

広義の設計論に立脚した今後の港湾整備

～次世代の技術基準のあり方～

2023年 7月



海洋・港湾構造物設計士会

はじめに

海洋・港湾構造物設計士会（以下、設計士会）は、国土交通省のいわゆる登録資格である海洋・港湾構造物設計士資格者が集まった任意団体です。設計士会では、共同研究、研修会、現場見学会等の活動をととして会員の資質向上を図っています。そのような活動の中で、「港湾の施設の技術上の基準（以下、技術基準）は性能設計体系に移行したが、そのメリットは発揮できているか。」「私たちの行っている設計作業は、設計結果が技術基準へ適合するための『あてはめ』作業にすぎないのではないか。」等の意見が出てきました。

そこで、設計士会の日下部顧問（東京工業大学名誉教授）が提案した「狭義の設計から広義の設計へ」をテーマに、産業界におけるモノ作り設計、建築設計の考え方、社会資本整備と施設整備のあり方、施設の計画・設計・施工における設計者の役割等について勉強してきました。

第5次社会資本整備重点計画では、「インフラの潜在力を引き出すとともに、インフラによる新たな価値を創造し、持続可能性を高める」とあります。また、港湾の中長期政策 PORT2030 においても「価値の提供」がうたわれています。価値とは、物事の役に立つ性質・程度を表す言葉であり、価値＝機能/総費用で定義されます。

施設整備を担う者は、施設が提供する価値を明確に意識して施設の計画、設計、施工、維持管理の業務を行っていく必要があると思います。また、そのために必要な環境を整える必要があると考えます。

具体的には、

- ① 港湾計画では、港湾及び個別の港湾施設に期待する機能の明確化
- ② 技術基準では、施設の機能に関する規定の充実
- ③ 施設を計画する者及び施設を設計する者が連携して施設の機能設計に臨むこと

このような取り組みにより、地域住民、港湾立地企業、国・港湾管理者がめざす共通の目的である「港湾の価値の提供」に向けて、更に具体的な検討に踏み込むことが出来ると考えます。

本レポートは、港湾を取り巻く昨今の状況や港湾に求められていることを踏まえて、港湾整備に携わる者が何をすべきかについて提案するものです。関係する皆様の議論のたたき台になれば幸いです。

海洋・港湾構造物設計士会 会長 山本修司

広義の設計論に立脚した今後の港湾整備
～次世代の技術基準のあり方～

(概要版)

2023年 7月



海洋・港湾構造物設計士会



第1章. 昨今の設計分野を取り巻く状況と問題意識

(1) 「あてはめ設計」/「狭義の設計」となる所以

- ① 1960年代の高度経済成長時代における大量整備の効率性や専門性の追求が、計画⇒設計⇒施工⇒維持管理における**設計の分業化**を進展させ、「**狭義の設計**」を産んだ。
- ② さらに、自由な設計や技術開発の促進を目指した性能設計体系下において、**照査法の裁量化も進んでいない**。
- ③ **今後の設計分野の担い手**にとって、**やりがいと創造性のある業務環境**となっているか。

(2) 昨今の設計分野を取り巻く主な課題

- ① 実施組織が細分化され、コミュニケーションの不足や施設の価値に関わる**設計情報の流れが悪い**。
- ② 建設コンサルタントやコントラクターの**設計技術者の育成**には約10年の長時間を要し、また**担い手不足**や入職後に離職することによって**技術が逸散**してしまう。
- ③ 我が国の建設コンサルタントは、「業法」がなく、欧米や医師・弁護士と比較しても**社会的な地位が低く、「請負」と「準委任」契約の区分も曖昧**である。またプロポーザル方式等の契約が少なく、**価格競争が多く最低制限価格制度等が導入されていない場合**もあるため、他の業界と比べて**低利益**である。さらに若手技術者の離職者が多く、人材不足となり納期の平準化が少ないために**生産性が低下**する負のスパイラルに陥っているため、将来の人材やITに投資できない状況にある。
- ④ 建設コンサルタントは、受注した設計業務において単純ミス、技術力不足、予測不足、発注者との見解相違等によって民法上の「**契約不適合**」が生じた場合には、諸外国とは違って**上限なしの損害賠償**を求められることが多い。
- ⑤ 発注者である**国や地方自治体のインハウスエンジニア**は、政府の定員合理化計画等によって**定員が減少**（国は2001年比約2割減）している。他方、公共事業の説明責任、入札契約制度の改革、事業の選択と集中、さらに近年の災害発生時の機動的な支援活動等の業務の増加によって、これまで実施していた港湾施設の設計や施工管理等を建設コンサルタント等へ外注せざるを得なくなったことから、**技術力・専門性の低下が懸念**されている。
- ⑥ 国や地方の財政事情が厳しい中、**納税者は適正に予算執行が行われているか関心が高い**ことを踏まえ、会計検査は、執行された予算の「**正確性**」「**合規性**」「**経済性・効率性**」の観点からの検査だけでなく、例えば完成した耐震強化岸壁が地震時に有効に機能するよう管理されているか等、「**有効性**」の観点からも**検査が行われている**。
- ⑦ これまで建設コンサルタントが行った**実施設計における施工や仮設計画**において、コントラクターから**施工検討能力不足**の指摘を受けたり、基礎杭などの施工に関するエラーの事例が発生している。
- ⑧ 近年の港湾事業は、早期の効果発現要請や性能設計の導入により、より定量的な評価が求められるようになり、また多発する自然災害の発生で緊急な対応を求められ、**調査・設計に要する検討時間が不足**している。さらに、**既存施設の有効活用**によって現機能の改善・維持するための**技術的に高度化した改良設計**が求められている。
- ⑨ **現在港湾内の4割弱を占めている民間企業が有する技術基準対象施設**は、公共事業と違って、経営に大きく影響する。このため、施設に求める機能はリスクを低減し**利益を最大化する設計体系**が求められる。



第2章 今、港湾の整備に求められているもの

昨今の社会の動きや港湾の現状を観つつ、今、港湾整備に求められているものを国土交通省が示す中長期政策から探る。

- (1) 昨今は、戦後復興からの高度経済成長期の「モノ」重視から、人事や自然の現象で人間の思考や意識の対象となる「モノからコトへ」の重心移動である。このため、今起きている「コト・現象」をデータ解析して「**目的・定義**」を再設定して、その実現に向けて「**解決手段・モノ**」を、**分化された組織が「連携・統一」**して考える時代となった。
- (2) 昨今の我が国の港湾整備は、急速なコンテナ船の大型化、船社間のアライアンスの再編、グローバルなサプライチェーンの構築、クルーズ需要の増大、洋上風力発電を含むカーボンニュートラルへの貢献、内航海運の働き方改革、気候変動への適応等、戦後の「**あるべき姿・モノ**」から「**なすべきコト**」へ変貌しつつある。
- (3) 国土交通省の中・長期政策が示すもの / **需要追随型（受動型政策）**から課題解決のための**インフラ価値の創造・提供（能動型政策）**へ
 - ① **港湾の中長期政策「PORT2030」（2018年）**が示す基本理念
 - ・「**施設提供型**」から「**ソリューション提供型**」に発展させる、「**賢く使う、港湾の「進化」**」へ
 - ・あらゆるモノ、ヒト、情報、主体、空間をつなぐ「**フィジカル&サイバープラットフォーム**」によって「**新たな価値を創造**」
 - ② 「**ストック効果の最大化に向けて～その具体的戦略の提言～**」（2016年）、及び「**第5次社会資本整備重点計画**」（2021年～2025年）が示す基本理念
 - ・「**効果が出る**」から「**効果を出す**」へ
 - ・インフラの潜在力を引き出すとともに、**新たな価値を創造する「インフラ経営**」
 - ③ 「**第5期国土交通省技術基本計画**」（2022年～2026年）が示すもの
 - ・先端技術を活用した**新たな価値の創出**
 - ・社会や現場のニーズの把握と提供、実用性を考慮した**要求水準の設定、技術基準の策定**
 - ④ 「**総力戦で取り組むべき次世代の“地域インフラ群再生戦略マネジメント”～インフラマネジメント第2フェーズへ～**」（2022年）が示す推進イメージ
 - ・複数、多分野の施設を「**群**」としてまとめて捉え、地域の将来像に基づき**将来的に必要な機能維持すべき機能、新たに加えるべき機能、役割を果たした機能に再整理**し、個別インフラの維持/補修・修繕/更新/集約・再編/新設等を適切に実施

第3章 「広義の設計論」に立脚した港湾整備のあり方



コトの「目的・定義」を再設定し、分化した組織が連携・統一して、課題解決のためのインフラ価値を創造・提供する「能動型政策」を行っていくためには、どうするか。

○モノづくりの原点に戻る

- ・人は「機能」を選択し、「創造・持続」する。
 - ・「機能」は、「構造（性能）」を規定する。
 - ・ここで「機能」とは、人に対する役割、「構造（性能）」とは、「機能」を実現するための手段、その能力・水準
 - ・コップAは、“水が飲める”という「機能」と、“ガラスで出来た高さ、直径、厚さを有する円柱構造「構造（性能）」”で構成されている。
 - ・コップAを“高価なシルバー（構造）”できたコップに変えると、大人は喜ぶが、幼児は喜ばない。「機能」の評価は、利用者の欲求によって変わる。
 - ・他方、ストローで“確実に”、ガラスをプラスチックに変えて“安全に”、絵を入れて“楽しく”水が飲めるという「機能」を向上したコップBであれば、幼児は喜ぶ。
 - ・つまり、「機能」を向上させると、コップの“材質、形”「構造（性能）」が変わる。
 - ・既にコップAがあって、生産者が、母親から要求された“幼児が確実に、安心して、喜ぶ”「要求機能」を実現するためにコップBを作って（需要追随）喜ばれる場合と、生産者が、母親に“幼児に確実に、安心して、喜んでもらえる”「提供機能」を創造してコップBを作って（需要創造）喜ばれる場合がある。
- いずれにしても、母親が子供を喜ばすという課題を解決するためには、「機能」を介する。

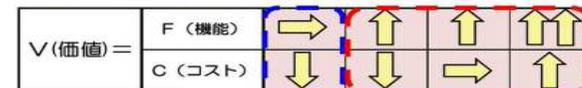


○モノの価値とその向上方法（Value Engineering :VE思考）は 4つの方法があるが、内3つはF（機能）を向上する方法



$$\text{モノの価値 } V = \frac{\text{モノが有する利用者に対する機能 } F}{\text{Fを実現するために必要な総費用 } C \text{ (初期製作費 + 維持管理費、もしくは材料費 + 利益 + 賃金 / 生産性)}}$$

モノの価値Vを向上させるための4つの方法（VE）



第3章 「広義の設計論」に立脚した港湾整備のあり方

○今後の港湾整備への応用

1950年代から我が国の「港湾のあるべき姿」を目指して始まった港湾整備が、21世紀に入って概成化した。今後は、「PORT2030」（2018年）や「第5次社会資本整備重点計画」（2021年）の基本理念等に沿って、我が国の社会・経済の課題を解決し貢献するために、既存の港湾ストックを最大限活用した「港湾の為すべきこと」を示すことになる。このため、「モノづくりの原点」を次世代の港湾整備における「港湾計画」（港湾法第3条の3）、及び「港湾の施設の技術上の基準」（以下、「技術基準」）に応用して、今後の港湾整備を考える。



戦後70年間を経て概成化した我が国の港湾のストック



我が国の港湾が有する4つの空間機能

* 共通欲求とは、マズローの欲求段階説と土木の関係を中村英夫・東京都市大学名誉総長が関係づけたもの

既存を含む施設の安全・安心、効率性、快適性、品格の向上、新たな空間機能の創出

利用者・所有者に提供する港湾空間・施設の持つ機能F

港湾空間・施設 = 価値V

Fを実現するために必要な総費用C
(初期建設費+維持管理費、もしくは資機材費+利益+賃金/生産性)

技術開発

ICTによる生産性向上

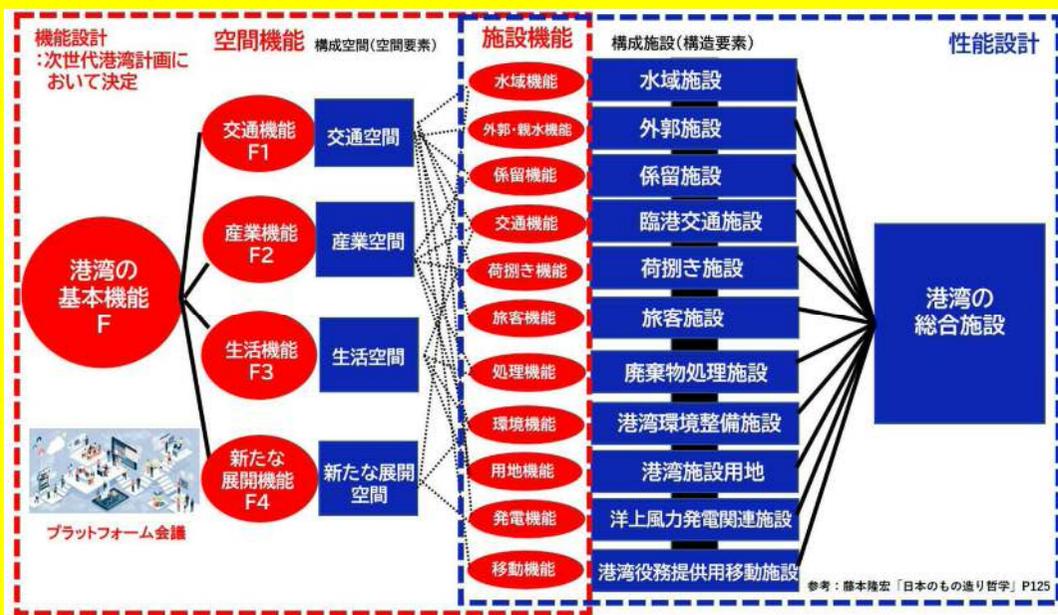
港湾空間（施設群）・施設の価値V

$F(\rightarrow) / C(\downarrow) = V(\uparrow)$ は、従来コスト縮減等で行ってきたが、なかでも、 $F(\uparrow\uparrow) / C(\uparrow) = V(\uparrow)$ は、より機能を高め、より事業量が増加し、利用者・国民や民間の生産者にとって正のスパイラルが期待できる。

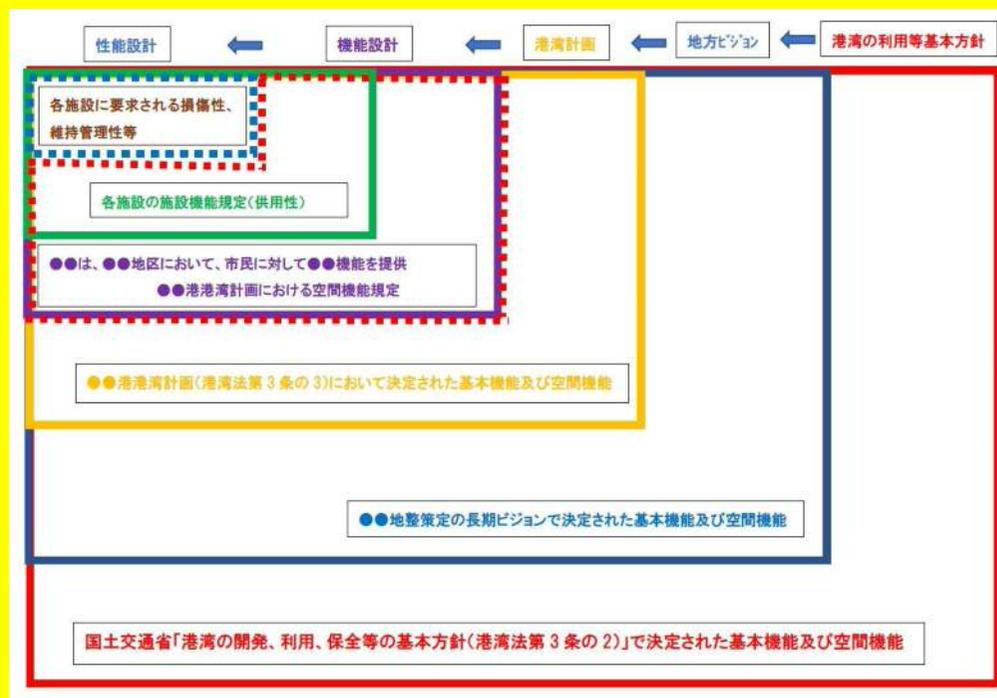
第3章 「広義の設計論」に立脚した港湾整備のあり方

○港湾計画への応用

次世代の港湾計画では、上記のVE思考によって、既設を含む港湾インフラの4つの「空間機能」を国民・利用者視点の「安全・安心」、「効率性」、「快適性」、及び「品格性」の観点から、有効に活用・向上し、また新たな価値・機能を創造することによって「港湾の為すべきこと」を決定する。このため、各港湾計画の策定段階においてプラットフォーム会議（利害関係者による会議）を開催し、港湾の利用等の基本方針で決定されている「基本機能」を実現するために、「空間機能」及び「施設機能」を規定する「機能設計」を行う。



我が国の港湾における機能系統図



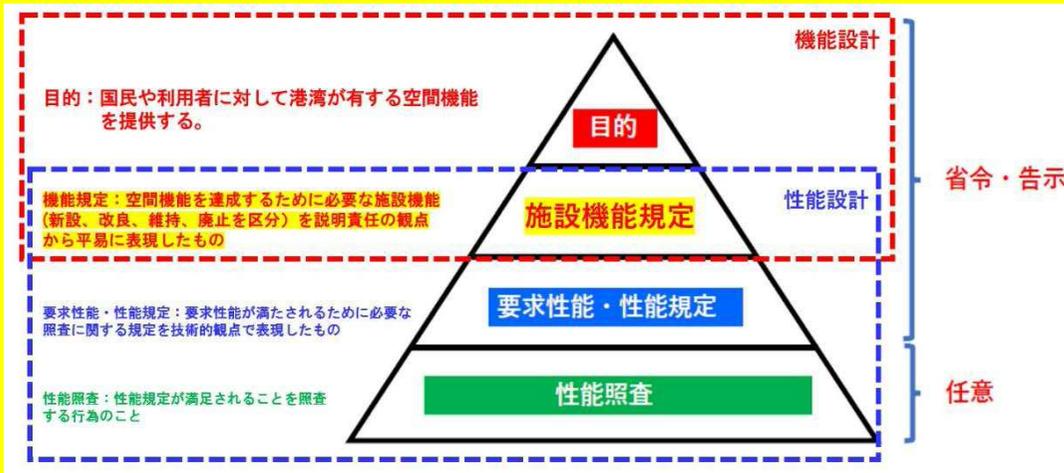
「港湾の利用等の基本方針」から次世代の港湾計画における「機能設計」、次世代の技術基準による「性能設計」への流れ

第3章 「広義の設計論」に立脚した港湾整備のあり方

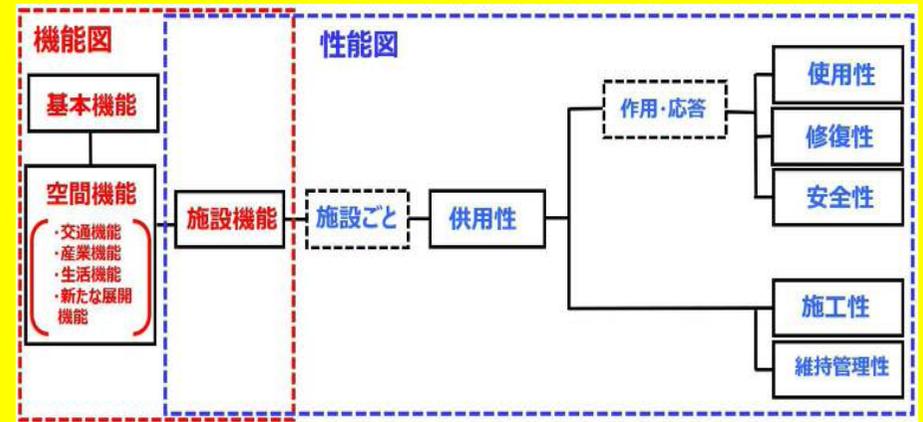


○技術基準への応用

次世代の技術基準は、以下の設計体系、機能図及び性能図に基づき、港湾計画で決定された「空間機能」及び「施設機能」を実現するための施設の「性能設計」を行う。



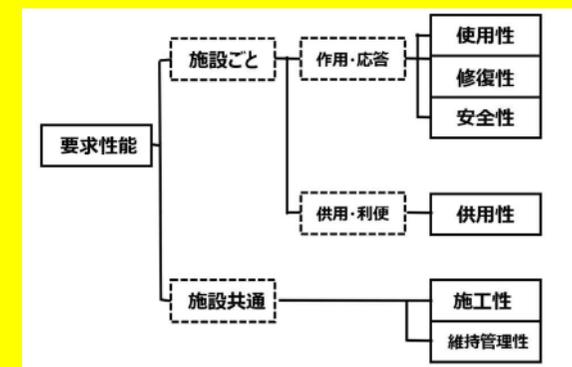
提案する次世代の設計体系



提案する次世代の機能図及び性能図



現行の設計体系



現行の性能図

第3章 「広義の設計論」に立脚した港湾整備のあり方



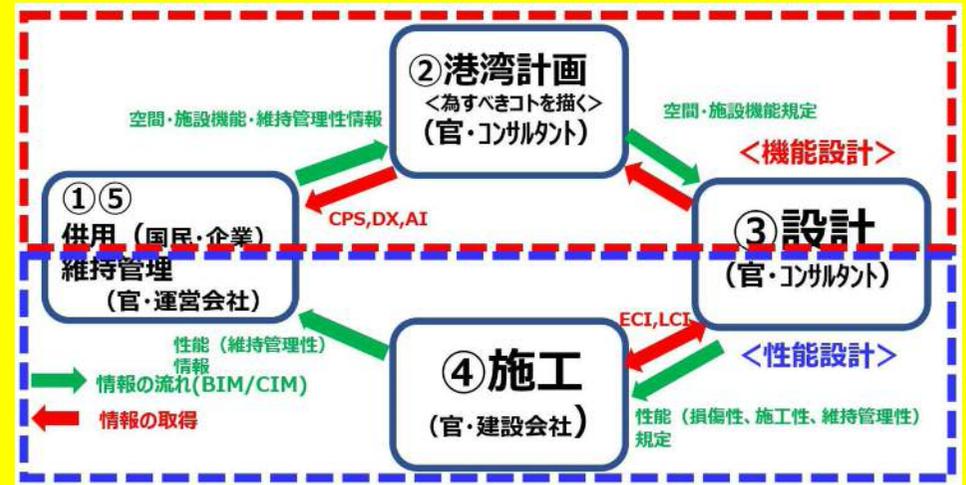
○広義の設計論「機能設計＋性能設計」を施すための 港湾法改正、「計画基準」及び「技術基準」改定の提案

下表に示すように、今後は「港湾法」、「計画基準」（省令：1974年制定）や「技術基準」（省令：2007年性能設計改訂）について、「なすべきこと」や「機能設計」を導入・改定することを提案する。

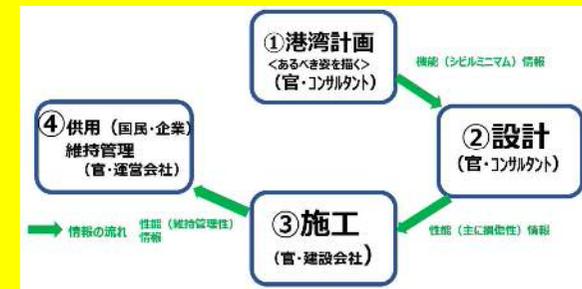
	主な長期政策 港湾の利用等基本方針	港湾計画	技術基準
1974年	全国総合開発計画（1962年） 新全国総合開発計画（1969年）	あるべき姿（規模・配置論） ：貨物量予測による因果論的計画 計画基準（省令）制定	技術基準（省令）制定 仕様設計体系：因果論的設計 ：安全率法、許容応力度法 （作用設計）
1985年	「21世紀への港湾」公表 ：物流、産業、生活空間の総合的な 港湾空間の創造		
2007年			技術基準（省令）改定 性能設計体系：目的論的設計 ：信頼性設計法（部分係数法 等）、応答解析シミュレーション手 法（応答設計）
2018年	「PORT2030」公表 「港湾の利用等基本方針」改定 （2019年） ：港湾価値の創造・提供		
今後		提言：なすべきこと（価値・機能論） 価値提供による目的論的計画 「港湾法第3条の3」の改正 計画基準（省令）改定	提言：機能・性能設計体系 ：目的論的設計 技術基準（省令）改定 ：信頼性設計法（部分係数法等）、 応答解析シミュレーション手法 （応答設計）

○今後の官民の設計担当者の役割

今後の港湾整備における建設プロセスにおいて、上流の港湾計画策定段階における「機能設計」、及び下流の施工段階における「性能設計」において、機能・性能に関わる設計情報の引き取りや伝達において、これまで以上に積極的に関与していく必要がある。



今後の港湾整備における建設プロセス



現行の港湾整備における建設プロセス



第4章. 当面講ずべき具体的な提案と行動

広義の設計論に立脚した今後の港湾整備を目指すために、当面講ずべき具体的な提案と行動は、以下の通り。

(1) 港湾計画段階における機能設計

今後の港湾計画は、多機能性を発揮できるプラットフォームとしての役割を活かして、地域の港湾空間・施設の価値を高めるために、単に施設を提供するだけでなく機能を最適化し、より価値の高い計画を立案できるような「機能設計」を取り入れていくことが重要である。

(2) 民間企業価値の向上を目指した設計

今後の民間企業における港湾整備は、企業自らが利用者であり提供者であるため、利用者ニーズに則した港湾施設の価値・機能を実現できるため、設計及び研究開発組織を有する我が国ののコントラクターの大きな特徴を活かし、従来の「リスク引き受け型」から「価値創造型」へシステム転換を図る必要がある。

(3) 知のストックと他の分野とのネットワークづくり

今後の設計者は、幅広い知識を有して広い視野で港湾計画の立案、構造物の設計、維持管理をすることが求められるため、完成後の利用状況や施工情報データ等の技術をストックしていくことや建設分野以外の企業（AI、IoT 関連、ロボット 関連、金融関連等）との連携が不可欠である。

(4) 技術開発の推進と技術の伝承

これまでの技術開発は、コスト低減、急速施工、施設建設のための技術課題が主要な内容だったが、「機能規定」の概念を取り入れ、施設の機能性を価値工学（VE）によって検討し、その性能の規定化、さらにその性能の照査法に関わる民間公募なども活用した技術開発、さらに技術の伝承も進める必要がある。

(5) プロジェクトマネージャーの設置 **Totally thinking, locally acting**

今後は、港湾に求められる機能全体を俯瞰して港湾計画を提案・立案する「Totally thinking」が出来、かつその後の設計、施工、供用、維持管理の各プロセスでその機能を実現するために責任感をもって組織を率いて行動できる「Locally acting」ができるプロジェクトマネージャーが必要となる。

(6) 調査、施工における三者会議の充実

計画・調査・設計の上流からだけでなく、施工・維持管理の下流からも「設計情報」を取りに行くことも必要である。まずは三者会議の確実な実施による各段階の情報の伝達と契約不適合の防止が不可欠であり、また構造物設置の「目的」、「機能」、「要求性能」、「性能照査」に係わる「設計情報」が円滑に流して相互に確認し、必要であれば躊躇なく修正することが必要である。

(7) BIM/CIM のさらなる活用

BIM/CIMによって、①計算用のモデル化や構造計算などが自動化でき、②施工時に必要な検討がフロントローディングとして実施でき、③災害時での応急復旧時等に早急でかつ有効なシステムとなり、④データの大量蓄積、及びそれらの構造物、状況別などに分類分けしAI等で不安全等との結付を行うナレッジベースを作成することも可能となり、設計者が「機能設計」において、大いなる自由な活躍が期待できる。

(8) 質の高いインフラシステム輸出に向けて

真の質の高いインフラシステム輸出とは、相手国が求める価値を提供することであり、国内における今後の港湾整備と同様に、官民連携を図って相手国とのコミュニケーションを深めることによって価値 V =機能 F /総費用 C における機能 F の向上や創造を図る必要がある。

第5章 事例研究/次世代型港湾計画の事例研究

次世代型港湾計画書（提案）

現行の港湾計画書（本文）	次世代型港湾計画書案（本文）
I 港湾計画の方針 ・〇〇港への要請 ・港湾計画の方針	I 港湾計画の方針 ・〇〇港への要請 ・〇〇港が担う基本機能 ・基本機能を構成する空間機能
II 港湾の能力	II 空間機能、施設機能、並びに港湾施設の規模及び配置 ・〇〇港機能系統図 ・空間機能及び施設機能、その機能規定を実現するために必要な施設構成を記述する。
III 港湾施設の規模及び配置 ・公共埠頭計画 ・フェリー埠頭計画 ・旅客船埠頭計画 等	III 港湾の環境の整備及び保全
IV 港湾の環境の整備及び保全	IV 土地造成及び土地利用計画
V 土地造成及び土地利用計画	V 港湾の効率的な運営に関する事項
VI 港湾の効率的な運営に関する事項	VI その他重要事項
VII その他重要事項	

} 可能な限り「II 空間機能、施設機能、並びに港湾施設の規模及び配置」の項目に入れる。

～次世代型港湾計画の事例研究を通して見えてきたもの～

- (1) 現行の港湾計画では、本文の「港湾計画の方針」において港全体が果たすべき役割や機能についての記述はあるが、数値目標がない定性的な表現に留まっている。「港湾施設の規模及び配置」では、施設計画に至った過程の詳細が明示されていない。このため、次世代型港湾計画では、その過程を「機能系統図」に表し、港全体の基本機能を設定し、空間機能を実現する施設機能を有する施設計画まで落とし込んでいく。
- (2) これらの機能の数値目標を示す機能規定値は、求める機能のレベルを示すとともに施設の性能設計に直結する重要な意味を持っている。したがって、機能設計を行なうにあたっては、既存の施設が有している機能や性能を十分に調査し、評価するとともに、港湾の背後圏の将来の社会経済情勢を分析して、将来の港湾に求める基本機能を定め、空間機能、施設機能の内容を具体的に示すことが重要である。
- (3) 現行の港湾計画書の本文は、施設整備を伴うものだけが記述されている。次世代型港湾計画では、各空間機能を実現するための施設群を記述するために、既存の施設を含めた施設機能を有する施設ごとに「新設」「改良」「維持」「廃止」といった区分を記述する。
- (4) 今回の事例研究においては、港湾計画に機能設計を取り入れることを中心に検討したため、施設が有する機能は、一つだけに絞ったシンプルな機能系統図としたが、複数の機能を有した施設をどのように整理するのか、また「交通機能」「産業機能」といった機能を定義することも含め今後の課題としたい。
- (5) **基本機能、並びに基本機能を達成するための空間機能を規定化し、計画決定することによって、港湾計画の目的及び説明責任がより明確化され、利用する市民や企業、国、港湾管理者、さらに事業を受託する建設コンサルタントやコントラクターが、目標年次に向けて基本機能、空間機能、及び施設機能を実現するための実行計画として共有できる。**

