

## 施工計画

# ダウンザホールハンマによる支持杭の打止め管理について

東京土木施工管理技士会

奥村組土木興業株式会社

監理技術者

現場代理人

佃 幸 治<sup>○</sup>

上 田 一 義

Kouji Tsukuda

Kazuyoshi Ueda

## 1. はじめに

仮橋は、主体工事の施工前に設置され、施工後に撤去される仮設構造物であるが、重要度が高く、施工の確実性が要求される。さらに山間部で施工する場合、事前調査が不十分なことがあるため、施工しながらの臨機の対応が要求される。

当工事での仮橋は、作業員や工事用機械、資材等の運搬を行うために設ける通路や工事用の作業台として利用されるため、仮橋の安定を確保する支持杭については、確実な施工が必要であった。

現場で掘削する岩盤はCL級であり、支持杭の施工ではダウンザホールハンマ工法とバイブロハンマ工法が選定されていた。しかし、現場は起伏にとんだ地形となっているため、選定されていた2種類の工法の特徴を理解し、再度調査を行うことで確実な施工計画を立案する必要があった。

### ダウンザホールハンマ工法

- ・圧搾空気によりハンマ先端のビットを作動させ、地盤を打撃掘削し、ビット先端から排出する空気掘削土を排出する。

### バイブロハンマ工法

- ・振動式杭打ち機で強制振動を杭や鋼矢板に伝達し、先端の抵抗および摩擦抵抗を急速かつ一時的に低減させ、打ち込み、引き抜きを行う工法である。

このような状況を踏まえ、当工事で施工した仮橋の支持杭の工法選定と施工管理について報告する。

### 工事概要

一般国道9号の大田市仁摩町～大田市温泉津町間は防災対策が必要な箇所が多く、また交通事故の多発・交通の隘路箇所など多くの問題を抱えている。本工事は、このような問題を解決するため、大田市仁摩町～温泉津町間において計画している仁摩温泉津道路延長11.8kmの一環である馬路第2高架橋（仮称）、第3高架橋（仮称）の橋梁下部工事である。以下に工事概要を示す。

- (1) 工 事 名：仁摩温泉津道路馬路  
第2高架橋外下部工事
- (2) 発 注 者：国土交通省中国地方整備局  
松江国道事務所
- (3) 工事場所：島根県大田市仁摩町馬路地内
- (4) 工 期：平成19年11月7日～  
平成21年3月31日
- (5) 工 種：橋台工 3基  
RC橋脚工 6基  
仮橋工第2橋仮橋延長=167m  
(幅員6m)第3橋仮橋延長=150m



写真-1 施工前

仮橋施工地点の地盤構成は、表-1 に示すように凝灰岩・泥岩を主体とした久利層とそれを覆う崖錐堆積物により構成されていた。起点側には大江高山火山噴出物が厚く堆積しており、N値30以上の砂礫地盤も存在していたが、出現が不規則で信頼性が低かった。原設計では、図-1 に示す想定された地層縦断線から、久利層のDH・CL級岩盤層（凝灰岩・泥岩主体）が支持層として選定されていた。

仮橋の支持杭は、CL級の岩盤を掘削する必要があること、現場内の河川（沢）が琴ヶ浜（鳴き砂で有名）へ流入していることから、水処理への配慮が必要であった。このことから原設計では、想定された地層縦断線（図-1）から、ダウンザホールハンマによる砂充填工法及びバイプロハンマ工法が採用されていた。

