

霞堤を有する河川橋の橋梁計画とその設計・施工 ピアアバット橋梁の採用

旭川開発建設部 土別道路事務所 第1工務課 宮崎 和英
旭川開発建設部 土別道路事務所 第1工務課 加賀谷芳之
旭川開発建設部 道路整備保全課 渡邊 一悟

北海道縦貫自動車道（土別剣淵IC～名寄）の中土別大橋（仮称）は、霞堤を有する1級河川天塩川と2つの支川を渡河する橋梁である。河川構造令を遵守すると橋脚の位置が限定され、変則的な支間割りとなるが、建設コストの比較と河川協議を重ねた結果、ピアアバット（堤防内橋脚）が認められ、北海道開発局初のピアアバット橋梁を採用した。

本論稿では、ピアアバット橋梁を採用するに至った橋梁計画と、堤防補強としての鞘管構造の設計と施工について報告するものである。

キーワード：霞堤、コスト縮減、ピアアバット、鞘管構造

1. はじめに

本論稿は、現在施工中である北海道縦貫自動車道土別剣淵 - 名寄間 24.0km（図 - 1）のうち、土別剣淵ICから北に約2.5kmの位置にある霞堤を有する一級河川天塩川と2つの支川（中土別十線川と川西五線川）を一連で渡河する中土別大橋（仮称）の橋梁計画とその設計・施工である。

河川構造令を守り、支間割とコスト縮減をポイントとして取り組みを行った橋梁計画とその設計について述べる。

霞堤とは本川が増水した場合、隣に併設される支川に流れ込むことができるように本川の堤防が途中で切れた不連続な堤防のことである。本川の両岸堤防の外側に支川があり、その外側に支川の堤防という配置である。下流に行くと、それが本川の堤防となる。（図 - 2）

2. 橋梁計画の経緯

本橋梁の橋長は、天塩川とその支川（中土別十線川と川西五線川）を一連で渡るため、両橋台とも支川の堤防法尻から2Hルール及び河川用地外の範囲に橋台位置を決定し、橋台形式、構造安定性との比較から橋長を335.0mに設定した。2Hルールは、堤防に影響を与える構造物などを堤防近くに設置してはならないと河川構造令で決められたものである。（図 - 3 斜線範囲）

