

ダム建設における大規模工事用道路の計画

たなかひろき たかはしたかゆき てづかだいすけ
○田中博紀¹・高橋孝征²・手塚大介³

- 1 (株) 東京建設コンサルタント中部支社 (〒460-0003 名古屋市中区錦2-5-5八木兵伝馬町ビル)
- 2 (株) 東京建設コンサルタント中部支社 (〒460-0003 名古屋市中区錦2-5-5八木兵伝馬町ビル)
- 3 (株) 東京建設コンサルタント中部支社 (〒460-0003 名古屋市中区錦2-5-5八木兵伝馬町ビル)

本業務は、新設ダムの本体工事のための工事用道路について、詳細設計を実施したものである。本論文は、ダム工事全体の円滑化への配慮、「法定外道路」、「特殊ダンプ」の道路計画、工期短縮に向けた道路構造の工夫など、ダム事業独自の条件下での工事用道路計画について説明するものである。技術的な特徴としては、「ダムサイト工事全体の効率化を目的としたルート計画」、「土運搬車両の選定」、「地形条件・幅員条件を踏まえた道路構造の選定」、「工期短縮を目的とした仮橋・仮栈橋構造の使い分け」などである。

Key Words : ダム建設, 工事用道路, 特殊車両, 共有道路, 工期短縮, 道路構造検討, 仮橋, 仮栈橋

1. 計画概要

本業務は、新設ダムの本体工事のための工事用道路について、詳細設計を実施したものである。ダム本体の高さが129mと非常に大きなダム計画であった。ダム本体の施工計画においては、ダム本体のコンクリート打設はダム天端高付近のバッチャープラントが基地となり、骨材は河床高付近の原石山が基地となる。つまりはダム本体建設にあたっては、ダム天端からダム下端までの高低差を行き来できる工事用道路が必要であった。

工事用道路の計画箇所は、ダムサイトの急峻な斜面であった。工事用道路は、ダム本体のコンクリート打設の工程計画に則った資材運搬能力を担保する必要があり、大型特殊車両(25t重ダンプ)の走行を担保した道路とした。また工事用道路計画箇所付近では、付替道路の下部工工事もあり、工事の幅転が懸念された。工事用道路はこれらの別工事と共有の工事用道路として整備し、合理化、円滑化に努める必要があった。また早期にダム本体工事に着手できるように、工事用道路の道路構造、仮橋・仮栈橋の細部構造において工期短縮を追求した。

以上のように、一般道計画にはない特殊な条件を踏まえて、工事用道路の計画を行ったものである。

2. 他工事との共有工事用道路

(1) 複数の工事の工事用道路の共有化の実現

工事用道路の主目的は、ダム本体の骨材・掘削土運搬であるが、周辺の付替道路工事、残土処分場造成工事などの別工事と工事用道路を共有できれば、仮設工事費の削減、工期短縮が可能であった。一般的な設計業務発注は、ダム、道路、橋梁、トンネルなど道路構造単位で業務が分割され、個々に施工計画や工事用道路が計画されるため、「共有の工事用道路」という考えが実現できないことが多い。本業務では、まず発注者側から「共有の工事用道路を整備したい」という提案があり、これを実現するためにダムサイトでの各種設計業務が集まった合同会議が定期的実施された。この会議により、計画調整・情報共有を図ることでき、「共有の工事用道路」を計画することができた。

