

旭化成(株)日向化学品工場 BCP 対応における津波防潮堤の設計・施工

旭化成(株)	正会員	○和田香納子		
	非会員	湯川啓介	非会員	高津智彦
(株)IABC	正会員	本橋英樹		
五洋建設(株)	正会員	荒木 智	正会員	岡本彩加

1. はじめに

旭化成(株)では、BCP 対応として全社的に建築物の耐震補強、高圧ガス・消防法該当設備の耐震補強等に取り組んでいる。この内、延岡支社においては、東日本大震災直後の 2011 年より「震災・津波プロジェクト」を発足させ、工場並びに地域の安全・安心を最優先に地震・津波対策を行ってきた。特に、南海トラフ地震の発生確率が 40 年以内に 90%とされる中、沿岸部の日向化学品工場においては、津波への対策が急務であった。人命確保の面から 2014 年工場敷地内に標高 18m の津波避難タワーを設置した。設備面では、工場敷地外周(図-1)に高さ 4~5m の防潮堤を建設、2021 年に完成した。基本計画より、3 次元津波解析(以下、3D 解析と呼ぶ)を用いて詳細な浸水状況を把握した上で構造・高さを決定、防潮堤設置後の周辺地域への影響についても問題無いことを確認した。建設工事においては、BIM/CIM を用いることで、操業中の工場における施工管理や地中部施工(液状化対策)の可視化を行った。本稿は、日向化学品工場の津波対策として、3D 解析とそれに基づく防潮堤の設計及び施工管理に BIM/CIM を活用した事例を報告するものである。



図-1 敷地平面図

図-1)に高さ 4~5m の防潮堤を建設、2021 年に完成した。基本計画より、3 次元津波解析(以下、3D 解析と呼ぶ)を用いて詳細な浸水状況を把握した上で構造・高さを決定、防潮堤設置後の周辺地域への影響についても問題無いことを確認した。建設工事においては、BIM/CIM を用いることで、操業中の工場における施工管理や地中部施工(液状化対策)の可視化を行った。本稿は、日向化学品工場の津波対策として、3D 解析とそれに基づく防潮堤の設計及び施工管理に BIM/CIM を活用した事例を報告するものである。

2. 津波解析の手法

津波解析は、波源を含む遠洋海域を計算する平面 2 次元解析モデルと沿岸海域から陸域までの数 km 範囲を計算する 3D 解析モデルを組み合わせたモデル^{1),2)}を採用した。(図-2)に 3D 解析領域(赤枠)を示す。

3D 解析には 3 次元汎用流体解析ツール OpenFOAM³⁾のソルバ interFoam を用いる。interFoam は、VOF 法を採用した界面を捕獲する不混和流体の非圧縮性・等温の 2 相流のソルバであり、Navier-Stokes 方程式と連続の式を有限体積法で空間を離散化し、PIMPLE 法により圧力と流速を計算する手法である。また、時間の離散化には Euler 1 次精度陰解法を、空間の離散化には 2 次精度の中心差分を採用している。

検討の手順としては、1) 防潮堤の無い場合(対策前)の 3D 解析による工場と周辺地域の詳細な浸水状況を把握し、地震に伴う地盤沈下を考慮した工場敷地周辺の最大浸水深と最大流速を推定する。2) 推定した最大浸水深と最大流速を基に、防潮堤の高さと形状を決め、津波対策モデルとして 3D 解析モデルに配置し、3D 解析で防潮堤に作用する津波の波力、敷地内の浸水状況と周辺地域への防潮堤による影響などを調べる。(図-3)の a)と b)は、それぞれ対策前と対策後の 3D 解析の 1 例(津波襲来時)を示す。対策前 a)に対し、対策後 b)が工場敷地内への大規模浸水を防ぎ、設備の浸水流出被害を低減していることが分かる。



図-2 3D 解析領域

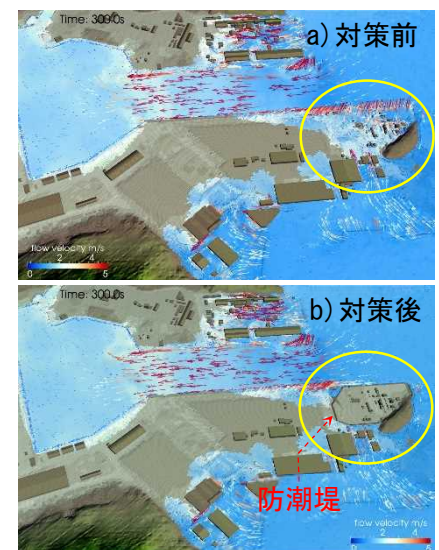


図-3 3D 解析のイメージ

キーワード BCP, 3 次元津波解析, 津波防潮堤, BIM/CIM, 液状化対策

連絡先 〒882-0856 宮崎県延岡市旭町 2 丁目 1 番地 3 旭化成株式会社 生産技術本部 土木建築部 TEL0982-22-2572

3. BIM/CIM を活用した施工管理

本工事における BIM/CIM の取組を以下に紹介する。

(1) 防潮堤の構造と液状化対策工法

防潮堤の天端高は、3D 解析で算出した津波高さに各種沈下量を見込んで設定した。工場施設が近接する狭隘部を直立堤、その他の一般部は傾斜堤とした。なお、地盤の液状化対策は、現場条件等を考慮して SCP 工法、CPG 工法、DV 工法を選定した。

