

苫小牧港周文ふ頭耐震強化岸壁の設計における CIMの活用

室蘭開発建設部苫小牧港湾事務所

○坪井 百花
菅原 健司
本間 薫

苫小牧港東港区周文ふ頭の耐震強化岸壁の設計に当たり、設計箇所が軟弱かつ複雑な地盤条件であることから、地盤改良工法を含めた最適な構造を選定するため、3次元化した地質・土質モデルにより、地質リスクの把握、適切な土質特性の評価を行った。また、施工の効率化、工期短縮など生産性向上のため、設計初期段階で港湾利用などの制約条件に対し、フロントローディング、コンカレントエンジニアリングを行った。

キーワード：CIM、フロントローディング、コンカレントエンジニアリング

1. はじめに

(1) 苫小牧港東港区周文ふ頭2号岸壁について

本施設の整備は、苫小牧港東港区における北海道の農水産物等のフェリー貨物やバルク貨物の非効率な輸送体系の改善を図るため、浜厚真地区において新たに水深9m、延長270mの岸壁を整備し、地域産業の競争力強化を推進するとともに、耐震強化岸壁とすることにより、サプライチェーンの強靱化、災害対応力の強化を図ることを目的としている。

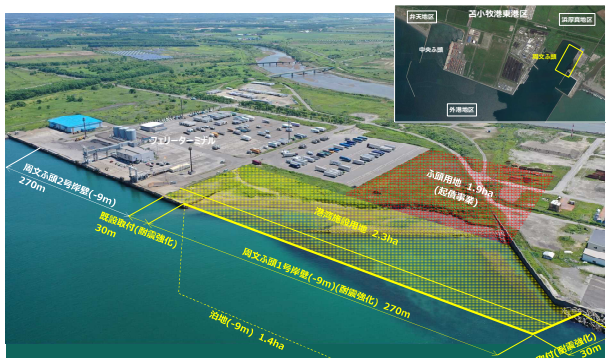


写真1 苫小牧港東港区周文ふ頭2号岸壁設計位置

岸壁構造については、コスト縮減はもとより、非常に軟弱な地盤であることに加えて、施工箇所に隣接する岸壁がフェリーに利用されていることから、施工の効率化や工期短縮が可能で、かつ地盤改良工法を含め、耐震性に優れる形式を選定する必要がある。

このため、設計初期段階で港湾利用などの制約条件に対し、フロントローディング、コンカレントエンジニアリングを行った。

(2) 設計段階におけるCIMの活用

近年、建設業における生産性向上の取組として、これまでの2次元の図面に基づく作業から、3次元の電子データの利活用への転換が進められており、CIMは生産性革命のエンジンとして期待されている。

3次元の電子データを利活用した生産方式で、よく使われる用語として「フロントローディング」と「コンカレントエンジニアリング」がある。

フロントローディングとは、初期の工程（フロント）において負荷（ローディング）をかけて集中的に検討する手法であり、後工程で生じそうな仕様変更や手戻りを未然に防ぎ、品質向上や工期の短縮に効果がある。

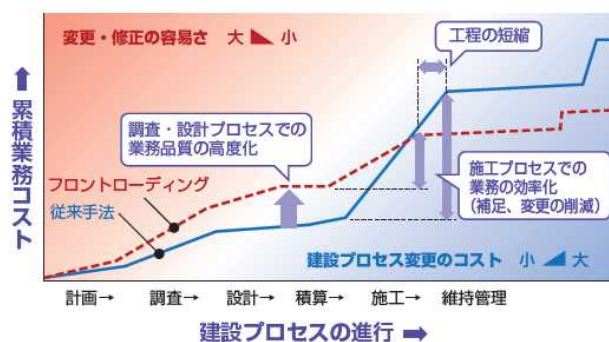


図1 「フロントローディング」イメージ¹⁾

また、コンカレントエンジニアリングとは、製造業等での開発プロセスを構成する複数の工程を同時並行で進め、各部門間での情報共有や共同作業を行う手法であり、開発期間の短縮やコストの削減に効果がある。