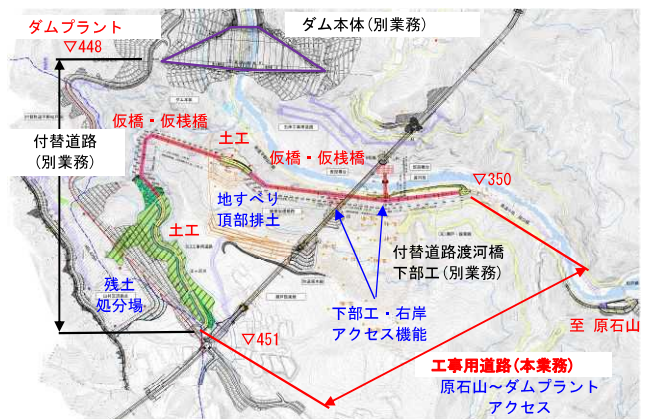


図-1 工事用道路の配置平面図

(2) 共有の工事用道路の主な機能

実現した「共有の工事用道路」の主な機能について、以下に整理する。

<当初から必要とされた機能>

- ・ 原石山（河床）からプラント（ダム天端）への資材運搬機能

<追加共有機能>

- ・ 本設渡河橋下部工工事へのアクセス機能
- ・ 右岸へのアクセス機能
- ・ 地すべり頂部排土へのアクセス機能

特に右岸では橋梁、トンネル工事が予定されていたが、その工事用道路は本工事用道路と同規模のものが必要と想定された。渡河部までを共有道路とすることで、右岸の工事用道路の整備コストを大幅に削減できた。

2. 対象車両と道路設計条件の設定

(1) 対象車両設定上の課題

ダム本体の施工計画では、日当り施工量が設定され、施工量に合わせた各種プラント設備が計画されていた。工事用道路の資材運搬能力は、このダム本体の施工計画に則った道路とする必要であった。ただし道路規模を大きくした場合、工事費が増加するという問題だけでなく、現道通行区間の拡幅整備や用地の取得などが課題となった。工事用道路の設計条件は、対象車両の運搬能力、コスト、現道活用等の制約条件などの総合的な判断が必要であった。

(2) 土運搬車両の選定

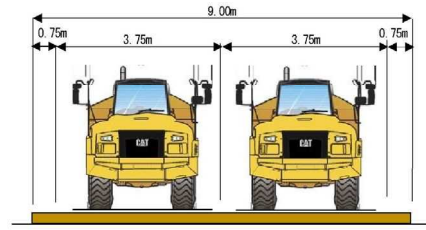
現道使用区間があるため、一般道走行可能な10tダンプとした場合、ダム本体の施工速度が確保できない状況であった。一方でダム本体工事の施工速度からは、一般道走行不可の40t重ダンプの使用が望まれた。ただしこの場合、幅員15m(2車線)となり、現況斜面勾配約45度の急斜面では、約15mの道路構造物が必要となる非現実的な道路となった。

このため、折衷案として25t重ダンプ案が立案され、採用案となった。ダム本体の施工速度に対する25t重ダンプの運搬能力は、十分ではないが、何とか確保できるものであった。また道路幅員は、9mに抑えることができ、道路規模も施工可能な規模となった。25t重ダンプは一般道走行不可であるが、現道を一般車両通行不可とする案と、現道脇に工事用道路を併設する案の事業調整は残るものの、25t重ダンプの採用は決定となった。

(3) 道路設計条件の設定

一般道を走行できない重ダンプでは、道路構造令の幾何構造基準が適用できない。他のダム建設等での計画事例を参考に、設計条件を決定した。

- ・ 対象車両 : 25t重ダンプ
- ・ 道路幅員 : w=9.0m
- ・ 最急縦断勾配 : I=12%



※相互通行（車両向き：左側は実際には背面）

図-2 工事用道路の幅員構成

3. 道路構造の選定

(1) 土工構造の工事用道路の計画上の課題

工事用道路を土工構造で計画した場合、工事用道路は幅員9.0mであり、約45%の急勾配斜面上では、道路の谷側に約10mの大規模な擁壁が必要になる。施工条件的に片押し施工にせざるを得ない箇所であり、大規模擁壁は施工期間が長くなる傾向にある。工事用道路の施工期間は、ダム本体ならびに工事用道路を共有する他の工事へのスケジュールへの影響が大きい。さらにダム湛水地内に大規模な盛土を残すことは、ダムの貯水量の低下、湛水後の斜面の安定性の影響を及ぼす可能性がある。一般的に土工構造を採用することには問題が多いと考えた。

