

民間工場の洪水対策に向けた止水壁及びBCP構築の実績

鹿島建設(株) 正会員 ○久保 英之
 鹿島建設(株) 正会員 武地 真一
 鹿島建設(株) 正会員 福田 光央

1. はじめに

稼働中の工場機能を止めずに6か月という短工期で洪水対策壁(写真-1)を設計・施工し、事業者のBCP(事業継続計画: Business Continuity Planning)構築を支援した取り組みについて報告する。

事業者である弘前航空電子(株)(以下「HAE」と称す)は、青森県弘前市の岩木川と平川に挟まれた箇所に立地する、携帯電話のコネクター等の精密機器を製造する企業である。近年、全国各地で大規模水害が頻発しているが、国交省ハザードマップによれば当地は3mの浸水が予想された(図-1)。このため、工場及び工場内の精密な製造機械を守り、生産・供給をストップさせないため、雪解けの4月から工事着手し、台風シーズンの8月末までの完成を目標として、工法検討並びに設計と施工の工夫、BCP構築を行った。



写真-1 完成写真(正門)



図-1 ハザードマップと現場位置

2. 工事概要

本工事の工事概要を表-1に、全体平面図を図-2に示す。

表-1 工事概要

工事名	弘前航空電子 洪水対策工事	工事場所	青森県弘前市清野袋
事業者	弘前航空電子株式会社	工期	2020.04.01~2020.09.30
主要工事数量	【止水壁工】鋼矢板Ⅲw(全長8.5~10.0m):延長約1200m 【止水門工】RC:450m ³ ,地盤改良工:270m ³ ,鋼管杭(全長8.0~10.0m):32本 アルミ製止水門:4基 【逆流防止工】逆流防止バルブ:13箇所 【雨水排水工】柵:22箇所,ポンプ:20基		

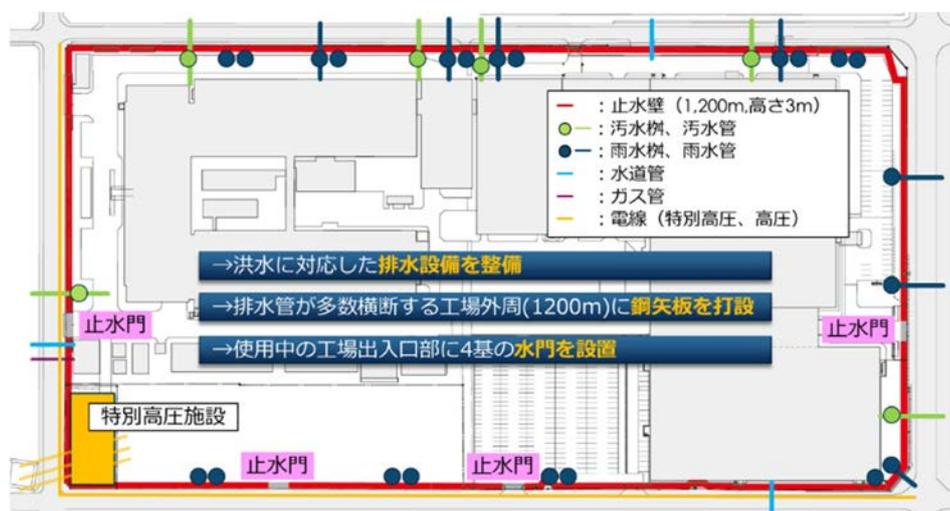


図-2 全体平面図

キーワード 大規模水害, 洪水対策, 止水壁, BCP, 鋼矢板, リードレス工法

連絡先 〒107-8348 東京都港区赤坂6-5-11 鹿島建設株式会社 土木管理本部 TEL03-5544-0614

大規模降雨や河川の氾濫に備え、工場外周を止水壁及び止水門で囲い、場外からの流入防止及び場内から場外へ排水を行う各種設備を構築した。

止水壁は鋼矢板により構築した。ハザードマップによる想定浸水深さが 3.0m 未満であることから、止水壁の高さは 3.0m を基本とした。地表面は不陸があるため、全体の地盤高の最低点からの突出長が 3.0m となる天端高さを設定し、不陸に併せて鋼矢板の突出長を 2.65m～3.0m と調整することで壁高さを一律に揃えた。洪水時の水圧に対して現地の地盤条件を踏まえて設計し、根入れ長は 5.85m～7.0m とした。

