

施工条件が厳しい現場における 橋台基礎形式の選定

～ A 川改修事業に伴う水管橋架替え設計～



柏崎 大道

REPORT

技術本部 水工部
柏崎 大道

概要

橋台基礎形式の選定において検討に影響を与える条件としては、一般に「周辺の土地利用」「現地状況（施工ヤード）」「近接構造物」「地盤条件」等が挙げられ、それぞれの条件に応じた基礎形式及び工法の選定が必要となる。

特に基礎形式が杭基礎となる場合については、基礎工法の選定手順等について基準書に明確な記載がない場合が多く、それぞれの現場特性に適合した検討を実施しなければ、施工時に大きな問題となる可能性がある。

本稿では施工難易度の高い条件下における水管橋架替え設計を事例として、各施工条件に応じた基礎工法の検討手順等について、設計時の留意点を交えて紹介する。

キーワード | 水管橋、杭基礎、施工ヤード、軟弱地盤、地盤急変部

1. はじめに

本事例の対象施設は、北海道内の某市町村を流れる二級河川 A 川に設置されている水管橋であり、対岸へ汚水を流下させる下水道施設である。

A 川における河川改修事業の一環として実施されている護岸布設工事に伴い、対象施設の既設水管橋が工事の支障となることから改築が必要となった。

本稿では、水管橋改築を計画する際に、橋台の基礎形式の選定に対して影響を与えた施工条件と、条件に応じた基礎工法の選定方法について紹介する。



写真-1 既設水管橋

2. 改築方針

本工事は河川改修事業（護岸工事）の補償工事であることから、**改築方針（施工手順）**については下記の点に留意しつつ設定した。

(1) 工事概要（制約条件）

A 川における河川改修事業では、当該区間は鋼矢板護岸による改修が計画されていることから、既設水管橋を残置した状態での施工は困難であった。また既設水管橋は周辺の汚水処理を行う重要なライフラインで

あり、長期の断水ができないことから事前に切回し管を施工した上で汚水を切り替える必要があった。更に、送水方式はポンプ圧送方式ではなく自然流下方式により汚水を流下させていることから、同様の方式で改築後の地盤変動は許容できない状況であった。

(2) 施工手順

上記の制約条件を考慮した水管橋の改築方針（施工手順）を以下の通り設定した。

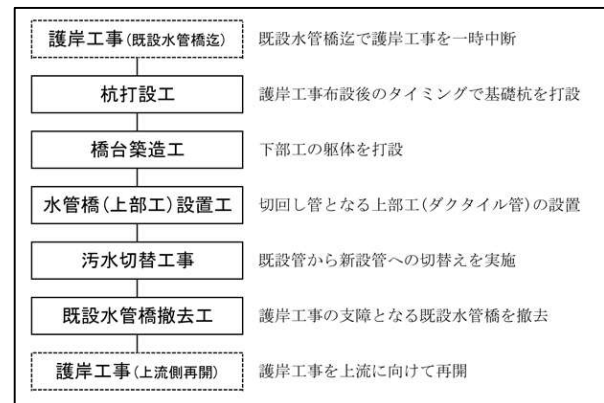


図-1 施工手順フロー図

3. 施工条件

対象施設となる水管橋基礎形式（工法）の選定において、検討内容に大きく影響を与えた施工条件を以下に列記する。

(1) 周辺の土地利用状況

対象施設周辺は第1種低層住居専用地域に指定されており、民家等が密集する市街地となっていることから、建設公害（騒音・振動）に配慮する必要があった。

(2) 狭隘な施工ヤード

対象地域は住宅密集地のため、住宅や公園等により施工ヤードが限定されることから、施工法の検討にあたっては建設重機の搬入・組立・作業に必要なスペースを考慮し、十分に施工可能な工法を選定する必要があった。



写真-2 施工ヤード

(3) 近接構造物

対象施設の直下流には、A川に雨水を放流する排水管及び吐口柵が近接していることから水管橋の架替え位置や施工法によっては移設が必要であった。

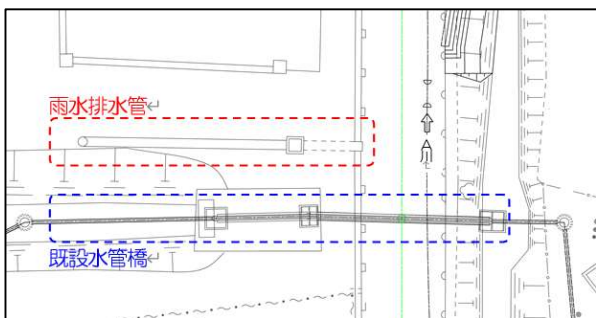


図-2 現況平面図

(4) 地盤条件

対象区間の地盤条件には下記の特徴があった。

- ・ 表層～中間層：N値=0～5程度 深度7～14m
⇒N=0の地層が厚く（5m程度）分布している。
- ・ 支持層：N値165（軟岩）

基礎形式及び工法の選定では、特に地盤条件に大きく左右されるケースが多く、地盤急変部となる当該箇所においては、それぞれの条件に対応可能であるかを十分検討した上で選定する必要があった。

