

全国初！疑似重力式構造を採用した耐震強化岸壁の整備について

国土交通省中部地方整備局三河港湾事務所 正会員 ○坂口 章
国土交通省中部地方整備局三河港湾事務所 岩月 優太
株式会社ニュージェック 大谷 祐司

1. 報告概要

当事務所では、岸壁の延長不足及びふ頭用地の貨物の混在等を解消するため「ふ頭再編事業」を進めており、既設護岸を水深 12m の耐震強化岸壁として整備した（図-1）．岸壁は、元々陸地化されている特性を活かし、全国初の疑似重力式構造（原地盤を地盤改良で連続固化処理した構造）を採用した．疑似重力式構造の設計では、複数の構造等を組み合わせることで新たな設計体系を構築し、施工においては、固化改良体の一体性及び地盤改良による影響の確認を行い、疑似重力式構造の信頼性を向上させることが出来た．

2. 疑似重力式構造の設計体系の構築

2.1. 耐震強化岸壁の構造形式の選定

構造形式の選定に当たっては、①実績、②陸地・海域への影響、③既設構造物の活用、④コスト等を要件とした．疑似重力式は、耐震強化岸壁の本体構造に採用された実績はないものの、事業対象区間が陸域化されている特徴から主工種である地盤改良が陸上施工できて隣接岸壁荷役への影響が最も少なく、既設護岸構造も有効活用でき、コストも最安価であること等を考慮して選定した（表-1）．

2.2. 疑似重力式構造の設計

(1) 構造の考え方

疑似重力式は、地盤改良により一体的に地盤を固化処理することで、一定強度を有した大きなひとつの固化改良体を形成し、その塊を重力式構造物相当の本体構造とする考え方である（図-2）．

今回造成した固化改良体は最大で幅 30m、高さ 20.8m の大きさがあり、その自重によって地震や土圧等の外力に抵抗するのが特徴である．また、固化改良体と上部コンクリートの一体性を高める構造上の工夫として、形状をある程度自由に出来る地盤改良の特徴を活かし、固化改良体上部にホゾ穴を設ける等の工夫も行った．加えて、地盤改良により造成した固化改良体は、波浪等の浸食に弱いため、既設護岸の鋼矢板を保護材として有効活用することとした（図-4）．

(2) 設計照査の体系

疑似重力式構造の設計前例は無い．そのため、永続・変動状態（静的照査）の設計では「港湾の施設の技術上の基準・同解説」を準拠し、複数の構造等を組み合わせ（表-2）、その安定性等を確認した．

疑似重力式構造のミソとなる固化改良体の照査は、主外力が土圧である永続状態と主外力がレベル 1 地震動である変動状態に対して、壁体の滑動、転倒及び基礎地盤の支持力不足による破壊が発生しないように行った．

次に、耐震強化岸壁としての性能を確認するため、静的照査により決定した断面に対し、レベル 2 地震動（海溝型、活断層型、M6.5 直下型）に対する地震応答解析（動的照査）を実施した．なお、参考として全国に先駆けて採用した疑似重力式構造の設計フローを図-3 に示す．



図-1 神野地区におけるふ頭再編のイメージ

表-1 構造形式の比較結果

構造形式	ケーソン式 (重力式)	鋼矢板式	疑似重力式
構造の実績	◎	◎	△
陸地・海域への影響	△	△	○
既設構造物の活用	△	△	◎
環境負荷削減	△	△	◎
施工コスト	△	○	◎
比較結果	不採用	不採用	採用

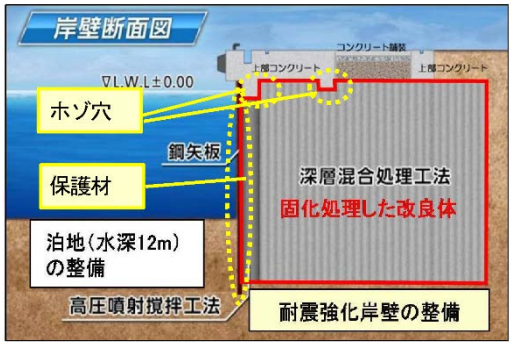


図-2 疑似重力式構造の概念図

表-2 静的照査における構造・工法の組合せ

項目	準拠した構造・工法
固化改良体の安定性	重力式係船岸
上部コンクリートの安定性	重力式係船岸
前面鋼矢板の安定性	矢板式係船岸
固化改良体の強度等	深層混合処理工法

3. 信頼性向上のための施工上の品質確認

前述のとおり設計の妥当性を確認したものの、過去に前例がない構造のため、施工による品質確認が重要であった。特に確認すべきポイントは、一体的に地盤を固化することが出来たか否か、その際の施工による影響の有無であった。