【目 次】

はじめに

概要版

第 1 章. 昨今の設計分野を取り巻く状況と問題意識	1- 1- 1
1- 1 「狭義の設計」となる所以	1- 1- 1
1- 2 実施体制の一貫性、並びにプロジェクト一環性の欠如	1- 2- 1
1- 3 民間設計者の担い手不足と技術の逸散	1- 3- 1
1- 4 建設コンサルタントの低位な地位、低利益及び生産性の低下	1- 4- 1
1- 5 発注者インハウスエンジニアの減少と技術力・専門低下	1- 5- 1
1- 6 上限なしの受注者（建設コンサルタント）責任	1- 6- 1
1- 7 適正な予算執行と説明責任	1- 7- 1
1- 8 建設コンサルタントの施工検討能力不足	1- 8- 1
1- 9 余裕のない検討時間と高度化する改良設計	1- 9- 1
1-10 立地企業所有施設の設計上の課題	1-10- 1
第 2 章. 今、港湾の整備に求められているもの	2 - 1
2- 1 社会の大きな動き/「モノからコトへ」	2 - 1
2- 2 「あるべき姿」から変貌しつつある港湾の抱える課題	2 - 1
2- 3 港湾の中長期政策「PORT2030」が示す基本理念	2 - 2
2- 4 「ストック効果の最大化に向けて～その具体的戦略の提言～」(2016 年)、及び 「第 5 次社会資本整備重点計画」(2021 年～2025 年) が示す基本理念	2 - 3
2- 5 「第 5 期国土交通省技術基本計画」(2022 年～2026 年) が示すもの	2 - 4
2- 6 総力戦で取り組むべき次世代の「地域インフラ群再生戦略マネジメント」 ～インフラメンテナンス第 2 フェーズへ～が示すもの	2 - 5
第 3 章. 「広義の設計論」に立脚した港湾整備のあり方	3 - 1
3- 1 モノづくりの原点	3 - 1
3- 2 「モノの価値」とは	3 - 2
3- 3 価値の創造・提供	3 - 2
3- 4 機能設計	3 - 3
3- 5 次世代の港湾整備への応用	3 - 4
3- 6 施工者視点による「性能設計」	3 -12
3- 7 「機能設計」導入の意義	3 -13
3- 8 設計士の役割と国土交通省の先導への期待	3 -13

第4章. 当面講ずべき具体的な提案と行動	4- 1- 1
4- 1 港湾計画段階における機能設計	4- 1- 1
4- 2 企業価値の向上を目指した港湾施設の設計	4 -2- 1
4- 3 知のストックと他の分野とのネットワークづくり	4- 3- 1
4- 4 技術開発の推進と技術の伝承	4- 4- 1
4- 5 プロジェクトマネージャーの設置・Totally thinking, locally acting	4- 5- 1
4- 6 調査、施工における三者会議の充実	4- 6- 1
4- 7 BIM/CIM のさらなる活用	4- 7- 1
4- 8 質の高いインフラシステム輸出に向けて	4- 8- 1
第5章. 事例研究	5- 1- 1
5- 1 自然体験機能・学習機能の提供	5- 1- 1
5- 2 次世代設計委員会（中間報告）	5- 2- 1
5- 3 次世代型港湾計画の事例研究	5- 3- 1
第6章. 専門的立場から	6- 1- 1
6- 1 異業種からの提案（吉村顧問）	6- 1- 1
6- 2 港湾の高機能化へ向けて（高山顧問）	6- 2- 1
6- 3 広義の設計について（横田顧問）	6- 3- 1
6- 4 地盤改良技術の海外展開をめざして（北詰顧問）	6- 4- 1

おわりに 広義の設計への挑戦（日下部顧問）

参考資料

「狭義の設計から広義の設計へ」研修会開催の経緯	参考- 1
1. 日下部治顧問の講演「設計士に期待すること」	参考- 5
2. 吉村達彦顧問の講演「問題発見と未然防止/製造業（自動車産業）の視点から」	参考- 9
3. 藤本隆宏教授の講演「設計論に立脚した広義のものづくり経営学」	参考- 11
4. 野城智也教授の講演「建築設計の設計論」	参考- 13
5. 小林潔司教授の講演「プラットフォームとしてのインフラ価値の創造」	参考- 16
6. 磯部雅彦学長の講演 「目的の多様化と変動化に対応する海洋・港湾構造物の設計に向けて」	参考- 23

<執筆者一覧>

(以下、グループごと 50 音順)

- 山本修司 : (一財)沿岸技術研究センター 海洋・港湾構造物設計士会会長
中原知洋 : 五洋建設(株) 同副会長
八尋明彦 : 日本工営(株) 同副会長
- 石本健治 : (株)エコー 同理事
石原慎太郎 : みらい建設工業(株)
岡田光志 : 東亜建設工業(株) 同理事
川嶋 憲 : (有)ラインクリエイト
久保田崇仁 : (株)日本港湾コンサルタント 同理事
佐藤健彦 : 五洋建設(株) 同理事
佐野雄季 : 大成建設(株) 同監事
柴田大介 : (株)日本港湾コンサルタント 同理事
鈴木信夫 : パシフィックコンサルタンツ(株) 同理事
曾根照人 : (株)ニュージエック 同理事
高橋正美 : 大成建設(株)
高橋雄三 : みなと設計事務所(同)
田中文彦 : 日本海洋コンサルタント(株) 同理事
中嶋道雄 : パシフィックコンサルタンツ(株) 同理事
服部俊朗 : (一財)沿岸技術研究センター 同理事
浜地克也 : (株)大林組 同理事
村本哲二 : 東洋建設(株) 同理事
室田博文 : 復建調査設計(株) 同理事
吉川慎一 : (株)ニュージエック 同理事
- 北詰昌樹 : 北詰ジオテクニクス 東京工業大学名誉教授 同顧問
日下部治 : 東京工業大学名誉教授 同顧問
高山知司 : (一財)沿岸技術研究センター 京都大学名誉教授 同顧問
横田 弘 : (一財)沿岸技術研究センター 北海道大学名誉教授 同顧問
吉村達彦 : G D 3 コンサルティング代表 トヨタ自動車(株) 元シニア・スタッフ・エンジニア 同顧問

第1章 昨今の設計分野を取り巻く状況と問題意識

本章は、まず民間設計者が、これまで「狭義の設計」を中心に実施してきた経緯を述べる。その中で民間設計者の担い手不足、建設コンサルタントの置かれた社会環境や責任問題、さらに近年の高度化する改良設計における施工能力の不足、余裕の無い設計検討時間などを掘り下げる。他方、設計業務の発注者であるインハウスエンジニアの減少や技術力・専門性の低下、公共予算執行の説明責任の重さなどを明らかにする。最後に、コントラクター側から、港湾内の立地企業所有施設に関わる設計体系への問題意識を提起する。

1-1 「狭義の設計」となる所以

2018年12月に開催された4者研究協力協定調印記念シンポジウムで、日下部治顧問の基調講演「設計士に期待すること」におけるメッセージ「狭義の設計から広義の設計へ」で示された「狭義の設計」の意味するところを、以下の経緯の中で述べたい。

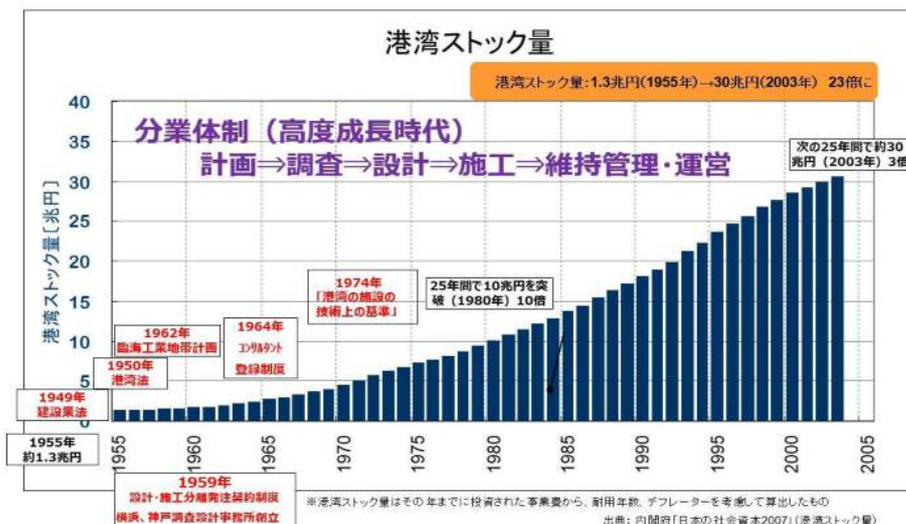
1-1-1 「狭義の設計」とは、

「設計」とは、「日本大百科全書」によれば、構造物の構造を、実際の生産に必要かつ十分な程度に決定し、その結果を設計図にして仕様書、取扱い説明書などとして表現する営為をいう。「構造物」とは、狭義では機械、器具、装置、施設、プラントなどの工業製品である。広義には、任意の事物の構造を多少とも具体的に計画する営為はすべて設計とよばれる。（定年後の生活設計など）また、黒川篤（1997年）によれば「設計」とは、「人間社会が必要とする人工物を実現するための計画」と広義に定義している。つまり、人類の豊かさが進み、次々と社会への新しいサービスが求められ、このため必要となる機能性能の人工物を実現する「計画」が「設計」であり、計画を作成するのが「設計者」であるとしている。上記のように、「設計」は、本来、「狭義」と「広義」の意味合いを有している。

1-1-2 戦後の大量港湾施設整備で分業化された「設計」

2018年に策定された港湾の中長期政策「PORT2030」では、戦後の港湾政策について、以下の「ネットワークの形成」及び「空間の創造」という大きな2つの施策の柱で総括している。この2つの施策によって、1950年（昭和25）に制定された港湾法に基づき、約70年間の歴史のなかで、我が国の「港湾のあるべき姿」を目指して、政府が定める社会保障、社会保健と同様に社会資本としての一定水準（シビルミニマム：画一的な機能）を早期に確保するために大量の施設が整備されてきた。

- (1) 「ネットワークの形成」としては、一つ目はコンテナ輸送ネットワークの維持・拡大であり、1950年代半ばに米国で始まった海上輸送のコンテナ化へ迅速な対応、その後2010年には北米・欧州基幹航路の我が国への寄港を維持・拡大し、民間企業等の立地環境を向上させるため、「集貨」「創貨」「競争力強化」の3本柱の施策からなる国際コンテナ戦略港湾政策が導入された。二つ目はバルク輸送の効率化・共同化であり、1950年代に戦災復興から新たな経済成長に移行するための木材・石炭・鉄鉱石等の輸入岸壁の整備、1960年代に全国総合開発計画の策定、新産業都市建設促進法・工業整備特別地域整備促進法の制定等を受けた、苫小牧港・鹿島港等の工業港湾の開発による高度経済成長、近年はバルク船の大型化による輸送コスト削減の動きが加速したため、2010年に国際バルク戦略港湾政策が導入された。
- (2) 「空間の創造」としては、高度経済成長を達成して安定成長期に入った1980年代以降に船舶の大型化やコンテナ化の進展に伴って港湾の中に内港地区と呼ばれる空間が発生し、民間活力を導入した商業施設や緑地の整備等によりウォーターフロント開発が全国的に進められ、1990年代後半には、阪神・淡路大震災の教訓を踏まえ、耐震強化岸壁・緑地等から構成される臨海部防災拠点の整備が進められた。



資料：国土交通省港湾局資料に拠る

図 1-1-1 港湾ストック量の推移

他方、上記の政策に基づいて、図 1-1-1 に示すような大量の港湾施設を効率よく円滑に整備するにあたって、国を始めとする港湾管理者（以下、発注者）は、これまでの「直轄・直営」から計画、調査、設計、施工、及び維持管理分野業務の分業体制を構築し、また各業務において 1959 年（昭和 34）の「設計・施工分離発注方式」の導入、1964 年（昭和 39）の「建設コンサルタントの登録制度」の導入によって、建設会社や建設コンサルタント（以下、受注者）への請負発注による官民の分業体制へと移行した。このうち設計業務は、1974 年に大量施設の整備に併せて「港湾の施設の技術上の基準」（以下、技術基準）が制定され、発注者側は上位である計画業務、調査業務の成果を与条件とし、建設コンサルタントに発注する、所謂「狭義の設計」となった。さらに施工業務に関わる発注者は、その設計成果に基づき工事に関わる発注図書を作成し、1949 年制定の建設業法によるコントラクターに発注した。

1-1-3 「狭義の設計」化の助長

1995年に世界貿易機構（WTO）において貿易の技術的障害に関する協定と政府調達協定が発効され「性能規定」が世界的に合意、また、1998年に国際規格ISO2394「構造物の信頼性に関する一般原則」（第3版）が提示され、それを受け2002年10月に国土交通省により「土木・建築にかかる設計の基本」が制定され、2007年にはこれまでの「仕様設計」から、図 1-1-2に示す「性能設計」体系へ大改革され移行した。しかしながら、「要求性能」のうち、阪神淡路大震災を教訓としたレベル2地震への対応としての説明責任の徹底やコスト削減によって「使用性」「修復性」「安全性」（以下、「損傷性」）を重視する傾向にあり、他方上流側である計画分野の「供用性」や、下流側である施工分野の「施工性」や維持管理分野の「維持管理性」に関わる規定があり、本来「広義の設計」まで包含した体系であるのに関わらず、それらの規定が画一的であるため、「狭義の設計」化を助長した嫌いがある。

1-1-4 現下の問題意識

このため、現行の性能設計体系に対して、以下のような問題意識がある。

- ① 2007 年の「性能規定化」は、特定の設計法や材料などの使用を前提とした「仕様」による基準を廃止し、港湾施設が本来備えなければならない「性能」によって基準を定めることによって技術開発を促進することが目的の一つであったが、そのようになっているか。
- ② 一方、「性能照査」が港湾管理者や民間企業の裁量に委ねられたが、その裁量性が発揮できているか。
- ③ 今後の設計分野の担い手にとって、やりがいと創造性のある業務環境となっているか。

（執筆者：八尋明彦）

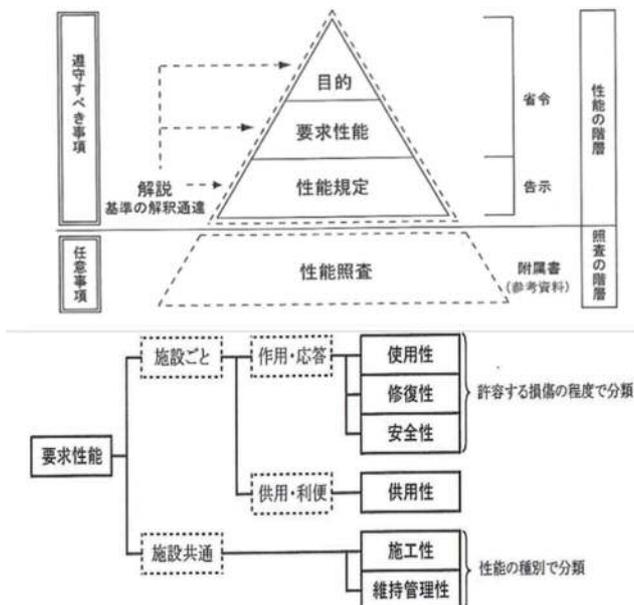


図 1-1-2 現行の性能設計体系と要求性能

1-2 実施体制の一貫性、並びにプロジェクト一環性の欠如

1-2-1 細分化される体制・組織

現在の港湾整備では、物流機能の向上ばかりでなく、持続性の向上、利用者の利便性の向上、環境への配慮など様々な要求に対して最適となる施設の整備が求められる。これらの事項をより深く理解・理解を導くためには様々な要件に対応することができる実施体制の確保が必要である。また、役割の細分化、明確化、および業務の専門化により業務の質を向上し、要求される事項に対し安定的に理解を導くことが期待される。

港湾構造物の設計の流れの例を示す。

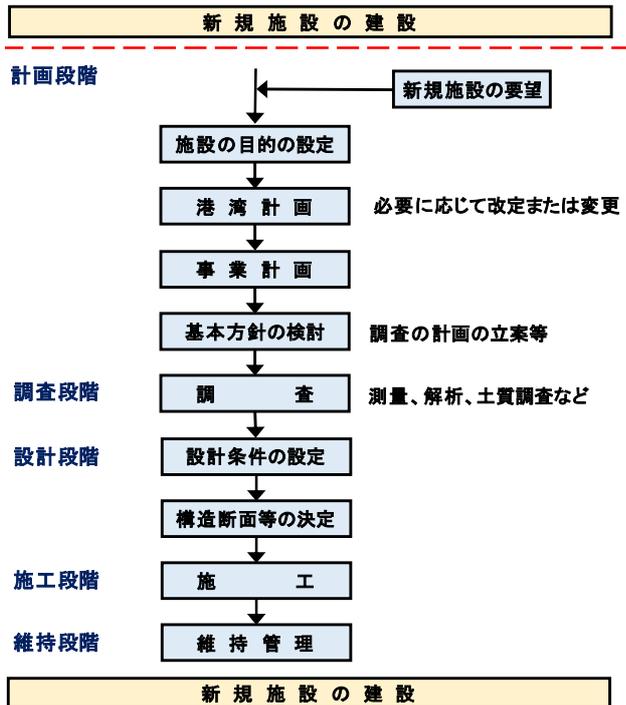


図 1-2-1 構造物の建設における一般的な設計・施工フロー¹⁾

公共工事において、この流れに対応する実施体制のイメージを示す。

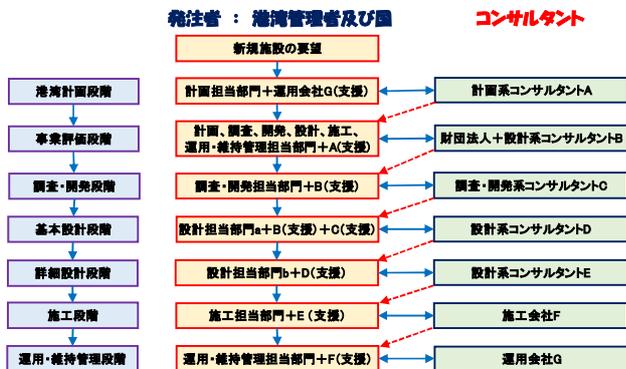


図 1-2-2 公共工事における設計・施工のフロー

このような実施体制において、各検討段階の業務は更に細分化がなされている。例えば「計画段階」においては一つの建設コンサルタントのみでの

対応ではなく、「物流を計画する会社」や「環境計画を担当する会社」等の関りが不可欠となる構成となっている。また、港湾管理者を支援する建設コンサルタントも各計画・設計段階で必要な専門知識が異なるために、その業務に特化した建設コンサルタントが支援することになる。ある建設コンサルタントが全ての計画・設計段階で支援できる能力があったとしても、一般的に業務は分割発注され、同じ建設コンサルタントが一貫して支援することは少ない。

さまざまな計画・設計段階において、ある一つの建設コンサルタントがある一定以上のレベルで対応するには限界がある。よって、プロジェクトが大きくなればなるほど担当業務の細分化は不可避となる。そして、担当業務が細分化するとプロジェクトを遂行する組織全体は巨大化する。このような組織では、建設コンサルタント等の業務を担当する各組織が対応可能な範囲で管理し、業務の漏れや重複をなくし、組織間で業務を補完しあえる運営が求められる。ここで、最終的な目的の価値の創造において常に問題となるのが一貫性（一環性）の欠如である。

1-2-2 プロジェクトの一貫性（一環性）の欠如

価値のあるプロジェクトを実現するためには、一貫性（一環性）の確保が不可欠である。ここで、一貫性と一環性については、次のように考える。

一貫性：あるプロジェクトにおいて全ての組織で統一して達成することを目的とする価値への考え

一環性：関連する幾つかのプロジェクト全体として価値を創造する考え
一貫性・一環性の欠如は情報の流れの欠如に起因すると考えられる。

(1) 一貫性の欠如

一貫性の欠如は、図 1-2-2 に示す組織間におけるコミュニケーション不足、情報の流れの悪さに起因する場合が多い。組織が細分化され個別組織の数（人員数）が多くなればなるほど、各組織間の調整が必要となるが、一般的に図 1-2-2 に示した各組織が一同に会してコミュニケーションを図るようなシステムにはなっていない。情報は、上から下へ一方向に伝達されるのみの場合が多い。情報は主に書類で伝達されるが、その書類の記載内容が的確に次の組織へ伝達されるとは限らない。実際、上流の組織から伝達すべき必要な情報を漏れなく伝達するような書類を作成することは、困難である。また、海洋・港湾構造物設計士会 第13回研修会での野城先生のご講演²⁾で、“あたり前で書かなくていいと思っていること、あるいは、当然のこととして意識もあがっていない「暗黙の要求条件」というお話にあったように、各組織が持つ「常識」が他の組織での常識でないことも要因の一つとなっていると考えられる。気持ちの中にある「こんなことは常識だ」という観念が、正確な情報の伝達を阻害する要因となる。現状の組織の情報伝達は上から下への一方向となっている。これは、上からの情報が「必要十分な情報」であることが必要である。しかし、一般的な業務では「条件が定まらないので、とりあえず条件で検討する」等、見直しが前提となっている項目は必ず存在する。要は「現状は条件が確定しないので、適切な条件を設定して、目的を達成する成果にしてほしい」という項目は

必ず存在するが、「機能、付加価値を適切に伝達できる書類となっていない」「変更して良いもの、変更してはいけないものに関する情報が不足している」「当然こういことだ、という組織の常識が障害となり、情報が伝わらない」等の事象により、情報が伝達されず、最終的に「一貫性の欠如」という事象が形成されてしまう。

(2)一環性の欠如

港湾全体の施設の価値を創造するためには、「一環性の確保」が重要である。ただし、港湾全体の価値を創造する設計・計画を行う場合、図1-2-2に示した組織の上に全体計画を行う組織が存在し、その下に図1-2-2に示した組織が複数設置され、それぞれが担当する構造物の計画・設計・施工を実施する。

港湾全体の施設の計画・設計では、より一層、情報の流動性が確保できない体制とならざるを得ない。さらに、港湾関連の関係者以外にも道路・鉄道のような交通インフラや民間プロジェクト等、関係者が多岐にわたる。このような状況では、地域での複数のプロジェクトを一環として最適な方向に進めるように情報を伝達することは大変難しい事項となり、一環性の欠如する事象が問題となる。

参考文献

- 1) 「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成30年5月 公益社団法人 日本港湾協会）」上巻 p.48 図-2.4.2 新設施設の建設と既設施設の改良の全体手順 より抜粋
- 2) 海洋・港湾構造物設計士会 第13回研修会 第1部（2021年10月7日）講演議事録

（執筆者：高橋正美、佐野雅佳季）

1-3 民間設計者の担い手不足と技術の逸散問題

1-3-1 はじめに

建設コンサルタント及びコントラクターにおける港湾施設の設計技術者（以下、民間設計者）は、育成に時間を要する職種である。一般的に、大学等の教育機関を卒業してから、設計業務を出来るようになるまで約10年の時間がかかると言われている。

一方、現在、我が国の少子高齢化の影響を受け1学年あたりの生徒数は100万人/年程度、その内、理工学系の大学へ進学する生徒が約9万人/年で、図1-3-1に示すように、建設関連(建築含む)に進む学生数は13,700人/年となっている。

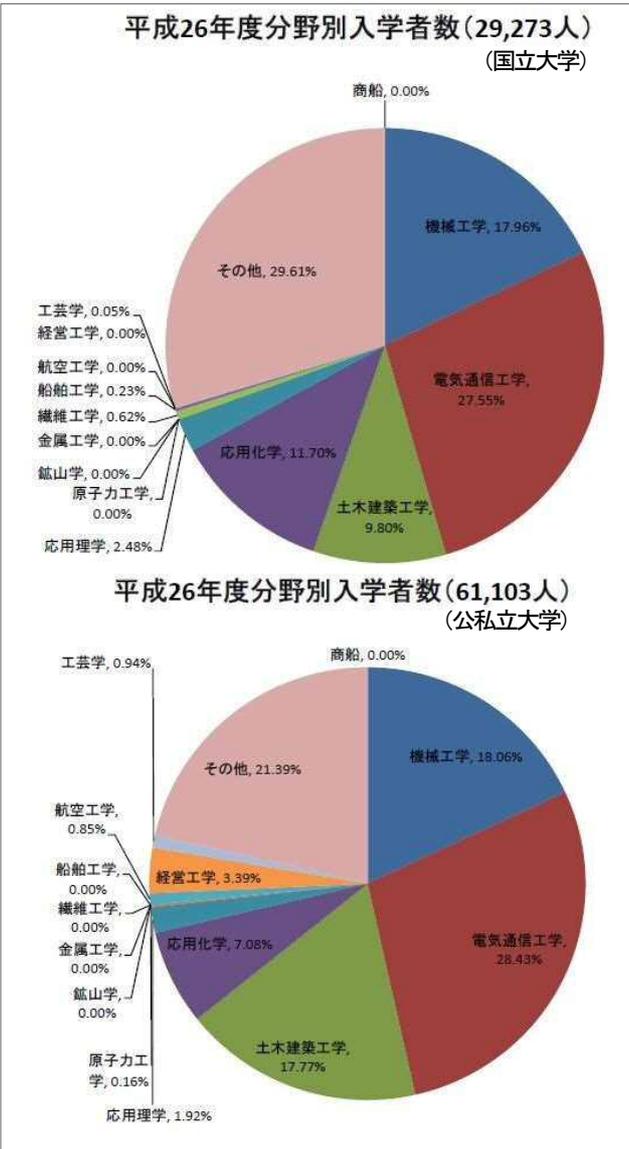


図1-3-1 工学系学生の分野別入学者数

この内、民間設計者の業務に関連する仕事への入職者は、年間数百人程度と予想され、500人/1,000,000人=1/2,000の生徒のみで、非常にマイナーな職業である。

このように、希少な人材の中から、民間設計者を育成していかななくてはならない現実があり、入職者の時点から担い手不足の状況である。

1-3-2 民間設計者の入職までの教育課程

民間設計者の育成には、時間を要するが、まず、入職するまでの教育課程のうち、習得しなければならない必須科目について確認する。

- ・高等学校必須科目：英語、数学、物理、(化学)、(国語)、(社会)
高等学校での学習は、英語、数学、物理は必須である上、進学する大学にもよるが、化学、国語、社会の学習も必要となる。
- ・大学必須科目、構造力学、水理学、地盤工学、コンクリート工学
大学では、構造力学、水理学、地盤工学、コンクリート工学が必須であり、これらの科目の習得が民間設計者の基礎となる。

このように、民間設計者が入職までには、専門的な科目を修得する必要がある。図1-3-2に、高等学校から設計業務を出来るようになるまでの、一般的な育成ケースを示す。

所属組織	年次	実施事項			
高等学校	1年生	英語	数学	物理	他
	2年生	↓	↓	↓	
	3年生	↓	↓	↓	
大学	1年生	一般教養			
	2年生	構造力学	水理学	地盤工学	コンクリート工学
	3年生	↓	↓	↓	↓
	4年生	↓	↓	↓	↓
入職後	1年目	基準・仕様書の理解	PC等スキルアップ	他	
	2年目	↓	↓	↓	
	3年目	↓	↓	↓	
	4年目	↓	↓	↓	
	5年目	↓	↓	↓	
	6年目	↓	↓	↓	
	7年目	↓	↓	↓	
	8年目	↓	↓	↓	
	9年目	↓	↓	↓	
	10年目	↓	↓	↓	

図1-3-2 港湾施設の設計技術者の標準的な育成課程

1-3-3 民間設計者の入職してからの育成内容

民間設計者の育成には、入職後においても、様々な育成が必要であり、その内容について確認する。

- ・基準および仕様書の理解
港湾関連では、以下に示す基準および仕様書等の理解が必須である。
「港湾の施設の技術上の基準・同解説 日本港湾協会(写真-1-3-1)」
「港湾工事共通仕様書 国土交通省 港湾局」
「港湾土木請負工事積算基準 日本港湾協会」
「コンクリート標準示方書 土木学会」
「地盤調査の方法と解説 地盤工学会」
「地盤材料試験の方法と解説 地盤工学会」

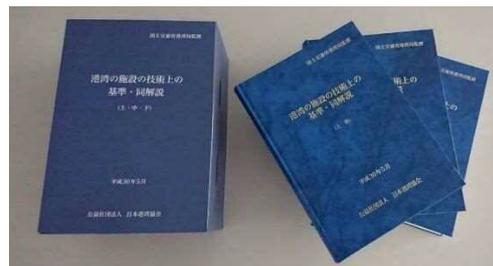


写真1-3-1 理解すべき基準(港湾の施設の技術上の基準)

・パソコン等のスキルアップ

入職後は、民間設計者の業務に関わる知識とは別に、1人の社会人として、パソコンに関するスキルアップが必要である。パソコンに関するスキルのうち、基本的な文書作成、メール受発信、表計算以外に、以下に示すスキルが必要となる。

「CAD操作」(図面作成に必須)

「設計計算ソフトの使用」(設計書作成に必須)

「BIM/CIM関連ソフトの資料」(今後の設計)

1-3-4 民間設計者の On-the-Job Training

民間設計者は、入職後も育成の一環として、基準および仕様書の理解、パソコン等のスキルアップがあるが、設計能力を向上させるためには、実務を通じて習得していくことが一番である。

所属する組織により内容は異なるが、職場で実務を行う「On-the-Job Training (OJT)」が効果的であり、業務を1つ1つ担当すること仕事を覚えることの他、OJTの成果が仕事の成果になるなど、様々な利点があり、民間設計者の能力は確実に向上すると考えられる。

1-3-5 民間設計者の資格取得

民間設計者は、数年の実務経験を積んだ後、港湾施設をはじめとした公共施設の設計業務において、管理技術者となるために公的資格を取得しなければならない。

以下に、管理技術者となる要件の代表的な資格を示す。

- ・技術士(建設部門)(日本技術士会)
- ・RCCM(建設コンサルタンツ協会)
- ・特別上級土木技術者(土木学会)

その他、総合評価型入札における配置予定技術者の加点要素として、以下の資格がある。

- ・海洋・港湾構造物監理士(沿岸技術研究センター)
- ・海洋・港湾構造物維持管理士(沿岸技術研究センター)
- ・地盤品質判定士(地盤品質判定士協議会)
- ・その他

このように、民間設計者は、実務とは別に、様々な資格取得に挑戦しなければならない。

1-3-6 民間設計者の離職問題

民間設計者の育成は、1-3-2～1-3-5に示した通り、希少な人材を採用して、時間をかけて育成した上で、ようやく設計業務を行えるようになるが、残念ながら設計業務を実践する前に離職する者も多く存在する。