工場外周には出入り口としてアルミ製止水門を 4 箇所設置した。止水門の支点部は杭基礎の RC 構造とし、止水門支点部のコンクリートに止水壁（鋼矢板）を埋め込んで一体化することで、取合い部の止水性を確保した。更に止水門支点構造を合理化させる目的で、止水門と止水壁に作用する水圧を切り離すために、可とう矢板を用いた(図-3)。

また、止水壁を構築することで、洪水時は止水壁の内外に水位差が生じる。この場合、工場敷地外の汚水及び雨水の人孔等に雨水が流入し、汚水及び雨水管を通じて、敷地内へ水が逆流することが想定される。これに対し、汚水・雨水管に逆流防止バルブを設置した。加えて、洪水時は工場敷地内に降る雨水を排出する機能がなくなるため、敷地内が浸水することが想定される。これに対しては、工場敷地内の外周に排水ポンプを設置した。

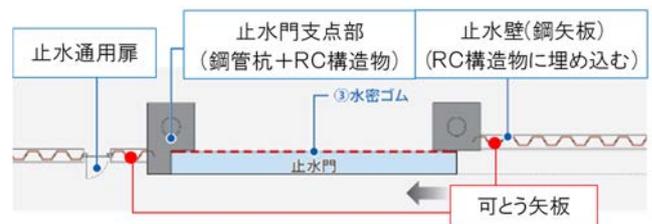


図-3 止水門と止水壁の取合い（平面図）

3. 設計、施工上の課題

(1) 操業中の工場敷地内での施工

操業中の工場であるため、工場敷地内に十分なスペースはなく、狭隘な場所での施工や特別高圧電線直下での施工となる。特別高圧施設部では、敷地境界と特別高圧施設との離隔が 70cm 程しかなく、上空 18m には特別高圧電線が横断しており、電力会社の要請から、電線と 4m 以上の離隔を取って施工しなければならない(図-4)。そのため、狭隘部や上空制限のある場所でも施工できる工法を選定する必要があった。加えて、止水壁予定地に埋設されている污水管やガス管についても配慮が必要であった。



図-4 特別高圧電線部

また、一般者の目に触れる止水壁は工場の外構の一部として遜色のない仕上がりとし、周囲の環境に溶け込む美観を備えるべきと考えた。

(2) 既設排水管の逆流対策

工場外周に設けた柵には雨水や工場からの汚水が流入し、公共の本管へと排出される。一方で河川氾濫によって周辺地域が浸水した場合、工場敷地外の雨水が、既設の雨水管・污水管を通じて敷地内へ逆流してることが想定された。そのため、工場外周に存在する全 13 箇所の既設排水管（雨水・汚水）に、通常時の排水を維持することを前提に、大規模降雨が発生した際には逆流防止を行える対策を施す必要があった。

(3) 大規模降雨時の敷地内降雨への対応

止水壁が構築され、逆流防止バルブを閉めた場合、敷地内に降った雨水の排水先がなくなるため、場内が

浸水することが想定される。場内降雨による浸水に対処するために、ポンプ等による強制排水を行う必要がある。排水設備の様子は降雨条件に大きく左右されるが、多様かつ激甚化している近年の災害に対し、過去に検討事例も少ないことから、どの程度のリスクを考慮するのか正解を見出すことは難しかった。

(4) 洪水時のBCP構築

BCPに大切なのは、築かれたハードをどう運用するかにある。構築された止水壁や止水門、排水設備を災害時に誰がどの時期にどう使うか、加えて洪水時に設備がきちんと機能を果たすべく、適切に維持管理することが求められる。これらを踏まえ、総合的かつ長期的な計画を事前に策定しておくことが必要であった。

4. 本工事の取り組み

(1) 操業中の工場敷地内での施工

止水壁に考えられる工法を表-2に示す。この中で大規模なプレキャスト部材を構築するL型擁壁はクレーン作業を伴うため、狭隘部や架空線直下での施工が困難である。また、重力式擁壁ではコンクリート打設が多く、天候による工程遅延リスクが高い。加えて、これらは洪水時に施設外の水位が高くなることによる擁壁底部の地盤に対するボイリング対策が必要となるため、コストが大きくなる。他に、PCコンクリート矢板は鋼矢板と違って溶接で継ぐことができないため、分割施工できず、架空線直下で電線との離隔が確保できない。

