなく、北海道においても資料や情報を保存・蓄積し、管理することが望ましい。〕

- 現場条件や対策内容が特殊な場合は、設計段階から施工者の意見を十分に聞くこと。
〔特殊な現場条件での工事、または実績の少ない工法を採用する場合、工事目的物を造成するためにはどのような仮設工事が必要となるのか、どのような施工順序になるのか、それに要する施工日数はどの程度か等を把握し、それらを総合的に検討した上で設計内容を決定することが重要。現場着手してから問題点が発生すると復旧工程の遅延に繋がる。〕