橋長が決まると、次は支間割の決定となる。これも河川構造令により、基準径間長が次式により決まる。

$$L = 20 + 0.005 \times Q$$

ここに、L：基準径間長（m）

Q：計画高水流量（m³/s）



図 - 1 位置図



図 - 2 架橋位置の地形概要

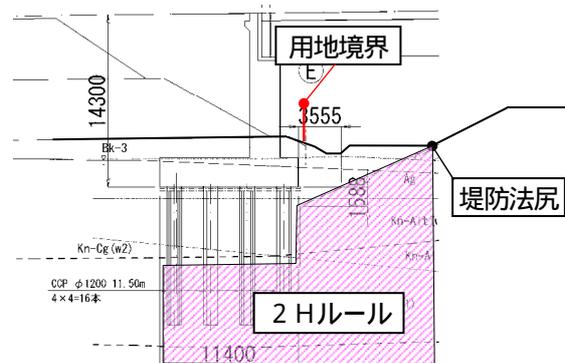


図 - 3 河川構造令2Hルールの概要

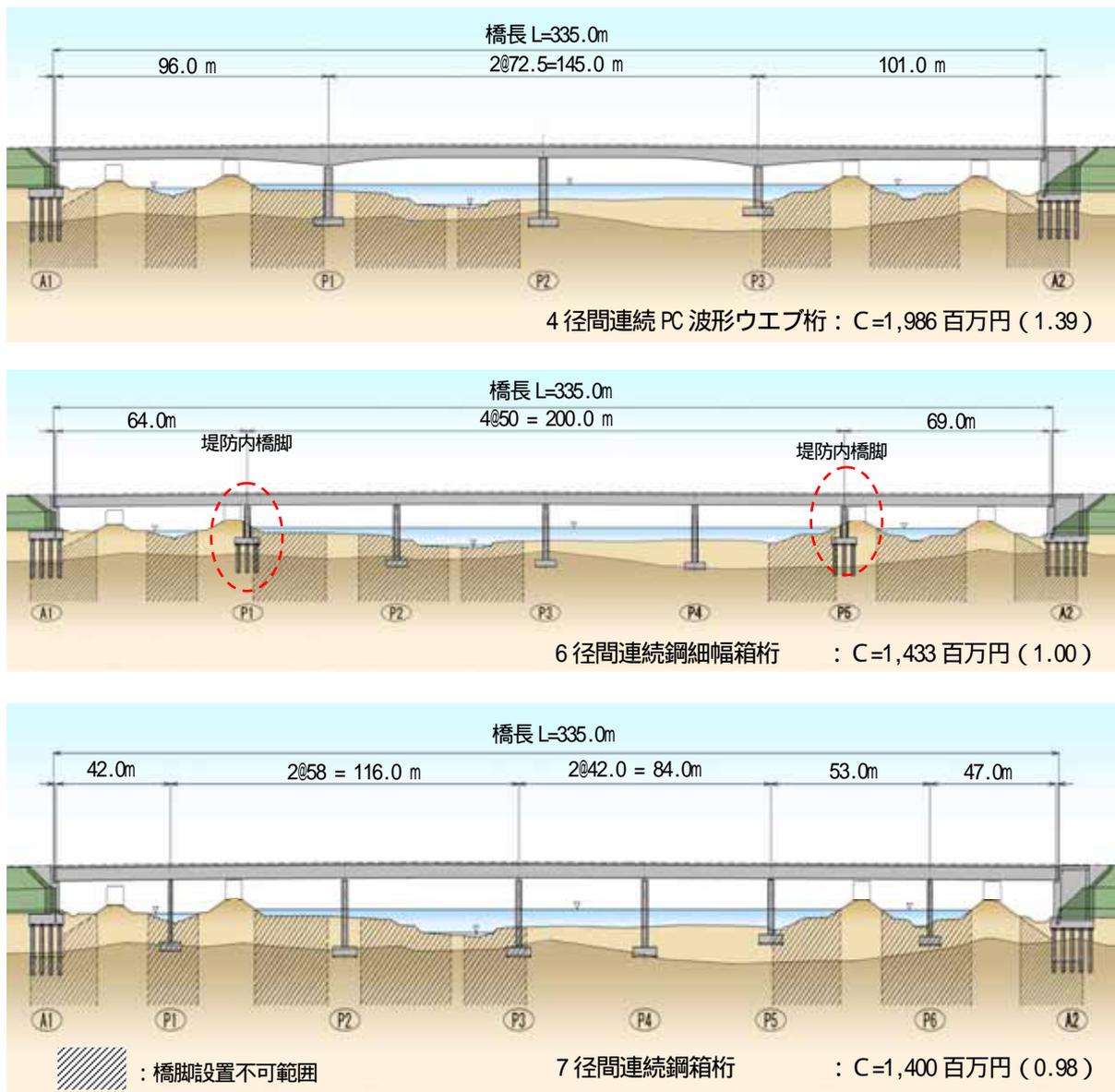


図 - 4 支間割の比較検討

天塩川の計画流量が1100m³/secより、基準径間長25.5mとなるため、支間長はこの値以上となる。さらに、橋脚設置不可となる流心部以外の最小支間長25m、堤防法尻、低水路法肩と法尻から10mの範囲を避けて橋脚設置の支間割を計画する。

図 - 4 に橋長335.0mの支間割りの比較図を示す。この図のハッチングは橋脚設置不可範囲を示している。は2Hルール範囲、が支川部分で基準径間長が確保できないため設置不可となる。が本川の堤防河岸から流心部以外の25mの範囲、が現況低水路の法肩、法尻から10mの範囲の設置不可範囲となる。ただし、の範囲は、河川管理者との協議により、護岸工を設けることで設置可能な場合がある。