当該岸壁の整備では、コスト縮減、施工の効率化、工期短縮の検討にあたり、設計段階からCIMを活用し、これらについて取り組むことにしている。

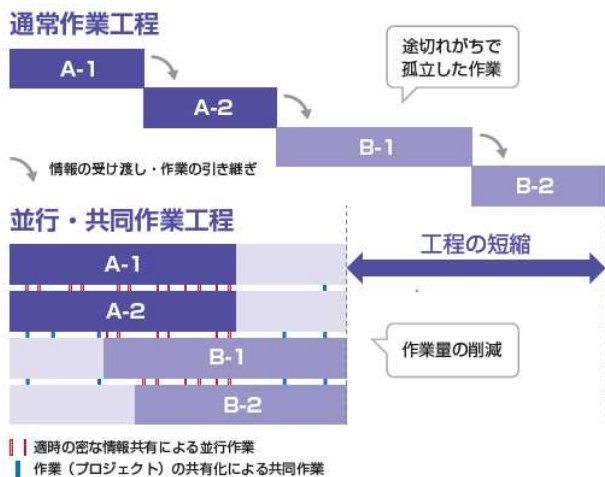


図-2 「コンカレントエンジニアリング」イメージ¹⁾

2. 設計に当たってのフロントローディング

(1) 土質モデルの3次元化による設計条件への反映

岸壁建設予定地は、湿地帯を主とする「札幌ー苫小牧低地帯」の一部である勇払低地に位置し、支笏カルデラの斜面を刻む小河川や、北東部から幅1~2km程度の谷底平野をもつ安平川や厚真川が南流している。（図-3）



図-3 周辺地域の地質図

また、当該箇所は、東港区建設時に切替工事を行った旧厚真川の河口であり、段丘堆積物、火山灰および沖積層と湿原堆積物、氾濫原堆積物が、複雑に構成する地質となっている。このため、既存の地質調査で得られている軟弱な土層の広がりや層厚を詳細に把握する必要があるため、既存調査を補完するため、令和3年度に新たに5箇所の地質調査を追加、合計14本の地質調査結果により土質条件を設定することとした。

これまでは、2次元による断面図を作成することとなるが、岸壁法線方向3断面、直角方向3断面が交差する地質想定図となり、平面的な広がりや把握が困難であることから、3次元による土質モデルを作成し、土質の分析を行った。

地質調査の結果から、当該箇所の地質は、第四紀完新

世の沖積層と第四紀更新世の洪積層の堆積が確認されている。表-1、図-4のとおり、シルト・粘性土層と砂層が薄くレンズ状に堆積しており、平面的な広がりを把握するのが困難な土層となっている。

表-1 土質構成（表層）

記号	土層名	層厚	N値	特性
Ic	粘性土層1	0.5~1m	0~	ヘドロ、有機質
Is	砂質土層1	0.3~0.6m	1~25	粒径不均一な細~粗砂。含水多い。ヘドロ、有機質含。貝殻片。
IIc	粘性土層2	4~6m	0~1	シルト。粘性強い。部分的に砂質。
IIIc	粘性土層3	3~12m	0~8	砂混・砂質・シルト。粘性不均一。貝殻片、軽石。
IIIs	砂質土層2	1~5m	1~20	シルト混・シルト質・細砂。火山灰質帯、シルト薄層。

