

環境共生型耐震強化岸壁の検討

An Earthquake-proof Berth with a Function of Environmental Conservation

志村浩美*・白石 悟**・亀山 豊***

SHIMURA Hiroyoshi, SHIRAIISHI Satoru and KAMEYAMA Yutaka

* (財) 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

** (財) 沿岸技術研究センター 研究主幹兼第二調査部長

*** 国土交通省 関東地方整備局 横浜港湾空港技術調査事務所 環境課長

This paper presents a new idea of structure to improve environmental impact in enclosed sea area when the berth is improved for large vessels and for high seismic resistance performance. Proposed structure is a pile structure with horizontal beam and it has an additional function for environmental conservation measures.

Key Words : enclosed sea area, earthquake-proof berth, environmental conservation

1. はじめに

千葉港葛南中央地区岸壁では、船舶の大型化への対応すること、および耐震機能を強化することを目的に、現在の-10m岸壁を-12m岸壁に増深し、合わせてレベル2地震動に対応する耐震強化岸壁とすることが計画されている。しかしながら、当該岸壁周辺では東京湾の湾奥に位置することから現時点の環境はあまり良好とは言えない。このことから本事業を進めるに際しては、環境改善を含め自然環境に配慮した構造形式とすることが構造計画上の重要な配慮事項とされた。

本論文は、この事業を実現するために、「構造」および「環境付加機能」の両面から検討した内容を報告するものである。

2. 対象海域の状況

検討対象岸壁は、東京湾湾奥部に位置し、閉鎖性の高い海域環境に位置している(図-1)。



図-1 位置図

2.1 水質

年間を通して、対象海域の水質の状況はCOD(化学的酸素要求量)4~6mg/L程度、T-N(全窒素)約1mg/L前後、T-P(全リン)0.09mg/L以上の富栄養状態であり、環境基準のIV類型・水産3種に相当し、汚濁に強い特定の水産物が主に捕獲される水質環境にある。夏季の水深11m付近のDO(溶存酸素量)は2mg/L程度であり、慢性的な貧酸素状態で水生生物の生息限界となっている。

2.2 底質・底生生物

粒度組成は、シルト・粘土分が90%以上を占め、高含水比、軟弱粘性土となっている(図-2)。化学的性状は、COD、硫化物、強熱減量が高い状況となっている(表-1)。



図-2 底質の状況

底生生物は、船橋港港外では、イソギンチャクや貝類は確認されているが、対象岸壁前面では今回の調査では確認されていない。

表-1 底質の化学的性状

項目	地点	単位	St. 10	St. 17
COD		mg/g乾泥	45	57
T-N		mg/g乾泥	—	—
T-P		mg/g乾泥	—	—
硫化物		mg/g乾泥	3.1	4.8
酸化還元電位		mV	-178	-182
強熱減量		%	10.5	12.6
含水比		%	487.0	778.6

2.3 対象岸壁の状況

既存岸壁の構造は、控え組杭式鋼管矢板岸壁(図-3)であり、計画水深-10m、対象船舶15,000DWT貨物船。主に鉄鋼、非金属、鋳物等を取り扱っている。

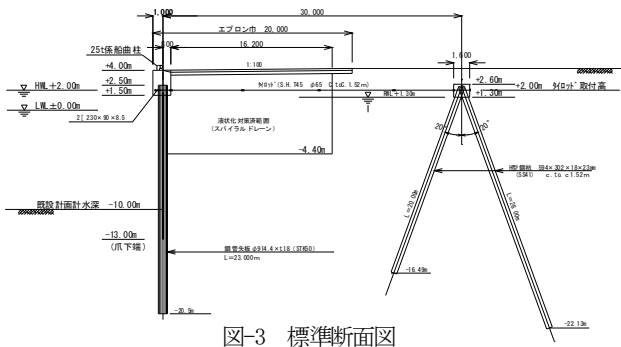


図-3 標準断面図

3. 構造形式の検討

検討条件として、先に述べたとおり基本構造自体環境に配慮した構造である必要がある。また、既設岸壁は2バース連続しているが、本計画では、増深改良する1バースの施工中は、隣接するバースの運用に妨げとならないよう、新岸壁の法線は既設岸壁法線より20m以内となるよう検討した。