離職する者の理由は様々であるが、「長時間労働」「残業」「休日出勤」が理由となることが多く、国の施策として『働き方改革』を提唱している以上、民間設計者を確保する上では、改善しなければならない事項と考える。

1-3-7 技術の逸散問題

港湾施設の設計に関する技術は、所属する組織において、ある程度は蓄積されているものの、技術者1人1人の経験による部分が多いと考える。よって、民間設計者が離職することが、技術の逸散に直結するため、離職者は最小限に抑制しなければならない。

また、設計に関する成果は、現在は、殆どが電子データになっているものの、電子データ自体がPDFファイルの編集できない状態での成果品として保存されている。よって、設計業務を行う際、成果品を参考に出来ても、設計業務自体は、最初から実施しなければならないことが多く、参考になっている成果品の詳細については伝承されているとは言い難い状況である。

1-3-8 担い手不足、技術の逸散問題の解決策

ここまで、民間設計者の担い手不足や技術の逸散問題について述べてきたが、ここから解決策を提案したい。

担い手不足を解消するには、まずは、国が提唱している『働き方改革』を実施し、「長時間労働」「残業」「休日出勤」をはじめとする「勤務過多」を解消しなければならない。具体的には、公共事業においては、設計に要する工期を2割程度長くして、工期不足に起因する「勤務過多」が解消できるような発注形態とすべきである。これにより、設計業務に従事している技術者の「勤務過多」が解消され、離職者の抑制につながると思う。

次に、担い手不足を解消させるには、入職者を増やす努力が必要である。入職者を増やすには、現在も行っている建設系の大学へのPRの一環として行っている、学校訪問、説明会、職業体験の機会をさらに増やし、学生に興味を持ってもらうとともに、「港湾・海洋工学」の講義の開設する事があげられる。また、建設系の大学だけでなく、大学に進学する前の高等学校も視野に入れ、工学部建設系のアピールだけでなく、理系を目指す生徒を増やす取り組みが必要である。

技術の逸散問題の解決策としては、業務の効率化の一環として、成果品とは別の事務手続き等の簡素化があげられる。設計実務の内容を簡素化することは、技術の低下につながるが、事務手続き等の簡素化は業務の効率向上に繋がると考える。

また、民間設計者の業務は、1人1人の技術者が実施するものであることから、技術を伝承するには、直接会って話をして継承することが一番である。2019年からの新型コロナウイルスが蔓延してから、在宅勤務が増え、会議がWebとなり、懇親会の機会が無くなってしまったが、これからは、感染防止に配慮しながら、直接会って話をすることが、一番の技術伝承と考える。

既存施設の改良設計業務が今後増加することを考慮すると、構造物の耐力評価力、改良技術力が必須となり、調査技術、施工技術力を向上させる必要がある。また、設計と施工の相互理解も技術者育成の観点からは重要な課題である。

担い手不足、技術の逸散問題は、解決には多大な労力を要するが、若者の興味を引くビッグプロジェクトを創出する等決して先送りしてはならず、すぐに取り組みなくてはならない問題であり、解決策を実施すれば、民間設

計者に明るい将来が見えてくるはずである。

参考文献

- 1) 文部科学省 大学における工学系教育の在り方について
https://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/thousein/_icsFiles/afieldfile/2017/06/27/1387312_01.pdf
- 2) 参考資料9
https://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/thousein/_icsFiles/afieldfile/2017/06/27/1387312_03.pdf
- 3) 土木学会技術推進機構
<https://committees.jsce.or.jp/opcet/shikaku>
- 4) 建設コンサルタント協会
<https://www.rccm-cpd.com/rccm/rccmtop.html>
- 5) 地盤品質判定士協議会
<https://jiban-jage.jp/>

(執筆者 石原慎太郎)

1-4 建設コンサルタントの低位な地位、低利益及び生産性の低下

1-4-1 はじめに

設計に携わる多くの技術者が所属する建設コンサルタントの立場から、建設コンサルタントの定義及び建設コンサルタントの契約について簡単に説明し、地位、低入札落札価格、生産性の低下に着目して、現在の姿、将来あるべき姿について考えてみる。

1-4-2 建設コンサルタントの定義について

我が国の社会資本整備（建設事業）の歴史を見ると、戦前は、内務省、農林省等の職員によって企画、調査、計画、設計から施工までを一貫して直轄・直営で行われていた。その後、昭和 30 年代に入って社会資本整備の急速な拡大とともに、名神高速道路、東海道新幹線などの大規模事業が着手され、調査、計画、設計及び工事監理において建設コンサルタント業務として、外部の民間技術力活用の気運が急速に高まった。

このような状況を背景に昭和 34 年（1959 年）1 月、建設コンサルタントの契約方式、標準契約書、価格の積算方法などを規定した「土木事業に係る設計業務等を委託する場合の契約方式等について」が、建設省事務次官通達として発出された。この通達の最大のポイントは「設計・施工分離の原則」の明確化で、この原則が建設コンサルタント業務の確立と発展の基礎となった。

建設コンサルタントは建設業法による建設業のような法的な定めは、業法ではなく（公共工事の前払金保証事業に関する法律（昭和 27 年法律第 184 号）第 19 条第 3 号）（最終改正令和 2 年）にあり、「土木建築に関する工事の請負を業とする者又は土木建築に関する工事の設計若しくは監理若しくは土木建築に関する調査、企画、立案若しくは助言を行うことの請負若しくは受託を業とする者」以下「建設コンサルタント」という。）と定義され、国土交通省では、建設コンサルタントに測量業、地質調査業を加えた 3 業種を建設関連業と呼び、建設生産・管理システムの「上流部」における技術サービスの提供者と位置付けている。

建設コンサルタントという職業は、日本標準産業分類（平成 25 年（2013 年）10 月改定、平成 26 年（2014 年）4 月施行）によると、学術研究、専門・技術サービス業＞技術サービス業＞土木建築サービス業＞建築設計業に分類されており、設計監理業、建物設計製図業、国・地方公共団体工事事務所（直営工事を行わないもの）と同分類になっている。

1-4-3 建設コンサルタントの契約について

契約とは、（公共土木設計業務等標準委託契約約款）（以下、「標準約款」と略称）に則って実施される。

標準約款は、平成 7 年（1995 年）に策定され、現在に至るまで建設コンサルタントが業務を実施する上で最も基本的なものと位置付けられている。その後、建設コンサルタント等を取り巻く環境が変化したことを受けて平成 23 年（2011 年）に一度改正され、さらに令和 2 年（2020 年）の改正民法施行に伴い、「標準約款」も再度改正された。標準約款

の策定、改正経緯を図 1-4-1 に示す。

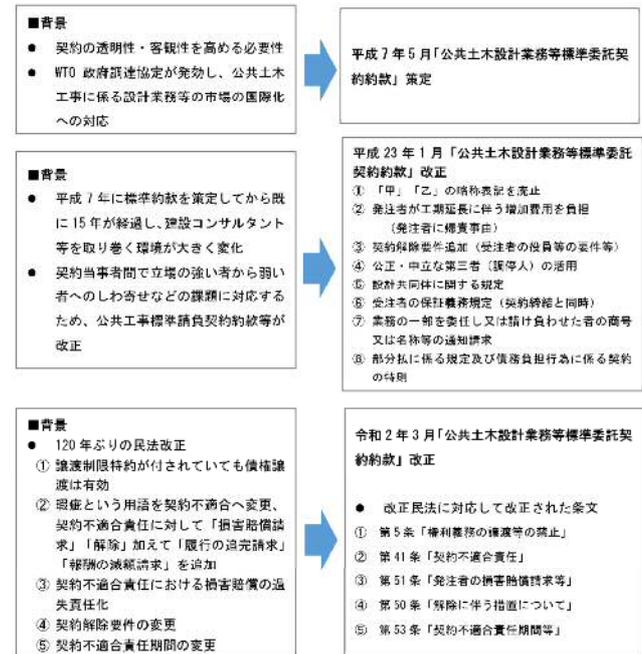


図 1-4-1 標準約款の策定、改正経緯¹⁾

標準約款では、「請負」と「委任（準委任）」の二つの考え方が存在している。「請負」は民法第 6 3 2 条に、「委任」は民法第 6 4 3 条に、それぞれ示されている民法上の契約方式である。弁護士を代理人として契約締結を委託するような法律行為に関する委託は「委任」というが、建設コンサルタントが行う委託契約は、法律行為でない事務の委託であるため「準委任」という。

「請負」は、仕事を完成させることを約束し、その結果に対して報酬を与えることを約束する契約であり、請負人には当該仕事を完成させる責任がある。一方「準委任」は、発注者が受注者との間の信頼関係に基づいて委託し、受注者がこれを承諾することにより成立する契約であり、一定の行為を行うプロセスそのものに対する責任がある。

このため、民法上の「請負」契約であれば、原則として発注者の承諾なく再委託することは可能であるが、「準委任」契約は発注者と受注者との間の信頼関係に基づくものであることから、原則として再委託には発注者の承諾が必要といえる。この点、標準約款は、「請負」「準委任」の考え方が混在した約款になっていることから、問題を複雑化している。

準委任契約と請負契約の比較を表 1-4-1 に示す。

表 1-4-1 準委任契約と請負契約の比較²⁾

項目	準委任契約	請負契約	標準約款での位置づけ
定義	発注者が仕事をするのを受注者に委託し、受注者がこれを承諾することによって成立	受注者が仕事を完成することを約束し、発注者がその仕事の結果に対して報酬を支払うことを約束することにより成立	
責任範囲	プロセスに対する責任	完成する責任	請負契約
受注者の責任	善管注意義務	契約不適合責任	請負契約
再委託	受注者が有する技能を前提として契約するので、原則として不可	完成のための手段は開かれていないので可能	準委任契約

1-4-4 現在の姿

建設コンサルタントの定義と現状の契約約款では、建設コストを下げる設計成果が求められている。また、現況において低位な地位と低入札落札価格基準、生産性の低下に関しては、図 1-4-2 に示す関係となっている。以下に、各項目について記載する。

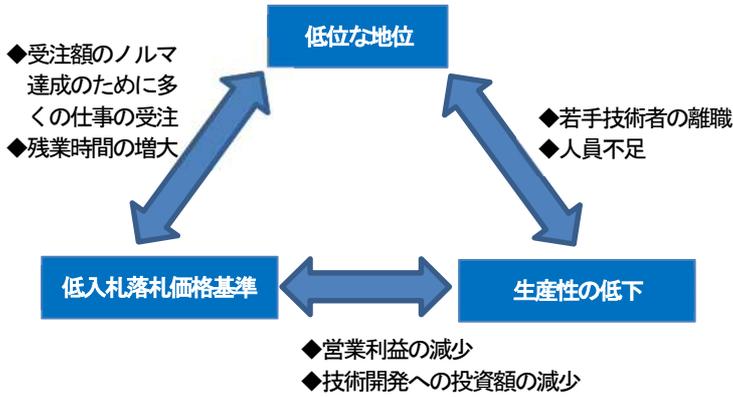


図 1-4-2 低位な地位と低入札落札価格基準、生産性の低下の関係 (現況：負のスパイラル)

(1) 低位な地位

1) 我が国における建設コンサルタントの成り立ち

前述のとおり、日本では長年に亘って公共事業に係る調査・設計・工事等が国の直轄・直営で行われた経緯もあり、契約社会における建設コンサルタント業の法的位置づけが必ずしも明確になっているとは言いがたい面がある。

2) 欧米との比較

建設コンサルタントに関して、欧米との比較を以下に示す。

- 欧米であれば建設コンサルタントは医師や弁護士のような高度な専門職であり、社会的地位が高く、収入面や待遇面もそれらに匹敵するとされている。
- 欧米では、企業としてというよりも個人の技術者としての社会的地位を得ている。

建設コンサルタントという職業、立場は、発注者の補助者としてスタートしたことにより、医師や弁護士のような社会的な地位を確保できていない。また、日本では、戦後の高度経済成長期に発足したことにより、企業主体の発展が優先され、事業者側における評価は企業を対象にするものであったため、欧米の様に個人の技術者としての社会的地位を確保できていない。

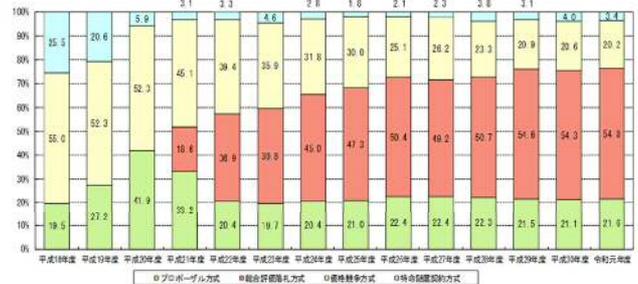
(2) 低入札落札基準

1) 低入札落札の原因

低入札落札の原因を以下に示す。

- 国土交通省全体では、プロポーザル方式と総合評価落札方式の件数割合が拡大しており、徐々に技術力を重視した選定方式へ移行が進みつつある(図 1-4-3 参照)。地方公共団体では、価格競争方式による契約方式が 84.2%と多く占めており、プロポーザル方式及び総合評価落札方式の発注は極めて少ない状況にある(表 1-4-2 参照)。
- 最低制限価格制度等の低価格入札対策を実施していない地方公共団体では、極端な低価格入札が頻発している(実績作りのため?)。
- 最低制限価格制度を導入している地方公共団体で予定価格が事前公表される場合には、失格基準価格限度額での多数入札者による引ききで落札者が決まっている。

都道府県・政令指定都市の最低価格制限の設定状況、低入札調査基準価格の設定状況、予定価格の公表に関する状況を図 1-4-4 に示す。



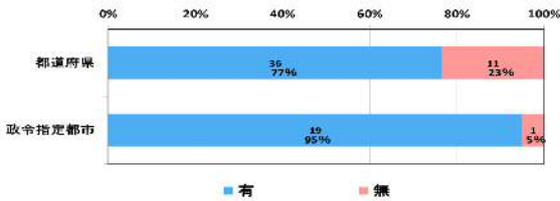
出典：国土交通省直轄工事等契約関係資料から集計

図 1-4-3 国土交通省土木関係コンサルタント業務の発注方式別契約件数の比率の推移¹⁾

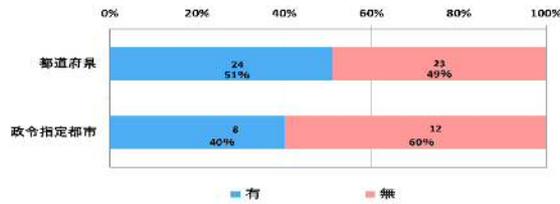
表 1-4-2 契約方式別発注件数¹⁾

		都道府県		政令指定都市		合計	
		件数	比率	件数	比率	件数	比率
価格競争方式	一般・公募	3,676	10.3%	1,817	51.5%	5,493	14.1%
	指名	26,401	74.3%	1,381	39.2%	27,782	71.1%
	小計	30,077	84.6%	3,198	90.7%	33,275	85.2%
総合評価落札方式	一般・公募	1,797	5.1%	8	0.2%	1,805	4.6%
	指名	305	0.9%	0	0.0%	305	0.8%
	小計	2,102	5.9%	8	0.2%	2,110	5.4%
プロポーザル方式	一般・公募	81	0.2%	8	0.2%	89	0.2%
	指名	21	0.1%	0	0.0%	21	0.1%
	小計	102	0.3%	8	0.2%	110	0.3%
特命随意契約方式		3,251	9.1%	313	8.9%	3,564	9.1%
合計		35,532	100.0%	3,527	100.0%	39,059	100.0%

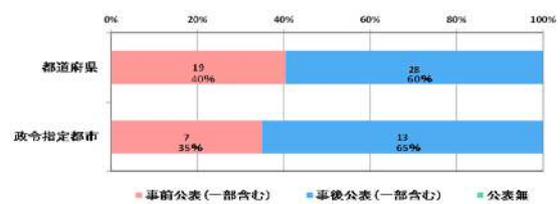
出典：協会「令和2年度都道府県・政令指定都市の入札契約方式に関する実態調査報告書(令和元年度発注業務調査)」(令和3年3月データ)



(a) 都道府県・政令指定都市の最低価格制限の設定状況（価格競争方式）



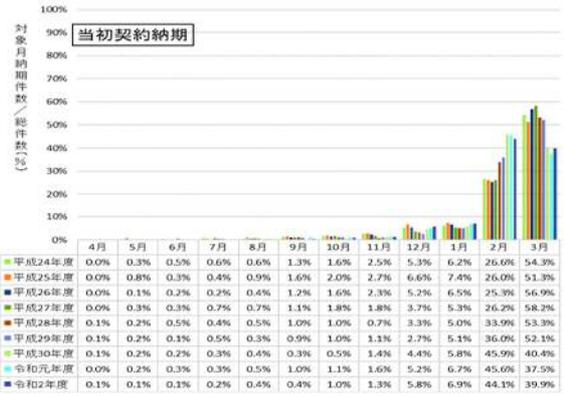
(b) 都道府県・政令指定都市の低入札調査基準価格の設定状況（価格競争方式）



(c) 都道府県・政令指定都市の予定価格の公表（価格競争方式）

出典：協会「令和2年度都道府県・政令指定都市の入札契約方式に関する実態調査報告書（令和元年度発注業務調査）」（令和3年3月データ）

図 1-4-4 都道府県・政令指定都市の価格競争方式の状況¹⁾



出典：協会「令和元年度発注業務の契約月と納期調査」（令和3年4月）

図 1-4-5 当初契約納期・変更後納期の実績¹⁾

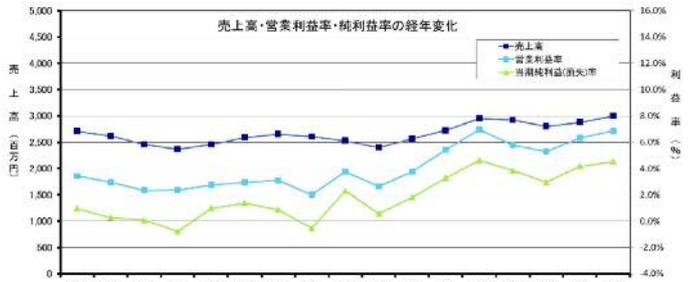
(3) 生産性の低下

生産性の低下している原因を以下に示す。

- 若手技術者である20～30歳代の離職者が多い（残業が多い等）。
- 納期の平準化が進んでいない。
- 営業利益率は他のサービス業と比べて6.9%と低い状況である。今後働き方改革や生産性向上の一層の推進には、人材やITへの投資が必要であり、その原資としては十分な状況ではない。

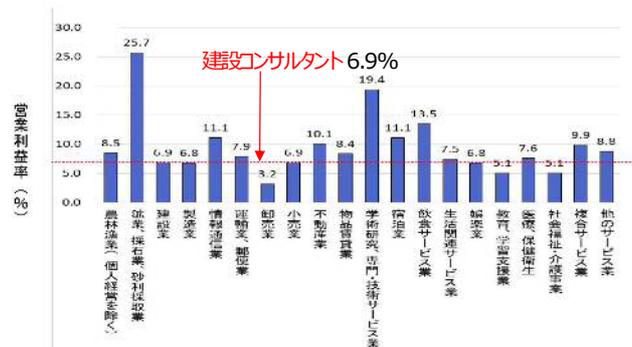
ここ数年、国土交通省等発注者の努力により納期の平準化が進み、当初契約納期では平成28年度（2016年度）以降3月納期の件数が平成27年（2015年）以前より減少し、2月納期の件数が増えている。しかし、契約変更後納期については当初契約納期に比較して、4月納期への変更件数が増えているものの、結果として2月までの納期が減少し、3月納期の増加が認められており、依然として年度末納期の業務が3月に集中することによる過重労働が懸念される（図1-4-5参照）。このため、さらなる納期の平準化を推進することが求められる。

建設コンサルタントの売上高、営業利益率、純利益率は図1-4-6に示すように公共事業費の減少に伴い平成23年度までは低水準のまま推移し、不安定な状況になっていた。平成24年度以降は、回復傾向が見られたが、平成27年度・28年度においては減少に転じ、平成29年度・30年度から再度増収増益に転じた。これは、相次ぐ自然災害の発生や国土強靱化に向けた補正予算の増額に伴う業務量の増加によるもので、営業利益の増加については、売上高の増加と固定費を抑制・低減したことが主な要因である。



注）データ提出の会員企業全社の業績（1社当たり平均）

図 1-4-6 売上高・営業利益率・純利益率の経年変化²⁾



出典：e-Start(政府の電子窓口)「平成28年発注サービス業調査－企業等に関する集計－産業別の集計データ」をもとに協会が売上高・営業利益に関するデータ抽出・集計・分析して作成

図 1-4-7 他産業の営業利益率²⁾

しかし、営業利益率は他のサービス業（図 1-4-7 参照）と比べて 6.9%と低い状況にある。今後働き方改革や生産性向上の強い推進には、人材や IT への投資が必要であり、その原資としては十分な状況ではない。このためには、安定的な業務量の確保と利益創出（付加価値）が重要になる。

1-4-5 将来あるべき姿

将来あるべき姿を図 1-4-8 に示す。利益の確保のためには、「技術者単価の向上」が必要であり、それを実現するためには、利用者のニーズにあった効率化、快適化、安全・安心の向上や新たな機能を有する施設を創設する港湾インフラを設計できる技術者として社会的な地位の向上が必須である。

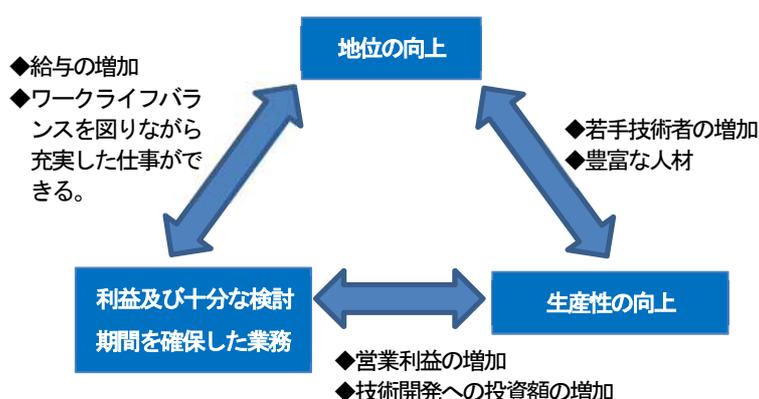


図 1-4-8 低位な地位と低入札落札価格基準、生産性の低下の関係
(将来あるべき姿：正のスパイラル)

1-4-6 おわりに

設計分野を取り巻く状況と問題意識について、設計者の地位、低入札落札価格、生産性の低下に着目して、現在の姿、将来あるべき姿について考えた。

利益及び十分な検討期間を確保した業務が増えることは、設計者の給与の増加、ワークライフバランスを図りながら充実した仕事を実施できる環境へと移行できる。また、今後 BIM/CIM が推進されることにより、フロントローディングによる設計段階での付加の増加が見込める状況に移行していくと考えられる。これにより、設計者の地位が向上し、職業としての設計者の人気向上し、若手技術者が増加し豊富な人材が設計分野に集まる。

利益及び十分な検討期間を確保した業務が増えることは、営業利益が確保できた状況で、技術開発への投資額を増加させることができると及び豊富な人材により、生産性の向上に繋がる。

この利益及び十分な検討期間を確保した業務が増える環境を作るためには、従来の調査・設計業務においては、検討ケース数を実態に合わせ、費用及び検討期間の契約変更は当然のこととして、施設に必要な機能の達成方法及び施設が発揮する社会価値の最適化に関する検討を行うに十分な経費と工期の設定について多方面の理解が得られるよう努力して

いく必要がある。

参考文献

- 1) 令和3年度 建設コンサルタント白書 令和3年 8月 一般社団法人 建設コンサルタンツ協会
- 2) 令和2年度 建設コンサルタント白書 令和2年 8月 一般社団法人 建設コンサルタンツ協会

(執筆者：曾根照人)

1-5 発注者インハウスエンジニアの減少と技術力・専門性の低下

1-5-1 はじめに

港湾法では、係留施設や外郭施設などの技術基準対象施設に必要とされる性能に関して国土交通省令で定める技術上の基準に適合するように建設し、改良し、又は維持しなければならないとされている。つまり、国は、港湾の施設の技術上の基準（以下、技術基準）を制定する責務を負っており、国土技術政策総合研究所や港湾空港技術研究所が中心となって基礎的研究や技術開発の成果の反映、国際規格との整合など、これまで数回にわたり技術基準の改正を行ってきた。また、これらの研究機関は港湾整備の過程で生じる施工上の課題や施設の維持管理上の課題の解決にも重要な役割を果たしてきた。

一方、港湾施設の整備を担務する地方整備局等では、かつては技術系職員が直接港湾施設の設計を行うなど設計に深く関わっていた。しかし、人員削減等により技術者不足が生じ、設計業務は次第に建設コンサルタントなど民間が実施する請負体制へと変化した。その結果、地方整備局等においては、設計に係る技術力や専門性の低下が懸念されるようになった。

発注者インハウスエンジニア（以下、インハウスエンジニア）の減少と技術力・専門性との関係、今後の方向性等を海洋・港湾構造物設計士会（以下、設計士会）の立場から整理した。

1-5-2 発注者インハウスエンジニアが減少した背景

図 1-5-1 は、国土交通省の地方整備局及び北海道開発局の定員数の推移を表している。平成 13 年 1 月の国土交通省発足時には、30,400 人であった地方整備局等の職員は、定員合理化計画等により令和元年までに約 7,000 人（約 23%）の人員が削減された。職員は、事務官とインハウスエンジニアの技官に分かれるが、両者とも減少しているものと思われる。

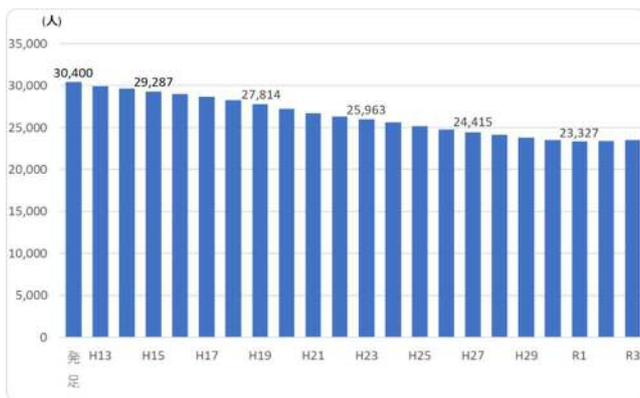


図 1-5-1 地方整備局・北海道開発局の定員の推移¹⁾

インハウスエンジニアが減少した背景には、わが国の政策がある。平成 9 年の行政改革会議の最終報告において、内閣機能の強化、新たな省庁の在り方、行政機能の減量化（アウトソーシング）・効率化等が国へ答申された。この方針に基づき、様々な法律が制定され、中央省庁の再編や行政のスリム化が始まった。

平成 13 年 1 月に 1 府 22 省庁から 1 府 12 省庁へ再編され、旧運

海洋・港湾構造物設計士会【DEMPHIS 会】

輸省と旧建設省は、国土交通省としてスタートすることとなった。また、「小さくて効率的な政府」を目的に行政事務の削減・効率化とともに公務員の総数の削減が行われ、「官から民へ」、「国から地方へ」といった観点で行政改革が進められた。

具体的には、国の組織の一部について独立法人化や民営化の推進、地方分権の推進、規制緩和、行政事務のアウトソーシング等により、国の仕事を減量化することに併せ、国家公務員の人員を減らして組織のスリム化が図られた。

地方整備局等では、それまで職員が行っていた港湾施設の設計業務や工事発注に係る積算業務、工事の監督業務等のアウトソーシングに併せ、定員合理化計画による人員削減が進められた。

1-5-3 社会的要請への対応と新たな行政事務

インハウスエンジニアの仕事は、その時代で求められる様々な社会的要請に対し、柔軟に対応していくことが求められた。

(1) 社会資本整備に対する事業者の説明責任

国や地方の財政事情が厳しい中で、公共事業に対して、無駄や不正が多いといったネガティブな印象を持つ国民も多く、事業に対する十分な理解と協力を得て進めていく必要が生じた。特に港湾は、わが国の内外貿の物流拠点機能や産業集積機能を有しているにもかかわらず、荷役作業などが行われているエリアでは安全面から一般には開放されていない。このため、港湾の物流、産業空間で営まれている活動は、国民にとって必ずしも身近なものとはなっていなかった。生活に必要な食品や様々な製品、エネルギーなどの多くが港湾を経由しているが、これらの貨物を効率的に輸送するためのコンテナ化や貨物船の大型化といった世界的な動きへ対応していく必要性や国内物流の効率化、環境問題への対応等を進める重要性を国民へ理解してもらう必要があった。

そこで、整備中の港湾施設やこれから新規に手掛ける港湾施設の完成後に期待した機能が発揮されることにより、社会経済がどのように変わっていくかを分かり易く説明することとなった。具体的には、その事業に必要な建設費用や供用期間の維持管理費を合わせた総費用とその施設の供用により国民にもたらされる社会的便益を金額換算し、両者を比較して評価する費用便益分析を実施することである。さらに、第三者で構成される事業評価監視委員会に諮るとともに、その結果を国民へ公表し、事業の客観性・透明性を確保したうえで進められた。これは、事業者としての説明責任の履行という観点からは非常に有効な手段であったが、費用便益分析にあたっては、将来の貨物需要の予測、将来の社会インフラの整備状況の把握、海上輸送形態の動向把握などインハウスエンジニアにとっては、様々な企業や社会情勢等の情報の収集・整理・分析に費やす多くの時間が必要となった。また、費用便益分析の結果の公表方法について、国民へ理解し易く取りまとめる必要があった。

(2) 入札契約制度の改革

公共事業の発注を巡っては、談合や贈収賄などの不祥事が発生し、入札・契約の手続きについて、透明性、客観的、競争性を高めて国民の信

頼を回復させる必要が生じた。このため、それまでの主流であった発注者が入札参加者を指名する「指名競争入札方式」から、一定の参加資格を満たせば誰でも入札に参加できる「一般競争入札方式」へと移行させることとなった。また、工事の価格競争が激しくなり、価格の低下とともに工事の安全対策が不十分なことによる事故の発生、粗雑工事の発生、下請け企業や労働者へのしわ寄せが発生した。

このようなことから、工事の価格と工事の品質が総合的に優れた企業と契約を行う「総合評価入札方式」や「低入札価格調査」が工事の入札・契約手続きに導入された。また、その後業務においても同様の入札方式が導入されている。

これにより、工事や業務の入札契約が適切な方向に改善された一方で、インハウスエンジニアにとっては、入札参加者から提出された技術提案書の審査や評価に多くの時間が必要となった。