3.1. 固化改良体の一体性の確認

疑似重力式構造は、ほぼ隙間なく地盤改良を行うことで地盤を一体化する構造（ブロック式）であることから、固化処理した改良体の一体性が非常に重要である。そのため、一体化の最も弱点となる個々の地盤改良体のラップ部分で鉛直方向のボーリングを実施し、一軸圧縮強度試験を行い満足すべき基準強度（1,000kN/m²）を上回る結果を確認した。加えて、固化改良体全体の一体性を確認する目的で、通常は行わない斜め方向のボーリングも実施した。結果は、図-4 のとおり、全体を通して接合状態に連続性があり、固化体の品質も良好であった。以上のことから固化改良体の一体性が確認出来た。

3.2. 地盤改良による変位の影響の確認

疑似重力式構造は高密度（改良率92%）で改良されるため、変位等の影響が懸念される。そのため、鋼矢板天端における変位計測、ひずみ観測及び地盤の傾斜観測を実施した。

(1) ひずみ計の観測結果

ひずみ計は、最も剛性の小さい鋼矢板（SP-Ⅲw）に設置した。特に影響の大きかった前面泊地浚渫時のひずみを矢板変位に換算するとともに、鋼矢板を単純梁でモデル化して水平変位量を計算し、観測値が理論値以内であったことを確認した。

(2) 傾斜計の観測結果

傾斜計は、理論上地盤改良の影響が及ばない範囲である地盤改良背後に2箇所、前面鋼矢板と地盤改良が隣接する場所に1箇所、設置した。特に影響の大きかった前面泊地浚渫時においても相対的な変形は1mm以下であった。

以上のことから、今回の地盤改良の施工において、過剰に地中変位を及ぼす力が発生していないことが確認された。

4. おわりに

全国初の疑似重力式構造を採用して完成した三河港神野地区耐震強化岸壁は、2018年6月2日に本施設の供用式典が行われた。疑似重力式構造の設計では既存の構造等を組み合わせた新たな設計体系を構築し、施工においても固化改良体の一体性及び地盤改良の影響は全く問題がないことを確認した。これにより疑似重力式構造の信頼性をより高めるとともに、今後の岸壁設計における選択肢の一つとして確立できたと考えている。

今後、耐震強化岸壁の利用とそれに伴うふ頭再編によって、背後地域の国際競争力の向上や地域住民の安全安心の向上に貢献することが期待される。

謝辞：本報告の作成にあたり、ご指導・ご協力を頂いた関係者の方々に深く感謝し、御礼申し上げます。

キーワード 疑似重力式、耐震強化岸壁、設計体系、固化改良体

連絡先 〒441-8075 愛知県豊橋市神野ふ頭町1番地1 国土交通省中部地方整備局三河港湾事務所 TEL 0532-32-3251

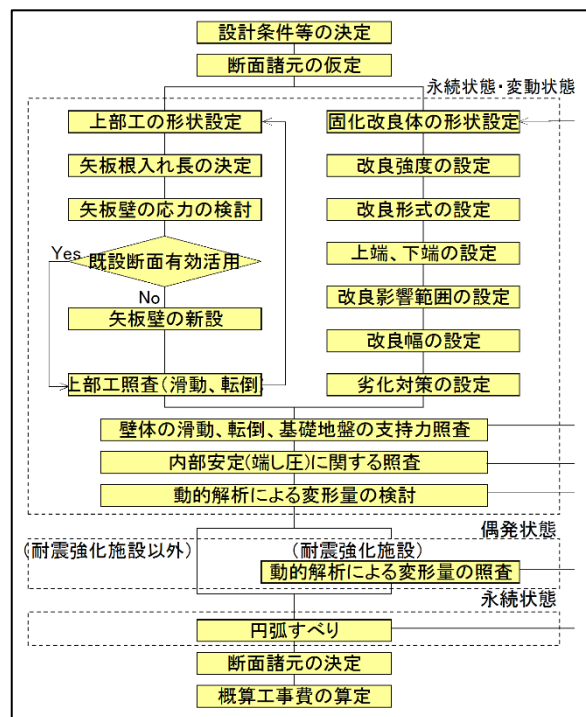


図-3 疑似重力式構造の設計フロー

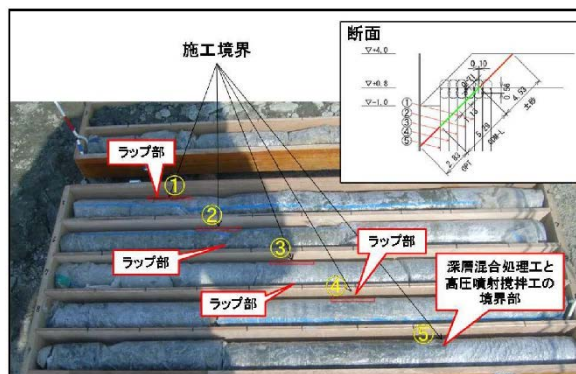


図-4 固化改良体ラップ部の接合状態（斜めボーリング）



図-5 完成した三河港神野地区耐震強化岸壁