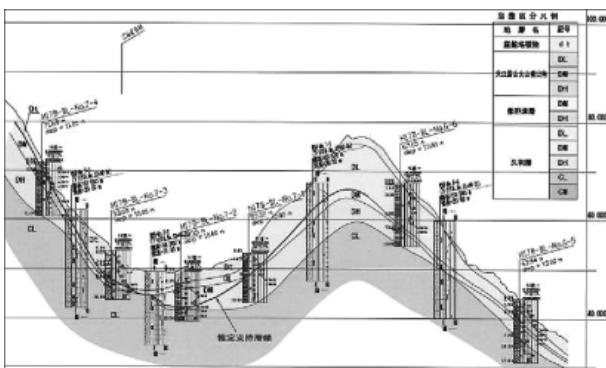


図-1 想定された地層縦断線

表-1 土質定数一覧表

| 地層名        | 区分 | 記号 | N 値 | yt<br>(KN/m <sup>3</sup> ) | C<br>(KN/m <sup>2</sup> ) |
|------------|----|----|-----|----------------------------|---------------------------|
| 崖錐層        | 粘  | dt | 13  | 18                         | 78                        |
| 凝灰岩<br>泥 岩 | 岩  | dL | 30  | 18                         | 180                       |
|            |    | dM | 104 | 19                         | 270                       |
|            |    | dH | 109 | 19                         | 278                       |
|            |    | CL | 263 | 21                         | 474                       |

## 2. 現場における課題・問題点

仮橋支持杭の施工方法については、設計段階では、ダウンザホールハンマ工法とバイプロハンマ工法が選定されていた。施工前の検討会で以下の問題を抽出した。

### ①地層縦断線

仮橋施工箇所がボーリング位置から10m 程度離れているにもかかわらず、仮橋杭の支持層が想定された地層縦断線（図-1）から選定されており、杭長の設定に不安があった。

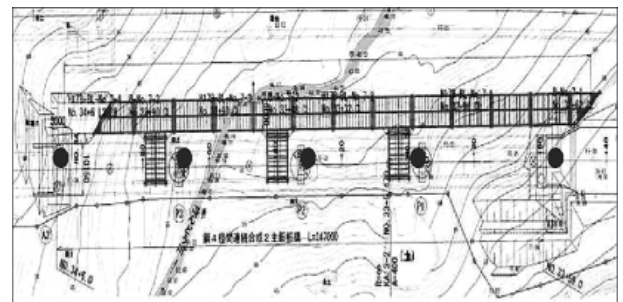


図-2 仮橋平面図

### ②表面の転石

施工箇所表面に転石があり、地中にも転石があ



写真-2 地表面の転石

る可能性が想定できた。

③支持層の確認

ダウンザホールハンマ工法では、支持層の地質によっては到達前から吹き上がる土砂の状態を目視確認することにより、支持層の確定を行う場合もあるが、今回の土質においては、ボーリングコアによる支持層判別は困難であった。

④水処理

現場内の河川（沢）は、鳴き砂で有名な琴ヶ浜へ流入しており、現場から発生する汚濁水の流入を極力少なくする必要があったため、バイプロハンマの補助工法としてウォータージェットは使用できなかった。

3. 対応策・工夫・改良点

仮橋施工時の施工検討会で抽出した問題点と対策を表-2に示す。

表-2 抽出した問題点と対策

| 問題点          | 対策                                  |
|--------------|-------------------------------------|
| ① 地層縦断線の不確かさ | ダウンザで掘削後、バイプロハンマによる最終打撃を行う。         |
| ② 施工箇所表面の転石  | 転石はバックホウで移動し、ダウンザホールで施工。            |
| ③ 支持層到達時の確認  | 支持層の確認はバイプロハンマ工法で行う。                |
| ④ 水処理        | バイブローハンマの補助工法としてウォータージェット工法を使用できない。 |

仮橋杭の施工箇所がボーリング位置から10m程度離れているため、想定された地層縦断線では、支持層深さに不安があり、ダウンザホールハンマで掘削後、バイプロハンマで最終打撃をすることにより、支持層の確認を行った。

施工箇所の表面に転石が存在する場合、打ち込み位置のずれなどが生じやすく、安全かつ正確な打ち込みができないため、掘削はダウンザホールハンマ工法により行うこととした。