(3)事業の選択と集中

国や地方の財政事情が厳しい中で、歳出を抑えるとともに、より効果的にインフラ整備を進めるため政策として、ストック効果が高い事業を選定し、そこへ予算を集中投資することにより、施設を早く完成させて事業効果を早期に発現させる取り組みが行われた。この取り組みでは、事業の着手から施設の完成までの期間を可能な限り短縮することが求められるため、関係者との調整、調査・設計、工事の発注・進捗管理等が同時期に集中し、インハウスエンジニアにとっては、時間的に余裕がなくなり、手戻り等が生じやすい環境となった。

(4)災害発生時の機動的な支援活動

近年では、国民が不安を感じる自然災害が毎年のように発生している。国土交通省では、強靱な国土づくりを推進するため、ハードとソフトが一体となった総合的な防災・減災対策が進められている。具体的には、災害発生又は災害発生のおそれがある場合は、地方自治体へ職員を派遣し、災害情報や支援要請の有無等の情報を収集している。また、災害が発生した場合は、災害の状況を現地で調査・分析し、対応を検討するなどの技術的支援を行なっている。平成29年には熊本地震での港湾の対応を踏まえて、非常災害時には、港湾管理者の要請に基づき、国土交通大臣が港湾の管理を可能とする法的整備も行われた。

被災地住民へ直接の支援として、緊急支援物資を海上ルートで被災地近隣の港湾へ輸送したり、入浴や給水の支援、さらに豪雨により海面へ流出した流木回収や船舶事故等により海面へ流出した浮遊物の回収等の支援が行われている。

このように突発的に発生する災害や事故等に機動的に対応する災害時の支援は、近年の災害の頻発や支援要請の高まりと相まってインハウスエンジニアの重要な仕事の一つになっている。

1-5-4 インハウスエンジニアの減少と組織の対応

インハウスエンジニアの減少と新たな行政事務が発生する中で、どのように組織が対応してきたのかを図 1-5-2 に示した。かつて、地方整備局等のインハウスエンジニアは、港湾施設の設計や工事の積算、監督といった

ハード部門の業務が大きな割合を占めていた。定員合理化計画による組織のスリム化と社会の要請に対応した新たな行政事務の発生という課題に対して、民間への外注化や地方分権の推進により業務の減量化が進められた。

特に、港湾施設の設計や工事の積算、監督業務といったように民間で実施可能な分野での外注化が進められ、現在ではインハウスエンジニアが直接設計を行なうことや工事の監督として工事現場へ行く機会が大きく減った。このように、設計や工事に携わる人員・時間が減少している状況を考えると、かつての技術力や専門力が低下していることは否めない。

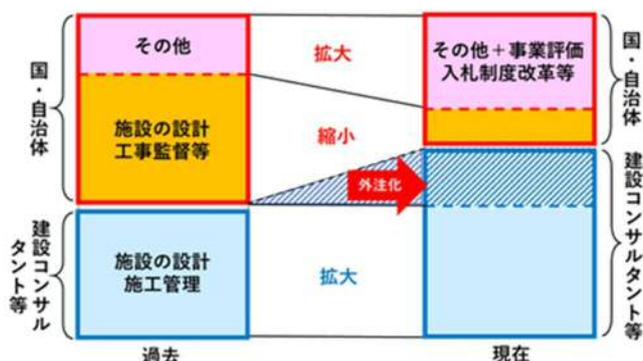


図 1-5-2 インハウスエンジニアリングの減少と組織の対応

1-5-5 設計部門における技術力・専門力の低下の影響

設計部門における技術力・専門力の低下が組織ごとどのように影響するか考えてみた。

(1)設計士スペシャリストの減少

設計部門の縮小により、インハウスエンジニアが設計業務を経験する機会も減ることとなる。これは、設計の経験が豊富で、幅広い視点から総合的に判断ができる設計士スペシャリストといえる人材が育ち難い環境となっていることである。設計経験の豊富な人材が少ない組織では、設計・施工において課題や問題が発生した際に迅速に適切な判断することや助言を受けることが難しい。設計を担当しているインハウスエンジニアにとっても適切な助言がない状態では、手戻りの発生や参考となる技術資料を調べるための時間が多く必要となり、業務の作業効率も低下することとなる。

(2)設計ノウハウの風化

港湾施設の設計は、その港湾特有の自然条件や現場条件、材料の条件などがあるため、全て個別に設計を行うこととなる。その港湾特有の施工といった経験上得られた実績を設計に取り入れているケースや軟弱地盤着底式防波堤やL形消波防波堤など特定の港湾で設計・施工されている構造がある。設計部門の縮小とともに、これらの設計・施工のノウハウが風化していくことが懸念される。

(3)設計実務経験の減少

近年では、設計に用いる解析手法が高度化するとともに計算がパソコンの中で行われるためブラックボックス化し、計算の過程を理解することが難しくなっている。また、直接、設計の照査を行う機会が減少すると、設計の考え方に対する理解不足や計算結果に対する妥当性の判断が難しくなる。

(4)設計と施工の間で伝達される情報量の減少

設計業務の縮小と同じように工事の監督業務も外注化されている。設計の考え方を施工者に伝えることや施工上の不具合を設計にフィードバックさせることが重要であるように設計と施工の間は、密接な関係がある。設計業務、工事の監督業務とも人員が縮小されることにより、両者間のコミュニケーション不足が設計・施工上の課題解決の妨げになることが懸念される。

(5)技術開発意欲の低下

設計部門における技術力・専門性の低下が起こると、失敗を恐れて新技術を設計に取り入れることや新形式の構造物に挑戦することを避けて、実績を重視した判断になりがちになってしまう。このようなことから、新技術の導入が進まない一因になっていることも考えられる。

(6)設計の外注化に伴う契約事務が発生

設計の外注化により業務量が削減される反面、業務発注のための契約手続き等の作業が新たに発生するといったデメリットも生じる。

1-5-6 インハウスエンジニアの技術力継承のために

これまで述べたように港湾施設を設計する主体は、かつて地方整備局等の技術者から建設コンサルタントの技術者へと移行している。これに伴い、設計に関する専門的な技術力や知識も建設コンサルタントへ移転されてきた。

現在では、港湾施設の設計・施工は官と民がそれぞれの役割を分担して、同じ目的のもとに協働で進めていく関係となっている。その官民協働の関係を保っていくためには、お互いの情報交換が重要である。設計士会としてもインハウスエンジニアの技術力継承のために協力していきたい。

(1)海洋・港湾構造物設計士会との技術交流

令和2年より地方整備局等の技術職員と設計士会との間で技術交流会を開催している。会員それぞれの経験を活かした勉強会や設計士認定試験の解説、ディスカッションなどを通して、お互いが港湾構造物の設計に関する技術力の向上に資することを目的として開催している。また、今後は港湾や施設の機能の情報共有を行なうことにより、一律化した設計に創意工夫を取り入れていくことが求められており、今後も継続して技術交流を行なっていきたい。

(2)三者会議の充実

工事の実施に先立ち、事業者、施工者、設計者で構成される三者会議を開催し、施設の機能の共有や設計思想、施工条件、留意点等を確認することは重要である。また、三者会議の開催により、お互いの認識のズレを修正することが可能である。設計や施工において懸念されている情報が事前に共有されれば、慎重な施工によりトラブルが回避されたり、仮に工事中にトラブルが発生した場合でも迅速に対応することが可能である。

また、施工時に工夫した点や現場でのトラブルから学んだ内容を設計へフィードバックすることは重要であり、地方整備局等や建設コンサルタントの設計担当者にとっても三者会議は、貴重な情報収集の場となる。このようなことから設計士会として三者会議の充実に協力していきたい。

1-5-7 おわりに

港湾施設を建設し、運営していく過程は、計画～調査～設計～施工～維持管理といった流れで進む。各段階とも官と民の様々な機関や関係者が関与しているが、一貫して関わっているのは国又は港湾管理者だけである。

かつては、これらの過程の多くにインハウスエンジニアが深く関わっていた。特に設計の分野では、施工の経験や技術開発により得られた技術が保持・蓄積されてきた。インハウスエンジニアが減少した現在の設計は、建設コンサルタントへの移行が進んでおり、国が保有している技術についても風化させないよう協働体制で引き継いでいく必要がある。

今後はインハウスエンジニアと建設コンサルタント、コントラクターの技術者の交流拡大により、様々な技術情報の交換、共同研究等により技術力を保持し、発展させていくことが重要と考える。また、技術的な課題については、国土技術政策総合研究所や港湾空港技術研究所から解決に向けた手掛かりなどの助言を受けつつ、創意工夫を行なっていくことも技術力の保持に繋がっていくものと考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通白書 2021：自然災害対策／災害に強い安全な国土づくり・危機管理に備えた体制の充実強化
<https://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/r02/hakusho/r03/html/n2722000.html>
- 2) 土木学会建設マネジメント委員会：建設サービスの高度化時代における技術公務員（インハウス・エンジニア）の役割と責務 中間報告（平成20年11月）
- 3) 国土技術政策研究所 研究総務官兼総合技術政策研修センター長 西川 和廣 /公共工事の品質確保のための取組の方向について（2006.12.6 国土技術政策総合研究所講演会）

（執筆：服部俊朗）

1-6 上限なしの受注者(建設コンサルタント)の責任

1-6-1 はじめに

昨今、設計業務の受注者に契約不適合(R2年(2020)4月1日施行の改正民法以前は瑕疵)による賠償事例が増えている。特に、公共構造物の事業費は数千万～数億円と大きく、完成後に受益者への経済性、利便性及び安全性に影響する。そのため、設計に関連した契約不適合に関しては多額の賠償となっている。さらに、運用後に生じた事故や不具合では施設の運用停止や管理者が刑事責任に問われるケースもあり、社会的損失も招いている。

受注者の契約不適合の要因については単純ミス、技術力不足、予測不足及び委託者(発注者)との見解相違などがある。また、設計の外注化については設計施工分離原則がある。S34年(1954)1月「土木事業に係わる設計業務等を委託する場合の契約方式等について」の建設省事務次官通達で設計施工分離が明確化された。それに伴い建設コンサルタントや建築設計事務所に外注化が増え、発注者側のインハウスエンジニアが減少した。結果的に発注者にとっては、設計内容や工程がブラックボックス化しチェックやフィードバックが行き届かなくなっている実状もある。

このような社会情勢の変化により設計に関わったものに契約不適合として責任転嫁される状況が生じている。そこで現在の設計業界について「広義の設計(部分から全体を見渡した設計⁸⁾、価値を最も高くなる設計⁹⁾)」の立場から俯瞰的に見て、設計者に着目した「受注者責任の重さ」について考えてみる。

1-6-2 裁判事例

公共工事では自然条件や社会経済情勢の変化で変更設計や追加工事が行われることがある。また、設計者側(受注者)に明らかな契約不適合がある場合は、設計者側で変更設計や工事賠償を賠償責任保険などで対応していることが多い。

しかし、責任問題と賠償金額で折り合いがつかず裁判まで発展しているケースもある。表 1-6-1 に裁判事例を示す。

この判決内容によると現在の日本では、設計者(受注者)や管理者に重い責任がある。判決理由としては成果に対する説明責任不足、事故や追加費用発生の際の善管注意義務違反の契約不適合、事故につながった過失、安全性を担保出来ない不法行為、成果内容が仕様と合わない債務不履行責任などである。

1-6-3 受注者の法律上の立場

設計者(受注者)は、委任者(発注者)から設計業務の委託を受けて設計を行う。土木では建設コンサルタントとして、建築では建築士法によって設計を行うことが確立して来た。設計依頼は通常契約によって行われる。契約については民法の範囲であり、原則自由に基づいて両者間で内容を決めて成立する。しかし、現実には上下関係があり契約しているのが実状である。契約には大きく分けて 2 種類の契約がある。完成を約束する「請負」と事務を委託する「委任(準委任)」である²⁾。表 1-6-2 に民法の条文を抜粋して示す。また、「委託契約」については民法では定義はない。一般的には請負契約の部分と委任契約の部分の両方を含む契約などをいう⁷⁾。

表 1-6-2 民法の契約形式(請負と委任)²⁾

項目	民法	条文
請負	632条	請負は当事者の一方がある仕事を完成することを約し、相手方がその仕事の結果に対してその報酬を支払うことを約することによって、その効力を生ずる。
委任	643条	委任は当事者の一方が法律行為をすることを相手方に委託し、相手方がこれを承諾することによって、その効力を生ずる。
準委任	656条	準委任契約とは法律行為でない事務の委託について準用する。

表 1-6-1 瑕疵や事故に対して設計者や管理者の裁判事例¹⁾

NO.	項目	名称	発注者(委任者)	受注者(設計者)	訴訟内容	判決	摘要
1	設計ミスによる賠償	阪神高速大和川線シールドトンネル詳細設計(H18年(2006)12月受注)	大阪府	日本シビックコンサルタンツ株式会社	たて坑側面開削不可を隣接設計に伝達せず、開削工事となり追加工事分62億の損害賠償訴訟。	R3年(2021)3月26日大阪地方裁判所。府の損害9.7億円。設計者に2.2億円の損害賠償を命じる。	R4年(2022)8月現在控訴中。
2	落下事故による和解	朱鷺メッセ連絡デッキ落下事故(H15年(2003)8月26日事故発生)	新潟県	新潟県建築設計協同組合	完成後の連絡デッキの落下。「設計・施工の技術的側面から争うよりも、契約責任としての債務不履行責任等の法的責任を問う」当初は8.9億を損害賠償訴訟。	H25年(2013)12月26日東京高裁和解。「事故は設計上の問題によって発生した」設計者に7500万円、施工者400万円、デザイナー100万円	事故から10年以上経ちH28年(2016)2月に完成。
3	死亡事故による業務上過失致死	明石砂浜陥没事故(H13年(2001)12月30日事故発生)	被告;国土交通省と明石市の当時の職員 4人		4歳女児がケーソン背後砂浜に埋没死亡事故。工事や維持管理の管理者が陥没等による死傷事故の発生を未然に防止すべき業務上の注意義務の過失。	H26年(2014)7月22日最高裁。工事管理の国の課長らは過去に陥没が続発していたのに明石市と未然防止を行わなかった。禁錮1年、執行猶予3年。	黒本ではH15年(2003)から裏込石必須となる。
4	安全を損なう瑕疵での不法行為責任	9階建店舗賃貸住宅購入瑕疵訴訟(H2年(1990)5月23日購入)	被告;建物の設計者、施工者又は工事監理者		外壁、テラス、ベランダにひび割れ有り、人命、漏水、健康、財産など基本的安全性を損なう瑕疵として、購入先では無く、設計者や施工者を訴訟。	H23年(2011)7月21日最高裁。放置すると生命、財産に危険が現実化する場合には、基本的な安全性を損なう瑕疵に該当するとして福岡地裁に差し戻し。	不法行為責任は20年。
5	内容不備と期限超過で債務不履行責任	釧路病院設計(H27年(2015)8月公募型プロポーザル選定)	釧路市	共同建築設計事務所・武田建築設計事務所特定共同企業体(JV)	200億円以下の病院建設予算に対して、300億円の実施設計となり予算超過と期限超過で設計前払いと違約金1.3億賠償訴訟。	R4(2022)3月22日釧路地裁。市の方針を理解せず、積算の誤り、期限超過、成果受け取り拒否で債務不履行と認め、1.4億の賠償を命じる。	R4年(2022)8月現在受注者側からも反訴中。
6	工事予定金額の予算超過による債務不履行責任	建築設計委託契約は請負(H17年(2005)12月17日委託契約)	個人(一級建築士保有の不動産部門の会社員)	オーガニックテーブル株式会社(廃業)	実施設計が工事予定金額4500万を越えたため、支払済み設計料385万賠償訴訟。受注側は残設計料130万の反訴。	H21(2009)4月23日東京高裁。契約は準委任であるが、基本的性格が準委任であると解することは困難として債務不履行責任を認め支払済設計料を返却命令。H21年(2009)9月23日最高裁も却下。契約で法定解除権の制約無しより債務不履行解除となった。結論は契約書で判断。	建築主ごだわりが多く設計期間2年以上。当初に契約も拒まれ。契約は設計から1年後。

整理すると請負契約は発注者が依頼した仕事の完成（成果物）に対して報酬を支払うが、委任契約は発注者の依頼に対して労務を提供することで報酬を支払う。

また、国土交通省からの設計業務委託では「公共土木設計業務等標準委託契約約款」⁵⁾で細かく定めている。その内容にはR2年(2020)施行の「民法の一部を改正する法律」、H8年(1996)から発効された「WTO政府調達協定」なども盛り込まれている。

委任者(発注者)は請負が委任かで業務の趣旨が異なると解釈していることもあるが、民法の契約自由の原則から細かな契約内容を記載すると両者に大きな相違は無くなる。行き違いが生じた場合は契約書の内容によって処理となる³⁾。具体的には債務内容(成果内容)、工期、費用支払い、解除、保証などを明記することである。

一般的に請負と委任の違いをまとめた一覧を表 1-6-3に示す。

表 1-6-3 請負と委任の相違点⁴⁾の編集

顧客	請負	準委任	
契約の性質	完成	事務依頼	
受任者(受注者)の義務	仕事の完成	善管注意義務 (善良なる管理者として注意しておくこと)	
報酬	引き渡しと同時に、 但し、契約で当該利益の割合 請負人は全額請求可能	成果完成型 履行割合型	引き渡しと同時に 事務履行後
	当該利益の割合に応じて請求 可能。	成果完成型 履行割合型	当該利益の割合に応じて請求 可能。 履行した割合に応じて請求可 能。
受任者(受注者)の責任	契約不適合責任 (種類品質数量について契約の 内容に適合しないと責任と賠償 が発生する。また、無過失責任 もある。つまり、過失が無くても 責任や賠償を負うことがある)	債務不履行責任 (善管注意義務を怠り、履行出来ない場合や 相手に損害を与えた場合。過失責任でもあ る。つまり、不注意で相手に損害を与えた場 合の責任や賠償が発生する)	
解除	・仕事期間中に一方の債務不 履行があるとき解除可能。 ・仕事期間中に注文者から賠 償して解除可能。	・一方に債務不履行があるときは解除可能。 ・双方からいつでも解除可能。 ・一方が不利なときの解除は相手に賠償。 ・但し、やむを得ないときは賠償不要。	

このように受注者としては請負での契約不適合や準委任での債務不履行が生じた場合、賠償が発生することがある。設計の契約上、本来は設計の範ちゅうのみの責務である。しかし、工事費が大きいため、設計ミスした場合の波及が大きくなる。そして、賠償や補償の裁判になった場合には多額の金額になる。結果的に責任だけが非常に大きくなっていることがわかる。

また、公共事業の場合、品確法、入契法の遵守。独占禁止法の談合や価格調整するカルテルは法律違反となる。さらに、協力会社に業務を発注する場合の下請法の遵守など多くの法令に従う必要がある。

1-6-4 他業種との契約比較

業務の契約について他業種を調べてみる。契約比較の一覧を表 1-6-4に示す。建設業界の設計分野は請負または準委任である。準委任でも内容は請負と変わらない。会計や法律業界は代行する行為として委任・準委任で形式的に決まっている。監査などは善管注意義務違反の場合は損害賠償になるケースもある。タレント業界は要求どおりの演技が求められるため請負である。医療行為は治癒を約束するものではないため準委任である⁵⁾。

また、H29(2017)年に成立した改正民法の施行(R2年(2020)4月)に合わせて改正された「公共土木設計業務等委託約款,R2年(2020)3月10日,国土交通省」⁶⁾を図 1-6-1に示す。主な内容は次のとおりである。

- ①受注者資金不足時は債権譲渡を認める。
- ②受注者の意匠権登録規定を設ける。
- ③適正な工期設定。
- ④瑕疵担保責任から善管注意義務へ。
- ⑤責めが無くとも契約解除規定。
- ⑥責任期間の明記。

内容として委任契約内容を細かく設定出来るようになっている。しかし、双方対等に設定するものでは無くあくまでも発注者側として設定したものである。

表 1-6-4 他業種との契約比較表⁵⁾の編集

項目	業界	業務内容	顧客との契約種別	摘要
官公庁	建設 (土木・ 建築設計)	計画・概略・基本 ・詳細設計	請負・準委任	準委任でも契約内容は請負内容に近い。
	コンサル (経営/IT)	経営/IT /システム構築	請負	
	会計・法律	会計法律制度 への助言	準委任・委任	
民間企業	会計	財務・税務 ・会計監査	準委任	善管注意義務違反で賠償請求あり。
	法律	一般民事	委任	法律行為
	タレント(俳優/ 声優)	出演	請負	演技結果を求められる。
一般消費者	医療 (病院)	医療・投薬	準委任	治癒の責任は問わない。
	葬祭	葬儀	準委任	

公共土木設計業務等標準委託契約約款の改正について(2/2) 国土交通省

改正内容(主なもの)

- (1) 譲渡制限特約について(新5条関係)
譲渡制限特約を維持した上で、受注者が前払金の使用や部分払等によってもなおこの契約の履行に必要な資金が不足することを証明したときは、特段の理由がある場合を除き、発注者は業務委託料債権の譲渡を認めなければならないこととした。また、改正民法下でもこの規定の実効性を確保するため、譲渡制限特約に違反した場合、使途制限に違反した場合を無償解除事由として、書類提出義務に違反した場合を催告解除事由として規定した。
- (2) 意匠の実施の承諾等(新8条の2関係)
改正民法において、建築物(土木構造物含む)の外観・内装のデザインが新たに意匠法の保護対象となったことから、受注者が意匠登録を行う場合や意匠登録を受ける権利及び意匠権の譲渡に関する規定を設けることとした。
- (3) 適正な履行期間の設定(新22条関係)
改正民法において、発注者の責務として適正な工期等の設定が定められたこと及び改正建築業法において、著しく短い工期が禁止されたことを踏まえ、契約変更を行う場合においてもこの業務に従事する者の労働時間その他の労働条件が適正に確保されること、やむを得ない事由により業務の実施が困難であると見込まれる日数等を考慮しなければならないこととした。
- (4) 契約不適合責任について(新41条関係)
改正民法において、「瑕疵」が「契約の内容に適合しないもの」と文言が改められ、その場合の責任として履行の追完と代金の減額請求が規定されたことを踏まえ、業務約款も同様の変更を行った。
- (5) 契約の解除について(新42条～48条関係)
改正民法において、瑕疵に関する建物・土地に係る契約解除の制限規定が削除されたことや双方の責めに帰すべき事由でないときであっても契約を解除できることとされたことを踏まえ、催告解除と無償催告解除を整理した上で契約解除を規定し直した。
- (6) 契約不適合責任期間について(新53条関係)
契約不適合の責任期間について、引き渡しを受けた日から〇年以内(〇には原則として2ないし3と記入する)でなければ、契約不適合を理由とした履行の追完の請求、損害賠償の請求、代金減額の請求又は契約の解除(以下「請求等」という。)をすることはできないこととした。

図 1-6-1 改正民法(R2年(2020)4月施行)に伴い改正した公共土木設計業務等標準委託契約約款の主な改正内容図⁶⁾

1-6-5 損害の内容

公共事業の場合、計画・設計ミスなどで発生する損害は大きい。

その主な損害項目は次のとおりである。

- ①追加設計
- ②追加工事
- ③工程遅れ
- ④人的被害
- ⑤費用増大
- ⑥利用者の利益減

結果的にミスやトラブルがあると受益者である利用者や国民の利便性や

利益が減少する。表 1-6-5 に損害内容を示す。

表 1-6-5 計画・設計ミスによる損害内容

NO.	項目	損害内容
①	追加設計	受注者（設計者）は履行期限以降であっても、不具合や契約不適合が発見された場合は、発注者から成果品の修補または履行の追完が請求される。また、期限までに修補または履行の追完がなされない場合は契約額の減額を請求されることがある。
②	追加工事	施工段階で発見された瑕疵の場合、受注者（設計者）は追加工事に要した実費賠償もある。（責任の所在により応分負担）特に、下部構造からやり替えとなると莫大な費用が発生する。上部構造であっても補強などの追加工事が発生する。
③	工程遅れ	①、②による工事中止、再設計、施工再開（手戻り工事）となるため、大幅に完成時期が遅延する。遅延に伴う関連費用も増大する。（仮設、代替利用など）
④	人的被害	追加設計により技術者が忙殺されることで、会社自体の受注業務に大きな影響が発生する。施工者側も工事中止により想定していた作業員配置や人員確保の見直し、工場製作など多方面に影響が生ずる。
⑤	費用増大	②追加工事④人的被害による遅延に伴う費用の増大、①追加設計による人件費の増大が発生する。
⑥	利用者の利益減	完成日の延期により、公共施設の受益者や地域住民、広く国民全体まで影響を及ぼす。

1-6-6 設計業務が抱える課題

現在の設計の現場では常に納期に追われている。そして、重要である技術的判断（エンジニアリングジャッジ）が相手に伝わらないことで行き違いが生ずることもある。これは設計者（受注者）及び委託者（発注者）も同じ状況である。この設計業務が抱える課題について設計者の立場から考えると次のとおりである。

- ①施工への設計者責任、②設計項目不明確、③施工力不足、④照査レビュー不足、⑤人員不足、⑥技術力低下、⑦設計難易度増大。

各課題は高度化する設計と複雑化する社会情勢とからんでいる。そのため、一つの課題に対して種々の問題点があり、解決には各学問分野からの手法が必要となるため、ここでは課題のみを表 1-6-6 に示す。

表 1-6-6 設計業務が抱える課題

NO.	項目	課題の具体的内容
①	施工への設計者責任	設計ミスなどがあった場合、損害賠償が受注金額以上で青天井になるプレッシャーがある。
②	設計項目不明確	検討結果により設計項目、工程の変化、三者会議導入、施工発注後の過度な対応、2023年 CIM導入などで工数が当初予定より多くなること。
③	施工力不足	現場経験不足や調査不足から現場不一致設計が生ずること。
④	照査レビュー不足	変化し、増大する設計内容、項目から、時間不足となり、照査や設計レビューが不十分になること。
⑤	技術力低下	発注者、受注者共に人員不足で技術伝承が滞り、技術力が低下すること。
⑥	設計難易度増大	既設構造物の改良工事が多くなり、自然条件・施工条件も厳しくなることで設計そのものが難しくなること。

1-6-7 公共事業としての責任分担

裁判結果にあるように、すべて設計者（受注者）に責任がある訳では無い。請負や準委任でも民法上、両者は契約対等が原則である。社会通念上、片方に不利な契約条項は無効でもある。この立場で公共事業の責任分担について示す。

最終責任は公共事業の場合、事業主体の国や自治体であるため、設計成果の最終責任は発注者が負う。また、設計委託や監理業務委託はあくまで関係者間の契約である。そのため、設計者は請負や委任契約に明記された責任を負う⁷⁾。

損害賠償について日本は不明確であるが、海外先進諸国では明確である⁷⁾。また、賠償保険についても海外先進諸国は義務付けられ、保険限度額を上限としている。日本は義務付けられていない。この部分が設計者（受注者）の責任問題を増大させている原因である。

各国の賠償範囲内容を表 1-6-7 に示す。

表 1-6-7 先進諸国のコンサル業務の賠償範囲^{7)より編集}

国	賠償範囲	賠償責任限度
米	・契約履行過程での過失、間違い、遺漏により発注者がこうむる損害に対して責任を負う。 ・施工前、施工中に不備が見つかった場合、コンサルタントは不備を修正する。 ・それが出来ない場合は州への賠償を行う。 ・賠償は再設計経費、既施工分の修正作業、契約者への遅延費用、債権遅延費用、訴訟費用等も含む。	・一般に専門家責任保険額を限度とされる。
英	・発注者、他のものが受ける損失を最小限に留まるように欠陥を補修する。 ・コンサルが欠陥を契約期間内に補修しない場合、発注者は第三者に依頼した欠陥補修費用を算定し、コンサルはその費用を発注者に支払う。	・一般に専門家責任保険額を限度とされる。
仏	—	—
独	・コンサルに過失がある場合は、事故の業務との関連で生じた全ての損害に対して賠償責任を負う。 ・ただし、インハウスエンジニアによる設計がほとんどであるため、賠償責任に及んだ例はほとんど無い。	・通常、契約書の中で上限額を設定する。
伊	・瑕疵が発生した場合、コンサルは修正設計の費用を負担しなければならない。	・250万ユーロ未満。
日本	・標準約款には明確な賠償範囲は明記されていないが、これまでの実績より、コンサルタントに過失がある場合は事故の業務との関連で生じた全ての損害に対して賠償責任を負う。 ・施工業者に設計照査義務がある場合は費用分担する場合がある。	・上限無し。

この責任のみに着目すると設計者（受注者）も発注者もミスを恐れて、無難な技術判断を選択し、消極的な行動になる。結果的に技術の発展向上、競争原理が止まるなど弊害が生ずるおそれがある。

1-6-8 受注者・発注者が責任を果たすための対策

公共事業においては価値あるものを構築し、継続して維持管理して価値を担保して行くことが必要である。そこで設計者（受注者）と委任者（発注者）が各立場で責任を確実に果たすためにはどのような対策が必要であるか示す。

まずは、委任者（発注者）側は全体プロジェクトの統括責任者という立場である。そして、トータル的に最適化するという考えが必須である。そして、委任者（発注者）は短期的なプロジェクト期間のみでは無く、未来永劫社会は続くので過去、現在、未来も含めて時間軸で価値を担保させる責任

がある。

設計者(受注者)としては全体の最適化を念頭に置きながらも、契約した専門分野について適切な技術でミスは最小限にまとめることが責任である。今の社会情勢での各立場の責任と対策を表 1-6-8 に示す。

表 1-6-8 受注者・発注者の責任と対策

立場	責任	対策(方策)
(発注者)	<ul style="list-style-type: none"> ・全体の統括責任者。 ・トータル的に最適化。 ・継続して価値を担保させる責任。 	<ul style="list-style-type: none"> ・第三者委員会。 ・多様な入札、契約制度の活用。(技術選抜見積(技術提案),設計施工一括発注,CM,ECIなど) ・新技術採用
(受注者)	<ul style="list-style-type: none"> ・契約専門分野に責任。 ・ミスを最小限にする責任。 	<ul style="list-style-type: none"> ・契約書の確認,変更。 ・賠償保険への加入。 ・品質管理(ISO9001) ・情報管理(ISO/IEC27001) ・第三者照査