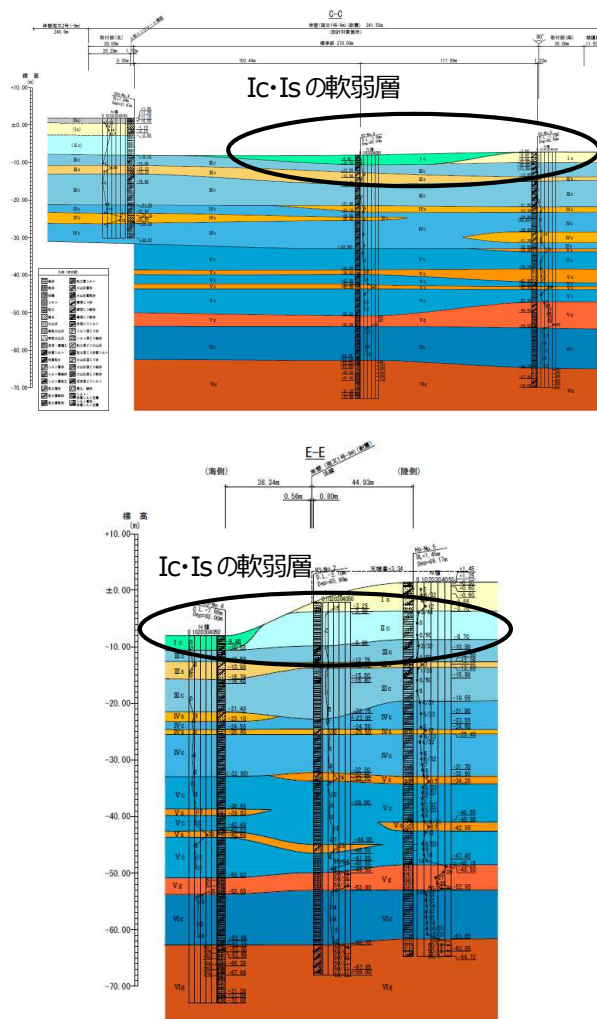


図-4 地質想定断面図（C-C断面、F-F断面）

表層はN値が0の腐食臭を有することから有機質を含むものと想定される。また、含水比が高く、フミン酸を含む有機質土はセメントの水和反応を阻害するため、地盤改良強度の低下やバラツキが発生し、品質の確保が期待できない。このため、当該土層を除外したIS・Ic層下端を設計水深とすることとした。

3次元による土質モデル（各断面間の交差状況を把握

するため準3次元)を作成し、これら土層の状況を確認した結果、当該土層を除外したIc層下端(-10.6m)をCDMによる地盤改良を行う際の設計水深とすることとした。

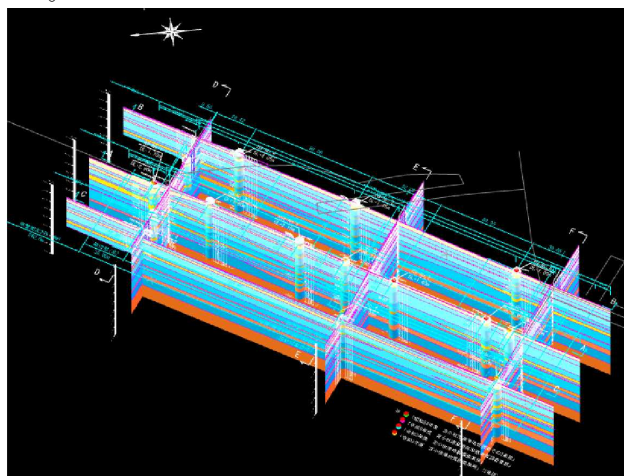


図-5 3次元による土質モデル (準3次元)