3.1 基本構造の検討

まず、概略基本構造の形状について、現地での施工性、工期、工費、環境への影響等の観点から「杭式岸壁」「重力式岸壁」「矢板式岸壁」について比較検討した(図-4)。

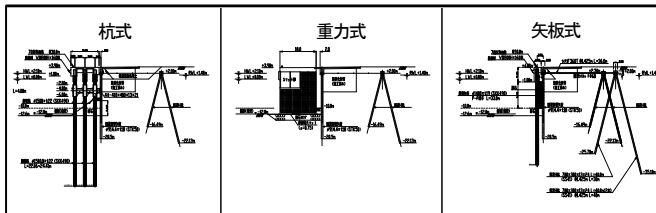


図-4 基本構造形式比較表

杭式岸壁は、既設鋼管矢板の前面に杭構造(栈橋/ジャック等)を設置し耐震強化岸壁を構築するもので、杭構造であるため、基礎杭部分を利用して環境配慮のための構造付加が比較的容易にできると考えられる。重力式岸壁は、ヤードにてRCケーソンを製作し、既設鋼管矢板の前面に設置することにより、耐震強化岸壁を構築するもので、現地での工期短縮が可能である。検討の結果、杭式は栈橋下へ環境配慮のための付加機能を設置する場合の自由度が高いことや経済的に有利であることが解った。重力式岸壁は、環境配慮技術の付加が難しく、地震時の慣性力が大きく前出し幅が増大し、占有する水域も大きくなること解った。矢板式岸壁は、前出し幅も小さく構造的にシンプルであるため経済的である可能性があった、しかし矢板背面への広範囲な液状化対策が必要になり、その施工が供用中の荷さばき場へ影響を与えることと対策工法が高コストになると考えられた。これらの理由から基本構造形式を杭式とし、さらに詳細な形状について、検討することとした。

3.2 構造形式の比較検討(一次検討)

基本構造として選定された杭式の新設構造と既設岸壁を同一断面に組み合わせた場合の耐震性について、検討を行った。以下の3タイプの構造形式について、比較検討した。

- ①個別型：既設部と新設部について個々に耐震性を確保する。
- ②荷重分担型：既設矢板頭部と新設部をピン結合し、荷重の一部を新設部が分担する。
- ③一体型：既設岸壁頭部と剛結合し、中間部に支承を設け既設部と新設部が一体となる。

検討の結果、「個別型」および「荷重分担型」は既設矢板の根入れ長がロウの法則に対して不足する結果となり、岸壁前面への地盤改良等の対策が必要と考えられた。「一体型」は、既設矢板と栈橋部の頭部を連結(剛結)したストラット式またはジャケット式とすることによって、中間部に支承を設けて荷重の分散を図ることが可能となる。よって、地盤改良の必要性が無い経済的な「一体型」を採用し、さらに詳細な構造断面の検討を行うこととした。

3.3 構造形式の詳細検討(二次検討)

一次検討で選定された「一体型」案について詳細検討(二次検討)を行った。構造形式は中間支承を設けることから、ストラット式およびジャケット式について検討した。紙面の関係で詳細の検討内容は割愛するが、経済性、施工性、環境配慮等の観点から総合的に判断した結果「水中ストラット式直杭」(案)を選定した(図-5)。