(2) BIM/CIM による施工管理

工場の操業を止めずに施工するため、工事の進捗に伴い物流車両の運搬経路を変更する必要があった。そこで施工実績を 3D モデリング(図-4)し、施工進捗に応じて変更になった運搬経路を関係者間で共有することで、工場内の安全性向上を図った。次に C 区間においては、当初 SCP 工法で改良予定だったが、TP-0.8m~TP-5.0m 付近に想定外の間硬質層が存在したため、一部 CPG 工法に仕様変更した(図-5)。実績モデルを作成していたため、SCP 施工済み箇所と CPG 施工箇所の空間配置が容易に把握でき、関係者間で迅速に合意形成を行うことができた。

(3) BIM/CIM を用いた施工情報の一括管理

地盤改良部の実績モデルには、施工位置、改良深度、使用した材料、施工日等の施工実績が属性付与されており、施工後の事後調査結果も PDF で実績モデルにリンク付けされている。防潮堤の実績モデルには、固化処理土(傾斜堤)の一軸圧縮強さやコンクリート(直立堤)の圧縮試験記録等の品質管理記録、ならびに出来形管理表がリンク付けされており、1 つのモデルですべての施工情報が確認可能になっている(図-6)。今後は、維持管理で得た記録を追加しつつ、有事の際や新たな事業計画に活用していきたいと考えている。

4. おわりに

大津波のような低頻度激甚災害に対する経験知は希薄であるため、3D 解析による対策前後の浸水や流速・波圧動画は、本社及び延岡支社の管理部門、技術部門と設計者・施工者との対話ツールとして役立った。また、BIM/CIM 活用で工事進捗に合わせ物流車両の運搬経路を変更する等、関係者間の迅速な合意形成を行い、工場操業を停止することなく防潮堤工事を実施し BCP 上のリスク低減を実現した。

参考文献

- 1)原田ら：入門・数値地震工学ー生産・社会インフラ施設の地震・津波対策の基礎知識と数学的方法ー，技報堂出版，2021.
- 2)本橋ら：広域 3 次元津波シミュレーションにおける造波境界の設定方法，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.70-No.2，2014.
- 3) OpenCFD's HomePage： <http://www.openfoam.com>.

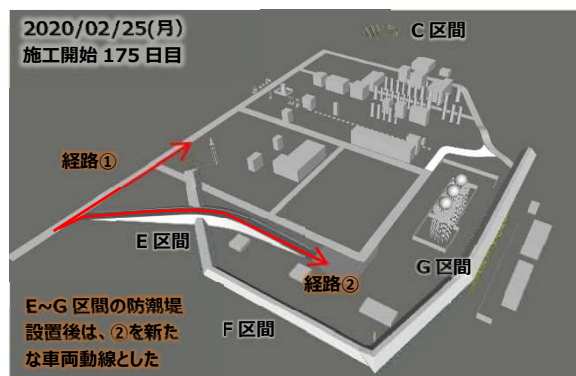


図-4 BIM/CIM による進捗管理

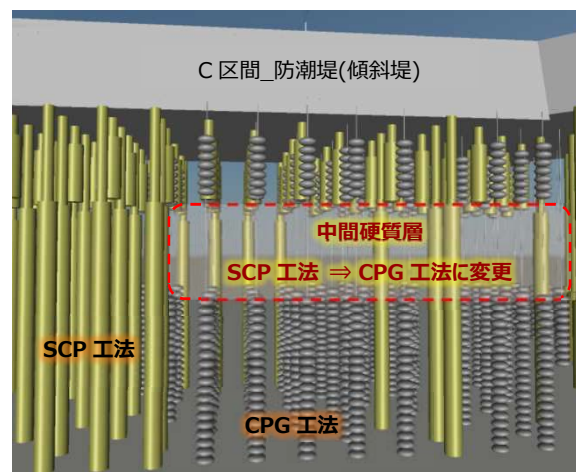


図-5 中間硬質層による工法変更箇所

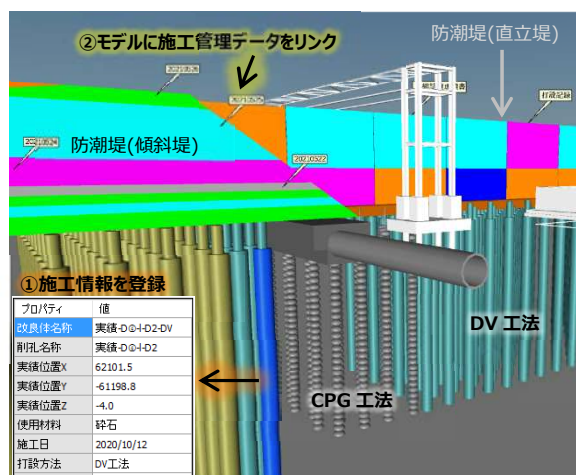


図-6 施工情報の一括管理