

インドネシア ジャカルタ中心部を洪水被害から 防御する排水機場の機能回復と防潮堤の建設 —プルート排水機場緊急改修計画—

八千代エンジニアリング(株)
国際事業本部
矢野 敏雄



八千代エンジニアリング(株)
国際事業本部
石沢 克信



(株)安藤・間
国際事業本部
アジア支店
中元 哲也



(株)安藤・間
国際事業本部
アジア支店
前場 洋之



プロジェクトの背景

インドネシア共和国(インドネシア)のジャカルタ特別州は、低平な扇状地に位置し、そこを南部山岳地帯に源を発する10本の河川が貫流するという地形的条件から、長年にわたり洪水被害がくり返されてきた(図-1参照)。

また、近年ジャカルタ首都圏では、過度の人口集中、無秩序な住宅密集地の形成、過剰な地下水の汲み上げによる地盤沈下により、特に都市内の洪水被害とそれに対する脆弱性が增大している。近年では、1976年、96年、98年、2002年、07年に大規模な洪水が発生していることに加え、13年1月17日に発生した洪水は過去最大の被害をジャカルタ特別州に与えた。このプロジェクトでも、工事現場周辺が冠水して大きな被害を受けた(写真-1参照)。

現在、ジャカルタ中心市街約42.1km²の雨水排水は、3か所に設置されている排水機場によって処理されているが、中でもプルート排水機場は約34.2km²の排水区域を受け持つ最も重要な施設である。この排水機場は、写真-2に示すように東、中央、西の排水機場から構成されており、そのうち最も古い東排水機場は、建設から45年以上経過して老朽化が著しい状況にあった。こうした中で、2008年の雨期に入ってから、長年の地盤沈下の影響で生じた建物底面と地盤との隙間を通る大規模なパイピング現象が発生した(図-2参照)。この事故により海水が陸側の調節池へ流入する事態となり、東排水機場は機能を停止した。

当初、この排水機場の管理者であるジャカルタ特別州は自力で緊急復旧を行い、運転を再開することを目指していたが、結局、自力での復旧は困難であると判断し、インドネシア政府は2009年6月に日本政府へ支援を要請した。



インドネシア全体図



図-1 位置図



写真-1 2013年1月17日洪水時の現場周辺の状況



写真-2 プルート排水機場全景

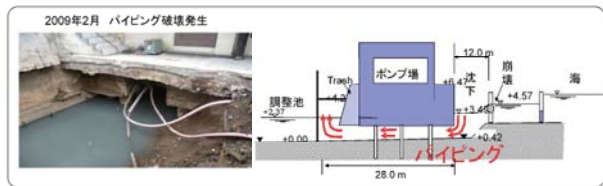


図-2 建物下へのパイピング現象

プロジェクトの概要

本プロジェクトはジャカルタ首都圏の重要な雨水排水施設であるプレイット排水機場(東排水機場)の機能回復と防潮堤建設を目的とした無償資金協力事業である。

以下に概要を述べる(図-3)。

【案件名】プレイット排水機場緊急改修計画(A国債 本体)

【工事箇所】ジャカルタ特別州プレイット

【発注者】公共事業省水資源総局チリウンチサダネ事務所

【維持管理】ジャカルタ特別州公共事業局

【受注者】施工:株式会社安藤・間

監理:八千代エンジニアリング株式会社

【実施期間】2012年3月27日～2014年11月15日

【施設概要】

1) 東排水機場

- ・建築:鉄筋コンクリート造3階建
のべ床面積 約400m²
鋼管杭基礎(φ1,000mm)
- ・排水設備:排水ポンプ
3基(縦軸斜流形式 5.0m³/秒/基)
地上配管方式(口径1,500mm)
自家発電設備 1式(1,500kVA)
除塵機 3台
水平ベルトコンベア 1台

2) 防潮堤

- ・形式:自立式鋼管矢板 φ1,200mm
- ・海上施工:フローティングクレーン+バイプロハンマー

3) 仮設備工事

- ・作業構台:覆工版形式
- ・仮設土留:鋼管矢板一重締切φ800mm
鋼管矢板二重締切φ1,200mm

4) 付帯工事

- ・場所打ちボックスカルバート(1層3径間)
- ・船舶防衝杭(鋼管杭 φ800mm)
- ・角落とし(2か所)

