河川仮締切内に構築する堰柱基礎杭へ作用する被圧地下水低下対策

鹿島建設株式会社東北支店　　正会員　　○　嵯峨正己
同　　上　　千田　茂

１．はじめに

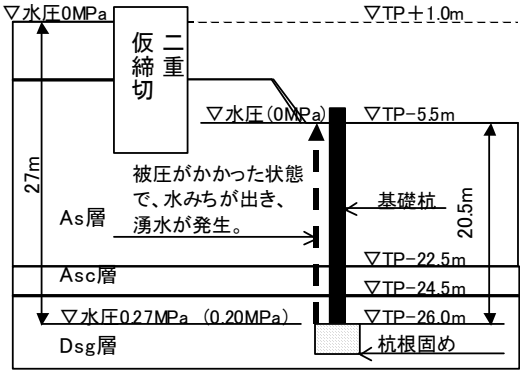
当工事は秋田県中央部にある八郎潟最下流部分で、河川を三回に分けて締め切り、その内側で既設防潮水門（延長 389m，水門数 10 門）を壊しながら新しく防潮水門（同規模）を構築するものである。この内、一回目の仮締切内施工時（一次施工）に堰柱基礎杭の打設後、杭周面から被圧地下水と思われる湧水が発生し、杭の健全性に影響を及ぼす懸念が想定された為、載荷試験と解析により、地盤強化・湧水処理等の必要な対策を行った。引続き二回目の仮締切内施工（二次施工）では、スーパーウエルポイントによる地下水低下対策により無事施工を完了した。

写真－1　防潮水門工事状況

２．一次施工時における湧水発生と対策工法実施

(1) 湧水の発生状況

防潮水門の主要部分である堰柱と中間床版は、それぞれ鋼管杭とＰＨＣ杭による基礎支持形式で、杭打設は、杭内部をオーガーで掘削しながら圧入し、杭先端が砂礫層（Dsg 層）に到達した時点で根固めを行う、中堀先端根固め工法を採用した。事前には被圧水があることを確認できなかったが、杭打設完了後、基礎床付掘削をした段階で杭周面から湧水が発生していた（写真-2）。この原因調査の結果、砂礫層の上に形成している厚さ 2.0～3.0m の不透水層（Asc 層）に、基礎杭打設により水みちを作ってしまい（図-1）、掘削地盤面に噴出してきたものとわかった。



図－1　湧水発生概念図

(2) 杭の健全性確認

基礎杭は、先端支持力の他に周面摩擦力も加味しているため、湧水した杭について衝撃式載荷試験と水平方向載荷試験を行った。この結果、杭の周面摩擦力は3,779kNで、設計極限周面摩擦力2,736kN以上の数値となったが、水平方向変位量は許容変位量1.0cmを超え、変位量を抑える対策が必要となった。

(3) 対策工法の検討と実施

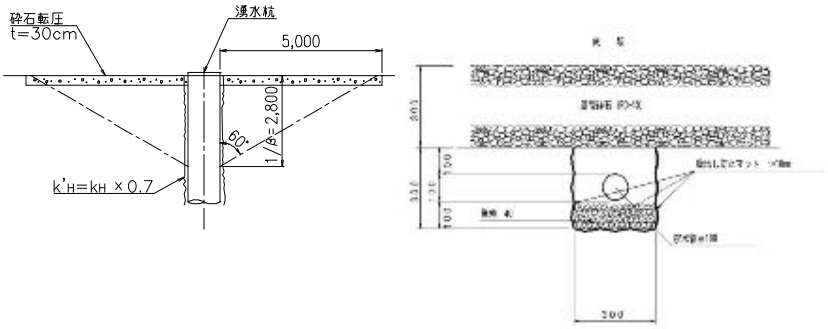
対策工法は、湧水を堰柱基礎外面に逃がしながら杭の水平変位位量を抑止させることを目的とし、表-1に示す３つの対策工法の中から、『①基礎砕石置換え工法』(図-3)に決定した。