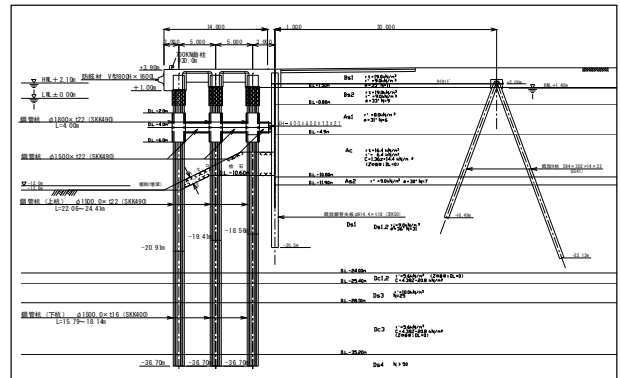


図-5 水中ストラット式直杭構造

4. 環境構造の検討

前述の「水質」や「底質・底生生物」への環境を悪化させないことに留意し、杭式岸壁および重力式岸壁に付加できる環境配慮の技術について、資料を収集した。収集に当たっては、当該地域が貧酸素状態であり、水生生物が極めて少ないことを考慮し、水質を改善する機能を有すること、さらに生物が生息しやすいと考えられるスペースを提供することを目的とした。収集した「生物の生

息場所提供技術」13 ケースのうち2 ケースと「水質改善技術」21 ケースのうち13 ケースについて当該地域では適用可能と判断した。これらの技術を組み合わせることにより、相乗効果が生まれ、水質や生物生息環境が改善する有効な方法であると考えられた。

4.1 生物生息場所提供と水質改善の検討

当該岸壁に適用可能であると判断した生物の生息場所提供技術と水質改善技術について、環境へのターゲットを想定し、当該施設へ適用可能と考えられる技術の組み合わせについて検討を試みた。

(1) 生物生息場所の提供

選定された基本構造の「水中ストラット式直杭」(案)の上部工下面という限られた空間を利用した、生物生息場所を提供できる技術について検討した。直杭に直交する水平補鋼材の上に柵を設置し、そこへ人工の磯場や藻場を設ける方法が考えられた。横断方向や縦断方法に段差や勾配を付けることにより、干満の影響を受け入れやすい配置となる(図-6, 7)。

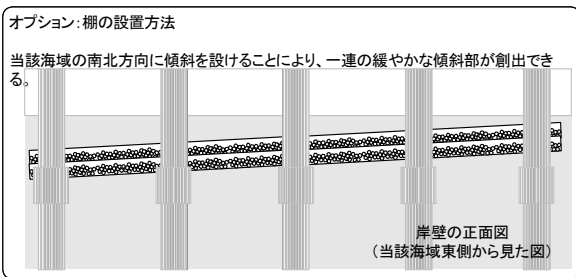


図-6 生物生息場の例(縦断)

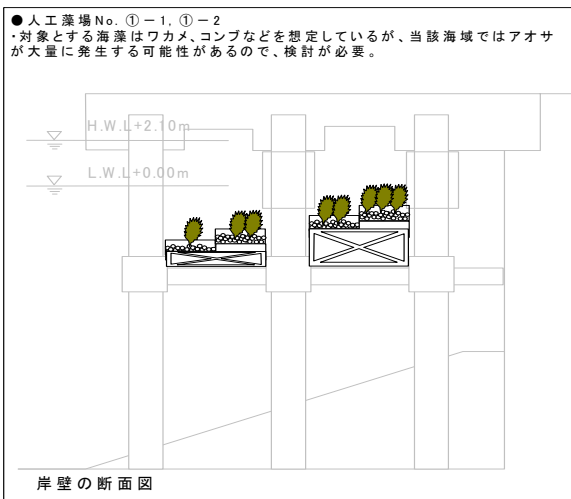


図-7 生物生息場の例(断面)

(2) 生物生息場へ酸素を直接供給できる組合せ

設置した生物生息場において、持続的に生物が生息するための酸素供給方法について検討した。生物生息場の設置水深は、現地における生物の生息状況を把握した上で決定することとし、酸素を供給する技術として、マイ