ダウンザホールハンマ工法では、支持層への到達を目視により確認することになり、支持層へ確実に根入れできているか不安が残る。このため、

支持層への到達を確認するために、ダウンザホールハンマ工法により支持層付近まで掘削し、支持層の到達をバイプロハンマ工法により行うこととした。また、バイプロハンマ工法は、支持層の到達確認のために使用するため、仮橋杭施工にあたっては、特別な水の対策は必要なかった。

H鋼杭を基礎とする場合のバイプロハンマによる動的支持力管理のためにバイプロハンマ工法技術研究会は暫定的な管理式（表-3）を推奨している。この式は打撃杭の動的支持力値と、バイプロハンマで杭を再打撃することで得られた動的支持力値データを基に構成されている。このため静的載荷試験による確認データを蓄積して得られたものではないため、目安として運用することが望ましい。

表-3 バイプロハンマによる支持層確認

|                                                                                                                            |       |              |              |                       |         |                  |     |                                                                 |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------|--------------|-----------------------|---------|------------------|-----|-----------------------------------------------------------------|--|
| 工事名称:仁摩温泉津道路第2高架橋外下部工事                                                                                                     |       |              |              | 施工日 平成 年 月 日          |         |                  |     |                                                                 |  |
| 施工方法: バイプロハンマ-最終打撃                                                                                                         |       |              |              | 記録者 佃 幸 治             |         |                  |     |                                                                 |  |
| 杭 番 号                                                                                                                      |       |              |              | 打込み機械                 | 形 式     | トーメックバイプロ FM2-80 |     |                                                                 |  |
| 杭 規 格                                                                                                                      |       |              |              | バイプロハンマ               | モーター出力  | 80HP 60kw        |     |                                                                 |  |
| 杭 長 (m)                                                                                                                    |       |              |              |                       | 偏心モーメント | 3600 (kg・cm)     |     |                                                                 |  |
| 打込み長 (m)                                                                                                                   |       |              |              |                       | 振動周波数   | 1100 (cpm)       |     |                                                                 |  |
|                                                                                                                            |       |              |              |                       |         |                  |     |                                                                 |  |
| 深 度                                                                                                                        | 時 刻   | 突打込み<br>累計時間 | 打込時間<br>単位当り | 打込速度<br>(V)           | 電 流 (I) | 電 圧 (E)          | 備 考 |                                                                 |  |
| (m)                                                                                                                        | 時:分:秒 | 分:秒          | 分:秒          | cm/秒                  | (A)     | (V)              |     |                                                                 |  |
| 起動                                                                                                                         |       |              |              |                       |         |                  |     |                                                                 |  |
|                                                                                                                            |       |              |              |                       |         |                  |     |                                                                 |  |
| H形鋼杭の動的支持力管理式                                                                                                              |       |              |              |                       |         |                  |     |                                                                 |  |
| $R_u = \frac{10.2 \times PW}{\alpha V + M}$                                                                                |       |              |              | ここにPW=1.3×E×I×0.001   |         |                  |     |                                                                 |  |
| $= \frac{10.2 \times 1.3 \times E \times I \times 0.001}{0.02 \times V + 0.50}$                                            |       |              |              | $R_a = \frac{R_u}{2}$ |         |                  |     |                                                                 |  |
| V : 最終打込み速度 (cm/秒)<br>α : 速度ロス係数 (定格出力 60kw=0.02)<br>M : 機械能力係数 (定格出力 60kw=0.50)<br>E : 打止め時の電圧値 (V)<br>I : 打止め時の最大電流値 (A) |       |              |              |                       |         |                  |     | NmaX: <I>に作用する最大軸力<br>Ru: 動的極限支持力<br>Ra: 許容支持力<br>(動的極限支持力×1/2) |  |

上記より、支持杭の打止め管理において、この暫定的管理式で得られる値はあくまで目安と考え、設計必要根入れ位置での支持力確認や高止まりの際の支持力確認方法として使用し、支持層の状況、杭の根入れ長さや振幅確認、貫入量などを総合的に評価し打止めの判断を行うこととした。当現場で定めた支持杭の打止め基準を以下に示す。