また、設計者として具体的に受注者責任を担保させる対応策を示す。

- ①契約書を厳格化する。(発注者とのリスクの配分を明確にするため)
 - ・契約方式を準委任へ。設計後の施工協議は別契約へ。
 - ・ミスの場合の補償額明記へ。
 - ・契約解除内容の明記へ。
 - ・設計変更ケースの明記へ。
 - ・細目に亘る契約書とする。
 - ・設計項目を明確化し、変更の場合、工程、費用の交渉。
- ②賠償保険への加入。(ミスによる賠償責任リスク移転、海外を参考に)
- ③レビューとチェックのバランス(大きな設計ミスの回避)
 - ・設計レビューはブレインストーミングや技術的判断、施工者ヒアなど。
 - ・チェックは赤黄チェックやソフト開発のバグとり、ウォークスルー(仕様そのものが OK か)のような作業。
 - ・適切な工程で DR とチェックを入れて、フィードバックして品質を担保。
 - ・ミスはゼロに出来ないが常に潜んでいる認識を持つ。
- ④設計の進展に合わせた報告や追加調査・測量による現地状況の確認。
 - ・常に善管注意義務を意識して業務に当たる。
- ⑤BIM/CIM によるインターフェイスの可視化。
- ⑥模型実験もしくは実物大実験による確認。

1-6-9 広義の設計から見た設計者(受注者)責任

現在の高度化した社会では、個々の専門分野(法律、会計、管理、マネジメント、設計手法、IT、品質管理、積算など)は多岐に亘って発展している。それが複雑に絡み合っている。ある分野の一つだけに着目しただけで、数多くの論文、手法、技術、機械及び製品が出てくる。設計者はそれについて何が使えるか常に考えている。しかし、それは狭い範囲の設計(狭義の設計)になっていることがある。

公共事業は事業費も大きく、時間軸も長く、多くの労力の上で行われる。一人の技術者が現役で関われる時間が 30 年程度とすれば、社会インフラの寿命の方がはるかに長い。公共物に瑕疵(通常備える機能、性質、品質状態が無いこと)や機能・性能低下がある場合、結果的に世代を超えて利用者に不利益となる。賠償責任の金額だけで解決出来ても、停滞した時間や失われた機会など戻すことは出来ない。いわゆる社会損失となる。

このようなことを踏まえて、価値を増大し、継続する広義の設計(部分から全体を見渡した設計⁸⁾、価値を最も高くなる設計⁹⁾の立場から設計者(受注者)責任とは次のように考える。

広義の設計から見た設計者(受注者)責任：

・公共事業の設計者は事業全体について世代を超えて価値を担保するように考えて設計する義務がある。

そして、公共事業に関係するものは、品質法の基本理念に則り、過去の技術や社会情勢も肯定し、現役世代も価値を維持継続し、未来の世代にさらに価値あるものを残すというのが責任でもある。そのためには、世代を越えて価値を管理する総合世代管理(トータルジェネレーションマネジメント)という考えが必要となる。

具体的には細分化している各学術分野の手法を用いて価値に着目して価値を増大させることが適切と考える。事例を以下に示す。

- ①法律分野：法令遵守と判例を尊重する。
 - 関わる人組織を守り、労務環境など良くして組織の価値増大。
- ②品質分野：TQC などを用いる。
 - 計画、設計、施工、維持管理で品質維持してハードの価値増大。
- ③マネジメント分野：TQM などを用いる。
 - 組織全体で管理体制などを最適化してソフトの価値増大。
- ④信頼生分野：OR などの各数値パラメータを用いる。
 - 稼働率を上げて、未来予測して施設の価値増大。
- ⑤安全工学分野：構造計算、シミュレーション、実験などを用いる。
 - 災害などから国民の生命財産を守り、資産の価値増大。

1-6-10 おわりに

設計者の立場から裁判内容を精査すると見解相違、伝達不足及び技術的判断ミスがある。また、多額の賠償金判決から設計者(受注者)として仕事をすることが怖くなる。「ハインリッヒの法則」で一つの重大事故の背後には 300 のヒヤリハットがあるとされている。設計現場でも小さな指摘が大きなミスにつながっていることがある。そのため、設計者は常に社会通念がどのような状況であるか、技術的判断は正しいか、ミスはどこかに潜んでいることを念頭に置いて業務に関わることが重要である。

また、公共事業は多くの人や組織の協力で成り立つ。過度な責任のみ強調される社会になると適正な競争が無くなり、技術革新や新規参入が無くなり、結果的に寡占状態となる。そのため、発注者、受注者共に協力しながら価値のある社会を構築することが大切である。

参考文献

1) 各判例は以下参照

- 1.日経コンストラクション、R3年(2021)4月2日、「設計ミス」巡り日本シビックに2.2億円の賠償命令、大阪府は控訴の構え
 - 2.・ウィキペディア、朱鷺メッセ連絡デッキ落下事故
<https://ja.wikipedia.org/wiki/朱鷺メッセ>
・丸山久一:朱鷺メッセ連絡橋デッキの事故調査について、土木学会誌、R16年(2004)4月、vol.89 no.4
・國島正彦・三浦倫秀:朱鷺メッセ連絡デッキ落下事故、失敗知識データベース失敗百選
www.shippai.org/fkd/hf/HD0000143.pdf
3.・最高裁判所判例集、事件番号平成24(あ)59、業務上過失致死被告事件、H26年(2014)7月22日
https://www.courts.go.jp/app/hanrei_jp/search1
・最高裁判所判例集、事件番号平成24(あ)1391、業務上過失致死被告事件、H26年(2014)7月22日
https://www.courts.go.jp/app/hanrei_jp/search1
・明石砂浜陥没事故:国交省など元職員4人の有罪判決確定へ、毎日新聞、H26年(2014)7月24日
・大蔵海岸砂浜陥没事故報告書、明石市、H16(2004)年3月
・(社)全国漁港漁場協会、漁港・漁場の施設の設計の手引き、H15年(2003)版、上、p.426、裏入工
 - 4.・富田裕他:建設・不動産会社の法務、1.民事責任、(株)中央経済社、H28年(2016)7月25日、p.109
・最高裁判所判例集、事件番号平成17(受)702、損害賠償請求事件、H19年(2007)7月6日
https://www.courts.go.jp/app/hanrei_jp/search1
・最高裁判所判例集、事件番号平成21(受)1019、損害賠償請求事件、H23年(2011)7月21日
https://www.courts.go.jp/app/hanrei_jp/search1
 - 5.日経アーキテクチャ:建築請負公認が知りたい 55、期限超過で1億円の賠償命令、富田裕、R4年(2022)7月14日
 - 6.建築ジャーナル NO.1164:建築設計契約は「請負」か?建築トラブル回避策、H22年(2010)3月、pp.4~14
- 2) 令和4年5月25日施行民法: 第九節 請負:第六百三十二条、第十節 委任:第六百四十三条、準委任:第六百五十六条
<https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=129AC0000000089>
- 3) 富田裕他:世界一わかりやすい建築トラブル予防・解決マニュアル、設計契約は請負か委任か、(株)エクスマレッジ、H24年(2012)6月14日、p.45
 - 4) 富田裕他3名:弁護士・法務担当者のための不動産・建設取引の法務実務、表3-1-6 請負と準委任の比較、第一法規 R3年(2021)7月10日、p.475

- 富田裕他:世界一わかりやすい建築トラブル予防・解決マニュアル、表1 民法上の委任と請負の違い、(株)エクスマレッジ、H24年(2012)6月14日、p.47
- 富田裕他:建設・不動産会社の法務、3.民法改正に対応した契約書の見直し、(株)中央経済社、H28年(2016)7月25日、p.113
- 5) 高知工科大学宮崎康平、五脚隆志:契約形態及びリスク配分の比較と考察H28年度土木学会四国支部第22回技術研究発表会
 - 6) 国土交通省 HP、公共土木設計業務等標準委託契約約款の改正内容(主なもの)、R2年(2020)3月10日
<https://www.mlit.go.jp/totikensangyo/const/content/001332367.pdf>
 - 7) 土木学会:土木構造物共通示方書、基本編/構造計画編、2016年制定、丸善出版株式会社、H28年(2016)9月25日
・委託契約:責任技術者の権限と責任、p.10
・設計成果最終責任:3.3 設計の契約及び責任技術者の権限と責任、p.18
・設計契約の責任:3.3.4 設計業務受注者の責任技術者、p.19
・先進諸国のコンサル業務の賠償範囲:参考資料2 コンサルタント業務の瑕疵責任と保険に関する国際比較、p.45
 - 8) 日下部治:「設計士に期待すること」、第8回海洋・港湾構造物設計士会研修会講演資料、2019
 - 9) 八尋明彦:広義の設計のあり方を考える/VEの性能設計体系への連動、一般財団法人沿岸技術研究センター機関誌、2021.1、p.15

(執筆者:高橋雄三)

1-7 適正な予算執行と説明責任

1-7-1 はじめに

我が国の課題として、持続的な経済成長の実現、国民の安全安心の確保、多核連携型の国づくりなどが挙げられており、これらの実現のために港湾が果たす役割は大きい。しかし、インフラ整備は税金や国債の発行等を財源としているため、事業者は、整備することにより得られる効果を国民に分かりやすく説明するとともに事業に対する理解を得ながら進めていく責任を負っている。

その事業実施の前提として、事業の予算が不正なく適正に執行され、施設の価値が最大となる仕様が整備されていることが必要不可欠な条件となっている。このような観点から予算が適正に執行されているか検査を行っているのが会計検査院である。この会計検査院は、事業者とは関係がない第三者機関であり、検査結果を毎年取りまとめて国会及び内閣に報告するとともに国民に公表している。つまり、会計検査が予算執行の適正性を検査し、結果を公表することにより、予算執行に対する行政側の説明責任を代行しているとも考えることができる。

ここでは、会計検査院から指摘された事例は、国民の理解が得られなかったものとみなして、海洋・港湾構造物の設計に関して、これまでに指摘された事例から見えてくるもの、今後の予算執行を適正に行っていくために留意すべき点を整理した。

1-7-2 会計検査院の仕事

国家予算を取り扱う者にとって、会計検査院は、特別な存在として受け取られている。会計検査院は、国会や裁判所には属さず、内閣から独立した憲法上の機関である。執行される国家予算について、会計経理の監督や決算の確認を行ない、国民の大切な税金が無駄なく有効に使われているか検査を行う。不正行為や不適切な会計経理を指摘するだけではなく、国家予算を使った政策や事業が有効に機能しているか、国民の利益に繋がっているかなどの観点からも検査が行なわれている。



首相官邸ホームページより

会計検査は、以下の4つの観点から実施されている。

【正確性】：決算の表示が財務の状況を正確に表現しているか。

【合規性】：会計経理が予算や法律、政令等に従って適正に処理されているか。構造物の設計において、技術基準等と整合しているか問われるのは、合規性の観点から検査が行われているためである。

【経済性・効率性】：より少ない費用で実施できないか。同じ費用で、より大きな成果が得られないかなど、費用との対比で最大の成果を得ているか。

【有効性】：完成した施設が所期の目的を達成し、効果を上げているかの観点からの検査となる。会計検査院は、事業や施策の効果を問う有効性の検査の充実・拡大に努めている。

1-7-3 会計検査院の指摘とみえてくるもの

会計検査院は、検査を行なった結果を毎年報告書として取りまとめ、ホームページで公表している。検査結果は、不当であると認められる事項がある場合には「不当事項」として整理され、制度や行政に対して改善を必要とする事項が認められる場合は、「意見表示・処置要求事項」として整理されている。この2つの事項について、会計検査報告データベースより、平成10年以降の海洋・港湾構造物（国土交通省関係以外を含む）の設計に関して指摘された事例を抽出した。その結果、「不当事項」に該当する事例が10件、「意見表示・処置要求事項」に該当する事例が1件であった。この指摘事例の内容を分析して、注意すべき点を事業者と設計者、施工者の立場から整理した。

(1) 不当事項

① 設計条件を変更した際に見なおしが不十分だった事案

- ぶ頭用地の雨水をボックスカルバートにて岸壁部から排水する設計を行なった。その後、同用地へ給水管の設計を追加したが、カルバートと交差することとなったため、カルバートを下げることで対処した。しかし、排水能力の再検討が行われておらず、HWLにおいて所定の排水能力を有する内空断面（有効高、有効幅）が確保されていなかった。
- 既存の陸間の開閉を電動化するにあたり、堤内地に設置する計画であった電力引き込み盤が道路の通行の支障となったため、堤外地に移設することとなった。しかし、電力引き込み盤の設置高さの見直しが行われておらず、胸壁天端より低かったため、設計高潮時に水没することになっていた。
- 閘門の鋼管杭基礎の設計時期が、JIS規格の国際単位系への移行時期と重なり、基礎工詳細図作成の際に旧記号のSKK50は、新記号でSKK490と表示すべきところを誤ってSKK400としていた。また、同図面により施工していた。

⇒ 指摘からみえてくるもの

設計の実施中、または完了後に利用者等の調整により設計条件を変更せざるを得ない場合がある。修正設計で対応することとなるが、条件の変更に関連して他の施設への影響や変更箇所修正漏れがないか等の基本的なチェックを慎重に行うとともに発注者においても同様の確認作業が必要である。

② 設計基準や設計条件の理解が不十分だった事案

- 空港進入灯の海上点検橋の桁長が2.5mを超えていたにもかかわらず、落橋防止構造を設置していなかったため、所定の安全度が確保されていなかった。

- 鋼矢板の防食の設計において、LWL 以上は被覆防食が適切とされているにもかかわらず施されていなかった。
- 護岸前面の被覆石の所要質量の算定にあたり、海岸管理者が定めた 30 年確率波を用いるべきところ、3 年確率波で算定していたため、所定の安全度が確保されていなかった。
- 陸閘の一種であるスイングゲートの設計にあたり、ゲートに作用する波力を考慮していなかったため、構造上、所定の安全度が確保されていなかった。
- 既存の矢板式岸壁の電気防食材の所要質量に算定にあたり、電防の対象面積が必要となるが、建設年が古く構造図等がなかった。このため、矢板の根入れ長等を H11 年技術基準により推定し、対象面積を算出していたが、設計当時の S37 年に用いた基準で算定すべきであった。

⇒指摘からみえてくるもの

設計に対する理解が不足していたため、ミスが生じた事案であるが、受注者における照査又は発注者、施工者においてミスの発見が可能と思われる事案である。それぞれ立場でのチェック体制の強化、三者会議の開催等を通じてミスを発見し、工事に入る前に修正することが重要である。

③設計から施工へ伝達する情報が不十分だった事案

- 転落防止柵等の設計成果品に塗装厚の明示がないまま受領し、工事を発注していたため、必要な塗装厚が不足し、錆の発生や塗装の剥離が生じていた。
- 防食材の取り付け工事にあたり、発注図に防食材の形状寸法のみ記載で吸収エネルギーが明示されていなかったため、所定の性能を満たしていない防食材が取り付けられた。

⇒指摘からみえてくるもの

設計で検討を行っていたが、成果品となる工事の発注図面等に必要ない情報が表示されていなかったケースである。工事の発注時に十分なチェックを行うとともに事業者、設計者、施工者の三者会議の活用により、不足する情報を補完することが重要である。

(2)意見表示・処置要求事項

会計検査院法 3 6 条の規定に基づき、会計検査院は、主務官庁に対し意見を表示し処置を要求することができる。以下、紹介する 1 事例は、「有効性」の観点から国土交通大臣に対して改善の処置が要求された。（平成 23 年 10 月）具体的には、整備済の耐震強化岸壁について、「背後の荷さばき地等を適切に管理するなどしたり、耐震性能の再点検等を行ったりするとともに、クレーンの免振化対策等を検討することにより、大規模地震発生直後において十分に機能を発揮すること」を求めている。

改善処置の要求に至った具体的な理由は次のとおり。

①耐震強化岸壁背後の荷さばき地等の運用及び管理

耐震強化岸壁は、大規模地震直後などに緊急物資の輸送に支障を来さないように通常時においては、貨物の仮置きや保管車両の駐車等の適切な管理・運営を行うことが必要である。しかし、港湾工事で使用する消波ブロック等の容易に移動できないものが恒常的に存置されているなど、荷捌き地が適切に運用・管理されていないケースが認められた。

②耐震強化岸壁の耐震性能の再点検

港湾施設の耐震性能の照査は、技術基準に基づいて実施しているが、技術基準の改訂が行われるごとに新たな知見が取り入れられている。このように新たに耐震設計を行う港湾施設は、最新の技術が反映された耐震設計が行われている。

一方、交通政策審議会が平成 17 年 3 月に取りまとめた「地震に強い港湾のあり方（答申）」では、旧基準に基づき設計された耐震強化岸壁は、レベル 2 地震動に対する耐震性能の再点検を行い、必要に応じて改良を推進するよう意見が出された。しかし、耐震性能の再点検が実施されていない施設があり、大規模地震発生直後にその機能を十分に発揮できないおそれが認められた。

③幹線貨物対応耐震強化岸壁におけるクレーンの免振化対策

「地震に強い港湾のあり方（答申）」では、幹線貨物対応の耐震強化岸壁については、クレーンと一体となり耐震性能を満足することによってコンテナターミナル全体としての機能を確保するため、クレーンの免振化等も推進する旨の意見が出された。しかし、一部の耐震強化岸壁では、クレーンの免振化の検討が行われておらず地震後の幹線貨物輸送機能が確保されていないおそれが認められた。

このような 3 つの状況を踏まえ、会計検査院は国土交通大臣に対して港湾管理者が管理している耐震強化岸壁が大規模地震発生直後において十分に機能を発揮することができるよう改善の処置を要求した。

これを受け、国土交通省は、平成 24 年 3 月に港湾管理者に対して、次のことについて助言を行うなどの処置を講じた。

- ①耐震強化岸壁背後の荷さばき地等について適切な管理を行うこと
- ②耐震性能の再点検を行い、その点検結果に対応した整備を実施するための維持管理に係る計画等を作成すること
- ③クレーンの免振化対策やクレーンが被災した場合の代替案を作成したりすること

⇒指摘からみえてくるもの

大規模地震が発生した直後の緊急物資や避難者の輸送、幹線貨物の輸送といった機能を十分に発揮させるためには、耐震強化岸壁の整備といったハードだけではなく、供用後の通常時使用において荷さばき地や野積み場の運用や管理を適切に行い地震へ備えておくことが重要である。

また、耐震設計の技術の進歩に合わせて、最新の技術で過去に整備した耐震強化岸壁の性能を再評価し、機能が不十分と認められる場合は、岸壁の改良やクレーンの免振化等の対応を検討することも必要である。

1-7-4 予算執行に対する説明責任

わが国の債務残高が拡大している中、新型コロナウイルス感染症対策などにより、さらに拡大することが見込まれており、財政の健全化が大きな課題となっている。このようなことから事業者は、予算が無駄なく適正に執行され、また税金で作った施設が有効に機能しているかといった国民の関心にも説明する責任を負っている。

そこで、会計検査の結果が公表されることを「国民への説明責任の履行」とみなして、今後どのようなことに注意すれば良いのか考えてみた。

(1)「合規性」「経済性」「効率性」の観点から

設計に用いる技術基準や技術マニュアル類は、これまで培われてきた経験や技術が集約されている。最新の技術基準に基づいた設計を行えば、構造物に求める性能が満足され合理的な設計が可能となる。技術基準が設計者の拠り所になっていることを考えると今後も定期的な見直しや追加など内容を充実させていくことが重要である。

会計検査では、これらの基準類と設計が整合しているかを基本的に検査が行われている。これは、合規性の観点からの検査であり、設計の根拠とした基準類が半るように明確しておく必要がある。また、基準によらない高度な判断や照査を行う場合は、その根拠を説明できるように整理し、記録しておく必要がある。

会計検査において不当事項として指摘された事例は、確認不足等の単純なミスが多かった。事業者、設計者、施工者のそれぞれがチェック体制を強化するとともに三者会議等の開催により、それぞれの立場から情報の交換を行い、単純なミスを防いでいくことが重要である。

(2)「有効性」の観点から

会計検査院から改善要求があった事例は、地震後の耐震強化岸壁に期待する機能が最大限に発揮できるかといった有効性の観点からの指摘である。1995年兵庫県南部地震、2011年東北地方太平洋沖地震による大津波などを踏まえ、構造物に作用する外力や構造物の耐力について日々研究が進められている。これらの研究成果は、その時点での最適な設計手法として技術基準に追加され、より合理的な設計が可能になっている。新規に設計する耐震強化岸壁については、クレーンの仕様も含め最新の知見や技術が取り入れられた設計が行われている。また、旧設計法により整備した施設についても最新の設計法で照査を行うなどのフォローを行い、地震後において耐震強化岸壁に期待する機能が発揮できるよう必要に応じて改良を行うなど、施設の設置者又は管理者は整備後も注意を払っておく必要がある。

また、施設自体が所定の耐震性能を有していても通常時において適切な管理・運営が行われていない場合は、地震後の緊急物資の搬入等において支障が生じ、期待する機能を発揮することが難しい。国民が耐震強化岸壁に期待していることは、地震により岸壁が壊れないことではなく、地震直後に行われる緊急物資や避難者の輸送等の活動に支障が少なく速やかにできることである。施設の管理者や利用者が耐震強化岸壁の機能を

十分に理解して、日頃から地震後の利用を意識した管理・運営を行なっていくことが重要である。

一般の岸壁に比べ、耐震強化岸壁は、その機能が付加されている分、整備費用が加算されていることから、国民へ十分な説明を行っていくことが必要である。このためにも耐震強化岸壁を港湾計画に位置付ける際には、必要とされる機能とその機能に対応した施設の規模を明確にしておくことが、アカウンタビリティの向上につながる。港湾計画への機能の位置付けを進めていくためには、「港湾計画の基本的な事項に関する基準を定める省令」や「港湾の施設の技術上の基準を定める省令」について機能を意識した内容に見直ししていく必要がある。

1-7-5 おわりに

国や地方自治体の財政健全化が課題となっている中、国民は無駄なく適正に予算が執行されるとともに施設が有効に利用されることを望んでいる。このようなことから、事業者は会計検査を受検することにより、適正に予算が執行されていることを示しながら、国民の信頼を得て各種事業を進めていく必要がある。

会計検査は、4つの観点から実施されているが、そのうち「有効性」は、整備した施設が所期の目的に達しているか、施設の機能が期待どおりに発揮されているかといった観点からの検査である。事業者が国民への説明責任を果たすためには、港湾計画で施設を位置付ける際に、その機能を明確に定めることが重要である。

一方、「経済性」「効率性」での指摘を恐れるあまり、新技術の導入に消極的になる傾向がある。民間においては、従来の技術に対し付加価値の高い新技術が多数提案されているが、コストの面では従来技術より高くなるケースも多い。コスト増は、定量的に評価できるが、技術開発により得られた優れた点、例えば施工期間の短縮や施工性、工事の安全性の向上、環境負荷の低減といった付加価値について、評価が難しいことも新技術の導入が進まない一因にもなっている。新技術の導入にあたっては、付加価値の評価について客観的に分かり易い手法を検討して、国民の理解を得ていく必要がある。

参考文献

- 1) 会計検査院 HP：会計検査に関する活動／
<https://www.jbaudit.go.jp/effort/index.html>
- 2) 会計検査院 HP：会計検査院検査報告データベース／
<https://report.jbaudit.go.jp/index.html>

(執筆：服部俊朗)

1-8 建設コンサルタントの施工検討能力不足

1-8-1 はじめに

建設コンサルタントの成果品に対して、発注者や施工業者（以下、コントラクター）等から施工が十分に考慮されていない等の声を聞くことがある。

ここでは、まずコントラクターの建設コンサルタントへの要望等と、建設コンサルタント成果品の施工に関するエラー事例を参考に、建設コンサルタントの施工能力の現状を紹介していく。

その後、技術基準等や建設コンサルタントの施工検討能力に関する各報告等も参考に、今後の建設コンサルタントの施工への関与の方法について提案を行う。この提案内容の実現のために海洋・港湾構造物設計士は、日頃から広義の設計技術の研鑽に励み、その役割の中心を担うことが大いに期待されるところである。

1-8-2 建設コンサルタントの施工検討能力の現状と課題等

(1) コントラクターからの要望¹⁾

全国土木施工管理技士会連合会により土木施工管理技士からの建設コンサルタントへの要望等がとりまとめられており、以下に代表的なものをとりあげる。

建設コンサルタントの成果物である設計図書と施工現場間の整合が必ずしも取れていない。その結果、工事着手が遅れたり、工事に手直しが求められたり、場合によっては新たな費用が発生する、といった意見があり、施工計画と仮設計画について提案がなされている。

① 施工計画

- ・現地調査をよく行ない、安全施工できる工法の選定を行う。
- ・現地の状況を確認した上で、現実に施工可能な設計と施工方法を検討し、コントラクターに意見を貰うことも考慮する。
- ・現地の土質や形状条件から施工不可能な工法となっていないか検討する。
- ・現地周辺状況や環境を十分に反映させ、近接する建物や構造物への施工影響を調査し、騒音・振動に配慮した工法選定を行う。
- ・工事期間を十分考慮し発注者と協議の下、発注時期の提案についても検討を行う。
- ・機械は日々更新され、実情に合った選定を行う。

② 仮設計画

- ・仮設の設計では杓子定規の設計とならず『工事で何をやるのか』をよく考慮し、類似実績や現地にあった計画を立案する。
- ・仮設計画は現場経験のある人の意見も参考にする。
- ・工事車両や材料搬入路の計画は、条件や形状を加味する。
- ・施工に必要な資機材スペースも十分照査し設計に反映する。

(2) 建設コンサルタントの成果品に関するエラー事例²⁾

建設コンサルタント協会では、会員各社に対して、毎年品質セミナーとして、“エラー防止のために”成果品に関するエラーの事例集の講習会を実施している。その事例集の中から施工に関する代表的な事例として以下の①

～⑥をとりあげる。またその後、筆者の経験からの2事例も参考に記載する。

① 係船柱基礎杭の継杭判断エラー

- ・業務概要：対象船舶変更に伴い増設する係船柱基礎等の構造検討、実施設計を行ったもの。
- ・エラー内容：基礎の鋼管杭を35m 1本ものとして設計・提案していたが、業務期間中に工事実施時期の在港船調査の結果、35m 1本もので打設できる船舶が存在しないことが判明した。このため、現地で継杭を行う構図に変更した。
- ・原因：施工箇所の特殊性及び作業船舶調達の地域性等に関する事前情報が不足していたことが原因である。
- ・改善策・学ぶべき事項：現地の施工方法、工事実施時期、作業船舶の調達状況等を事前に調査把握し、実施可能な設計に努めることが必要である。

② ケーソン製作におけるコンクリート打継位置設定に対する配慮不足

- ・業務概要：岸壁ケーソンの細部設計
- ・エラー内容：海上でのケーソン打継時における潮位に対する余裕高不足
- ・原因：岸壁天端と同程度の高さ(HWL)があれば、海上打ち継ぎ可能と考えていたが、施工においてはさらに高さ方向に余裕が必要であった。(施工時の配慮不足)
- ・改善策・学ぶべき事項：施工に関わる事項に関しては、周辺及び他港での事例を調べることで、その妥当性を確認する。

③ 棧橋基礎杭の杭長判断エラー

- ・業務概要：荷役棧橋(走行式クレーン)の基本及び実施設計
- ・エラー内容：施工段階での地盤調査により、一部支持層が深いことが判明。急遽、継ぎ杭で対応した。
- ・原因：経済性を求められる中で、計画段階での地盤調査のみで設計を進め支持地盤の把握を十分にしていなかった。
- ・改善策・学ぶべき事項：設計段階に応じた地盤調査を十分に行う必要がある。(経済性を求められる中でも、その必要性を発注者に提言すべきである。)

④ 土留め鋼矢板の詳細設計エラー

- ・業務概要：航路泊地浚渫に伴う既設構造物への影響を防止するための土留め鋼矢板の詳細設計
- ・エラー内容：隅角部異形鋼矢板の検討において、提案した形状では十分な溶接が不可能であり、製品の強度確保が保証できないことが判明した。
- ・原因：ハット形鋼矢板で検討しており、異形鋼矢板形状の提案の際には鋼矢板メーカーに製造の可否について確認した結果、製造可能と返答のあったものを提案していた。しかし工事発注の見積依頼の際、他社では製造不可であることが判明した。1社だけのヒアリングであること、社内でも担当者のみが確認していたことが原因。
- ・改善策・学ぶべき事項：施工にあたり、材料メーカー等へのヒアリング

は複数社に実施し施工性を確認する。

⑤ブロック製作図における図面間不整合に関するエラー

- ・業務概要：埋立護岸の基本・実施設計
- ・エラー内容：コンクリート方塊ブロック積式護岸断面の実施設計段階で、ブロック製作図面の作成において寸法設定ミスが生じた。具体的には、下段ブロック上面ホゾ形状と上段ブロック下面ホゾ形状が同じであり、凹凸関係から実施工において上段ブロックの設置が不可能な設計となっていた。
- ・エラーの発見時期：工事発注直後の三者協議（発注者、設計者、施工者）において、施工者より指摘があり、設計エラーであることが判明した。

⑥グラウンドアンカー打設時におけるエラー（削孔不能）

- ・業務概要：既設岸壁改良に伴う詳細設計
既設ケーソン式岸壁の滑動抵抗力不足を補うためグラウンドアンカーを設置
- ・エラー内容：グラウンドアンカーを打設する背後地盤のN値が12程度の埋土であったが、実際は玉石が予想以上に多かった。選定した削孔機が上記の事態に対応できる能力がなかった。
- ・原因：地盤状況の把握が十分でなかった。（土質調査1本、試掘未実施）
グラウンドアンカー打設前に、当該工区でガントリークレーン基礎の杭を打設しているが、その時の地盤状況がグラウンドアンカー打設業者に伝わっておらず、施工機械（削孔機）の能力に裕度がなかった。
- ・改善策：発注者、設計者、施工者による三者協議で懸念事項を確認する。
地盤状況の判断材料が少ない場合は土質調査追加、試掘等を提案する。

筆者の経験から以下の①及び②の2事例を記載する。

①杭式防波堤の斜杭の打設角度

- ・業務概要：杭式防波堤の詳細設計
- ・内容：設計段階では、経験豊富な杭打設専用業者等へのヒアリングから20°までの施工可能であることを確認しており、経済性等の比較により、杭式で斜杭打設角20°で設計
- ・原因：発注段階でコントラクターの施工能力から打設角20°は困難との判断で15°に変更
- ・考察：全てのコントラクターの施工レベルに合せた設計は困難と考えられる。経済的な打設角20°での施工実績はあり、会計検査等を考えると設計段階で打設角15°での設計は果たして妥当か。

②人工干潟の中詰土砂として、浚渫土砂を流用

- ・業務概要：人工干潟の詳細設計
- ・内容：航路浚渫土を有効活用するために、人工干潟の中詰材として軟弱な浚渫粘性土をリクレーマ船で施工したが、設計勾配より大幅に緩やかな勾配となり、設計断面や施工方法等の見直しが必要になっ