写真－2　湧水発生状況

表－1　対策工法比較検討表

工法概要	①基礎砕石置換え工法	②地盤改良工法	③ｺﾝｸﾘｰﾄ充填・置換え工法
工法概要	杭天端から30cm下部分まで床版全面を砕石に置き換える。	杭天端から30cm下部分まで床版全面をｾﾒﾝﾄ固化材等で地盤改良する。	杭内部にｺﾝｸﾘｰﾄを充填し、更に床版全面を50～100cm程度ｺﾝｸﾘｰﾄで置換える
排水暗渠設置	設置可能　◎	設置可能　○	設置不可　×
工　　期	18～22日（1ﾌﾞﾛｯｸ平均3日）	30～35日（1ﾌﾞﾛｯｸ平均5日）	42～45日（1ﾌﾞﾛｯｸ平均7日）
コスト（材工とも）	150～170万円（1ﾌﾞﾛｯｸ約25万円）	150～170万円（1ﾌﾞﾛｯｸ約20万円）	1,600～1,700万円（1ﾌﾞﾛｯｸ約260万円）
期待される効果	砕石を締固めることで、十分な強度を確保でき、湧水の排水効果も高い。効果：大	固化材を均一に混合しないと、十分な強度を確保できない。改良材が十分固化できるよう止水対策が必要。効果：中	杭を剛結することで、水平変位抑制に対しての効果は大きいが、ｺﾝｸﾘｰﾄが十分固化できるよう止水対策が必要。効果：中
評価	◎	○	×

実際の施工ではまず湧水処理として、各堰柱内で湧水した杭同士を□300×300の排水暗渠で繋ぎ、堰柱基礎外側に設置した釜場より強制排水した。次に基礎床付面に砕石（RC-40）を敷き、コンバインドローラー等で十分に締固め、杭頭部変位に対して強固な地盤を構築させた（写真-3）。施工後は乾燥した床付面が出来上がり、その後堰柱構築工事は、湧水による影響を受けず施工性・品質を確保できた。



図－3　基礎砕石置換え工法と排水暗渠設置

写真－3　対策工法施工状況

３．二次施工時における地下水低下工法の選定と実施

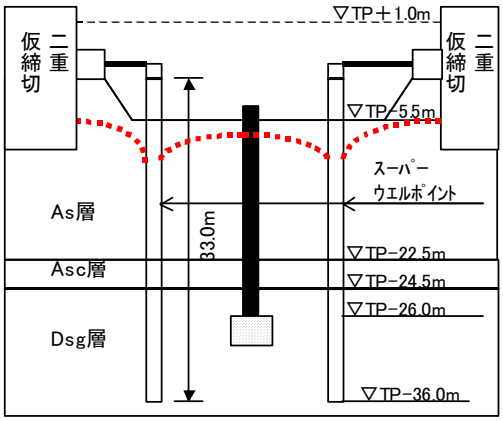
(1) 地下水低下工法の検討

二次施工も一次施工と同じ土質条件であるため、基礎杭周面からの湧水の発生は避けられないと想定し、被圧地下水を低下させる方法を検討した。施工法として、『スーパーウエルポイント工法』、『ディープウエル工法』の中から、工期・コストを含めた比較検討を行った結果、支持地盤の被圧水を確実に排水でき、更に設置工事期間も短く工事費用が安価な、『スーパーウエルポイント工法』に決定した。

(2) スーパーウエルポイントの施工

スーパーウエルポイントとは、深井戸工法（ディープウエル）に上蓋をかけ井戸内を真空にすることで、大気圧の力を利用し、従来の２～５倍に集水能力をあげたものある。堰柱基礎床付け面（TP-5.5m）まで水位が下がる範囲を算定し、堰柱構築箇所下流側に 2 本設置した（図-3）。

スーパーウエルポイントの揚水量及び地下水位観測では、全揚水量平均 4.20m^3/min で、理論計算から求めた支持層の全揚水量 4.28m^3/min に対して同等の値となり、また地下水位は TP-6.0m 付近まで常に下がっており、被圧地下水を確実に排水していることが確認できた。その後堰柱構築工事はドライワークで工事が進められ、基礎杭の健全性も確保できた（写真-4）。



図－3　ｽｰﾊﾟｰｳｪﾙﾎﾟｲﾝﾄ設置図

写真－4　二次施工基礎杭状況

４．むすび

一次施工は、想定していなかった基礎杭からの湧水現象発生により、杭の水平変位を抑え健全性を確保する対策をおこなったものの、衝撃式載荷試験と水平方向載荷試験の結果次第では、更に止水対策を行わなければならない等、リスクが大きい問題に発展しかねなかった。このため二次施工では、基礎杭施工前に被圧地下水をスーパーウエルポイントで下げておき、杭外周部に水みちを作らせず杭の健全性を確保したこと、また仮締切内がドライな状態に維持できたこともあって、一次施工時における工程の遅延を挽回し、堰柱構造物の更なる施工性・品質及び安全性の向上に寄与し、この地下水低下対策が十分効果をあげた。