3. 施工上の課題の3次元による見える化

(1) 既設構造への取付方法の検討について

当該設計箇所は、既設の岸壁(周文埠頭2号岸壁-12m)と護岸の間に施工することとなっており、既設構

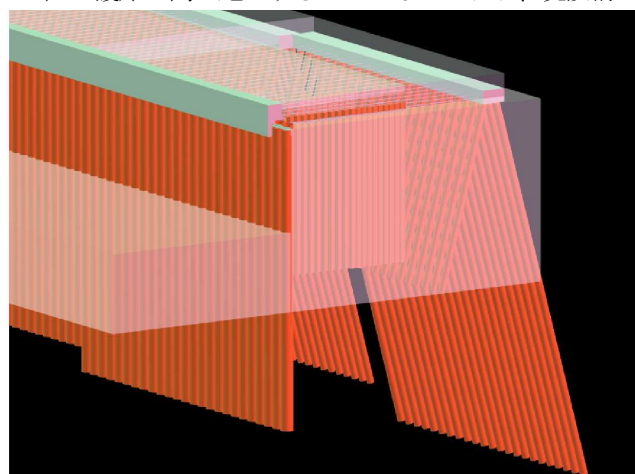


図-6 3次元による既設構造モデル

造との取付方法を詳細に検討する必要がある。

このため、既設岸壁の3次元モデルを作成し、事前に課題等について把握・検討を行うことで設計に反映させた。3次元化によって把握できた点は以下のとおりである。

- ①既設岸壁の鋼管矢板にP-P継手が現存し、本施設との接続に使用が可能。
- ②既設岸壁の端部に土留めとしての矢板が設置されており、タイロッド・控矢板の撤去、再利用について施工検討が必要。
- ③既設岸壁の控工(組杭式)の施工位置は、当該施設に干渉しないことを確認。

(2) 既設岸壁の利用調整

既設岸壁は、フェリーが就航しており、施工に当たっては、運航に支障がない様に、作業船の配置などから施工範囲、施工時間を設定した。

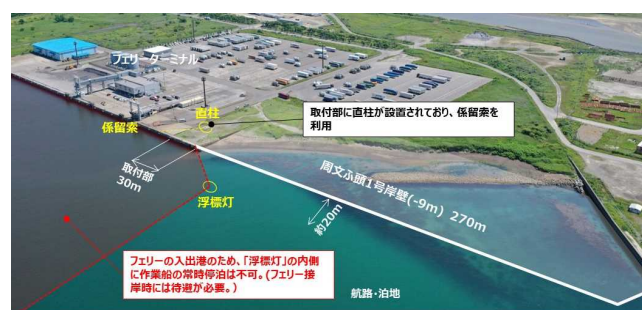


図-7 施工範囲の検討

(3) サンドコンパクションの盛上土の検討

海上側のサンドコンパクションの施工に当たっては、高改良率による施工のため、海底地盤が押し出されることによる盛り上がりが発生する。この盛上土の発生により、航路・泊地の水深が浅くなり、フェリーなどの運航に支障を来すことが考えられる。

一般的に盛上土が生じる範囲は、サンドコンパクションの打設深度から 45° 、打設方向側へ 60° の範囲で生じることとされている。

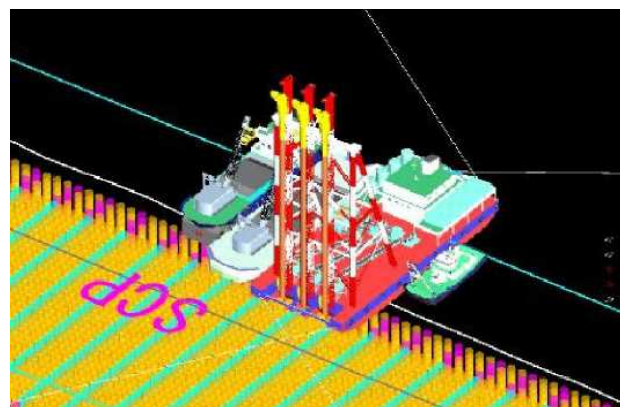


図-8 サンドコンパクションイメージ

このため、盛上土の範囲を設定することで、フェリー

など運航への支障の把握、施工手順についての検討を行った。

4. まとめ

本設計は、新たに岸壁を設計するにあたり、CIMを活用し、フロントローディング、コンカレントエンジニアリングを実施した事例である。

軟弱な地盤条件下での地震の外力が大きい耐震強化岸壁を設計する必要があったが、地盤条件を適正に評価することで、効率的な構造を決定することが可能となった。

また、隣接する岸壁は、フェリーが毎日運航を行っており、設計時段階で影響のない様な施工方法を検討、設計に反映させることで実施段階での効率的な施工が可能

となったものとする。

謝辞：本施設の設計に当たっては、「苫小牧港周文ふ頭-9m岸壁の構造設計に係る検討会」を開催。多くの有識者、関係者の方からの助言により、経済的性、耐震性に優れた構造を決定することができました。心からの感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省大臣官房技術調査課：初めての BIM/CIM