クロバブル発生装置、太陽電池利用酸素発生陽極システム、気液混合システム、ピストンモード環境対応型直立消波構造について検討した(図-8)。

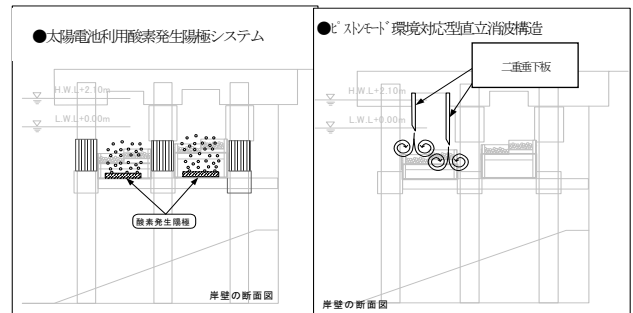


図-8 生物生息場への酸素供給の例

目的とする組み合わせは、設置の初期段階は水質の改善を主目的とするが、将来的に水質が改善することを期待して、藻場を造成することを視野に入れた構造を想定した。着生を想定した海藻は、ワカメ、コンブ等である。また、生息場にはそれらが着生し、生育するような基質を選定する必要がある。その他、岸壁上部工にグレーチングを設置し太陽光を取り入れる構造とすることも生物が生息する上で有効であると考えられた。周囲からの過剰な栄養塩の流入防止には、袴状の防御壁を設置する。

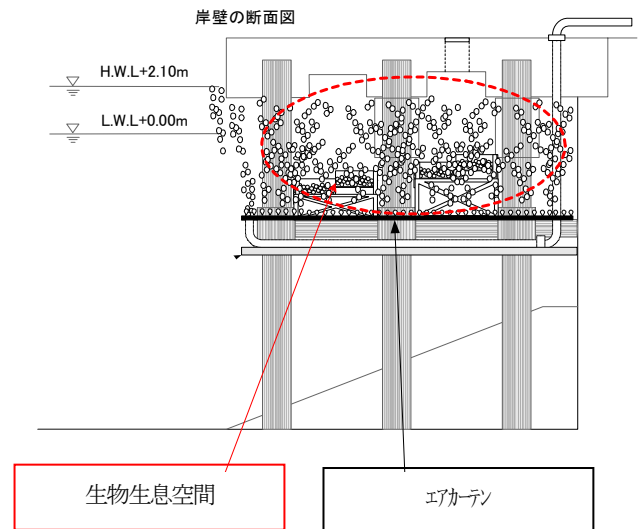


図-9 エアカーテンのイメージ(断面)

岸壁直下を生物生息空間としてとらえ、生物生息場をエアカーテンで囲み、生物の生息空間を確保する技術が考えられた(図-9)。当該海域は、夏季に青潮が湧昇する地点であり、岸壁下に生物が生息できたとしても青潮によって死滅してしまう可能性がある。したがって、本検討では青潮の影響を少しでも軽減できる構造を考える必要がある。

岸壁下の水深が深いところまでの環境を対象とした組み合わせとして、酸素供給にはマイクロバブル発生装置、太陽電池利用酸素発生陽極システムや気液混合システム

を利用する(図-10)．太陽電池利用酸素発生陽極システムを設置する場合には、酸素発生陽極を底質中に埋め込み、土中の酸化還元電位の改善を期待する．いずれの技術も、気泡が巨大化して全層の循環を促進させ、貧酸素水が上層へ供給してしまうことがないように留意する必要がある．

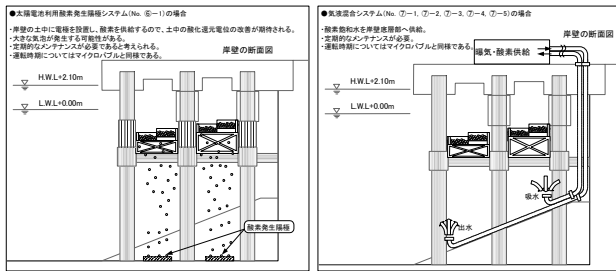


図-10 海底からのエアレーションの例

5. 順応的管理の提案

本事業は、基本コンセプトとして、「東京湾蘇生プロジェクトのパイロット的な事業」に位置付けられており、実験的な要素を多く含んでいる．本事業を実施するにあたっては、様々な条件において変化する環境を把握しつつ、環境再生に効果的であると考えられる技術を組み合わせることで環境をメンテナンスし、実験的に実施して、効果があると思われる技術を選択していきこうとする試み、いわゆる「順応的管理」が特に重要である．