(2) 仮橋・仮栈橋構造の採用

土工構造案に対し、仮橋・仮栈橋案を立案し、道路構造の検討を実施した。仮橋・仮栈橋案は、当該地区の地形条件、道路条件下では、土工構造案に対し施工性、経済性で優れていた。また仮橋・仮栈橋案は、他の工事の架設構台との接続性、ダム本体掘削前の段階に盛土材が確保できないという土配上の問題、ダム湛水地内に不安定な盛土を残せない、などの各種の問題も解消できた。以上のことから、仮橋・仮栈橋構造を採用した。

表-1 道路構造比較一覧表

	土工案	仮橋・仮栈橋案
断面図		
施工期間	約5.4年	約3.0年
概算工事費	約33億円	約32億円
その他	<ul style="list-style-type: none"> ▲他工事との共有道路化が困難 ▲盛土確保困難 ▲ダム湛水前に撤去が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ○他工事との共有化が可能 ○盛土不要 ○撤去可能（再利用可能）
評価		○採用

(3) 一部を土工区間に変更

仮橋・仮栈橋の採用は、あくまでも地形勾配が45度の急斜面上であり、一部地形が緩くなる区間では土工構造に切り替えた。地形勾配が緩い区間では、盛土擁壁は壁高5m程度に抑えられ、仮橋・仮栈橋構造のよりも経済性において優位であった。全体が片押し施工となる中で、途中で道路構造を変えることは、施工の資機材の段取り替えが必要となるため、必ずしも好ましいことではない。ただし対象箇所は長い仮栈橋区間の途中の「中間施工ヤード」として、この先の仮橋・仮栈橋の資材置き場に活用できる場所であったため、土工区間を設けることが有効と判断した。

4. 仮橋・仮栈橋計画における設計上の工夫

(1) 工期短縮の追求（杭本数の削減）

仮橋・仮栈橋構造は土工構造よりも工期短縮にはなるが、ダム全体の事業工程に余裕を持たせるためにも、更なる工期短縮が望まれた。一般的な仮栈橋の施工方法は、1スパンを構築し、そのスパン上にクレーンが移動し、次のスパンの杭の掘削（ダウンザホールハンマ）、鋼材の組み立てが行われ、これを繰り返しながら延伸するものである。施工におけるクレーンの規格と採用スパンについて、一般的には「幅員4.0m—50tクレーン架設—@6mスパン」となる。しかしながら計画道路の幅員はw=9mであるため、より大きな規格のクレーンの配置が可能である。クレーンが大きくなればスパンを長くすることができ、杭掘削本数の削減による工期短縮が可能となる。杭工事は、ダウンザホールハンマ掘削前の掘削面のレベル出し、想定外の地質に対する設計変更・工程遅延など、現実的な手間やリスクが多いため、やはり杭本数を減らすことが優先と判断した。

(2) 架設条件を考慮した構造・支間長の使い分け

1) 標準仮橋 クレーン 120t - スパン14.0m 直線区間に適用

工事用道路の幅員はW=9.0mであり、120tクローラークレーンが乗ることができる。120tクローラークレーンであれば、ダウンザホールハンマ装着時、桁仮設時の旋回半径から、スパン14.0mが可能となる。スパン14.0mは、H鋼では断面力的に不可能であるが、リース橋であれば対応可能である。標準スパンを、一般的なH鋼からリース桁14.0mに変更することで、施工速度は1.96倍短縮となった。ただし実際には桁の搬入・地組などの工程がプラスとはなるが、やはり杭本数を減らすことが優先と判断した。

2) 標準仮栈橋 クレーン 90t - スパン8.0m 分岐部、屈曲部等に適用

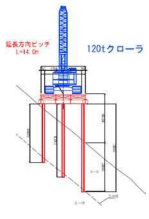
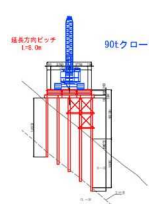
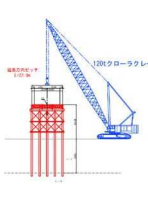
仮橋・仮栈橋は、渡河部や他工事のヤードへの分岐部で特殊な橋面形状としなければならない。また全区間を直線で計画できる訳ではないため、平面的