これらのことから、コスト・工程を両立でき、狭隘部での施工も可能な工法として、バックホウをベースマシンとするリーダレス工法による鋼矢板を選択した。リーダレス工法はオーガー先行掘削・鋼矢板建込・打設を1台で施工可能であるため、狭隘な箇所でも複数の機械が錯綜することなく施工ができ、また、鋼矢板は溶接で継ぐこともできるため、1本を分割すれば低空頭部での施工も可能である(写真-2)。建物と敷地境界が3.2m程である狭隘部ではベースマシンがひと回り小さい施工機械(RX2300:0.8m³級、一般部はRX3300:1.2m³級)を使用した。また台風シーズン前に止水壁機能を完成させるため、図-5に示す①～⑤の5台の施工機械を同時施工して工程を確保した。

既設埋設管が止水壁を横断する部分は、図-6に示すように鋼矢板を部分的に短く歯抜けの状態にした。歯抜け部の両側は、補強鋼矢板(IVw型、一般部はIIIw型)で埋設管を挟み込み、構造的安定を確保した。さらに、歯抜け部からのボイリング対策として、幅3.5m、奥行き1.5m、深さ1.5mの範囲をセメント改良

表-2 止水壁の工法比較

工法	工程	コスト	狭隘部	美観	総合評価
鋼矢板	◎	○	○	※	◎
PCコンクリート矢板	△	△	×	○	×
PC製L型擁壁	△	○	×	○	△
現場打ちL型擁壁	×	○	×	△	×
重力式擁壁	×	◎	×	△	△

(※) 装飾が可能

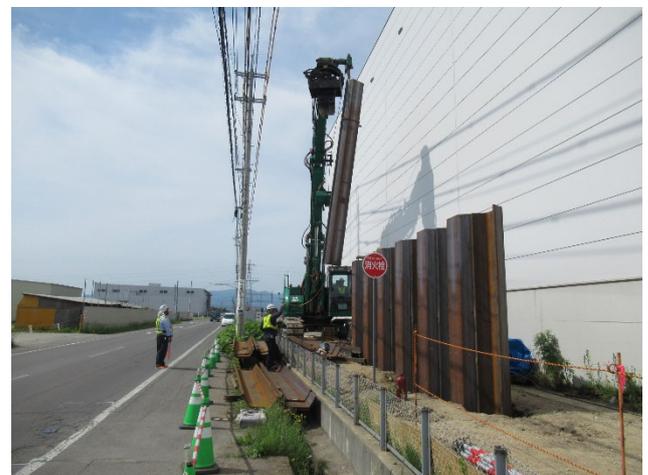


写真-2 リーダレス工法による鋼矢板施工状況

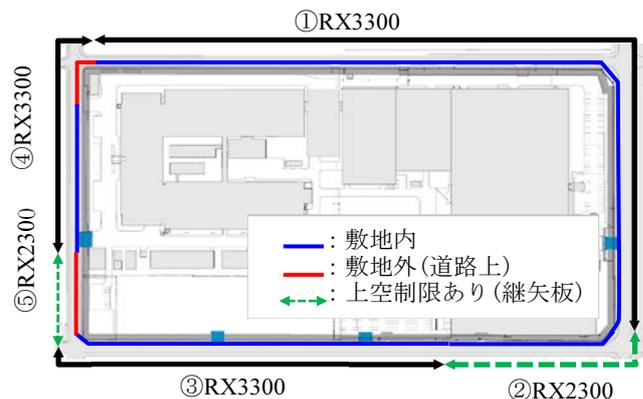


図-5 施工分割図

した。

鋼矢板の美観向上対策として、ビル等で使用する外壁材を鋼矢板に被覆した。外壁材は、押出し成形セメント板（アスロック）と角波鋼板（ガルバリウム）を採用し、場所毎に選定した。第三者の目に触れる機会の多い正門周りの外側を重厚で見栄えのするアスロック、敷地内側を含めたその他を低価格なガルバリウムを選定し、周囲の環境になじむ白系に統一することで、コストと美観を両立させた。

