

取水槽構築における埋立地盤対策と躯体品質向上への取り組み

鹿島建設(株) 正会員 ○平田浩一 松永義晃 本家辰登 三宅隆裕

1. はじめに

JFE スチール株式会社西日本製鉄所倉敷地区が位置する水島臨海工業地帯の大部分は、西暦 1600 年頃に始まった干拓や埋立で誕生した人工改変地である。戦後、大型船舶を入港させるために、泊地の浚渫に着工し、発生する浚渫土砂で埋め立てて工業用地を造成し、1961 年旧川崎製鉄水島製鉄所（現 JFE スチール(株)）を開設し、1965 年に操業が開始されている。

本工事は、倉敷地区に新たに建設するボイラー及び蒸気タービン発電機等のプラント設備工事に関連する、海水取水設備基礎躯体工事（幅 12～14.5m×長 28.2m×深 11.5m 壁厚 0.3～1.0m）である。

以下に、N 値 0 の埋立地における地盤改良工と土留め鋼管矢板を構造体の一部とした躯体の漏水防止対策を実施した。土留めの完全止水とコンクリートのひび割れ低減対策実績について報告する。

2. 工事における課題

今回施工する取水槽は、土留めが鋼管矢板であり継手部からの漏水が懸念された。さらに、鋼管矢板を本体利用する設計のため、外部拘束によって躯体のひび割れが発生する懸念があり、漏水対策の検討が必要であった。また、N 値 0 の地盤における掘削作業でのトラフィカビリティ確保と床付面の盤ぶくれが課題であった。

2-1 鋼管矢板継手部からの漏水

土留めの鋼管矢板 $\Phi 1,000$ は支給品で、継手部は P-P 継手であった。P-P 継手は継手接合部にモルタル等を直接あるいはベントナイト材等を袋詰して装填するため、止水性に優れている継手とされている。しかしながら、地表面から 2～5m の表層が鉋砕混じりの堅固な土砂で、継手部に固結した鉋砕が詰まり、打設後の止水処置に支障を来す可能性が高く、十分な止水効果が期待できないことが懸念されたことから、別の方法が求められた。鋼管矢板継手部背面から表面コンクリートに漏水が発生する概念図を図-1 に示す。

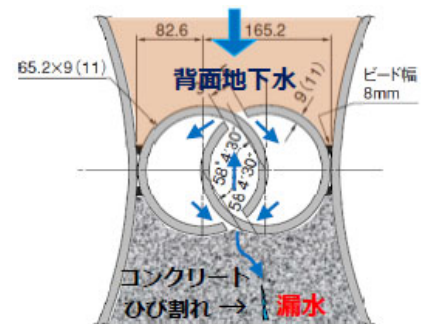


図-1 継手部漏水概念図

2-2 土留め内掘削時のトラフィカビリティ改善

掘削においては、N 値 0 のシルト質の軟弱地盤における掘削機のトラフィカビリティ改善が課題であり、パワーブレンダー工法（以下、PB 工法）による地盤改良を選定した。一方、PB 工法における最低セメント添加量 70kg/m³ で室内試験をしたところ $q_u=1,000\text{kN/m}^2$ を超える値となり、掘削には不適な強度発現であった。強度発現を抑えつつ、適度なトラフィカビリティ確保について、配合と施工検討が必要とされた。

2-3 取水ピット底盤部盤ぶくれのリスク

鋼管矢板内掘削時の鋼管矢板の安定性の確保、掘削施工時の盤ぶくれ防止対策、および底部からの被圧水対策のため、底盤改良工として高圧噴射攪拌工法（ジェットクリート工法：以下、JC 工法）を採用した。当工事は、躯体鋼管杭を避けた改良配置が必要であることと、鋼管矢板際の凹凸でスラリー噴射が阻害されて未改良部が発生することが懸念されることから、未改良が発生しない施工順序検討、配置計画が求められた。

2-4 ひび割れ幅の抑制

他社施工の同様な槽構造物において側壁コンクリートからの漏水が原因とされる重大品質トラブルの発生を受けて、躯体コンクリートの水密性の照査を要求された。また、躯体コンクリートのひび割れからの漏水により、取水した海水と混ざること避けたいという発注者の強い要望もあり、温度応力解析を実施し、ひび割れ抑制対策を提案することとなった。

キーワード 地下躯体、地盤改良、高圧噴射攪拌工法、漏水対策、温度応力解析

連絡先 〒732-0814 広島市南区段原南1-3-53広島イースビル 鹿島建設(株)中国支店土木部 TEL082-553-7920

3. 施工実績

3-1 鋼管矢板継手部からの漏水防止対策

当初、鋼管矢板の継目部には、鉄板（ $t=6\text{mm}$ ）を溶接し、背面からの漏水を防止する計画としていたが、それ以上の対策を求められた。従来、鋼管矢板継手の漏水対策は薬液注入工が一般的に行われるが、完全な漏水対策（止水）を要求されたため工法の比較検討を行い、鋼管矢板と密着した改良体を造成することが可能で、より高い遮水効果が期待できる底版改良と同じJC工法にて施工を行った。一般にJC工法は、排泥処理コストがデメリットとなるが、当現場では排泥を自ら利用することでコスト削減に繋げた。図-2に鋼管矢板継手部の漏水防止対策を示す。