地層名		構成土質	設計N値	単位体積重量		粘着力c (kN/m ²)	せん断抵抗角φ (度)	変形係数Es (kN/m ²)
左岸橋台	右岸橋台			湿潤重量γ _t (kN/m ³)	飽和重量γ _{sat} (kN/m ³)			
B		盛土・表土	2	18	19	1	25	1400
Ac1		粘性土1	0	14	15	30	0	430
Ap		有機質土（泥炭）	0	9	10	16	0	320
Ac2		粘性土2	0	14	15	17	0	240
As1		砂質土	1	17	18	0	25	700
	Aoc	腐食土混じり粘性土	0	14	16	24	0	340
	Tfvw	礫混じり火山灰	1	17	18	0	25	700
	Tfw	礫混じり火山灰	5	17	18	0	27	3500
	Tf2	凝灰岩	165	20	21	358	21	90000

図-3 地盤定数

4. 基礎形式（工法）の選定

本項では新たに布設する水管橋の検討において、これまでに述べた施工条件を踏まえ、基礎形式（工法）の検討をどのように進めたか、選定手順を紹介する。

(1) 基礎形式の選定

基礎形式は地形及び地質条件、構造物の特性、施工条件、環境条件等を考慮して選定する必要があり、本設計では以下の理由から**杭基礎形式を選定**した。

[基礎形式の選定理由]

- ・ 上部工が自然流下方式の污水管であり、基礎の変状が上部工の機能に与える影響が著しく大きいことから、変状を極めて抑制する必要があった。
- ・ 支持層までの深度が約7～14m程度であり、直接基礎では十分な支持力を得ることができなかった。
- ・ 対象施設が小規模（上部工：污水管φ200）で、深礎基礎やケーソン基礎等、他の基礎形式に比べて杭基礎工法が最も経済的且つ適切であると判断した。

(2) 基礎工法の選定

基礎工法は、基礎形式と同様に、地質条件や構造物の特性等を考慮の上で選定するものであるが、杭基礎の工法は基礎材料や打設方法により多種多様の工法に区分され、各々特徴や適用条件等が異なるため、杭基礎工法の選定にあたっては、それぞれの工法の適用性を判断し、検討を進める必要がある。

土木工事における一般的な杭基礎工法の分類を次頁に図示する（図-4）。

右図の通り、杭基礎工法は杭自体の構造によって「既製杭工法」と「場所打ち杭工法」に大別され、一般的には場所打ち杭工法は施設規模が大きい場合に適用される傾向にある。

これを踏まえ、対象施設が小規模施設である本設計では既製杭工法の中から適用性の高い工法を選定するものとした。

基礎工法の検討結果を下図に示す（図-5）。

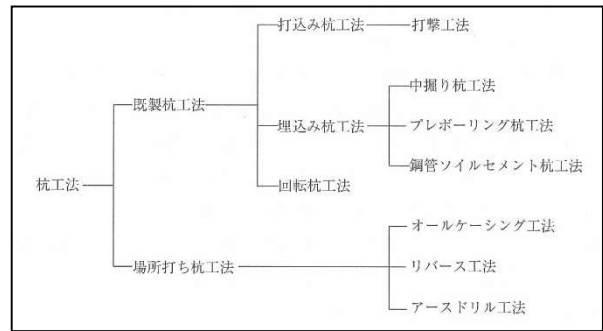


図-4 杭基礎工法の分類¹⁾

既製杭工法		
打込杭工法	市街地：建設公害（騒音・振動）対策が必要	・・・不可
埋込杭工法	中掘り工法	支持層：岩盤のため ・・・不可
	プレボーリング工法	施工ヤード：ベースマシン搬入不可能のため ・・・不可
回転杭工法	近接構造物：橋台寸法が過大になる ※雨水管移設が必要	・・・不適

図-5 基礎工法の検討結果

検討の結果、建設工事において採用事例の多い打込杭工法や埋込杭工法については、市街地施工における建設公害（騒音・振動）等や地盤条件により適用不可と判断した。

特に埋込杭工法のうち、プレボーリング工法については、旧道路橋示方書に掲載の「基礎形式選定表」²⁾では適用性が高い杭基礎工法であると判断していたが、前述の通り住宅密集地である今回の現場は建設重機の搬入路及び施工スペースが極めて狭く、プレボーリング工法のベースマシンとなるクローラクレーンの搬入及び組立、作業ヤードの確保が不可能であった。