(2) 既設排水管の逆流対策

逆流防止装置の設置状況を写真-3に、概要を図-7に示す。既設の場内排水管と公共本管の間に新規にバルブを入れる柵を設け、バルブ柵に接続する配管に逆流防止バルブを取り付けることで、通常時の排水機能を損なうことなく、大規模降雨発生時にのみ逆流防止バルブを閉じて敷地内への逆流を防止することができる構造とした。場内に既設の污水公設柵がある場合、逆流してきた雨水を止めるためには、開口部となる公設柵よりも下流側の管に逆流防止バルブを設ける必要がある。また、公設柵は官民境界のそばにあることが一般的であるため、止水壁と公設柵の間にバルブ柵を構築するスペースが取れない場合が多い。このため、公設柵を上流側に移設してバルブ柵を設置した。なお、逆流防止バルブは維持管理を含めたライフサイクルコストを比較検討しステンレス製とした。

(3) 大規模降雨時の敷地内降雨への対応

排水設備の仕様は降雨条件に大きく左右される。多様かつ激甚化している近年の災害に対し、過大な条件設定はコスト過剰となり、条件不足は災害時に用を成さない。本工事では、リスク対策専門部門及び設計部門が事業者を含めて綿密な事前検討を行い、許容するリスクレベルを設定し、これに対応する施設設計を適切に行った。

基本条件となる時間当たり最大雨量については弘前市の最大降雨量、24時間総雨量についてはハザードマップ（1,000年に1回程度）で想定している降雨量を基準とし、これに安全率1.5倍を見込んだ値を設定した。なお、敷地内の許容浸水深さは各施設の浸水可能高さまで至らない水位かつ、洪水時に歩行可能な限界高さとして40cmに設定した。