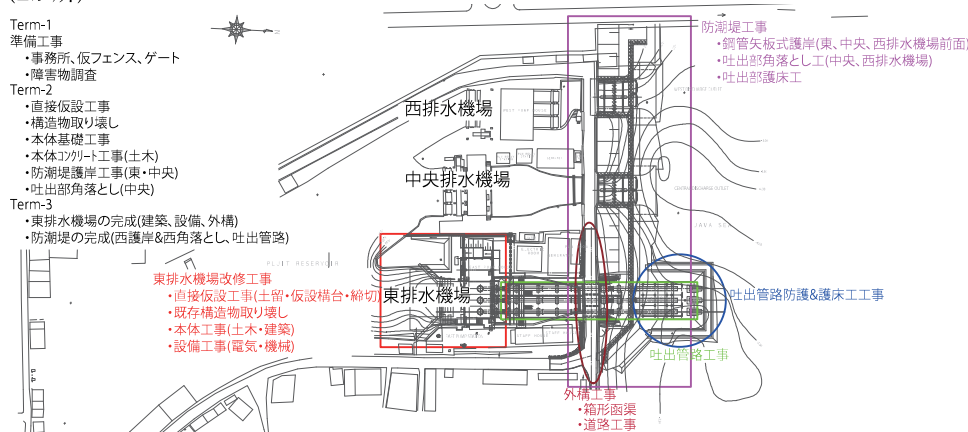


図-3 工事全体内容

施工上の課題と対応

(1) 施工上の課題

本工事の施工上の課題として、以下の点が挙げられる。

① 近接構造物への影響把握

工事は、隣接する排水機場(中・西)に近接した工事となるため、これらの排水機場の運転機能に影響を与えない工事進捗が求められる。特に、鋼管矢板打設・締切内掘削・基礎杭打設時の近接構造物への影響把握が重要となる。

② 既設構造物の調査と撤去

既設の東排水機場を取り壊した後、同位置に新たに排水機場を建設する。特に、既設の排水機場の建設年代が古く、基礎構造に関するデータがないことから、事前に地中障害物調査を実施して工程への影響を把握することは、工程・品質管理のうえからも重要となる。

③ 地盤沈下

工事区域周辺はジャカルタ市内でも特に地盤沈下の進行が著しい地域である。また、対象地盤が軟弱なため、地盤の安定に配慮した施工が重要となる。

④ 排水機場の運転確保(雨期・乾期洪水対策)

本プロジェクトの設計段階では、中央・西排水機場前面の防潮堤工事は、乾期の期間中に各排水機場の運転を交互に停止して施工する計画であった。しかし、工事着手後、排水機場を維持管理するジャカルタ特別州の要請により、両排水機場の運転を確保した状態での防潮堤工事の実施を要請され、これを満足する施工方法の立案が課題となった。

(2) 課題への対応

本プロジェクトの目的である排水機場機能の早期回復と防潮機能の確保を満足しつつ、上記の施工上の課題に対し、以下に述べる対応を行うことで工事は順調に進み、当初予定であった2014年4月の東排水機場運転再開と防潮堤の機能回復が可能となる予定である。

①近接構造物への影響把握

現在稼働中の中央排水機場建屋が近接しているため、工事による影響把握を目的として地盤内の沈下と側方変位を観測する計測機器を設置するとともに、既存建屋の水準測量を実施して工事を進めた。その結果、中央排水機場の建屋へ影響を及ぼすことなく、無事に土木工事を完了した。

②既設構造物の調査と撤去

1) 既存排水機場

プルート排水機場の中で、最も古い東排水機場は45年以上前にオランダの援助で建設され、その後、中央・西排水機場が順次整備された。最も新しい西排水機場は2002年にインドネシア公共事業省により施工された。

今回のプロジェクトの対象である東排水機場の竣工図は、建築建屋を除いてほとんど失われており、この工事の進捗に最も影響する基礎杭に関する資料は皆無であった。このため、試掘調査を実施して土留め鋼管矢板打設ライン上の地中障害物の有無を調べてから土留め施工計画を立案した(写真-3参照)。調査で分かった障害物を避けるため、東西の土留めラインを外側に変更した。



写真-3 鋼管矢板打設ライン上の試掘調査

既存の構造物の取壊しに際しては、ポンプ室の構造が既存資料とは異なり、底版部分の部材厚さが大きいことが判明した。このため、取壊しに想定以上の日数を要し、全体工程に影響を与える事態となった。対策として、土留め支保工の構造変更を行い、大型の取壊し機械が稼働できるスペースを設けた。また、土木工事後に予定される建築建屋の工事着手に遅れを生じさせないように、土木工事部分を3ブロックに分け、優先順位の高い建築建屋基礎部分(北側ブロック)を先行着手する施工計画へと変更した(図-4参照)。

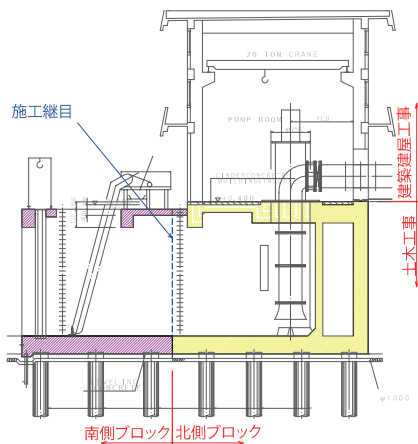


図-4 施工区分(3分割)

2) 防潮堤吐け口

防潮堤工事では、中央・西吐け口の構造に関する資料がなく、流水の濁度が高いため水上からの目視もできないことから、潜水調査を実施した。しかし、数cm先の構造物の存在を確認するのが限界であった。このため、吐け口海底面下の構造物の確認は全てボーリング調査により行った。