これらの条件から、本橋で採用可能と考えられる支間割りは図 - 4 の上段に示す堤防、支川に橋脚を入れない4径間案、中段に示す堤防に橋脚を入れた6径間案、下段に示す堤防に入れずに、支川に橋脚を入れた7径間案

が考えられる。5径間案は、採用のメリットがないため、ここでは省略する。

4径間案の形式では、最大支間長101.0mより適用橋梁形式はPC波形鋼板ウェブ橋が想定される。この場合、側径間が中央径間よりスパンが広く、変則的な支間割となるため、側径間部の死荷重の軽減から波形鋼板ウェブを用いることとなる。その結果、コストが高く経済性が劣るため比較案の中では有利とならない。

一方、7径間案のように支間数を多くするとスパンが短くなるため、特殊な構造を用いる必要がなく、橋梁コストは安くなるが、支川に橋脚を設置して低水路を閉塞する支間割りとなるため、河川構造令を遵守しない形式となり採用できない。

このように、支間数が少ない場合、河川構造令を守ることが可能であるが経済性が課題残り、逆に支間数が多いと、経済性が有利となるが治水上の問題がある。

これらの問題に対し河川管理者と協議を重ね、堤防内

に橋脚を設置する「ピアアバット」橋梁を計画した。

これは、図 - 4 中段に示すように、天塩川の両堤防内に橋脚を設置した支間割りとなり、この堤防内の橋脚を「ピアアバット」と呼ぶ。河川橋梁の計画では、本来であれば堤防内に橋脚を設置することは、避けるべきであるとされているが、橋梁コストが高くなる、あるいは橋脚を設置する場所がない現状から、「堤防内に橋脚を設置することも止むを得ない」との判断から、経済性で有利な6径間案の「ピアアバット」橋梁を計画した。このとき、上部工形式は、6径間連続鋼細幅箱桁橋である。

3. ピアアバット計画

河川構造令では、堤防内に橋脚を設置した（ピアアバット）場合、堤防と橋脚で平常時の交通振動や地震時の振動特性の違いから堤防と橋脚の接触面に隙間ができやすく、漏水の原因となることが懸念されるため、堤防内へ橋脚は設置しないことを原則としている。ただし、鞘管構造などを用いて堤防に悪影響を及ぼさない構造とし、川裏側に構造物の設置幅以上の裏腹付け盛土などの堤防補強を併設する場合（図 - 5）は、この限りではないとされている。

従って、本橋梁において鞘管構造を用いた橋脚が、堤防に与える影響を2次元FEM応答解析により検証した。解析モデルは、図 - 6 に示すように、堤防と周辺地盤、支持層までを地盤モデル、上部工分担重量を考慮した橋脚と底版、杭基礎を梁モデルとし、地盤パネで接続して一体モデルとしている。与える地震波は、橋梁設計で用いるレベル2地震波であり、これは地表面観測波のため、基盤波に変換して用いる。

FEM応答解析により、図 - 7 に示す概念図のように、鞘管を設置しない橋脚と堤防は、別々に振動し、橋脚と堤防の間に隙間が生じる。これが、この項の冒頭で記述した漏水の原因になるため、橋脚を取り囲み、底版上に鞘管を載せて固定させずに設置し、橋脚の振動を直接堤防に伝えないようにした。

この時、橋脚の振動変位と鞘管の振動変位との相対変位をグラフ化したのが図 - 8 である。縦軸が水平変位、横軸が時間で、堤防法面の鞘管位置と同高にある橋脚位置でのそれぞれの水平変位と、それらの相対変位を表したものである。この結果より、相対変位量は1.6cmであることが解った。

一方、堤防補強として裏腹付け盛土の事例は多数あるが、霞堤となっている事例は珍しく、図 - 9 に示すように本川堤防に裏腹付けを行うと支川の河川断面は小さくなるため、流下能力の確保から対岸を掘削して河道を広げる必要がある。この時、流下能力の確保として、流量の確保はもちろんの他、本設計では現況の断面に計画流量を流したときの水位よりも、改修後の断面の水位が上回らないことが河川協議での条件でもあった。従って、