た。

- ・原因：航路浚渫土は軟弱な粘性土のため、施工方法により、乱れ具合が大きく異なり、強度特性に影響を与える。設計では、浚渫粘性土の施工に伴う乱れ等は想定しており、強度設定等には考慮していたが、施工方法の留意事項等が十分伝達できていなかった。
 - ・対応：今後の施工対応として、発注者・設計者・日本埋立浚渫協会等からなる施工検討会を実施し、対応策を検討した。
- 以上、ここに紹介した建設コンサルタンツ協会等のエラー事例から、エラーの原因（単純ミスは除く）の概要をまとめて次に記載する。
- ・現場の自然環境等の確認不足
 - ・地域特性の把握（ケーソンの曳航等）
 - ・地盤調査不足・調査結果の検討不足：これは設計の直接的なエラーとなるか判断が難しいが、設計報告書内に、施工時の留意点の記述等で対応が可能である。
 - ・コントラクターの能力：ヒアリングは複数社で行う、専門施工会社による協会等があれば、そこにヒアリングすることが望ましい。

(3)建設コンサルタントの役割に関する研究事例³⁾

施工に関する建設コンサルタントの役割について、平成7年と少し古い資料ではあるが、土木学会建設コンサルタント委員会からの報告があり、主な概要を以下に記載する。

①施工技術を知らない建設コンサルタントは、詳細設計ができない。

現場ノウハウのない建設コンサルタントや施工技術を収集/分析/評価できない建設コンサルタントが設計を受託すると、安易な再委託を誘導し、設計者と施工者との不明瞭な関係が生じる危険性がある。

②施工時の設計変更への無償対応と責任

施工者からのクレームに対する設計変更の妥当性検討等は、建設コンサルタントが行っていることが多い。本来、建設コンサルタントが照査を確実に実施した成果品であれば、施工時における設計変更は発注者の役割であり、設計変更に対する検討等を元設計者である建設コンサルタントに無償で実施させることは、発注者－設計者－施工者の役割分担を不明確にさせる。

③一般的に施工を考えない詳細設計は有り得ない。また、詳細設計と施工計画を切り離すことは、コントラクターに発注するに際して適正な価格を積算できないこと、詳細設計において単純なミスの増大とか技術力の低下などを招き、将来的に『設計・施工の分離』の原則が犯される危険が生まれる。

したがって、施工設計は基本的には設計の一部であり、建設コンサルタントはバランス感覚と取舍選択の能力を発揮する立場となる。

○建設コンサルタントが行う施工設計

建設コンサルタントの施工設計は、コントラクターが未決定の段階で行うものであり、施工費の積算ができ、通常のコントラクターであれば工事を行うことができる設計をいう。

○コントラクターが行う施工設計

建設コンサルタントが実施した施工計画を基本に、工事を受注したコントラクターが自社保有の資機材と施工ノウハウを駆使して実際に施工できる水準で行う設計をいう。

上記の土木学会建設コンサルタント委員会の研究報告では、建設コンサルタントが行う施工設計とコントラクターが行う施工設計は明らかに観点が異なり、建設コンサルタントの施工検討等のあるべき姿の参考になるものと考えられる。

(4) 港湾の施設の技術上の基準・同解説（以下、技術基準）等における設計時の施工性等

技術基準等における設計時の施工性等の記載部分をここでは紹介していく。

① 技術基準⁴⁾

技術基準の設計における施工への配慮としての記載を以下に示す。

『技術基準対象施設の設計にあたって、施工への配慮として必要な措置とは、設計段階において、当該施設の施工条件を十分に踏まえた上で、設計の前提となる対象施設の施工品質や施工中の本体構造や仮設構造等の安全性が確実に確保されることを設計段階で確認するとともに、それらの設計の前提が施工段階で確実に達成されるために施工段階へと伝達すべき事項について整理し、これを設計図書（設計計算書や設計図面等）に明瞭に記載し、施工段階の関係者や技術者に確実に伝達されるように配慮することを指している。

特に、設計上重要な事項で、施工段階で必ず遵守すべき条件等は、設計図書中に注記として示すなどの配慮が必要である。また、設計において、新しい方法（施工方法、構造形式、部材・材料）や特殊な方法（複雑な施工手順、大規模な仮設工等を必要とする工法）を採用する場合には、ここに示す施工への配慮を設計段階において特に入念に検討する必要がある。さらに、ICTの活用や全体最適設計の考え方の導入によって、対象施設の設計、発注、部材・材料の調達、各工種の施工等の一連の建設生産プロセスの効率化を目指し、工業化・省力化された工法の導入等による生産性の向上を図ることも重要である。

一般的な港湾工事における施工時の品質管理及び安全管理の内容については、「港湾工事共通仕様書」（国土交通省港湾局）を参考とすることができる。施工時に複雑な施工手順や大規模な仮設工等が採り入れられる港湾工事を、安全に施工を進めるための基本的な考え方については、「港湾工事における大規模仮設工事等の安全性向上に向けた設計・施工ガイドライン（国土交通省港湾局）」を参考とすることができる。』とある。

（『』が引用部分）

ここでの、施工への配慮としての重要事項は以下のとおりと考えられる。

- ・設計段階において、当該施設の施工条件を十分に踏まえること。
- ・対象施設の施工品質や施工中の本体構造や仮設構造等の安全性が確実に確保されることを設計段階で確認すること。
- ・設計の前提を施工段階へと伝達すべき事項について整理し、これを設計図書（設計計算書や設計図面等）に明瞭に記載すること。

・設計において、新しい方法や特殊な方法を採用する場合には、施工への配慮を設計段階において特に入念に検討する必要があること。

② 大規模仮設工⁵⁾

港湾の大規模仮設工等の安全性向上に向けた設計・施工ガイドラインにおける施工への配慮としての記載を以下に示す。

『特殊施工を伴う本体構造物等の設計では、完成時に所要の要求性能を確認するとともに施工過程を十分に考慮し、施工法、経済性を考慮しつつ施工時の安全性が担保されることを確認する。

複雑な施工手順や大規模な仮設工等の必要性が認識される構造物設計する場合には、施工時の安全性を十分に確保するため、事前に必要な調査を行い、施工過程を十分に考慮した上で設計を行う必要がある。事前調査は、設計・施工にあたっての基本情報となるので、その密度・内容等に十分配慮する必要がある。

一般的な構造物の設計においても、施工法の検討が行われる場合があるが、これは主として施工可能性の確認や事業費の概算等を目的として行われるものである。これに対し、特殊施工を伴う構造物の設計にあたっては、施工時の安全性を確保する観点から、設計段階で検討の基準とする施工手順を設定し、その施工過程の各段階で安全上必要と考えられる措置を設計に盛り込む必要がある。』とある。（『』が引用部分）

ここでの、施工への配慮としての重要事項は以下のとおりであるが、特に一般的な構造物の設計における施工検討の目的の認識は重要である。

- ・特殊施工を伴う本体構造物等の設計では、施工時の安全性を十分に確保するため、事前に必要な調査を行い、施工過程を十分に考慮した上で設計を行う必要がある。
- ・事前調査は、設計・施工にあたっての基本情報となるので、その密度・内容等に十分配慮する必要がある。
- ・一般的な構造物の設計においても、施工法の検討が行われる場合があるが、これは主として施工可能性の確認や事業費の概算等を目的として行われるものである。

(5) 施工検討業務の発注段階の課題等

施工検討業務の発注段階における主な課題について以下に記載する。

- ・施工検討業務の仕様内容の明確化・数量表示が十分なされていない事例がある。
- ・施工検討対象工種を設計の特記仕様書に明示しているケースは多くなってきているが、工種によっては複雑な検討・作業を要求されることがある。

これに対する対応策として、

- ・工事規模、工区分けに応じて作業量の変動するものについては、項目数やケース数にて明示する。
 - ・標準歩掛がない現状においては、施工検討の難易度、項目及び数量をより具体化していくことにより業務内容の妥当性を確認しやすくなる。
- これは、設計段階での施工検討において、施工計画の検討レベル（施工方法、施工ステップ、施工工程等の検討レベル）が明確になっていない

ことに起因しているものと考えられる。

1-8-3 建設コンサルタントの施工への関与方法の提案

(1) 施工への関与事項

1-8-2に記載した土木学会建設コンサルタント委員会からの報告、技術基準・ガイドライン等から一般的な構造物の設計における施工検討の考え方を、次の様に整理して考えることができる。

すなわち、一般的な構造物の設計において施工法の検討が行われる場合があるが、これは主として施工可能性の確認や事業費の概算等を目的として行われるものであること、また、コントラクターが未決定の段階で行うものであり、施工費の積算ができ、通常のコントラクターであれば工事を行うことができることであること、である。

また、国土交通省港湾局では、令和4年度に、「地元企業保有の作業船活用を考慮した設計検討」⁸⁾の必要性について検討されており、設計段階での施工検討においては、地域特性や施工時期等の配慮が不可欠となっている。

1-8-2で記載したコントラクターからの要望や建設コンサルタントのエラー事例等から適切な設計や施工検討を行うことが前提であるが、設計者から発注者・施工者等へ的確に設計意図を伝達することや、計画の早い段階でコントラクター等の経験等を活かすことが重要であり、具体的な方法として、以下をあげる。

- ① 三者会議
- ② 設計成果品に設計・施工上の留意点等を記載
- ③ BIM/CIMの推進
- ④ i-Constructionの推進
- ⑤ ECI(Early Contractor Involvement)方式への参画
- ⑥ 建設業界へのヒアリングの充実

施工検討に関する建設コンサルタントの今後の対応としての上記の具体的な内容等について、次に記載する。

(2) 施工への関与事項の具体的な内容等

① 三者会議

建設コンサルタントの施工時の役割として、国土交通省等による、設計者が工事の品質確保等のために「設計意図を施工者に正確に伝達すること」を目的として実施している「三者会議」がある。

設計者が施工時に関与する業務は、原則として発注者と設計者が直接契約し、随意契約方式とすることが制度化され運用されてきているが、今後、変更も含めた報酬・積算基準の整備と適切な運用、設計図書への修正に対する積算基準の改善が必要である。

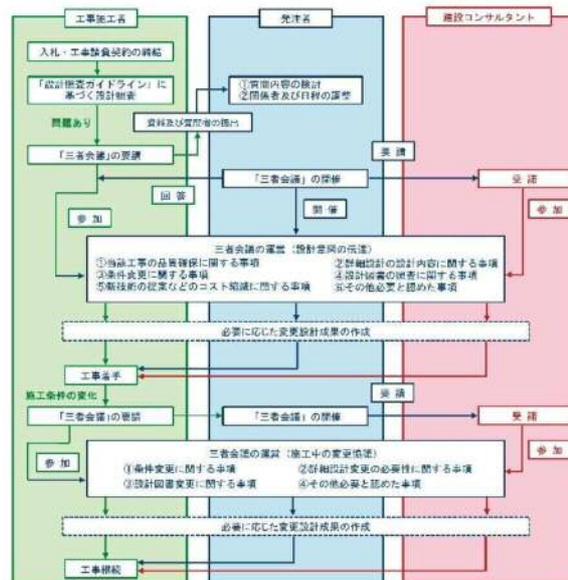


図 1-8-1 三者会議の例⁶⁾

② 設計成果品に設計・施工上の留意点等を記載

設計の前提を施工段階へと伝達すべき事項について整理し、これを設計図書（設計計算書や設計図面等）に明瞭に記載する。

③ BIM/CIMへの取組み

i-Construction が急速に進められる中、その成果は、建設生産・管理システム全体の生産性向上に及ぼす影響が大きく、その中でも建設コンサルタントが事業の初期段階で作成する BIM/CIM によるモデルは、その後の調査・設計・施工・維持管理プロセスで一貫した情報管理の基礎となり、スムーズな情報伝達手法として非常に有効である。

なお、BIM/CIM の詳細については、本書「4-7 BIM/CIM のさらなる活用」を参照いただきたい。

④ i-Constructionへの対応

近年、新材料の採用や ICT の導入、さらには整備事業全体の中でフロントローディング等を行う生産性向上への舵を切っている。特に、測量や調査の段階から維持管理まで一貫して有益な情報を管理していくことが事業全体のフロントローディングとして大きな効果を生み出すと期待される。



図 1-8-2 フロントローディングのイメージ⁶⁾

⑤ ECI方式への参画

建設コストの縮減、工期短縮などを目的として、設計段階からコントラクターが関与する方式（ECI方式）という契約方式がある。

平成 26 年 6 月に改正された品確法を踏まえ、国土交通省では、「公共工事の入札契約方式の適用に関するガイドライン」を平成 27 年 5 月に策定し、その中に ECI 方式が挙げられている。建設生産・管理システムの効率化を進める上では、工事段階との連携は不可欠と考えられ、ECI 方式といった入札契約方式が活用されてきている。

【参考】ECI 方式を採用した工事の記事が、2022 年 7 月 18 日 港湾空港タイムス⁷⁾に掲載されており、その抜粋を以下に記載する。

「東京国際空港アクセス鉄道のシールド区間整備に ECI 方式を採用する。ECI 業務では技術提案内容を詳細設計に活かすことで、設計段階から施工者独自の提案内容を反映、より効率的で効果的な設計施工が期待できる。当該工事では、既設構造物との近接箇所や供用中の空港施設の直下を掘進するため、工事による空港内施設への影響を最小化する必要があるほか、軟弱かつ複雑な埋立地盤において土中の支障物や可燃性ガス等の施工リスクにも対応しつつ効率的に施工する必要があるなど、技術的難易度が高い。このため設計段階から施工者独自の提案やノウハウを取り入れることが有効と判断し、ECI 方式を取り入れることになった。」
(一部抜粋)

これによると現時点での ECI 方式の採用は、技術的難易度が高い等で、設計段階から施工者独自の提案やノウハウを取り入れることが有効と判断される工事である。

また、技術的難易度がそれほど高くない一般的な施工レベルの工事への対応は、以下のように考える。

常日頃から設計者は各種講演会等から施工技術に関する最新情報、建設コンサルタンツ協会が行うエラー事例に関する講習会等から施工知識、港湾施設の施工現場への工事見学会への参加（自から設計した港湾施設のほうが設計と施工の乖離点が把握できるためベター）等から施工技術に関するノウハウを習得することが重要であり、必要に応じて⑥に記載する建設業界へのヒアリングや ECI 方式等を活用することにより、施工を考慮した設計が可能となるものとする。

⑥建設業界へのヒアリングの充実

設計時等における建設業界へのヒアリング先としてはマリコントラクター（マリコン）から構成される（一社）日本埋立浚渫協会等が想定されるが、現時点では正式な施工相談窓口は整備されていないと思われる。

提案であるが、（一社）日本埋立浚渫協会等により何らかの形で、施工に関する相談窓口等を設置され、設計前、設計中、設計後等において、設計に伴う施工検討の照査やアドバイスがもらえる体制（適切な報酬が前提）を構築していただければ、建設コンサルタントの施工検討能力の向上や施工検討を十分にに行った設計成果が提供可能となると考える。

1-8-4 おわりに

令和 4 年 6 月に（一社）港湾技術コンサルタンツ協会が主催した港湾調査研究会において、国土交通省 大臣官房技術参事官 遠藤仁彦氏による「港湾行政の最近の動向について」⁸⁾の講演の中で、今後期待

たい設計の方向性として、施工に関する以下の①～④が示され、海洋・港湾構造物設計士への大いなる期待が寄せられた。このことは、我々海洋・港湾構造物設計士としては身の引き締まる思いでもあり、日々研鑽を重ねていかなければとの思いを強くするものであった。

- ①より現場条件に即し、工事センスも加味された基本設計ができる能力の磨き上げ（コンサルの設計力の向上、海洋・港湾構造物設計士資格取得等）

※発注者サイドの技術センスの確保も重要

- ②実施可能な基本設計となるような実施方法の配慮（施工検討を十分検討した設計、建設業界へのヒアリングの充実、ECI 活用等）
- ③建設フロー効果を引き出す基本設計（地域作業船の有効活用を配慮した設計等）
- ④高度な設計、特定の目的を追求する設計を行うための ECI 方式の積極活用

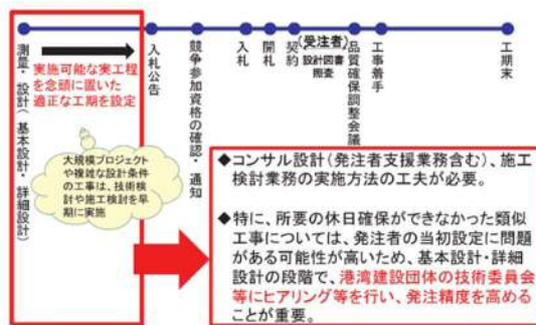


図 1-8-3 適正工期設定のためのポイント⁸⁾

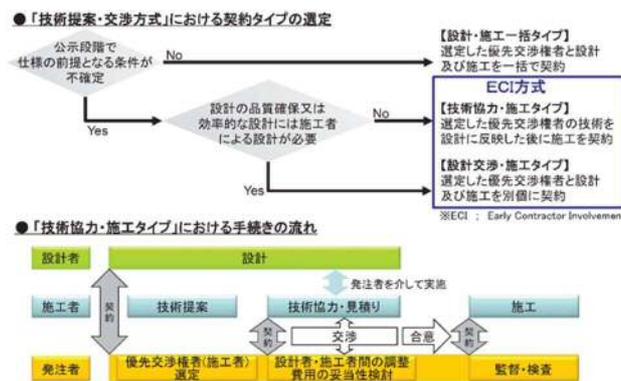


図 1-8-4 技術提案・交渉方式（ECI 方式）の活用⁸⁾

本章では、施工検討に関する海洋・港湾構造物設計士の役割等を記載しており、海洋・港湾構造物を設計する設計者等へ少しでもお役に立てれば幸いです。

参考文献

- 1) より良い設計図書作成のために（土木施工管理技士からの提案）令和元年 8 月（一社）全国土木施工管理技士会連合会
- 2) 令和元年度品質セミナー“エラー防止のために”成果品に関するエラ

一の事例集 令和元年 10 月 (一社) 建設コンサルタンツ協会
品質委員会/照査特別WG

- 3) 建設コンサルタントの役割に関する研究 平成 7 年 3 月 土木学会
建設コンサルタント委員会
- 4) 港湾の施設の技術上の基準・同解説 平成 30 年 5 月 (公社)
日本港湾協会
- 5) 港湾工事における大規模仮設工等の安全性向上に向けた設計・施
工ガイドライン 平成 29 年 3 月 国土交通省港湾局
- 6) 令和 2 年度 建設コンサルタント白書 令和 2 年 8 月 (一社)
建設コンサルタンツ協会
- 7) 2022 年 7 月 18 日 港湾空港タイムス
- 8) 港湾調査研究会 (Web 併用) 令和 4 年 6 月 21 日
- 9) (一社) 港湾技術コンサルタンツ協会

(執筆者：室田博文)

1-9 余裕の無い設計検討時間と高度化する改良設計

1-9-1 はじめに

近年の働き方改革の推進により、各企業が長時間労働の改善を図ったことで、ライフスタイルは充実したと言われており、主に設計を実施している建設コンサルタントでは所定外労働時間が減少している傾向がみられる。しかし、建設コンサルタントにおける技術者の確保は深刻であり、技術者育成までに要する時間等を考えると、将来における施設整備や維持管理において重大な懸念があると言える。

一方、少子高齢化が進む我が国において、いわゆるインフラストックの長寿命化は命題となっており、港湾施設においても継続的な点検や補修の実施が進められており、供用期間の延長に向けて維持管理を積極的に進めているところである。また、諸外国との競争力強化や新規事業への寄与に向けて、既存の港湾施設の高質化や機能向上のための改良も求められている。既存施設が供用中であること、周辺施設の近接の影響による複雑な構造となったり、輻輳する施工への配慮が必要な高度な設計が多くなっている。

ここでは、主に公共事業での港湾施設等の設計を行うことが多い、建設コンサルタントの視点で設計における生産性の向上に向けた課題について述べる。

1-9-2 土木業界の慢性的な人員不足

少子化等による土木に従事する技術者（受注者、発注者ともに）が不足している。いわゆる就職氷河期からみると、近年は土木業界からの求人は非常に多くあるが、土木系の大学等を卒業しても、他の業界への就職を希望する学生が多い。また、若い世代の地元志向もコロナ禍において更に増加していると言われている。

建設コンサルタント白書（令和3年度）¹⁾では、若手技術者(20代～30代)の離職率がかなり高く、令和2年度(2020年度)では売上10億円以上の中堅企業を含めても60～80%と非常に高く、年々増加傾向もみられる(図1-9-1)。

また、建設コンサルタントにおける職員の年齢構成(図1-9-2)では、人数の最も多い年齢は、平成7年度が24歳から26歳であったのに対し、その後の新卒採用が少なかったことで、平成31年度(令和元年度)では47歳から49歳が最も多くなり、建設コンサルタントは著しい高齢化業界となっている。近年の採用はやや増加している傾向はあるものの、図1-9-2の10年後(紫線)の令和10年頃は、技術を担う40歳～50歳代の人数が極端に低下しつつあり、更に人手不足が顕著となると言える。

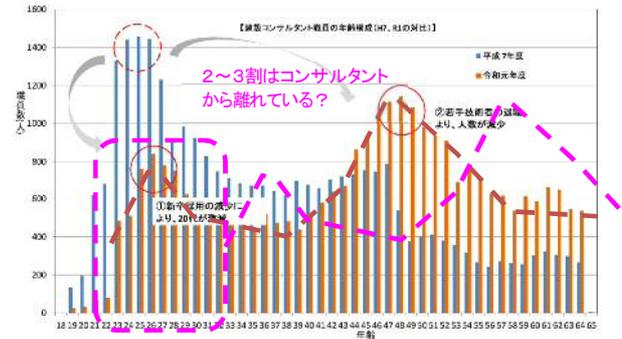


図 1-9-2 建設コンサルタント職員の年齢構成 (建設コンサルタント白書¹⁾に加筆)

このような若手から中堅技術者の減少により、技術継承における空洞化が生じるなど、今後の施設整備や維持管理において重大な懸念があり、担い手の確保・育成が急務となっている。

1-9-3 検討時間の不足

(1)性能設計法の導入

公共事業は早期の効果発現を求められており、調査や設計の着手から工事完了までの期間が短くなっている。また、平成19年以降の港湾施への性能設計の導入以降、従来は定性的(経験的)に判断してきた検討項目についても定量的な評価が求められる傾向があり、コストの最小

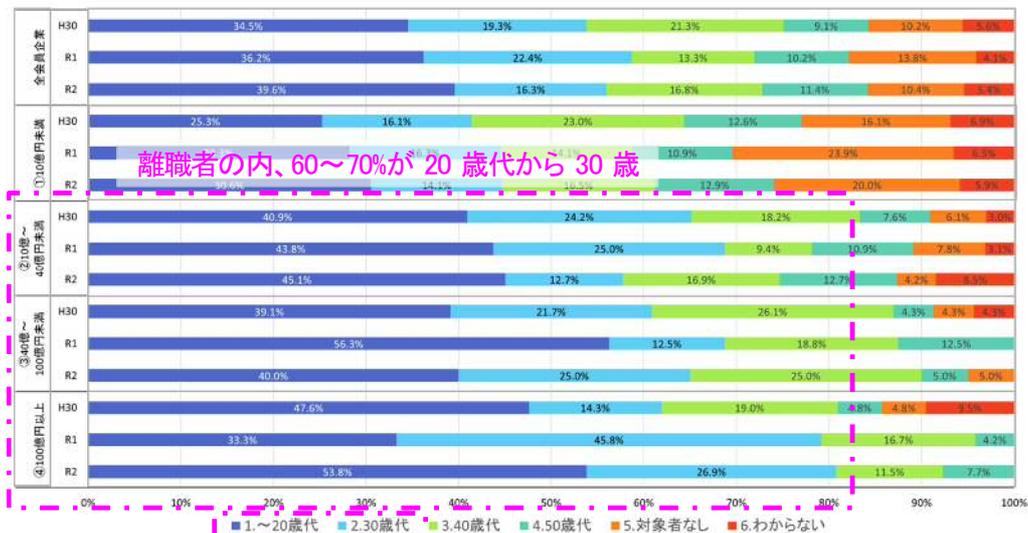


図 1-9-1 売上規模別最近の3年間の離職者の年齢構成 (建設コンサルタント白書¹⁾に加筆)

化やステークホルダーへの説明の必要性から、更に細かな検討が求められることも多くなっている。検討時間が必要となっている一方で、前項で述べたように担い手確保のための就業環境の改善に向けた取り組みも強化する必要があり、効率的な設計手順・方法を用いて生産性を向上させる必要がある。

(2)近年の災害の多発傾向

台風等の波浪・高潮災害の多発、喫緊の地震津波に対する懸念、温暖化による海面上昇など、港湾・海岸施設は多くのリスクに晒されており、施設設計の重要性は増している。例えば、表 1-9-1 は石廊崎での観測波高の上位 5 つの台風を示したものであるが、2016 年以降の 3 つの大型台風での観測波高が含まれており、近年の台風災害の発生の可能性を示唆している。

公共事業を担う技術者としては、このような災害への緊急的な対応を可能とするための要員確保や時間的な余裕が求められる。

表 1-9-1 観測波高

順位	起時	有義波		気象要因
		波高(m)	周期(s)	
1	2017年10月23日04時	14.60	16.2	台風1721号
2	2019年10月12日17時	13.20	14.1	台風1919号
3	2014年10月06日10時	12.77	14.9	台風1418号
4	2018年10月01日02時	11.71	14.7	台風1824号
5	2012年06月19日23時	11.59	11.8	台風1204号

1-9-4 高度化する改良設計

(1)港湾の施設の技術上の基準（以下、技術基準）における既存施設の活用と流用

平成 30 年度の技術基準では、港湾等の施設整備にあたり、新規整備ではなく、既存施設の有効活用について明確に記載がなされた。

既存施設の改良設計にあたっては、当該施設に対する要請（改良目的）を基に、新たに設計供用期間及び要求性能を設定し、改良前の当該施設に関する各種の履歴・現況情報を最大限に活用し、改良後の当該施設の置かれる諸条件を適切に設定及び勘案し、設計供用期間にわたり要求性能を満足し続けるように、かつ改良目的に照らして総合的に見て最も適切と考えられる構造断面や使用材料等を決定することが、重要である。

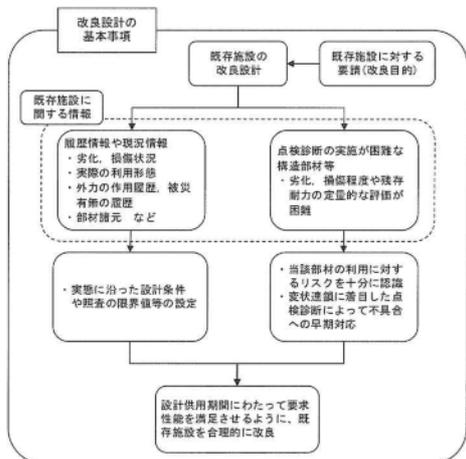


図 1-9-3 既存施設の改良設計を行う際の特徴²⁾

表 1-9-2 改良目的の分類と代表的な改良事例²⁾

改良目的	説明	内容等	代表的な事例
①用途の変更	既存施設の設置目的や用途(機能)を変更させる場合	設置目的・用途の変更	・防波堤から護岸への変更 ・護岸から岸壁等への変更 ・岸壁等から護岸への変更
②性能の変更	既存施設の設置目的や用途(機能)に変更はないが、要求性能を変更し、性能や能力を変更(向上、または低下)させる場合	設計波の見直し	・防波堤または護岸の高上げ
		設計津波の見直し	・防波堤または護岸の耐津波化
		対象船舶の変更	・岸壁等の増深・減深
		設計入力地震動の見直し	・岸壁等の耐震化
③供用期間の延長	設計供用期間の終了を迎える施設に対して、供用期間を大幅に延長する場合。(設計供用期間の途中の変更も含む)	荷役機械の変更	・岸壁等への荷役機械の導入、荷役機械の大型化への対応
		利便性への対応	・岸壁等の天端高の変更
		親水性への対応	・防波堤または護岸の波浪防護方法の変更
		船舶航行、停泊の安全性向上	・航路、泊地の増深
		新たな設計供用期間の設定	・防食工の取替え ・横橋上部工や下部工の取替え

(2)改良設計における重要な事項

改良設計では、これまでに整備されてきた施設や構造の潜在機能を最大限に活用し、機能改善、運用改善、多目的利用への取り組みを進める必要がある。既存施設は供用されていることも多く、その施設を一定の利用を図りながら、機能の改善・維持するために設計が複雑化している。

また、改良を行う施設の設計は、新規に施設整備を行う場合と同様に、計画、調査、設計、施工の各段階を経て、改良工事が行われることになる。図 1-9-4 は、既存部材を再利用する場合の可否を判断するフローの一例であり、改良設計においても各段階での適用の可・不可等を判断することになるため、新規整備よりも複雑な検討手順となることが多い。

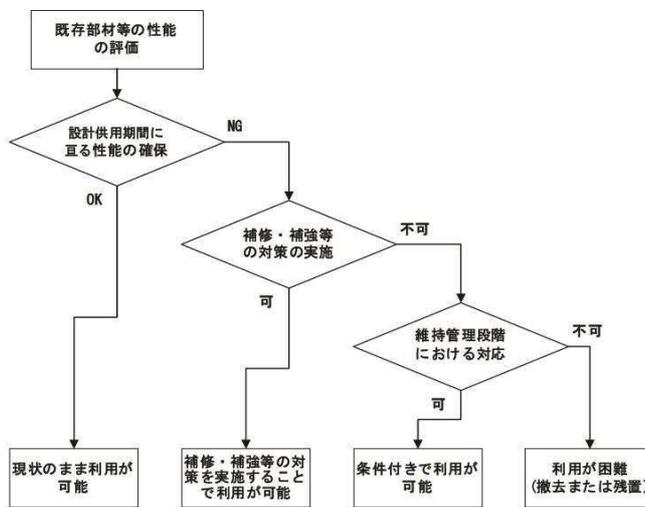


図 1-9-4 既存部材の利用可否判断フロー³⁾

なお、改良設計における構造面での技術的な課題や対応方針、また、構造形式毎の改良の例については、文献 3)や文献 4)が参考となる。

(3)その他の留意事項

以下の点も設計を難しくしている要因として考えられる。

- 従来の設計方法では評価が難しい地形（例えば大水深や急峻な海底など）や、改良により複雑になる構造形式への外力作用の検討、及び外力作用に対する複雑な構造物の応答を適切に評価・算定でき

るモデル化の検討が求められている。

- 改良を効率化するための新工法の適用を検討する場合、実績の必要性や在来工法へのこだわり等により採用されにくい。
- 施設を改良する場合、その整備完了時期が早期に設定されていることが多く、工事期間を想定すると設計に使える検討時間が少なくなる。

1-9-5 解決策としての効率的な設計に向けて

検討時間が短い中で高度な設計を行い、効果的な施設整備を行うためには、設計段階での生産性を向上させる必要がある。ここで、近年の港湾施設等の設計において、安定性照査は比較的多くの構造形式に適用できるプログラムが市販されており、以前よりも効率的に設計計算が出来る様になっている。