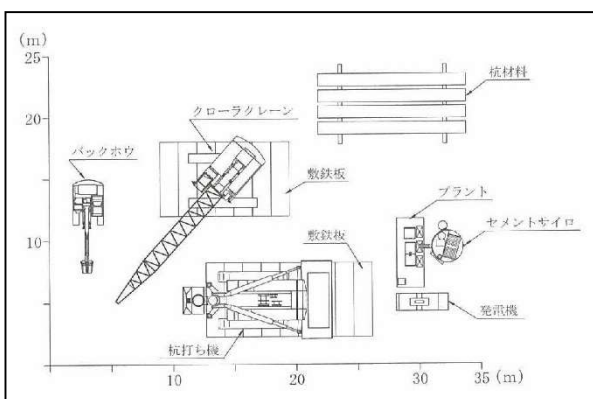


図-6 プレボーリング工法の作業ヤードの例³⁾

上記の結果から、今回適用が可能と考えられる杭基礎工法として、回転杭工法を抽出したが、杭径や杭芯間隔の関係から橋台寸法が過大となる等、工事費の増

大が懸念された。

このため、当該工事においては、道路橋示方書には掲載されていないが、今回の施工条件下でも施工可能な新工法について抽出、提案するに至った。

5. 杭基礎工法の決定（新技術の提案）

今回の業務で提案、採用された「[G-ECS PILE 工法](#)」についての主な特徴を以降に詳述する。



図-7 G-ECS PILE の特徴⁴⁾

G-ECS PILE 工法は、回転杭工法と同種の工法であり、羽根付鋼管杭を回転力により地盤に貫入する工法であるが、道路橋示方書において適用性が検証されている回転杭工法（φ400～φ1200）²⁾よりも小口径での施工

が可能である。

また、小型の専用施工機械をベースマシンとして使用するため、狭小地においても施工が可能という特徴があり、今回の現場における適用性が高いことから、基礎工法として提案するに至った。



写真-3 G-ECS PILE 工法施工状況

その他にも、「3. 施工条件」において述べた各施工条件に対する適用性を検討した結果、下記の通り対応が可能であると判断した。

施工条件①：周辺の土地利用（住宅密集地）

⇒低振動・低騒音の工法であり、建設公害対策が可能。

施工条件②：近接構造物（排水管移設）

⇒杭径を小さくすることにより橋台寸法を抑え、排水管を存置した状態での施工が可能。

施工条件③：軟弱地盤層（表層～中間層）

⇒鋼管杭を直接地盤に貫入する工法であり、軟弱な粘性土層がある地盤における適応性が高い。

これらのことから、基礎工法は G-ECS PILE 工法を採用するに至った。

6. おわりに（基礎工法選定時の留意点）

本設計では、前述の通り、当初予定していたプレボーリング工法に対して、新技術工法である「G-ECS PILE 工法」を提案、採用することにより、施工難易度の高

い施工条件においても問題なく工事を完了することが出来た。

現時点においては、杭基礎工法における施工適用性に加え、橋台基礎を小規模に出来たことにより、排水管移設が不要になる等、経済性の観点からも有効であったと判断しており、今回、適切な杭基礎工法を提案、業務を遂行出来た要因として、下記の点に留意して検討を進めたことによるものと判断している。

- ・ **設計内容の重要度の把握**

設計内容における難易度や重要性を把握し、手戻りが大きい事項から順番に検討を実施したことにより、問題の早期発見に繋がった。

- ・ **幅広い情報収集**

社内有識者や専門業者へのヒアリング等、幅広い情報収集を実施した事により、問題の早期発見と解決に繋がった。

- ・ **発注者への早期確認**

新技術採用に対して、発注者へ提案する等、採用の可否を早期に確認したことで、迅速かつ適切な検討を実施することが出来た。

上記事項は、基礎形式（工法）の検討時のみならず、設計業務全般の設計ミス減少にも繋がるものであるため、業務遂行時は日常的に留意することを心掛けたい。

参考文献

- 1) 日本道路協会：『杭基礎施工便覧』，令和 2 年度改定版，p6，2020 年 9 月 29 日。
- 2) 日本道路協会：『道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編』，平成 24 年度出版，p613，P393，2012 年 3 月 26 日。
- 3) 土質工学会：『杭基礎の設計法とその解説』，p. 173，1993 年 4 月 30 日。
- 4) 株式会社 三誠：株式会社 三誠 公式ホームページ