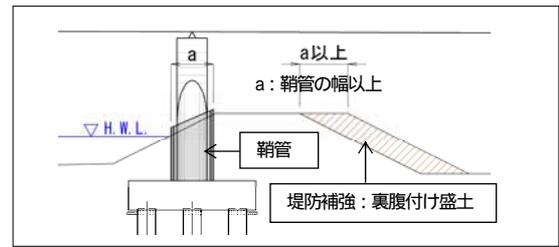


図 - 5 ピアアバット計画の対応策

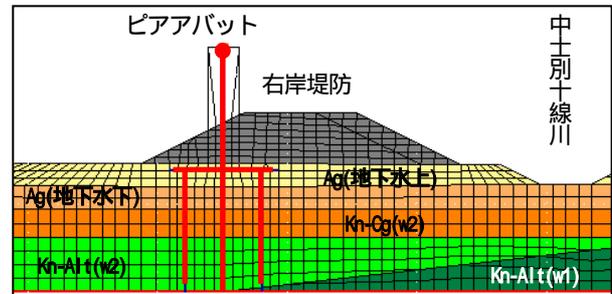


図 - 6 FEM 解析モデル

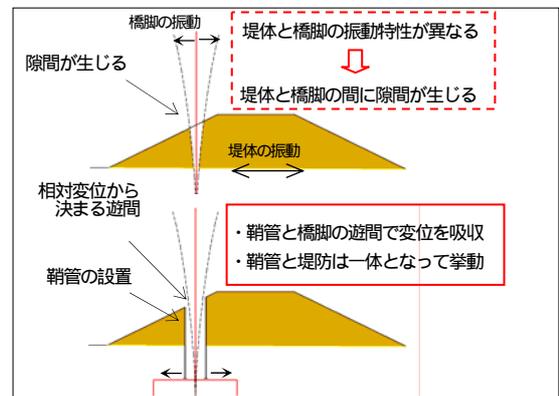


図 - 7 鞘管設置時の挙動概念図

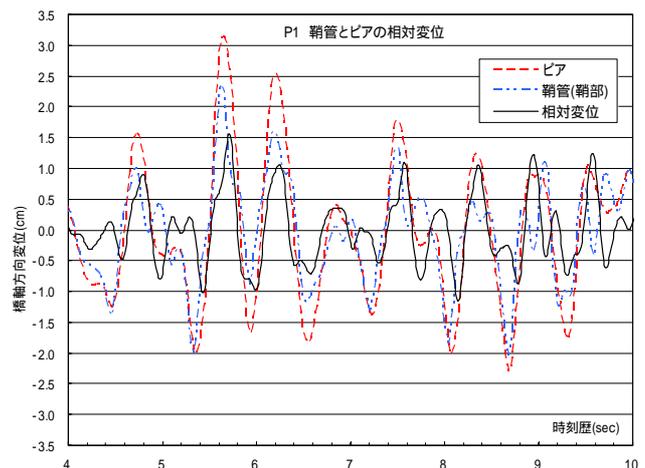


図 - 8 鞘管部地盤とP1橋脚（ピア）との相対変位

これらの条件を不等流解析により確認し、低水路幅を決定した。この時、堤防の法尻を掘削することになるため円弧すべりの検討を行い、すべりの安全率が確保されることを確認している。また、腹付け盛土、切土を行った

改修範囲には、護岸工を設置している。

4. 鞘管構造の構造細目

鞘管構造の詳細設計を行うにあたって、旧日本道路公団の検討委員会で取りまとめたピアアバット構造のガイドライン（案）を参考に行った。¹⁾

鞘管構造の例は、コンクリート構造と鋼製構造の2種類ある。本橋において鞘管構造の検討を進めたところ、コンクリート構造の場合、土圧に対して耐えるためRC構造となり、鉄筋かぶりを確保すると最小でも300mmの部材厚が必要となり、死荷重が大きくなる。そのため、橋脚基礎の支持力不足にまで影響を与えることが解った。

一方、鋼製の場合、剛性確保のため補強材を必要とするが、コンクリート構造よりも軽く、基礎への影響が無いことが解った。また、堤防開削を行うため、冬季の非出水期内施工が厳守であり、工期短縮が可能な施工性の利点から、鋼製鞘管を採用した。