ただし、目的や要求性能の設定、設計条件の設定、施工等を考慮した構造の妥当性には技術的な経験が必要である。そのため、以下の取り組みを進め、設計を効率化するべきと考える。

- 設計前の調査段階や設計初期の段階から、積極的に関与するフロントローディング（前倒し）の取り組みを進めることで施設整備全体の生産性を向上させる。
- 煩雑な作業の部分について ICT 技術を用いて効率化する。設計プロセスの一部に AI 等の技術を活用してデータ整理等を行い、その最終的な確認や設定は技術者が行うといった使い方が想定される。
- 設計プロセスの簡略化として、施設の重要度、構造断面の規模等を踏まえて、設計の標準化を行う。これは、要求性能と設計条件、設定した構造諸元に応じて、安定性照査や部材照査を省略した構造や部材を選定することを意味しており、例えば PCa 部材の採用や、栈橋上部工における UFC 床板や CFCC 床板などはその候補として考えられる。

参考文献

- 1) 令和 3 年度 建設コンサルタント白書，一般社団法人 建設コンサルタント協会
- 2) 港湾の施設の技術上の基準・同解説，公益社団法人 日本港湾協会，平成 30 年 5 月
- 3) 高野ほか：既存の港湾施設の改良における設計上の留意事項に関する検討，国総研資料 N0.944，2017 年 1 月
- 4) 山本 芳生ほか：港湾施設の改良設計に係る課題・問題点の整理，沿岸技術研究センター論文集 No.16(2016)

(執筆者：石本健治)

1-10 立地企業所有施設的设计上の課題

1-10-1 はじめに

港湾施設は、官民の施設が混在しており、エネルギー、資源、食料品、電子部品、機械製品、化学製品など様々な業種の民間企業が海上運搬のための施設を保有していることが、大きな特徴である。ここで港湾施設とは、港湾を管理運営するために必要な施設をいい、港湾法でその範囲が定められている。この中には下図に示すように、多くの施設が計画配置されている。港湾施設の中でも、高度経済成長期に集中的に整備された施設の老朽化が進行しており、係留施設では2040年頃には建設後50年以上の岸壁が7割にも及ぶとされている。また、2013年（平成25年）の港湾法改正で、港湾施設の点検基準の法定化もなされ、その対象は民間企業が所有する施設にも及ぶものとなった。

こうした状況の中、特定技術基準対象施設の概数では、51,100施設の内12,100施設で2割強、技術基準対象施設の概数では、85,600施設の内30,200施設で4割弱が、民間企業が所有する施設となっており、かなりの数を占めている。なお、特定技術基準対象施設とは、技術基準対象施設であって、外郭施設その他の非常災害により損壊した場合において船舶の交通に支障を及ぼす恐れのあるものとして港湾法第五十六条の二の二十一第一項の国土交通省例で定める施設である。また、技術基準対象施設とは、「港湾施設」（港湾法第二条第五項で規定）ではなく、港湾法施行令第十九条に定められる「港湾の施設」である。これらについては、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」に詳述されている。

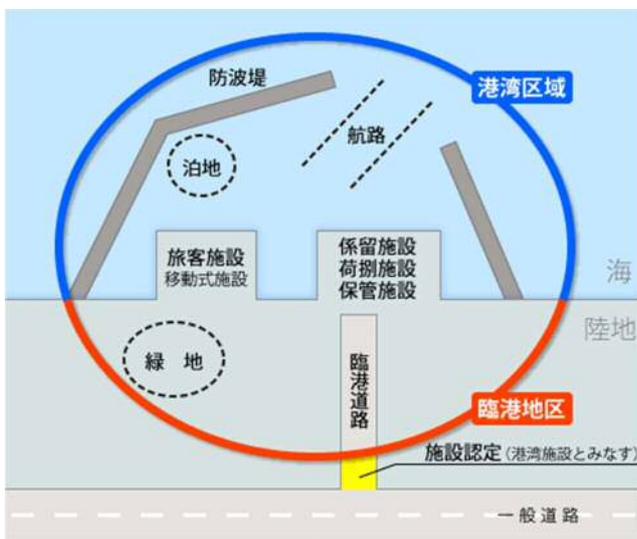


図 1-10-1 港湾の概念図 (国土交通省関東地整) ¹⁾

そうした中、国から港湾施設が今後目指すものとして、水素・燃料アンモニア等の大量・安定・安価な輸入・貯蔵等を可能とする受入環境の整備や、脱炭素化に配慮した港湾機能の高度化、集積する臨海部産業との連携等を通じてカーボンニュートラルポート（以下「CNP」右上図参照）が公表された。それを受けて各港湾施設では新たな実証試験の取り組みもされてきている。その事例として参考に、実証試験中の液化水素荷役実証ター

ミナル「Hy touch 神戸」の状況写真を示す（下写真参照）。そして、2021年1月から3月に、まずは全国6地域7港湾において「CNP 検討会」を開催し、港湾地域からのCO₂排出量、水素や燃料アンモニア等の利活用方策等について検討が進められてきており、これら施設においても、今後多くの民間企業が参画することが予想される。こうした中、港湾施設に立地する企業所有施設的设计上の課題について、以下に記載する。



図 1-10-2 CNP の概念図 (国土交通省) ²⁾



写真 1-10-1 液化水素荷役ターミナル (川崎重工 HP) ³⁾

1-10-2 民間企業の現状

ここでいう民間企業とは、官公庁や国会などの行政機関、独立行政法人といった公的機関に属せずに、営利を目的とした経済活動を行う企業とする。その民間企業の港湾施設内に所有する施設には、土地・建物・設備機械など様々なものがあり、これらを効率的に機能させて、企業運営を行っている。この中には、係留施設・荷捌施設・保管施設などの港湾施設も含まれている。

こうした中、民間工事において発注者として接する機会が多い民間企業の現状として、特徴的なところを以下に示す。①民間企業の設備投資は、企業経営に大きく影響すること、②民間施設は管理者、利用者が明確であること、③民間企業の経営計画や目標は5・10・20年までで100年先は理念になること、④民間企業が求める機能は、プロジェクトに対してリスクを低減し利益を確保することが中心で明確であること、などである。

また、民間企業からよく受ける相談等を以下に示す。

- ①老朽化した設備を利用し続けるにはどうすれば良いか、②大型化する台風・集中豪雨などの自然災害から社員・設備をどう守って行か、③限られる予算から優先順位をつけてどう整備をして行か、④経営計画から施設の耐用年数は 20 年で十分であるため安くできないか、などであり、これら相談内容についても明確である。このように、民間企業は、建設コストをできるだけ抑えて、より「効率性」や「安全性」等の機能向上を求め、より多くの利益を得ることを目標とする。

1-10-3 民間事業の流れ

公共事業の流れは、各段階での担当部署の違いや担当者の転勤といったことで、俯瞰的に事業管理を行うプロジェクトマネージャー（以下 PM）が明確でなかったり、国のしくみと施設供用・管理までの制度が複雑で分かりにくいなど、事業に対して不連続な部分が発生しやすくなり、「設計情報の流れ」が生かしくい体制になっている。また、公共事業は、資金もとは税金であり、契約の透明性や説明責任などいろいろなハードルがあり、シビルミニマムという考えを取らざるを得ない。しかし、民間事業は、機能は明確でその機能を得るために資金をつぎ込んだりすることができる。このため、プロジェクト資金を自ら調達し運用する民間事業の流れは公共事業の流れと比べて、以下に違いがあると考えられる。

- ・事業体制に大きな変化がなく各段階を一括管理可能
- ・事業施設の機能が明確
- ・企画からメンテナンスまでの PM が存在
- ・PM が俯瞰的にプロジェクトをとらえられる
- ・「設計情報の流れ」が生かしやすい体制

他方、下図のように、通常の公共事業と通常の民間事業との間の PPP（官民連携）事業を縦軸に資産保有、横軸に事業運営とした場合の各事業の該当イメージの模式図であり、公共事業と民間事業との利点を生かした、中間的な事業形態をとる事業者も増えている。

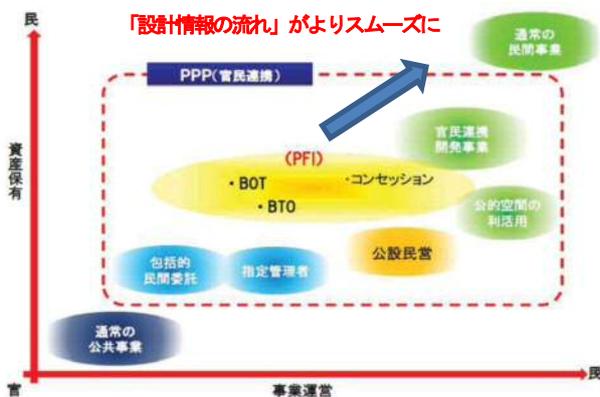


図 1-10-3 官民連携事業の模式図

(国土交通省国土政策局) 4)

このように、通常の民間事業と公共事業の間に中間的な官民連携の事業形態がある中、民間事業が多くを占める建築分野ではどのように事業が

進められているか、設計士会の研修における東京大学生産技術研究所の野城教授の「建築設計」において、以下の点が示された。

- ・何を作るのか (what to build) ? と、如何に作るのか (how to build) ? が、行ったり来たりする。
- ・プロジェクト初期段階では要求事項を過不足なく記述することの難しさが、暗黙の設計条件 Multi-stakeholders (発注者の背後にいる施設利用者) がある。
- ・設計・施工の境目の曖昧さ (施工ができないので設計への跳ね返り)

建築分野では、上記のような曖昧なところを、設計者を中心に、上流の関係者や下流の施工者・生産者と協議を反復しながら、プロジェクトを進めていくということであり、設計者を中心に様々な情報のやり取りがあるということであった。また、英国のプロジェクトモデルでは、設計・施工の前段階の必要性の検討、プロジェクトの定義、チーム編成の川上部分が重要とされており、これらは港湾施設の民間事業にも当てはまることである。港湾施設の民間事業の場合にも、ある事業に対して基本構想 (FS:フーズィリティ・スタディ) から始まり、基本設計、詳細設計へとより具現化していくこととなる。これはまさに曖昧なところから機能を実現させるという点で建築分野と共通である。

下図に、民間の資金と経営能力・技術力 (ノウハウ) を活用し、公共施設等の設計・建設・改修・更新や維持管理・運営を行う公共事業の手法である PFI 事業の事業フローを示す。PFI 事業の流れとして、①事業の発案、②実施方針の策定及び公表、③特定事業の選定・公表、④民間事業者募集、評価・選定公表、⑤協定締結/事業契約等、⑥事業の実施・監視等、⑦事業の終了まで、長期にわたって PM を中心とした事業を展開することになる。事業フロー自体かなり複雑となっているが、PM による俯瞰的な管理が重要となり、こちらも港湾施設の民間事業にも当てはまることである。

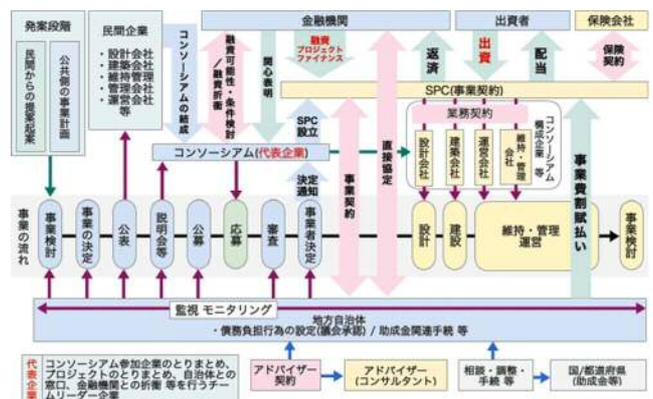


図 1-10-4 PFI 事業のフロー図 (全国地域 PFI 協会) 5)

港湾施設の民間事業には、こうした様々なステークホルダーを巻き込んだビッグプロジェクトがある。一方で、施設の維持管理で手一杯の民間企業も存在し、新規物件では初期コストを如何に低減するかという案件も、民間事業では混在している。

1-10-4 CNP 形成に向けた設計上の課題

民間事業は公共事業と比べて、事業体制に大きな変化がないため「設計情報の流れ」を生かしやすく、事業施設の機能が明確であり、計画から維持管理まで一貫した体制を構築できることが特徴である。民間企業による港湾施設を整備する目的は、社員や施設を維持しつつ、利益を得続けることであり、利益を得続けるためには、効率的な投資が必要になる。限られた港湾施設の中で、今後のCNP形成に向けどのような設計上の課題があるか以下に記載する。

2020年12月、経済産業省は関係省庁と連携して「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」を策定し、この中で、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにするCNPを形成し、2050年の港湾におけるカーボンニュートラル実現を目指すことが明記された。CNPの形成では、今後の産業で成長が期待される重要分野として、エネルギー関連産業として、①洋上風力産業、②燃料アンモニア産業、③水素産業、④原子力産業、輸送・製造関連産業として、⑤自動車・蓄電池産業、⑥半導体・情報通信産業、⑦船舶産業、⑧物流・人流・土木インフラ産業、⑨食料・農林水産業、⑩航空機産業、⑪カーボンリサイクル産業、家庭・オフィス関連産業として、⑫住宅・建築物産業／次世代型太陽光産業、⑬資源循環関連産業、⑭ライフサイクル関連産業の14産業（下図参照）につき、2050年までの「実行計画」が策定された。

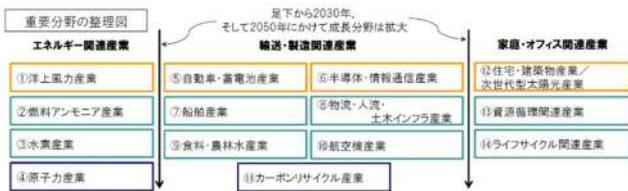


図 1-10-5 CNP の重要分野 (国土交通省) 2)

14産業の中には様々な民間企業があり、その中には単独企業の他、ジョイントベンチャーであったり、コンソーシアムであったりと、様々な形態の企業が存在する。また、民間企業が所有する港湾施設において、航路や岸壁の必要水深、岸壁背面の載荷重、防潮堤や敷地の高さなど様々な条件がある。加えて、老朽化施設や補強・補修せざるを得ない施設が多く存在することも事実である。このように、設計者は事業者の意向を汲み、要求事項、外部環境、施設配置、老朽化施設など条件を考慮して課題を解決し、関連機関との調整を図っていかねばならない。また、港湾管理者や周辺民間企業との情報連携をとりながら、施設の新設・補修・補強を進めていくことになる。よって、CNP形成に向けていろいろな情報の中からより良い設計情報のより良い流れを如何に構築するか、PM や設計者として専門分野を超えた広い知見を如何に習得するかなどが、設計上の課題と考える。

港湾施設を利用する一企業のPMや設計者の場合でさえ、上記のような情報管理や能力が必要になるが、CNP実現に向けて各民間企業やMulti-stakeholdersのコンセンサスをまとめ上げ、CNP関係者がウィンウ

インとなるよう、港湾管理者は自ら荷役機械の電動化などに取り組みながら、立地企業に係わるCNP形成計画全体の進捗管理、実施状況の公表など情報の整理・発信を行い、着実な計画の遂行が期待される。

1-10-5 洋上風力発電事業の設計上の課題

CNPの今後成長が期待される14産業の内、洋上風力発電事業は、①大量導入、②コスト削減、③経済波及効果が期待され、再生可能エネルギーの主力電源化に向けた切り札として期待されている。初期段階から政府が関与し、より迅速・効率的に風況等の調査、適時に系統確保等を行う仕組み（日本版セントラル方式）の確立に向けた動きや、全国4カ所で大型風車の設置・維持管理に必要な地耐力強化等の工事が実施されたと、民間主導であるものの、国の方でも促進に向けた動きをしている。

洋上風力発電事業の契約構造の例を下図に示す。事業者から始まり、調査会社、風車メーカー、EPCI事業者、メンテナンス事業者など、様々なメーカーや調査会社等を組み合わせてプロジェクトを進めていくことになる。風車の耐用年数は20年程度であるが、機軸側から決まっているものであり、基礎側からすると20年も50年もさほど変わらないと考える。

洋上風力発電の契約構造の例

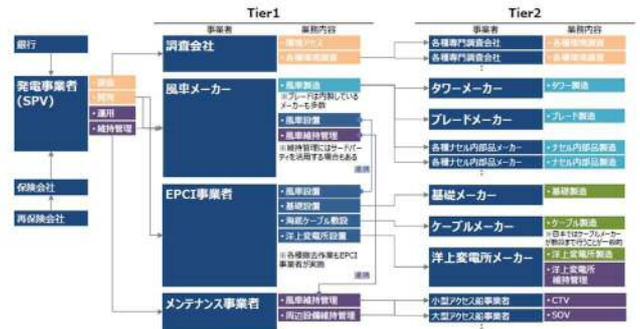


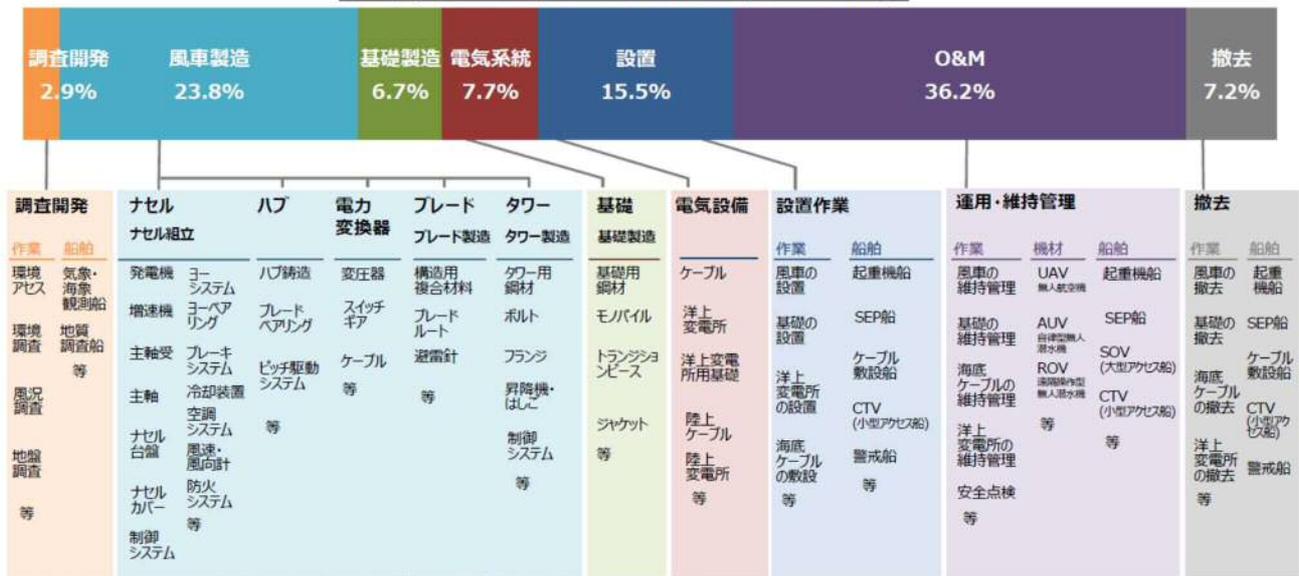
図 1-10-6 洋上風力発電事業の契約構造の例

(洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会資料) 6)

洋上風力サプライチェーンは、次頁の図に示すように多くの産業を包括していることが分かる。このため、経済波及効果も大きいとされ、構成機器・部品点数は数万点、事業規模は1プロジェクトあたりで数千億円とされている。事業全体コストの半分が建設までの初期コストで、残りがそれ以降の維持管理費用である。

洋上風力発電施設においては、日本に確立した設計手法がなく、欧州の技術を取り入れながら進められている。そのうち、基礎の設計は、景観・自然環境に与える影響、経済性、撤去の容易性等にも配慮してその要求性能を定める必要がある。現在の設計は、欧米の基準類（DNVGL-STやAPI基準など）をもとに国内基準類（建築基準法、技術基準など）を見比べながら進められているのが現状である。ただ基本的な考え方は、長期荷重・短期荷重・疲労荷重・稀に発生する地震動に対しては損傷せずに発電施設としての機能を満足すること、極めて稀に発生する地震動・設計津波に対しては倒壊崩壊しないことという照査思想はこれまでの国内

洋上風力サプライチェーンの全体像（着床式の例）



※数字 (%) は「Guide to an offshore wind farm」(BVG associates, 2019) より三菱総研が算出したLCOEに占める割合。

図 1-10-7 洋上風力サプライチェーンの全体像
(洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会資料)⁶⁾

基準を踏襲して行われている。

欧米の基準をもとに設計を行う上では、日本では地震荷重に対する設計が重要であること、台風などの強風に対する耐風設計が欧米よりも厳しいことなど欧米の基準をそのまま適用できないという課題がある。また、風車のその構造的な特徴（頂上部分にナセルやブレードなどの重量物が配置されている）から、風波や地震などの外力による卓越振動数と風車の固有振動数の一致を避け共振させないことが設計上必要となる。さらに、モノパイルはこれまでの杭に比べ大口径となることから、その地盤バネの設定方法や繰り返し外力がバネ値に与える影響、あるいは杭周辺の洗堀対策など、設計上の検討項目はまだ数多く残されており、日本式の設計手法の確立が課題となる一方、設計基準類にとらわれない自由な発想で設計が行える機会が必要になると考える。

1-10-6 おわりに

民間事業であっても、工場の一施設の整備から、洋上風力発電事業のように1プロジェクトあたりで数千億円のプロジェクのものなど様々な事業があり、そこで要求される機能・性能も多種多様にある。こうした中、事業者の要求される機能・性能を的確に捉えて事業を進めるにあたり、設計者は川上から川下までの情報を汲み取り、ステークホルダーに合意形成を促す非常に重要な役割を果たすことになる。また、あるプロジェクトでは設計者自らがPMの役割を担う場合もある。そして、設計者は事業者から要求される明確な機能をより高めて、付加価値を高めていくことが望まれる。

また、民間施設の今後の港湾整備にあたり、民間事業者が効率的な投資を行えるよう、例えば前章で述べた洋上風力事業であれば、事業促進する上で港湾区域と一般海域では安全や環境規定に差別化を図って、民間事業者が望む機能に応じた要求性能の規定を設けたり、実海域での実

証実験をやりやすくしたり、要求機能・性能・耐用年数による多様な設計手法の取り込みなど、民間企業の投資を促す仕組みづくりは重要となる一方で、効率性だけにとらわれない技術的・倫理的判断も重要となる。

これら立地企業所有施設の設計上の課題について、課題を克服するためには、設計者の資質向上はもちろん、新たな設計体系の構築を含めて官民一体となり、真摯に取り組みを継続していくことが不可欠と考える。

参考文献

- 1) https://www.pa.ktr.mlit.go.jp/tokyo/miscellaneous/q_03.html
- 2) カーボンニュートラルポート (CNP) の形成について：令和3年3月8日 国土交通省 港湾局
<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001390169.pdf>
- 3) <https://www.khi.co.jp/hydrogen/>
- 4) <https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/kanminrenkei/content/001371455.pdf>
- 5) http://pfi-as.jp/pfi/pfi/4_pfi.html
- 6) 洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会：洋上風力産業ビジョン（第1次）（案）概要：令和2年12月15日 洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/yojo_furyoku/pdf/002_02_01.pdf
- 7) 着床式基礎の技術：日本風力エネルギー学会誌 2020/4 vol.44 通巻.136

(執筆者：浜地克也)

第2章 今、港湾の整備に求められているもの

2-1 社会の大きな動き/「モノからコトへ」

我が国は、戦後復興に向けて政府が主導的に1960年の国民所得倍増計画の策定等によって経済発展を指向してきた。これが実現し、1990年代は世界第2位の経済大国となった。一方、現在1990年代から空白の30年間と言われ、経済成長は止まり、国民一人当たりGDPもOECD加盟国34か国中第20位（2021年）である。それを打開すべき動きとして、昨今色々な言葉が巷に飛び交っている。この中で良く使われる言葉「モノからコトへ」。つまり「コト重視」である。はっきりした姿・形を備えて具象的な「モノ」から、世の中に起こる、人事また自然の現象で人間の思考や意識の対象となる抽象的な「コト」を重視しようとする動きである。言い換えると「モノ」から「人と自然」への重心移動である。戦後、「モノ」のない時代は、「モノ」が人間の欲求を満たしてきた。自動車や電化製品などである。しかしながら、「モノ」が行き渡り人間が満足感を感じるようになると、「モノ」が生み出す「コト」が重要であるという意味であろう。いずれにしても、「コト」は今人間社会で起きている出来事で、「モノ」はその人間の思考によって「手段」として作られる人工物。戦後70年、焼け野原から作り上げた「モノ」を、今一度その起因となった「コト」に立ち返って考えていく時代に入ったということだろうか。さらに「コト」のもう一つの意味である「自然現象」。2019年の新型コロナウイルスの発現やこれからの地球温暖化は、人間社会の職場や沿岸都市などの「モノ」を大きく変えようとしている。他方「モノからコトへ」の意味するところは、次世代の「モノ」を考えるヒントではないだろうか。「モノ」の再考ではないだろうか。これが、さらに巷に溢れる言葉「価値の創造」「課題解決」に繋がるのであろう。「コト重視」であれば、思考法は「原因」から「結果」を予測して解決手段を考える帰納法ではなく、「現象・コト」をデータ解析して「目的・課題」を再設定して、その実現に向けて「解決手段・モノ」を考える演繹法へ移行するということであろう。「DX（Digital Transformation）」、「デザイン思考」、「バック・キャスト」、「再定義」、「共創」、「Re-Design」（国土交通省総政局の地域交通システム再構築）、「Rebuild by Design」（ニューヨーク市のサンディー復興）、「Change by Design」（マツダ自動車）の動きなどは、それらを意味する言葉だ。取り組み方は、多くのステークホルダーが一堂に会して知識と技術を結集して「価値」を創造し行動する体制だ。これも、よく使われる言葉「連携・統一」という大きな流れであろう。第1章1-1で述べたように、わが国の高度経済成長を可能にしたのは、組織体の分化・分業であり、それによって「自己限定」という効率性や専門性は高まったが、昨今は自分の周りを見れば判るように「全体の潜在的生命力」が減退して弱まっている。本来組織体が有する「潜在的生命力」を再び蘇らせるには、東洋哲学の源泉である「易経」では、「分化から連携・統一」だと言われている。生物は、体内のオートファージ機能によって「合成と分解」を交互に繰り返して生命を維持しているが、人間社会は、「法律・計画論」を適宜改訂して行かなければならない。池田勇人首相の「国民所得倍増計画」というスローガンは、当時の人々の「アニマル・スピリット」を刺激し「価値の創造」を促したと言わ

れている。元文化庁長官である青柳正規氏は、前述のように経済貧困国になったと言っても、それを感じさせない、見せないのは、日本人は、今も日常生活において「安心、確実、清潔、規律、礼節」を重んじているからだと言われた。自分の家族、周辺の人々、東日本大震災時の東北の方々を見ても首肯である。言い換えれば、経済学では血気、衝動、動物的霊性であり不安定性があるとされている「アニマルスピリット」も、我が国では崇高な精神レベルで湧き出てくるのではないかと期待している。そのためにも、次世代に向けての政府の力強いスローガンが必要だと思う。

2-2 「あるべき姿」から変貌しつつある港湾の抱える課題

上記のような社会の動きの中で、我が国の港湾は、港湾の中長期政策「PORT2030」では、以下のような課題を抱えていると述べている。

- (1) 急速なコンテナ船の大型化やコンテナ船社間のアライアンスの再編により、基幹航路の寄港地の絞り込みが行われるなど、我が国の海運・港湾を取り巻く情勢はめまぐるしく変化し、厳しさを増している。
- (2) 中国の「一帯一路」政策に代表されるように、アジア近隣諸国も戦略的に海外ネットワークの拡充を図っている。我が国としても、グローバルに活動を展開する製造業等のサプライチェーンを支えるため、世界の成長市場にスピーディにアクセスできるとともに信頼性の高い輸送網を構築することが求められている。
- (3) 高度経済成長期に数多く整備された民間企業の専用岸壁は老朽化が進んでおり、大規模地震発生時にも企業活動が維持されるよう計画的な更新が必要になってきている。
- (4) 近年は、都市再開発の進展に伴い、ウォーターフロントにおいて潤いある生活空間を市民に提供するとともに、近年のクルーズ需要の爆発的な増加に伴い、これまで必ずしも十分な対応ができていなかった、クルーズ船・外国人クルーズ旅行客を受け入れるための港湾整備や美しく快適で賑わいのある空間づくりが強く求められている。
- (5) 臨海部産業の構造転換や、高度なサプライチェーンマネジメントに対応できる新たな物流産業の立地を円滑に進める観点から、港湾空間の利用再編・面的再開発を積極的に進めるとともに、臨海部の土地を政策的に供給できる仕組みを確立することが必要となっている。
- (6) 港湾の海岸は、背後に人口・産業が高度に集積しているため、津波・高波・高潮等からの防護が特に重要な空間であると同時に、そこを訪れる人々にとって海の持つ景観・文化に触れ合う貴重な空間である。さらに、その後の動きとしては、以下のようなものがある。
- (7) カーボンニュートラルポート

2020年10月、我が国は「2050年カーボンニュートラル」を宣言し、2021年4月には、「2030年度に、温室効果ガスを2013年度から46パーセント削減することを目指す。さらに、50パーセントの高みに向け、挑戦を続けていく」ことを表明した。島国日本において港湾は、輸出入貨物の99.6%が経由する国際サプライチェーンの拠点となっており、また、CO₂排出量の約6割を占める発電所、鉄鋼、化学工業等の多くが立地する臨海部産業の拠点、エネルギーの一大消

費拠点でもある。すなわち、港湾地域は、脱炭素エネルギーである水素や燃料アンモニア等の輸入拠点となるとともに、これらの活用等による CO₂ 削減の余地も大きい地域である。このため、港湾地域において脱炭素化に向けた先導的な取組を集中的に行うことは、我が国の 2050 年カーボンニュートラルの実現に効果的・効率的であると考えられる。加えて、世界的に、SDGs（持続可能な開発目標）や ESG 投資（環境・社会・ガバナンス要素も考慮した投資）への関心が高まる中、国際港湾の競争力として、従前のコスト、スピード、サービスといった視点に加え、「環境」を意識した取組も重要な要素となっていく。このため、国土交通省では、水素・燃料アンモニア等の大量・安定・安価な輸入・貯蔵等を可能とする受入環境の整備や、脱炭素化に配慮した港湾機能の高度化、集積する臨海部産業との連携等を通じて CNP を形成することとしており、2022 年 4 月から、全国において「CNP 検討会」を開催し、港湾地域からの CO₂ 排出量、水素や燃料アンモニア等の利活用方策等について検討を進めている。