- 1) 設計根入れ長以上である。
- 2) 動的支持力算定値を目安とする。
- 3) 支持杭の振幅確認
- 4) 支持杭の貫入速度が10 (mm/sec) 以下になることを目安とする。

＊項目４）の杭の貫入速度10（mm/sec）以下の確認は、項目１）～３）で確認できない場合に行うものとする。

使用するH鋼杭（H-400）の杭長については、設計長+0.5mを標準とし準備した。

先に示した打止め管理基準において、支持杭総本数208本のうち内22本が動的支持力値の確保および支持杭の振幅確認ができなかったため、パイプロハンマで杭の貫入速度が10（mm/sec）以下になるまで杭の打設を行った（最大貫入量2.5m）。杭の打設長さが長くなることにより、所定の長さが確保できないため、支持杭長さが不足した箇所については、支持杭の継足しを現場溶接継手で行い、対処した（写真-3）。



写真-3 支持杭の溶接による継足し

また、当初設計においてパイプロハンマ工法が採用されていた箇所については、パイプロハンマによる試験施工を行い、所定の深さまで貫入できなかったため、発注者と協議の上、ダウンザホールハンマ工法に変更した。



写真-4 ダウンザホール掘削状況

表-4 支持杭の支持層確認

## 試験杭打設

| 支持杭番号 | 設計     |
|-------|--------|
| P24-1 | パイプロ設計 |

## 検討項目

### 1 パイプロ工法で、施工出来る場合

| 工法   | 貫入長(m) | 確認方法  | 支持力(KN) |
|------|--------|-------|---------|
| パイプロ | 5.8    | 動的支持力 | 761.25  |

※ 現時盤から根入れ 5.8m確保

### 2 パイプロ工法で、施工出来ない場合

ダウンザホール工法にて着底

| 工法      | 貫入長(m) | 確認方法  | 支持力(KN) |
|---------|--------|-------|---------|
| ダウンザホール | 7.2    | 動的支持力 | 761.25  |

### パイプロ工法では、施工出来ない状況

| 工法   | 貫入長(m) | 確認方法    | 支持力(KN)  |
|------|--------|---------|----------|
| パイプロ | 2.0m付近 | 動的支持力不足 | 761.25以下 |

※ 2.0mぐらいで貫入不能

※ 動的支持力が、確保出来ない

※ ホーリング柱状図より、N値50以上の為貫入しない

## 支持杭打設結果

| P24-1 | 貫入長(m) | 時間     | 電流値(I) | 支持力(KN) |
|-------|--------|--------|--------|---------|
|       | 0.5    | 27秒    | 120    | 315     |
|       | 1.0    | 1分44秒  | 130    | 365     |
|       | 1.5    | 2分40秒  | 140    | 388     |
|       | 2.0    | 4分14秒  | 160    | 452     |
|       | 2.5    | 7分27秒  | 200    | 574     |
|       | 3.0    | 15分31秒 | 200    | 580     |

\* 3.0mでパイプロによる貫入不能と判断

## まとめ

\* パイプロ工法では、3m付近で貫入不能・動的支持力も確保できない

\* 仮橋施工付近に転石群がある。

## 4. おわりに

仮橋支持杭の施工において、あらかじめ選定されていた工法では、支持層到達の確認や地表面の転石の影響などについて明確ではなかった。このため、杭の支持層への根入れの確実性を高めるために、掘削時と支持層確認時の工法を分けることで、すべての杭について支持層が確認できた。

しかし、想定よりも支持層が深く杭長が長くなることもあったが、発注者・協力業者との密な打合せを通じてトラブル発生時の対応などについて決めておいたことが、工程の遅れもなく施工できたことにつながったと考えられる。



写真-5 支持杭建込み状況