6. 今後の方向性

6.1 基本構造の方向性

本検討において採用を決定した水中ストラット式直杭構造は、構造解析上は既存の手法で検討が可能であり特に問題は無いが、実施例が少なく、今後の細部設計に際しては、施工性等を充分に考慮して検討を行う必要がある．また、環境配慮型構造の付加を条件とすることから、今後以下の検討を行う必要があると考えられる．

- ① 環境配慮型構造を栈橋の基礎工へ設置する場合、栈橋に設置可能な環境配慮型構造の形状・重量等を反映した栈橋本体の構造検討を行う．
- ② 水中ストラットの位置(水平位置)が既設鋼管矢板の土圧反力を受ける上で最適位置にあるか．
- ③ 栈橋構造本体の杭材、水中ストラット材、鞘管部材が比較的大規模($\phi 1500$ 以上)となり、構造形式も一般的でないことから施工方法、施工手順を充分考慮したうえで部材の細部設計を行う．
- ④ 環境配慮の構造に酸素供給型が採用された場合は、通常の高水中での鋼材の腐食環境と異なる可能性があるためその影響を検討する．

6.2 環境技術の方向性

環境配慮技術の効果を把握し持続させるためには、定期的なモニタリングが必要となる．まず、調査範囲に関

しては、環境配慮技術の岸壁への設置規模に応じて、①環境配慮技術の効果が得られると予測される地点②環境配慮技術の効果が及ばないと予測される地点について、それぞれ調査点を設定する必要がある．また、当該岸壁は船橋航路に位置しており、湾奥側(北側)にあたる箇所と湾口側(南側)にあたる箇所では、当然のことながら水質等の環境初期条件が異なっていることが考えられる．そのため、航路内の北側および南側の環境の差異を把握するための調査点を設定することも考慮に入れなければならない．次に、調査期間に関して、事前モニタリング(環境配慮技術設置前の現況把握のため)、工事中モニタリング(工事による環境影響の把握のため)、事後モニタリング(環境配慮技術設置後の効果把握および効果を持続させるため)という3つの期間でスケジュールを組む必要がある．また、調査時期に関しては、生物の活性が高い時期、低い時期および青潮来襲などの擾乱時に調査を設定し、基本的に四季調査を行うことが望ましい．

効果の把握に関しては、設置当初は効果の把握範囲の対象を岸壁前面に限定し、基本的に生物の種類数および個体数、水質等を指標として、事前・事後を比較評価することが考えられる．生物の生息状況は季節や年によって変動が大きいため、事後モニタリングについては確認された生物の生態特性を十分考慮し、段階的な食物連鎖構造を把握しつつ、長期的に実施し、評価していく必要がある．

7. おわりに

近年の各方面からの環境意識への高まりは、港湾事業の環境保全への配慮が極めて重要となっていることを示している．検討対象地点の湾奥の岸壁といった立地条件は、全国に多く存在することから、今回の実験的取り組みによって得られた知見をデータベースとして広く発信し類似ケースに役立てることが環境技術の共有化になると考えられる．更に、情報の公開等に関しても地域との連携を図り、積極的に取り組むことが本事業の成功へと繋がると考えられる．

8. 謝辞

本研究論文は、「千葉港葛南中央地区岸壁(-12m)(改良)構造検討会」(委員長:近藤健雄 日本大学理工学部 教授)において貴重なご意見、ご指導を頂きました事をここに記すとともに、関係者の皆様に感謝の意をもって御礼申し上げます．

参考文献

- 1) 長尾義三・門田 元・酒匂敏次監修:海城環境創造辞典 改訂版,沿岸域環境研究所,268p.,1996.