

## 砂礫層における構造物の沈下

～地下水低下工による有効応力の増加と支持杭の沈下～

株式会社東日本計画  
担当技術者

伊藤 千治  
Chiharu Ito

### 1. はじめに

この度の、東北太平洋沖地震により多くの人命が失われました。そして多くの土木資産が打撃を受け、土木技術者のひとりとして大変、心を痛めているところであります。しかし、我々土木技術者は社会資本の整備を怠ることなく今後も、豊かな国土の建設を目的に、取り組みを新たに向かっ

ていかなければなりません。このような状況の中、今回の大地震の影響による津波が直撃した河川構造物（新設水門）建設に発注者支援業務の担当技術者として参画し、工事管理を実施しました。津波が直撃した構造物は大きな損傷がないが小規模な打撃被害や背面堤防の洗掘など見られることから、現在も、健全性の調査が行われている。

本稿は、当該工事施工中に構造物本体に予期せぬ沈下が発生し、原因の究明と、今後の対策について検討した内容について記述するものである。

本工事により経験した沈下の発生に対する原因の究明および対応は、今後の工事にも予防処置として活用したく後述する。

#### 工事概要

- (1) 工事名：河川水門新設工事
- (2) 発注者：国土交通省東北地方整備局
- (3) 工事場所：宮城県仙台市

- (4) 工期：平成19年10月～平成22年3月
- 施工概要

#### 水門新設

水門3門：コンクリート5,800m<sup>3</sup>

スイングゲート2門

マイターゲート1門

管理橋1橋

築堤盛土12,000m<sup>3</sup>

取付護岸1式

仮設工1式

を主たる内容として土木工事、機械設備工事の異業種企業体として工事が進められた。

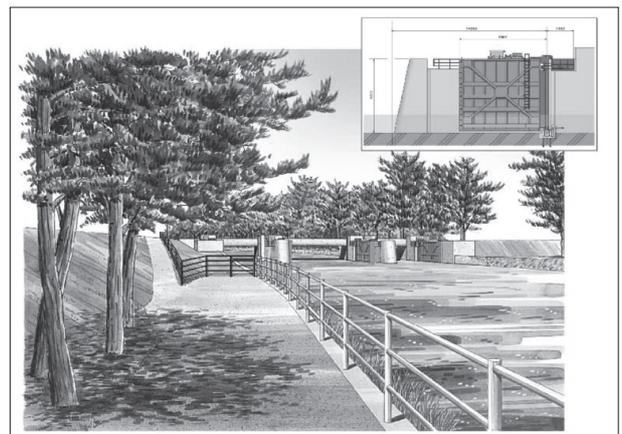


図-1 完成予想図

## 2. 沈下の経緯

本工事は、床版コンクリート（フーチング）と4本の堰柱で構成される水門で、上流に向かいP1からP4堰柱となる。工事は、1期工事を右岸側床版（フーチング）とP1、P2堰柱を構築し、仮締め切り後転流左岸側床版とP3、P4堰柱を構築する計画で進められた。また、基礎工として、自然環境への配慮（振動、騒音低減）を目的にTN工法（鋼管杭中掘先端根固め工法）が採用されていた。

第1期工事は、平成21年度に、第2期工事は平成22年度に施工された。

沈下が判明したのは、2期工事の終盤にさしかかった平成22年9月にゲート設置のため、確認測量（水準測量）を行ったところ、第1期工事に終了したP2堰柱が段階確認時より約3cm低いという結果が得られた。構造物の外観や設置済みゲートの開閉装置周辺には変状は見られず健全であったため、測量間違い有無、地下水汲み上げの影響による沈下がないかを確認するため、以下の整理を行った。

- ①基準点水準点（与点）の確認
  - ②使用した工事仮BMのトレーサビリティ
  - ③工事測量記録の再確認
  - ④施工記録（杭基礎）の再確認
  - ⑤地下水低下工法の時系列の整理
  - ⑥出来形の再確認（基準高、位置）
- 行って施工管理のプロセスを確認した。

その結果、基準点沈下損傷、工事測量のミス、基礎杭の品質に問題はなかったため沈下が発生していると判断した。沈下の発生は、1期工事の途中から始まり、転流時に収束したと予想された。

## 3. 現場における課題・問題点

### (1) 被圧地下水と基礎杭の施工

施工地においては、調査段階から地下水の存在による工事への影響が懸念されていた。本工事の根固め工は図-2『先端根固工概要図』に示すよ

うに既製鋼管杭を先行掘により圧入し先端をセメントミルクで球根をつくり杭体を構築する工法である。

基礎杭の施工計画段階で、強制排水により水替えを行い先端根固めを施工した場合、セメントミルクが排水の影響による水流の発生で不良な球根となる可能性があった。

当地では、健全

な先端根固め球根を構築するため、当初掘削を行わず、現況河川水位まで作業盛土を行い、排水による水流の発生を抑制し施工を行った。

### (2) 湧水の発生と地下水低下工法

杭施工を完了し、作業床までの掘削を開始したが、掘削途中に法面から湧水があり掘削面を構築できない状況にあった。当地は現況水路内に水門を構築する工事であり、掘削箇所は砂質土である。掘削法面からの湧水は崩壊や背面地盤陥没等を誘発する懸念があり、ウェルポイントによる地下水低下工法を採用し掘削を進めた。