施工が進んだ現時点では、中央排水機場の吐け口の一部分が完成し、水路内を排水して目視調査が可能となった。その結果、吐け口構造の詳細が確認でき、既存の障害物を考慮した施工検討が必要となっている(写真-4参照)。



写真-4 中央排水機場吐け口全景

③地盤沈下

前述の通りジャカルタ市では、長年の地下水汲み上げによる地盤沈下が頻発している。特にチリウン川河口に位置するプルート排水機場周辺は、もともとの軟弱な地盤に起因する圧密沈下もあり、年間10cm程度の沈下が生じている地域である。一例として、長さ300mの支持杭で支持されたベンチマークと周辺地盤との相対沈下を写真-5に示す。

このような相対沈下の影響は、構造物の支持方式の違いで最も顕著に表れることから、種々の設計・施工上の配慮を行った。その例として、新防潮堤が既設護岸と接続する部分については、既設護岸との固定を避けてスライド可能な接合方式とした。また、排水方式も通常の樋管方式とはせず、地上配管方式を採用することで、旧東排水機場の事故原因となったパイピング現象を防ぐこととした。



写真-5 ベンチマーク(BM)と周辺地盤との相対沈下の例

写真-6
中央排水機場前面の
吐け口の分割施工



吐け口を2分割施工して、通水を確保

④排水機場の運転確保（雨期・乾期洪水対策）

工事開始時の防潮堤施工計画では、東排水機場が事故で稼働停止状態にあることから、前述の通り乾期（4～10月）に中央・西排水機場の運転を順次停止して、吐け口工事を行う計画であった。しかし、たび重なる洪水被害の発生と施設の老朽化による突然のポンプ停止のリスクを恐れたジャカルタ特別州からの要請により、中央・西排水機場の運転を継続したうえで、防潮堤工事を進める計画に変更した。その詳細は、写真-6に示すように、吐け口に設けられる「角落とし」の海側の部分を先行して施工することで、既存吐け口の通水を確保しつつ、当初の予定であった2014年4月の東排水機場の運転開始と同時に、防潮堤としての機能を担保するものである。

これにより全体の工事期間は7か月延長されるが、防潮機能の保全是当初予定通り達成可能となる。

今後の災害リスクへの提言

継続する周辺の地盤沈下に加え、世界的な気候変動の影響で、プリーツ周辺の水害・高潮に対するリスクは、このプロジェクトの準備調査段階から比べても確実に増していると感じられる。本プロジェクトで完成する新東排水機場およびプリーツ排水機場前面の防潮堤により、ジャカルタ首都圏の排水機能は回復されるが、今回改修の対象とならなかった中央・西排水機場においては、旧東排水機場の運転停止事故原因となったパイピング現象の可能性が残る。また、排水機場周辺の既存防潮堤についても、継続する地盤沈下の進行に伴い、相対的に潮位が高まり続けている。

以上のようなプリーツ排水機場周辺の状況を、このプロジェクトの施工を通して得た知見をもとに示す。写真-7は、現在の中央排水機場吐け口に架かる既存橋梁を排水路内部から撮影した写真である。橋台はなく水路側壁であるコンクリート矢板の笠コンクリートの上に、橋桁が直接支持されている。また、主桁・床版の損傷が激しく、鉄筋の腐食も進んでいる。現在、この橋を通過する車両は、乗用車・軽トラックとモーターバイク程度であるが、早急な架け替えが必要で

あると考える。

図-5には、今回の調査でわかった現防潮堤の詳細構造を示す。この防潮堤は過去に改修と嵩上げが行われ



写真-7 中央排水機場吐け口前の橋梁内部

ているが、今後も地盤沈下が続く限り、嵩上げを続けなくてはならない。また、今までと同程度の速さで地盤沈下が進行した場合には、早晚、海水面が防潮堤天端高さを越えるため、海水が陸地側に進入する可能性が高くなる。

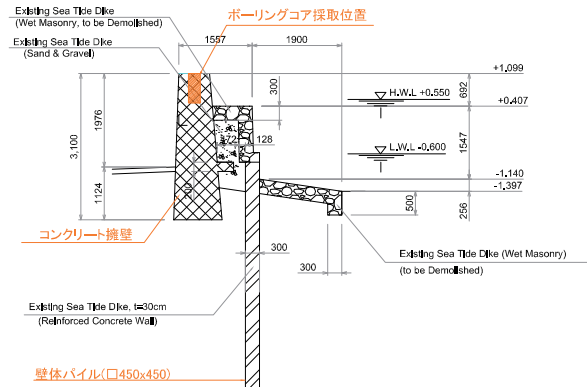


図-5 既存防潮堤の構造

おわりに

本プロジェクトは、プリーツ排水機場前面の防潮堤と東排水機場の改修工事を援助対象としている。先に述べたような現状が放置された場合には、重大な被害の発生リスクが高くなるのは明らかであるため、このリスクについてインドネシア側への情報提供と助言を続けていく考えである。

最後に、このプロジェクトの実施においてご支援・ご助言を頂いた大使館およびJICA関係者の皆様に、この紙面をお借りしてお礼申し上げます。