計画条件から、排水ポンプは75kW（直径150mm）の

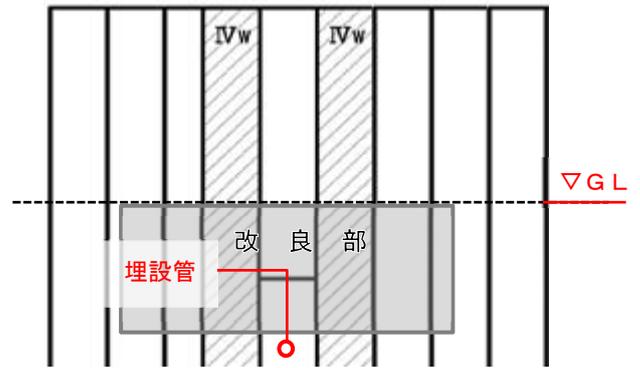


図-6 埋設管近接部の止水壁構造例



写真-3 ポンプ・バルブ柵内部（雨水）

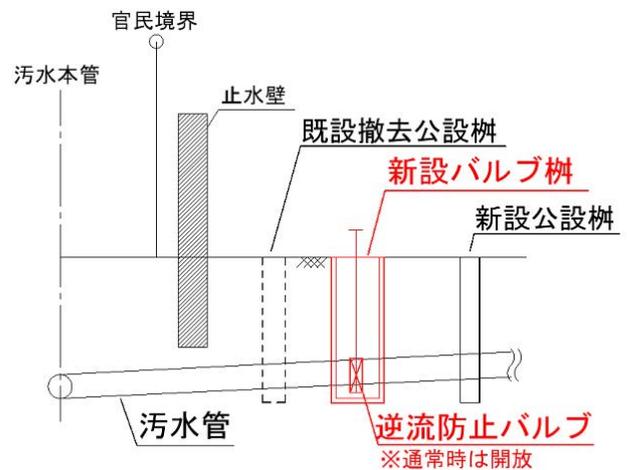


図-7 逆流防止工の概要（污水）

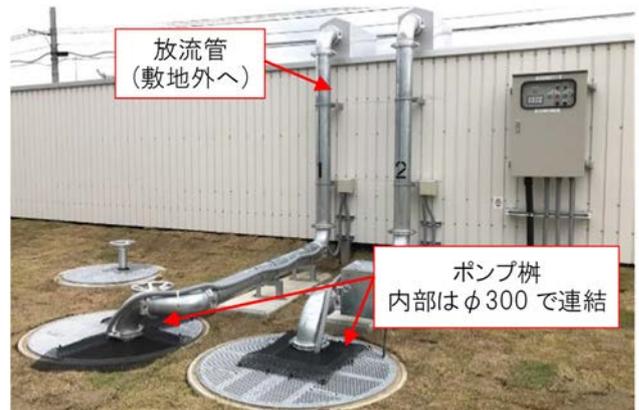


写真-4 雨水排水設備（敷地内）

ポンプ 20 台とし、既設雨水排水にポンプ柵を設けてバルブを併設し、常時と洪水時の排水を行う。排水ポンプは各所 2 台設置し、敷地内に溜まった雨水は放流管（直径 150mm）を通して敷地外へ排水する。ポンプ柵には上部から雨水が流れ込むように、格子状のグレーチング蓋を設置した(写真-4)。外側の排出口は、通行人に圧迫感を与えないようにカバーをかけ、鳥等の侵入（営巣）防止のため、網掛けした(写真-5)。敷地外への上空からの排出に関しては、排水が必要なレベルでの降雨があった場合には、大雨特別警報、もしくは大雨警報が発令されていると考えられるため、第三者への影響はないと想定した。吐出量が 2.5m³/min のポンプ 20 台を稼働させることで、3000m³ の雨水を 1 時間で排出することができる。これにより、想定した最大規模の降雨に対して、約 12 時間で雨水を全量排水し、工場の操業を早期に再開させることができる。

排水ポンプの電力は、災害時には停電していることが想定されるため発電機を設置することとした。地域の特性として冬季には洪水の恐れがないことから、インシヤルコスト抑制と凍結や燃料劣化によるメンテナンス性を考慮して出水期のみレンタルする計画とした。なお発電機は、浸水高さを考慮して高さ 50cm の基礎上に設置した。

(4) 洪水時のBCP構築

ハード対策（洪水対策壁）を構築しただけでは、災害対策は十分とは言えない。ハードを使いこなすソフト面の整備を行うため、各設備の操作方法や操作に要する所要時間、タイムラインを記載した災害時マニュアルを作成した。災害の発生前は雨量や河川水位、市区町村や気象庁等から発表される警戒レベル情報等が随時更新されていき、それらを注視しながら初動対応を適切に行うことが肝要である。そこでタイムラインには、「いつ」「誰が」「何をするか」に着目して、市区町村及び気象庁の避難情報や注意報、警報を元に警戒レベルを定め、警戒レベルに応じた防災行動とその時系列を整理計画した。また、人的、物的被害の抑制も重要であるが、目的はBCPの構築である。したがって災害マニュアルでは警戒解除後の操業再開の初動までを一連の流れとした。また、マニュアルには定常時の維持管理方法も付記した。

事業者の今後の災害訓練や維持管理を想定し、全操作を実演すると共に、誰でも操作可能なこと、操作時間が適正なことを確認した（写真-6）。

5. おわりに

近年、日本各地で頻発する大規模水害に対し、全国で洪水対策が求められている。現場条件に見合った技術・工法を駆使して、ハード面の洪水対策を整備することが土木技術者に求められるが、併せて事業者のBCP構築を念頭に置いたソフト面の計画・対応が重要である。本稿が今後の同種工事の参考になれば幸いである。

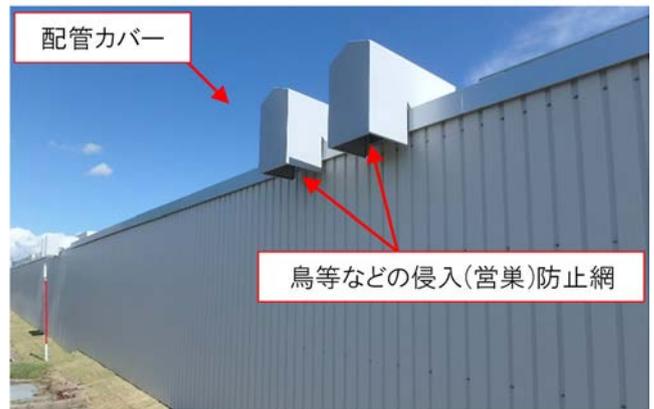


写真-5 雨水排水設備排出口（敷地外）



写真-6 操作実演状況