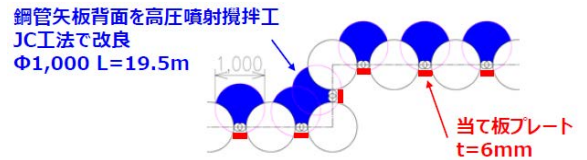


図-2 継手部漏水防止対策

3-2 鋼管矢板内掘削時のトラフィカビリティ改善

掘削土の大半はN値0~5程度の粘性土であり、浅層混合や敷鉄板を移動させる方法では多大な労力と時間を要し安全リスクも高いことから、PB工法を採用した。当該地区の実績からバックホウ作業に適するコーン指数は概ね $q_c=600\sim 800\text{kN/m}^2$ であり、コーン指数と一軸圧縮強度は $q_c=(5\sim 10)q_u(\text{kN/m}^2)$ の関係から、配合計画を行った。PB工法で規定されているセメントスラリーの最低セメント量では、過剰な改良強度であったことから、最低セメント量以下で配合目標強度（室内： 200kN/m^2 、現場： 100kN/m^2 ）を設定し、高炉セメントB種（ 50kg/m^3 ）、水セメント比：780%で一軸圧縮強度 179kN/m^2 が得られ現場に採用した。なお、セメント量が過少の場合、スラリーの攪拌が不均一になることが懸念されたが、今回の土質には攪拌状態に問題はなかった。

3-3 取水ピット底盤改良における対策

底盤改良では鋼管矢板下端と改良体の下端深度が同じ場合、改良体と鋼管矢板の隙間から地下水が浸入する恐れがある。そこで外周部を50cm深く根伸ばして施工し、鋼管矢板下端と改良体を密着させ漏水による品質トラブルを回避した。また、本設鋼管杭を打設しており、干渉し合うことで未改良部が発生するリスクがあったため、有効径 $\Phi 1.8\text{m}$ と $\Phi 3.5\text{m}$ の改良体の再配置を行った。

3-4 ひび割れ抑制対策

温度応力解析において、セメント種類の変更、混和材（膨張材）を添加する5ケースで検討した。解析の結果、低熱ポルトランドセメント+膨張材（30-15-20L+E）が最も良い解析結果となった。温度応力解析イメージを図-3に示す。

ひび割れ指数から予想ひび割れ幅が最大部位で 0.74mm となった。要求される水密性が確保できないため、更なる対策が必要となった。予想ひび割れ幅は、ひび割れ指数と鉄筋比から算出され、鉄筋比を大きくすることで小さくなり、その鉄筋比は鉄筋を太くするか、ピッチを狭くすることで大きくなる。協議の結果、ピッチを狭くすることは充填不足の懸念が生じるため（壁の打設高は最大4m）、鉄筋径を太くすることとした。打設部位により配合を変え、鉄筋径も1ランク又は2ランク太くすることで、予想ひび割れ幅を最大 0.34mm に半減することができた。さらに、コンクリート打設後に、想定以上のひび割れが発生した場合は、必要に応じて補修を行う方針とした。

4. まとめ

懸念された土留め支保工撤去による鋼管矢板の変位や鋼管矢板継手部からの漏水に対し、JC工法の採用などにより完全な止水を実施できた。また、地盤改良工によるトラフィカビリティ確保、底盤改良の外周部根伸ばしおよび改良体の再配置・有効径変更により底盤部の不具合は無く、鋼管矢板凹凸部も未改良箇所は無かった。顧客の要求品質を満足する完全な止水処置を行えたことを確認できた。

受水槽躯体においても目立ったひび割れは発生しておらず、最大 0.34mm のひび割れ予想となった側壁においては、3.5ヶ月程度経過後もひび割れは無く、所定の要求品質を確保することができた。

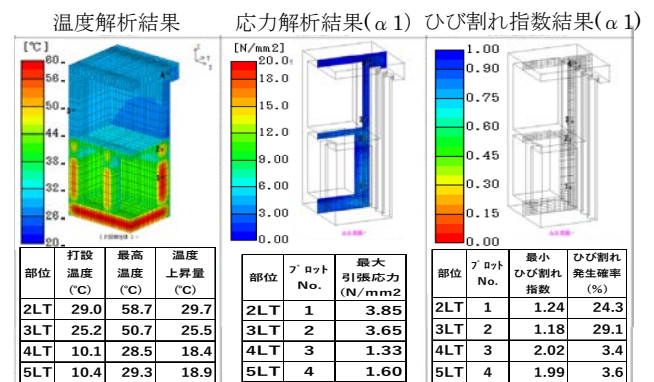


図-3 温度応力解析イメージ