な屈曲部や縦断的な変化点では、折れ点加工が必要となる。リース桁は形状の加工ができないため、加工が必要な箇所ではH鋼の仮栈橋構造とした。H鋼の断面力から、スパン8.0mを標準とした。仮栈橋のスパンを、一般的な6.0mから8.0mに変更することで、工期は0.75倍に短縮できた。

3) 特殊仮橋 クレーン 120t - スパン22.0m 横架設可能な区間に適用

仮栈橋の起点部（最低部）は、仮橋施工箇所の側面に30m程度の施工ヤードが確保でき、ここにクレーンを配置することができた。このため一般的な縦架設施工とする必要はなく、横方向（側面）からの架設が可能であり、ダウンザホール施工時や桁架設のクレーンの旋回半径を小さくすることができた。この区間では標準仮橋で使用する120tクローラークレーンで架設可能なリース桁22.0mを使用する方針とし、やはり杭本数の削減に努めた。スパンを一般的なリース桁14.0mからリース桁22.0mに変更することで、工期は1.64倍短縮できた。

表-2 仮橋・仮栈橋構造一覧表

	1) 標準仮橋	2) 標準仮栈橋	3) 特殊仮橋
断面図			
上部構造	リース桁	H鋼	リース桁
下部構造	鋼管杭	H鋼	H鋼
スパン	14m	8m	22m
使用重機	120tクローラ	90tクローラ	120tクローラ
架設方向	縦方向 ○	縦方向 ◎	横方向 ▲
線形条件	平縦直線 ○	屈曲可 ◎	平縦直線 ○
分岐対応	不可 ▲	可能 ◎	不可 ▲
施工速度	1.45m/日 69日/100m (1.00) ○	0.74m/日 135日/100m (1.96) ▲	2.40m/日 42日/100m (0.61) ◎
工事費	2,149千円/m (1.00) ○	2,129千円/m (0.99) ○	1,937千円/m (0.90) ◎
適用区間	◎標準構造 直線で採用	屈曲部、分岐 部で採用	横架設可能な 箇所採用

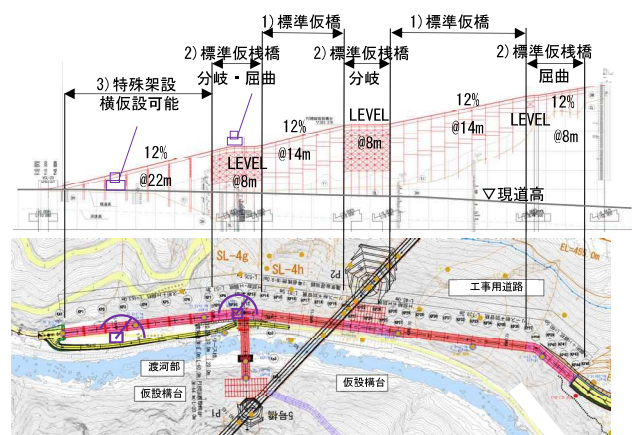


図-3 仮橋・仮栈橋の使い分け

(3) 仮橋・仮栈橋構造を想定した線形計画の工夫

前述した通り、H鋼仮栈橋よりもリース桁仮橋の方が、工期短縮が可能となるため、極力リース桁を用いたい。一般的に道路の計画手順は、道路の線形を確定した後、構造設計を実施するため、構造設計時に線形変更ができない場合が多い。本工用道路計画では、道路線形と道路構造を並行して検討しており、線形変更が可能な状況であった。このため極力リース桁が採用できるような線形に再調整を行った。