床付け面付近において杭体側面を沿って、地下水が噴出す現象が起きた。その時点で施工地の地下水は、被圧地下水であることが判明した。掘削面を構築するため、ディープウェルによりさらに地下水を低下させた。

### (3) 沈下の要因

本工事では、地下水低下工法を採用した時点で留意すべき事項として、地下水を移動することによりいわば“地質の状況が変わる”ということ

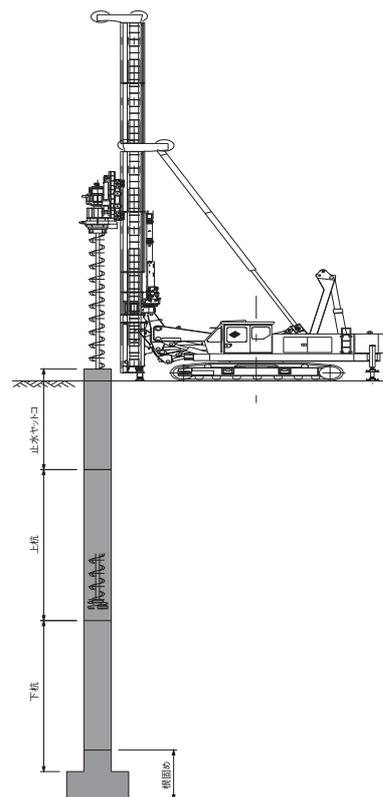


図-2 先端根固工概要図

を想定するべきであったと考える。

今まで飽和状態であった施工地の地層は、深層から地下水を汲み上げることにより不飽和となり、均衡が保たれていた土粒子の結びつきが崩れ、圧密された状態となったと考えられる。

一般的に砂質層を基盤とする構造物では圧密沈下はないと思われているが、文献などをみると地下水低下工法を採用した場合の例が数点報告されている。

それは、砂質地盤で沈下には影響がないと考察した粘土層の薄層があり、地下水低下工により有効応力が増加し沈下に至ったというものであった。

そこで、本施工地での今後の沈下を予想するため Debeer の式で検証した。

検証の結果、本構造物は水替え中に約 3 cm 程度の沈下が生じるとの結果が得られた。実際の現場は、検証の結果とほぼ同様の 3.4cm の沈下量が確認されている。

本構造物は剛構造の基礎を基本とし、沈下は生じないという設計思想である。しかし、地下水低下工法により有効応力が増加し、僅かな粘土層(沈下が起こりうる地層)において沈下が促進されたものと考えられる。

その後の観測により、地下水低下工撤去後90日を経過しても沈下は確認されず沈下は収束したと考えられる。

沈下収束確認後、沈下した箇所の高上げを完了し構造物として次の工程に進んだ。

#### 4. おわりに

本施工地の支持杭は、予定深度と地質条件、施工管理の方法によって品質が確保され、健全なものになる工法である。現場では、基礎杭が健全であれば“沈むはずがない”と言う先入観がもたらしたトラブルでもあったと考えられる。

掘削、および設計変更対応の補助工法である地下水低下工の影響により地盤を改変してしまい沈下が発生するかもしれないといった予防処置を、施工段階で見逃してしまった。

インターネットの文献等では、類似した事例が多く掲載されている。このような文献からも極稀ではあるが起こりうる事象であったにもかかわらず予防できなかったことは非常に残念である。

今回のように、現場で発生する諸問題に迅速に対応し、もてる知識や技術力を駆使し施工に当たることは、通常のことである。しかしながら今回の事例は、対策工を講じて発生した予期できなかったトラブルであるが発生の原因のひとつとして、地下水低下による有効応力の増加を導き出した。

現場において実施していたことは

- ①基準点・水準点、仮ベンチマークの定期的な確認
- ②地下水低下工実施時の揚水量のデータ管理
- ③周辺井戸、表面沈下の有無の確認
- ④出来形管理測定箇所の増設
- ⑤出来栄の確認
- ⑥ベテラン職員による見た目の水平度のチェック
- ⑦沈下観測の自動計測
- ⑧自動計測のリアルタイム監視

などといった、物理的な管理と、目で見えた感覚的な管理が融合し、早期の異常の発見と原因の特定を導き出したものであると考えられる。

また、IT 技術により沈下収束の根拠となる定量的なデータを得ることができた。

技術者は、安全・低コスト・良品質を供給できる者が優秀な技術者とよばれる。併せて、最終的にエンドユーザーが安心して使用できる土木資産をのこすことが重要であると考えられる。

当該構造物は今回の大震災の津波により大打撃を受けた。また、本事業は河川堤防を新設し国民の財産を守るべくして始まった事業であったがその守るべき地域が跡形も無く消えてしまい今後の補修、再構築の是非が問題となっている。

地域の復興は、従前の地域性、利便性等を考慮しつつ安心・安全な生活圏の再興が望まれるが、電力供給をはじめとし、地域性の存続や、安全な場所での集団コミュニティー構築、教育施設へのアクセス等数え切れない課題が蓄積している。

特に電力供給は、低コストの原子力エネルギーに30%依存し、低コストの文化的で便利な生活をしてきた現在から自然エネルギー等を使用した高コストで文化的で便利な生活に切り替えなければならないと考えられる現状において、安全な生活圏の復興はどんな歪みが出てくるのか不明である。

土木技術者として思うことは、利便性・安全性・経済性・発展性等のバランスのとれた復興を望むところであると共に、エンドユーザーに不安を抱かせないインフラ整備を望むところである。

最後に、被災地の1日も早い復興を願う。