鋼製鞘管構造の工夫点は図-10に示すように、鞘管と橋脚との遊間は、先のFEM応答解析による鞘管部堤防と橋脚の相対変位量と、施工余裕も考慮し100mmの遊間量を確保した。この遊間は、土砂や雪の流入を防ぐため、バックアップ材を充填しカバープレートを設置している。

鞘管の基部は、底版上面に緩衝ゴム支承により支持し、鉛直支持のほか、せん断変形、回転に追従する構造とし堤防との挙動に配慮した。この時、遊間からの水の浸入も考慮し、ゴム支承は分割配置し、その隙間から水が浸透するよう配慮した。仮に河川の水位が上がって水が溜まった場合においても、鞘管基部は凍結深以下に設置されているため、凍結の心配はない。

5. 堤防内橋脚の施工について

堤防内橋脚の施工は、写真-1の～に示すように、非出水期において、堤防開削により行っているが、霞堤であることから2重締切りは行っていない。鞘管は、躯体施工中に工場で製作し、躯体完成後、分割された鞘管のパーツを冬季において温度管理が不要となるボルト接合により現場にて組み立てた。その後、堤防の埋め戻しを行うが、鞘管に偏土圧が作用して鞘管が移動しないように配慮し、均等に振動ローラーやランマーにて転圧を行い、細部は丁寧に突固めを行っている。埋め戻し範囲には、護岸工を設置して下部工の完成となる。

6. まとめ

本橋梁は、橋脚の支間割が橋梁計画において重要であり、河川構造令を逸脱しない範囲で河川管理者との協議から採用可能になったピアアバット橋梁である。これは、北海道開発局として初めての試みである。

鞘管構造は、橋脚と鞘管の隙間の充填方法や鞘管の維

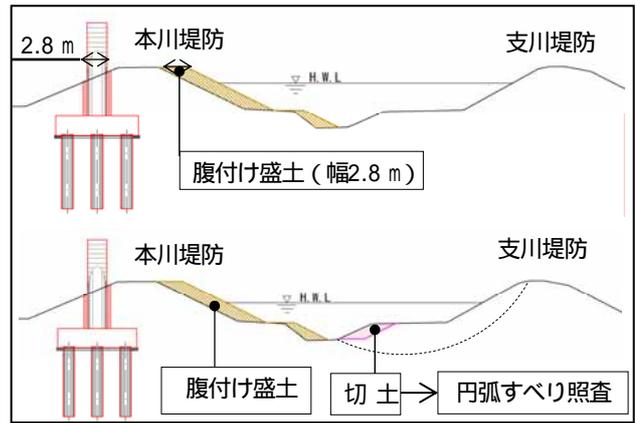


図-9 腹付け盛土の対応

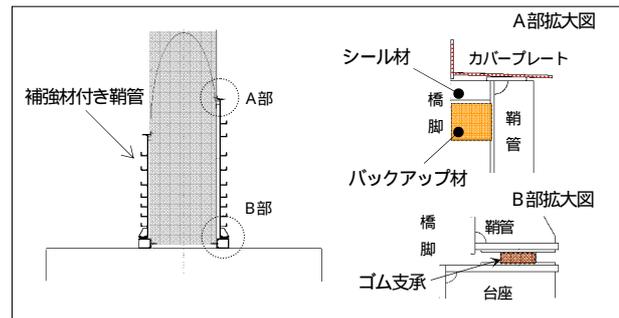


図-10 鞘管細部概要図



写真-1 ピアアバットの施工

持管理方法などに課題があると考えられる。また、今回の試みにより鞘管構造の特徴や問題点が今後明確になり、改善が促進されると考えている。

最後に、ピアアバットの採用により、他の橋梁形式案よりも約40%程度のコスト縮減効果もあり、河川橋におけるピアアバット橋梁は、今後の橋梁技術の発展に繋がることを期待している。

参考文献

- 1) 河川堤防に設置するピアアバットに関するガイドライン（案）平成11年9月 日本道路公団