1) 分岐部・屈曲部の最小化

リース桁は直線区間にしか適用できない。工用道路の線形は、渡河部や本設渡河橋の下部工施工用の仮設構台への分岐部をコントロールし、極力屈曲部が少なくなるような線形計画とした。渡河部分岐部では、分岐部の位置に線形の屈曲位置を合わせ、特殊箇所集約に努めた。分岐部・屈曲部では、縦断勾配を付けると橋面に歪みが生じるため、縦断勾配をレベル(0%)とせざるを得ない。分岐部・屈曲部を最小化は、レベル区間の最小化につながり、約100mの高低差をアクセスする工用道路の延長の最短化が達成できている。

2) 仮橋・仮栈橋構造を考慮した縦断計画

仮橋・仮栈橋構造の場合、縦断勾配の変化点において滑らかな縦断曲線は設けられない。縦断勾配は、最急勾配12%と屈曲部等での0%の組み合わせとなる中で、縦断勾配変化点には1支間分の6%区間を設け縦断曲線に代わる緩衝勾配区間を設けた。

3) 支間割を想定した平面線形・縦断線形

標準支間はL=14m, 8m, 22mとなる。平面線形の直線区間、縦断線形の一定勾配区間の延長は、標準支間の整数倍として、線形決定後の仮橋・仮栈橋の支間割が線形と整合しやすくなるように配慮した。なお平面線形の屈曲部の異形部分の支間長が、H鋼仮栈橋の支間長8m以下になるように配慮した。

道路線形を確定した上で支間割計画を行うと、延長調整用の調整支間が生じるなど、コストや施工期間の「ロス」が生じる。一方、本設計では、仮橋・仮栈橋の支間長を整理した上で、道路の線形計画を実施しており、仮橋・仮栈橋計画上の「ロス」を最小限に留めることができている。

5. まとめ

(1) 共有工用道路による事業全体の効率化

一般的な設計業務は、ダム、道路、橋梁、トンネルなどの設計が別業務で実施されるため、個々に工用道路が計画され、非効率的な仮設計画になりかねない。各種の工事が輻輳する箇所においては、広い視野で仮設計画を実施し、事業全体の効率化に努めることが重要である。

(2) 現地条件に合う対象車両・設計条件の設定

対象車両・設計条件については、ダム本体施工計画における資材運搬能力だけでなく、道路設計における道路規模の現地整合性などを総合的に勘案し、最適な設計車両を選定する必要がある。

(3) 仮設道路として最適な道路構造の選定

計画箇所は将来ダム湖内となる。工用道路を盛土で計画した場合、ダム完成後に水位変動による残留水圧が発生し、すべり崩壊が生じかねない。仮に残留水圧対応の構造とした場合、工用道路を永久構造物として整備することになり、コスト面が問題となる。このような背景もあり、工用道路はリース材料の仮橋・仮栈橋構造を採用した。また仮橋・仮栈橋の構造は、架設条件や施工速度などを考慮し、支間長L=14m, L=8m, L=22mの3タイプを、線形条件や架設条件毎に使い分ける計画とし、工期短縮を図った。

仮設道路の構造に対して、残地に対するリスク、仮設道路整備期間の短縮など、「仮設」という位置付けにあった設計とすることが重要である。

(4) 線形計画と構造設計のリンク

道路の線形計画を実施した後に、仮橋・仮栈橋の計画を実施すると、平面曲線部での過大な橋面形状や、延長調整の支間などが生じかねない。標準支間割を設定した上で、支間割に合う線形計画を行うことで、線形計画から構造設計にスムーズに移行ができる。一般的な橋梁やトンネルに対する線形計画においても、構造をイメージしてから線形計画を行うことで、構造設計への移行が円滑になる。

謝辞：発注者ならびにダム設計業社、本設渡河橋設計業社など、本業務に関連した方々に感謝します。

工用道路の共有化は、当社からの提案ではなく、発注者による共有化・合理化のアイデアを具体化したものです。また対象車両の選定におけるダム工事のサイクルタイムの試算はダム設計業社によるものであり、本設渡河橋下部工仮設構台への接続調整では橋梁設計業社に多大な協力をいただきました。発注者と関連設計業社との連携のもと、達成できた成果であり、感謝の意を申し上げます。