(8) 内航海運の働き方改革

我が国では、生産年齢人口の減少や働き手のニーズの多様化などを背景に、多くの業種において人材確保が喫緊の課題とされており、陸上職では、就業機会の拡大や働き手のニーズを踏まえた職場環境づくりを図るため、先般成立した働き方改革関連法等に基づいた取組が進められている。今後、陸上職において働き方改革が進んでいくことが見込まれる中、人材の確保競争はこれまで以上に激化することが予想され、今後も優秀な人材を確保していくためには、陸上の働き方改革の取組も参考に船員を魅力ある職業にするための「船員の働き方改革」を実現していくことが必要となる。

このため、交通政策審議会海事分科会船員部会等では、「船員の働き方改革」の実現に必要な労働環境の改善や船員の健康確保のための方策について検討を開始した。

これまでの検討では、

- ① 休日のない連続労働により月間労働時間は長い傾向にあること。
- ② 荷役時間の長さや労働時間の長さに相関関係が見られること。
- ③ 「運航（当直）→入港→荷役→出港→運航（当直）」の一連の作業が連続して行われると 1 日あたりの労働時間が長時間に及ぶこと。
- ④ 船員の職種別では、内航船員の高ストレス者の割合が高いこと。
- ⑤ ストレス要因としては、「運航スケジュールがハードであること」などの回答が最も多いこと。など、船員の働き方の実態が明らかになったところであり、これらの実態を踏まえ、船員の労働環境の改善と健康確保に向けた論点を整理し、現在、検討を進めているところである。

(9) 都市機能誘導区域の臨港地区への編入

居住機能や医療・福祉・商業、公共交通等のさまざまな都市機能を誘導により都市全域を見渡したマスタープランとして位置づけられる市町村マスタープランである立地適正化計画が、全国的に策定されてい

る。一部の沿岸都市は、臨港地区内に都市機能誘導区域が設定されており、都市機能と一体となった港町づくりが求められている。言い換えれば、都市の「みなとまち」回帰であろう。

(10) 港湾における気候変動適応策

我が国の港湾は、貿易量の 99.6%を扱う重要な社会インフラであり、その背後地となる港湾所在市町村は、約 6,000 万人の人口と 150 兆円の製造品出荷額等を擁し、いずれも全国の約半数を占めるなど、我が国の国民生活、経済活動にとって極めて重要な地域である。他方、港湾は、水際線に存在する特性上、海面水位上昇や台風の強大化など、将来発生しうる気候変動の影響が不可避であり、長期的な視点で対策を講じることが求められる。2020 年 8 月には、交通政策審議会より「今後の港湾におけるハード・ソフト一体となった総合的な防災・減災対策のあり方」が答申され、気候変動に起因する外力の強大化への対応として ① 将来にわたる港湾機能の維持に必要な港湾計画等の策定 ② 将来の外力の強大化を考慮した施設設計 ③ 不確実性に対処するためのモニタリングや技術開発 など、具体的な施策が示されている。同年 12 月には気象庁・文部科学省より「日本の気候変動 2020」が公表され、日本沿岸の平均海面水位等の将来予測が示されるなど、科学的知見も蓄積されつつある。

2-3 港湾の中長期政策「PORT 2030」が示す基本理念

「PORT2030」における基本理念では、①地政学的な変化やグローバルな視点を意識する、②地域とともに考えるという従来型に加え、以下の新たな視点を提示している。

(1) 「施設提供型」から「ソリューション提供型」に発展させる

B to B（企業間取引）の世界にあるように、単なる商品の提供から社会課題のソリューションや新しい社会価値の提供へと重心が移っていると述べている。つまり、「なすべきこと」への移行である。

(2) 「賢く」使う

我が国の財政が一段と厳しくなる中、将来的に社会インフラの老朽化に伴う更新需要が増加することが確実視される中で、港湾間の広域連携の促進や、ふ頭再編、機能の集約化・複合化等により、時代の要請や地域の需要等を踏まえ、既存インフラの価値の最大化を図る必要がある。また、NPO・民間事業者等とも連携し、貴重な水際線を有する港湾の公共空間の活用を促進し、港湾を核とした地域の再生・活性化、新たな地域経済循環につなげる観点も重要であるとしている。

(3) 港湾を「進化」させる

我が国産業の将来目指すべき姿として、政府において、様々な産業のつながりにより、新たな付加価値が創出される産業社会「Connected Industries」が提唱されており、港湾においても、Connected Industries を支えるプラットフォームとして、世界と日本、国内各地や企業活動をつなぐ「Connected Port」としての役割を果たしていく必要があるとしている。

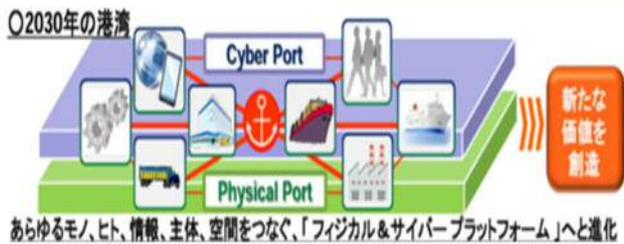


図 2-3-1 PORT2030 基本理念概念図

上記5つの基本的理念に基づき、2030年の我が国港湾が果たすべき役割として、

- ①列島を世界につなぎ、開く港湾【Connected Port】
- ②新たな価値を創造する空間【Premium Port】
- ③第4次産業革命を先導するプラットフォーム【Smart Port】

という3つを掲げている。

さらに、港湾の中長期政策の基本的な方向性として、以下の8つの施策を掲げている。

- ①グローバルバリューチェーンを支える海上輸送網の構築
- ②持続可能で新たな価値を創造する国内物流体系の構築
- ③列島のクルーズアイランド化
- ④ブランド価値を生む空間形成
- ⑤新たな資源エネルギーの受入・供給等の拠点形成
- ⑥港湾・物流活動のグリーン化
- ⑦情報通信技術を活用した港湾のスマート化・強靱化
- ⑧港湾建設・維持管理技術の変革と海外展開

2-4 「ストック効果の最大化に向けて～その具体的戦略の提言～」 (2016年)、及び「第5次社会資本整備重点計画」 (2021年～2025年)が示す基本理念

2-4-1 「ストック効果の最大化に向けて～その具体的戦略の提言～」(2016年)

2015年9月に閣議決定された第4次社会資本整備重点計画(以下「重点計画」という。)においては、社会資本のストック効果の最大化を図ることが基本理念とされている。この基本理念の実現のための具体的な手法や仕組みについて検討を進めるため、社会資本整備審議会・交通政策審議会交通体系分科会計画部会に専門小委員会(委員長:金本良福計画部会長)が設置され、以下の取り組みが示された。

(1) ストック効果の考え方 (フロー効果とストック効果)

社会資本整備の効果は、図2-4-1に示すように、フロー効果とストック効果に分けられる。フロー効果とは、公共投資の事業自体により生産、雇用、消費等の経済活動が派生的に創出され、短期的に経済全体を拡大させる効果である。一方、ストック効果とは、整備された社会資本が機能することによって、整備直後から継続的に中長期にわたり得られる効果であり、フロー効果以外の社会資本整備の効果であると捉えることができる。具体的には、移動時間の短縮等により経済活

動における生産性を向上させる効果、生活環境の改善といった生活の質の向上効果、防災力の向上などの安全・安心効果がある。

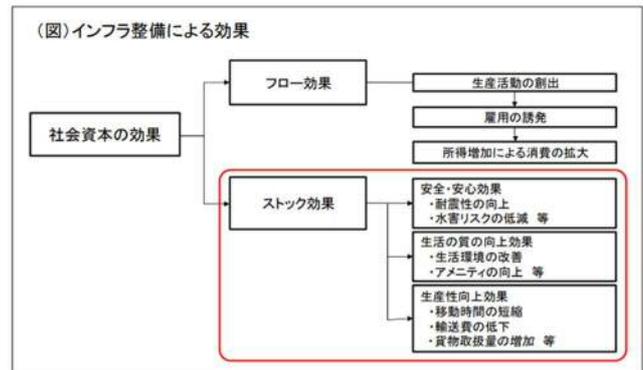


図 2-4-1 インフラ整備による効果

また、一つの施設の整備が様々なストック効果をもたらすことも多い。企業立地や民間設備投資の促進、観光振興、環境負荷の軽減、災害時のリダンダンシー確保、マーケットの創出・拡大など、多様な効果がストック効果に含まれる。景気を下支える財政政策の手段としてフロー効果の観点から公共投資の意義が論じられることも多く見られるが、社会資本整備がもたらす本来的な3効果はストック効果であり、これまでも、ストック効果の高い社会資本整備事業への重点化が行われてきた。重点計画においても、社会資本の目的・役割に応じた選択と集中を徹底することとされ、そのための方針等が示されている。このような中、改めてストック効果を取り上げる意義を3つ示している。

① 「効果が出る」から「効果を出す」への発想の転換の必要性

我が国では人口減少社会を迎えているが、その減少を上回る生産性の向上があれば、経済成長を続けることは十分可能である。人口や経済規模が右肩上がり成長していた時代のように社会資本を整備すれば生産性向上等の効果がおのずから「出る」という発想から、積極的にその効果を「引き出す」、「高めていく」という発想へと考え方を転換し、厳しい財政制約も踏まえ、これまで以上に効果を高める工夫(「賢く投資・賢く使う」)を社会資本整備のあらゆるプロセスで講じていくことにより、社会資本整備のストック効果の最大化を実現すべきである。

② ストック効果の「見える化・見せる化」の必要性

地域の課題の解決など各事業の目的の達成状況の計測、ストック効果を一層高める工夫の促進やレッスン(教訓)の活用の観点から、施設の整備後に発現した様々なストック効果を積極的に把握し、これを「見える化」、さらに「見せる化」することを通じて、社会資本の利用者等との対話や行政自らの気づき、さらには国民理解の醸成などに努めるべきである。

③ 社会資本整備のマネジメントサイクルの確立の必要性

社会資本整備のストック効果の最大化のためには、ストック効果の高い事業への重点化に向け、上述のストック効果を高める工夫を徹底して、発現した多様なストック効果の「見える化」により得た知見(工夫・効果・レッスン)を事業に有効活用していくという、社会資本整備のマネジメントサイクルを確立すべきである。

2-4-2 「第5次社会資本整備重点計画」(2021年～2025年)

基本理念としては、「インフラ経営」により、その潜在力を引き出すとともに、新たな価値を創造することである。人口減少による地域社会の変化や厳しい財政制約の下、インフラがそのストック効果を最大限発揮し、幾世代にもわたり国民が豊かで安全な生活が実感できる国土づくりを実現するためには、インフラを、世代を超えて共有する「資産」として捉え、社会資本を整備・維持管理するだけでなく、しっかりと利活用していく観点が重要である。「インフラ経営」という概念は、上記2-4-1の基本理念である「ストック効果の最大化」に基づき提言されている。また、人口減少が進展する中、必要性の減少や地域のニーズ等に応じ、インフラの廃止、除却等の対応を取るなど、一つのエリアにおいてどのようなインフラが必要で、どのようなインフラが不要なのかという全体の最適化を図っていく必要もある。このような観点は、第4次重点計画でも触れられていたが、本重点計画ではさらに深化させ、その具体化のための施策や KPI (Key Performance Indicator) を記載することにより、本格的に「インフラを経営する観点への転換」を進めていく。保有する「資産」として捉え、インフラを「経営」する発想が必要となる。特に、地方部においては、人口減少が進む中で、このような発想に転換することは必要不可欠であるとされている。

ることである。また、膨大なデータを単に蓄積するのではなく、政策目的を明確化し、データを活用する現場のニーズと十分に摺り合わせを行った上で、真に必要なデータを効率的に収集・活用する。次に、社会経済の課題解消を目指し、現場のニーズに基づき、適切な研究開発課題を設定する。また実用性を考慮した具体的な要求水準や達成目標、評価指標、評価方法等を示すことが重要である。

② オープンイノベーション、分野間・産学官の連携

イノベーションを巡るグローバルな競争が激化する中、組織外の知識や技術を積極的に取り込むオープンイノベーションの手法を積極的に活用し、従来の枠を超えた知識や価値を創出していくことが、技術研究開発の推進に当たって極めて重要である。

③ 総合知の活用

新たに開発された技術については、その効果や適用性を確認するための試行を通じ、その後の社会実装や普及につなげていくことが必要であるが、その実施に際しては、技術研究開発等による自然科学の「知」と、規制緩和等の制度設計による人文・社会科学の「知」の融合による「総合知」の創出・活用に努め、総力を挙げて社会・経済課題の解消に取り組むことが重要である。

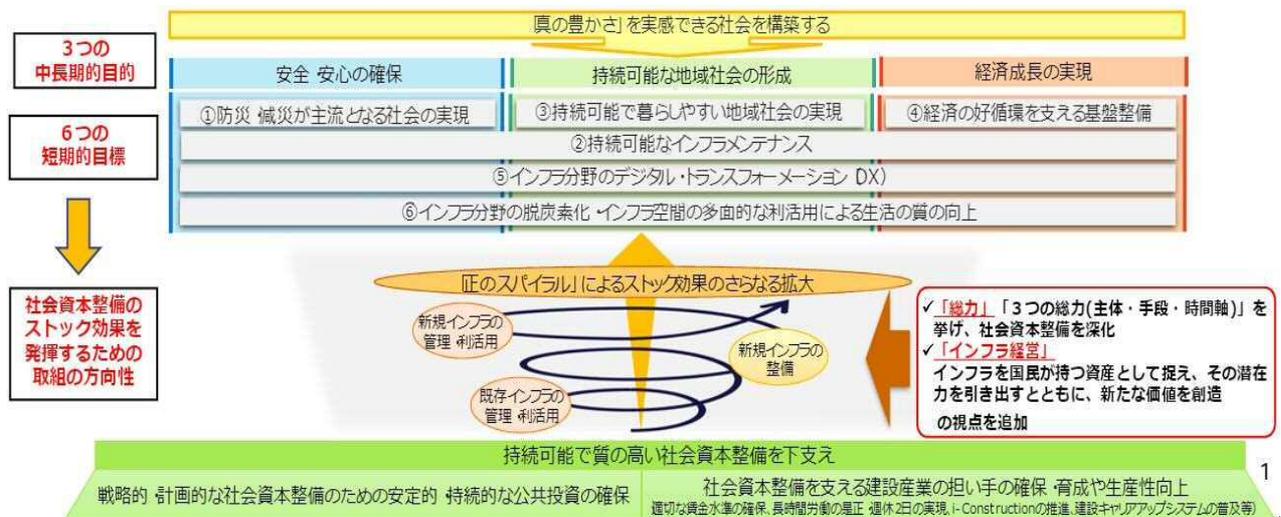


図 2-4-2 第5次社会資本整備重点計画基本概念

2-5 「第5期国土交通省技術基本計画」(2022年～2026年)が示すもの

全体計画については、図 2-5-1 に示すが、このうち技術政策を推進する仕組み(横断的施策)において、抜粋を以下に示す。

(1) 先端技術を活用した新たな価値の創出

以下の取組を通じて、先端技術を活用した新たな価値の創出を一層加速させる。

- ① 社会や現場のニーズの把握と提供、実用性を考慮した要求水準の設定
まず重要なことは、国土交通分野に関わるニーズを的確に把握す

④ 社会実装の推進・技術の普及

技術は国民のためにある。技術研究開発の成果が社会に実装され、国民に還元されるまでの道筋を想定し、出口を見据えた戦略性を持って、技術研究開発の設定からその推進、規制緩和等の制度設計との一体的な検討を経て、社会実装・普及に至るまでの一施策を総合的に推進していくことが重要であり、国土交通省の強みである現場力を最大限に発揮することが求められる。

⑤ 技術基準の策定

技術基準は、既存技術の整理や新しく研究開発された技術の安全性や信頼性の評価・確認を通じて整備されるもので、技術の実

用化や社会への適用・還元が促進される。技術基準が示されることにより、利用者にとっては効率性・快適性や安全・安心が保障され、また、企業にとっては市場性のある技術として取り扱うことが可能となる。多様な技術による基準への適合を阻害しないようにするため、基準化に当たっては、企業が円滑に導入できることを念頭に置きつつ、性能基準化することが望ましい。

加えるべき機能、③役割を果たした機能に分野横断的に再整理した上で、現状の性能も踏まえつつ、個別インフラ施設の維持／補修・修繕／更新／集約・再編／新設等を適切に行うため計画策定を行う必要がある。この際、地域の状況を踏まえつつ、市区町村の既存の行政区域に拘らない一定の機能を有する「地域」を設定し、複数・多分野の施設を「群」としてまとめて捉えることで、地域において将来的に必要な機能を検討していく。



図 2-5-1 第5期国土交通省技術基本計画

2-6 総力戦で取り組むべき次世代の「地域インフラ群再生戦略マネジメント」～インフラメンテナンス第2フェーズへ～が示すもの

2022年12月、国土交通省社会資本整備審議会・交通政策会技術分科会技術部会は、持続可能なインフラメンテナンス体制の確立に向けた、笹子トンネル崩落事故以降10年間の取組んできた7つの項目のうち(1)メンテナンスサイクルの確立、(2)施設の集約・再編等に基づき、以下のマネジメントを提言した。

＜新たな取組の展開～『地域インフラ群再生戦略マネジメント』へ＞

現状認識を踏まえると、個別インフラ施設の修繕を重ね、長寿命化を図ることを基本としつつも、複数・広域・多分野のインフラ施設を「群」として捉え、将来必要とされるインフラ群の機能と現状の性能を踏まえつつ、更新（機能向上を伴う場合を含む）、集約・再編、新設も組み合わせて検討していくことが求められる。このため、インフラマネジメントにおける計画策定プロセス及び実施プロセスの新たな取組として『地域インフラ群再生戦略マネジメント』（以下「戦略マネジメント」）を進める必要があるとしている。

戦略マネジメントの計画策定プロセスの考え方としては、図2-5-2に示すように、戦略マネジメントの推進にあたっては、既存のインフラ群が有する機能に対し、地域の将来像に基づき、①維持すべき機能、②新たに

さらに、検討にあたっては、戦略マネジメント計画策定の対象エリアを越える圏域も含めた必要な機能を考慮する必要がある。

以上のように、今後の地域インフラ群再生においても、まずは現時点でインフラ群が有する「機能」を再整理した上で、個別インフラ施設の維持・補修・更新・廃止・新設等を検討することとしている。

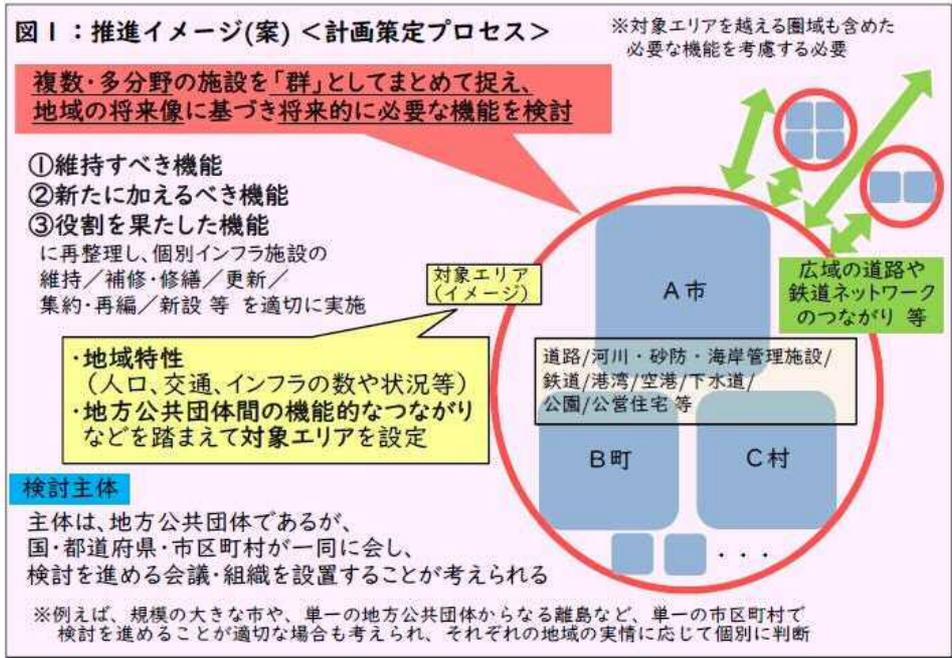


図 2-6-1 地域インフラ群再生戦略マネジメント」の推進イメージ

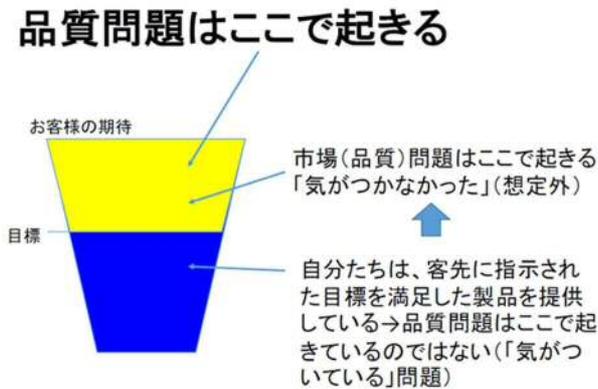
(執筆者：八尋明彦)

第3章 「広義の設計論」に立脚した港湾整備のあり方

第2章においては、今、港湾の整備に求められているものをまとめた。その結果、現在では港湾整備のみならず行政や民間企業サイドにおいて、「価値の創造・提供」というキーワードが、求められていることが分かった。まずは「モノづくりの原点」から掘り起こして考えてみたい。

3-1 モノづくりの原点

海洋・港湾構造物設計士会（以下、「設計士会」）としては、「モノづくり」について、2019年第9回研修会¹⁾に吉村達彦・元トヨタ自動車（株）シニア・スタッフ・エンジニア、及び2020年第10回研修会²⁾に藤本隆宏・東京大学経営学部教授から講演を頂いた。それぞれ、以下に示す概念図が示された。



資料：吉村達彦・第9回研修会基調講演



資料：藤本隆宏・第10回研修会基調講演

まずは、吉村氏の概念図は、技術者が「品質」として目標としている範囲の想定外で、品質問題が存在するとしている。また、藤本氏は、「モノ（人工物）」は「形相（設計情報）」と「質料（媒体）」から形成され、「形相」が「質料」に転写されたものであるとし、「付加価値」は「形相」に宿るとしている。この両者に共通するのは、「モノ」は、2つの概念で構成している

ということである。本論においては、以下のように定義した。

$$\text{モノ（人工物）} = \text{「機能」} + \text{「構造（性能）」} \cdots \text{式（3-1）}$$

ここで、「機能」とは、あるモノが本来備えている働き。全体を構成する個々の部分が果たしている人に対する固有の役割、目的、使命のこと。また、そうした働きをなすこと。さらに付加価値を産むもの。Virtualなもの。「性能」とは、「機能」を成し遂げることのできる数値化できる力、構造、手段のこと。Physicalなもの。

「機能」と「構造（性能）」の関係を、以下の図により実例的に説明する。



図 3-1-1 実例：「機能」と「構造（性能）」の違い

- コップAは、「水が飲める」という「機能」と、「ガラスで出来た高さ、直径、厚さを有する円柱「構造（性能）」で構成されている。
- コップAを「高価なシルバー（構造）」でできたコップに変えると、大人は喜ぶが、幼児は喜ばない。「機能」の評価は、利用者の欲求によって変わる。
- 他方、ストローで「確実に」、ガラスをプラスチック変えて「安全に」、ミッキーを入れて「楽しく」水が飲めるという「機能」を向上したコップBであれば、幼児は喜ぶ。
- つまり、「機能」を向上させると、コップの「材質、形」「構造（性能）」が変わる。
- 視点を変えると、既コップAがあって、生産者が、母親から要求された「幼児が確実に、安心して、喜ぶ」「要求機能」を実現するためにコップBを作って（需要自随）喜ばれる場合。他方、生産者が、母親に「幼児に確実に、安心して、喜んでもらえる」「提供機能」を創造してコップBを作って（需要創造）喜ばれる場合がある。いずれにしても、母親の子供を喜ばすという「課題解決」のためには、「機能」を介する。

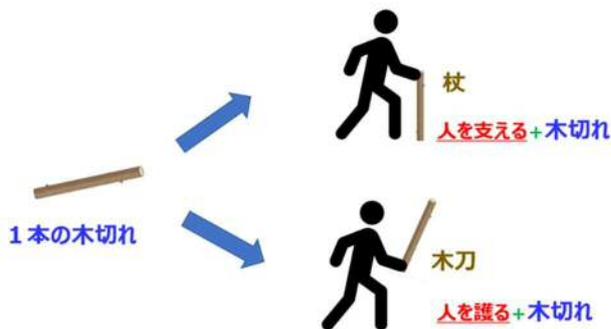


図 3-1-2 実例：「機能」と「構造（性能）」の違い

- 1 本の木切れ（延長 1 m、直径 3cm）「構造（性能）」がある。
- 木切れ「性能（構造）」を、“人を支える”「機能」として提供すれば、“杖”になる。
他方、“人を護る”「機能」として提供すれば、“木刀”になる。
- つまり、人への貢献・役割「機能」に応じて「構造（性能）」の使い方が変わる。

従って、上記から「モノづくりの原点」とは、

- ①利用者は「機能」を選択し、創造し持続させる。
極端に言えば、利用者は「構造（性能）」には関心がない。
- ②「機能」が、「構造（性能）」を規定する。
- ③「機能」は、生活や生産活動に拠るため、利用者や時間によって変わる。「機能」には、利用者が今「要求する機能」と、生産者が利用者の将来の課題解決のために「提供する機能」がある。
- ④従って、「モノづくり」とは、生産者は、利用者が要求する「機能」、もしくは利用者に提供する「機能」を的確に捉え創造し、それを実現するために、より安く、より良い「性能」の「構造」を作ることである。
- ⑤さらに、出来上がった「モノ」の管理の考え方は、2 - 6 次世代の「地域インフラ群再生戦略マネジメント」の推進イメージに示されるように、「機能」の「新設、改良、維持、廃棄」となる。他方、「構造（性能）」は、材料劣化の時間経過で変化する。

3 - 2 「モノの価値」とは

第 2 章における「価値の創造・提供」というキーワードにおける「モノの価値」とは、何か。この定義は、1954 年に米国海軍造船局が設計段階で導入し、1988 年には米国大統領府・行政管理予算庁が通達により連邦政府機関に適用を義務づけられた「価値工学(Value Engineering、以下、VE)」³⁾ で定義されている。「価値 V」とは「使用価値」で、“利用者等が期待する施設やサービスの「機能 F」を達成するための手段の適合性・有効性”を言い、この機能を達成するための手段づくりの「総費用（ライフサイクルコスト）C」として、以下のように示されている。

$$\text{価値 } V = \text{機能 } F / \text{総費用 } C \cdots \cdots \text{式 (3-2)}$$

3 - 3 価値の創造・提供

上記によって、「モノの価値」が定義されたが、第 2 章において求められている「価値の創造・提供」とは、どのようにすればよいのであろうか。

3 - 2 で述べた VE の基本思考では、「①常に利用者の立場に立って考える。②果たすべき機能を追求し、機能本位に考える。言い換えれば、この時点では既往の性能や構造は考えない。③アイデアや工夫により、より良い方法を考え改善する。④メンバーの知識と技術を結集し、チーム活動で改善を行う。⑤機能とコストを徹底的に追求し価値向上を図る。」とされ、吉村氏や藤本氏の講演内容とも符号し、さらに第 2 章の「PORT2030」⁴⁾ や「社会資本整備重点計画」⁵⁾ の基本理念に沿ったものである。

このため、以下は、この VE の基本思考に従って「価値の創造・提供」を考えていく。手法としては、以下の 4 つのケースが考えられる。この検討においては、施設の計画、調査・開発、設計、施工、維持管理・運用分野のメンバーが一堂に会し、メンバーの知識と技術を結集し、チーム活動で改善を行うことが必要である。藤本氏が言う「円卓会議」²⁾ である。

- (1) 機能維持と総費用低減による価値向上：F は維持して C を低減する。

$$V(\uparrow) = F(\rightarrow) / C(\downarrow) \cdots \cdots \text{式 (3-3)}$$

従来と同じ機能のものをより安いコストで提供する。この手法は、これまで我々が取り組んできた多くの技術開発である。近年では、ICT 施工によるコスト低減がある。しかしながら、顧客の顕在ニーズ、つまり機能をそのままにして、「性能」を深掘りして向上させても、最終的には、価格競争になってしまう。吉村氏は、これを「コストダウンの間」と呼んでいる。言い換えれば、性能・技術が向上しても事業費は減少する“デフレ状態”になるということである。

- (2) 機能向上と総費用低減による価値向上：F を向上させて C は低減する。

$$V(\uparrow) = F(\uparrow) / C(\downarrow) \cdots \cdots \text{式 (3-4)}$$

より優れた機能をもつものをより安いコストで提供する。例えば、途上国へのインフラ輸出において、我が国のより優れた機能を有するインフラを現地調達の人材、資材、機材を使ってコストダウンを図って整備すれば、相手国に価値の高いインフラを提供できるのではないか。

- (3) 機能向上による価値向上：F を向上させて C は維持する。

$$V(\uparrow) = F(\uparrow) / C(\rightarrow) \cdots \cdots \text{式 (3-5)}$$

従来と同じコストでより機能の高いものを提供する。

- (4) 総費用の増加以上の機能向上：C は少し上がるが、F をそれ以

上に向上させる。

$$V(\uparrow) = F(\uparrow) / C(\uparrow) \dots\dots\text{式}(3-6)$$

コストは上がるが、いっそう優れた機能をもつものを提供する。例えば、携帯電話のスマートフォンは良い実例である。それまでのガラ携よりも高価であるが多機能であるため、多くの人々がその価値を評価し所持している。また、これまでの防波機能に親水機能や生物共存型機能を付加した防波堤や防波護岸の整備は、建設コストは高いがそれ以上の機能向上が評価されて同様の扱いである。さらに途上国へのインフラ輸出においても、より機能の高いインフラを国内で開発すれば、多少のコストアップでも相手国に価値の高いインフラを提供できることになるのではないかと。言い換えれば、本ケースは利用者と生産者にとって Win-Win である。

上記の思考法 V E において「使用価値 V」を上げる4つの方法のうち、利用者等からの要求である「機能 F」を向上させる方法が最も多く3つある。従って、「機能」を向上させる手段を検討することが重要であることが明らかである。言い換えれば、我々は、これまで式(3-3)に終始し、式(3-4~6)に余り目を向けてこなかったことは事実だ。

次に、「機能 F」の向上について考えてみる。モノは、人工物であるため、その「機能」は人間の欲求による。中村英夫・東京都市大学名誉総長によれば、マズローの欲求段階説と土木との関係を以下の通り示している。つまり、土木施設の機能 F を向上させる要因を、「人の欲求」に関係づけたものである。

- 第1段階：生理的欲求⇒衣食住の確保のための土木
- 第2段階：安全の欲求⇒安全・安心のための土木
- 第3段階：親和の欲求⇒効率化のための土木
- 第4段階：自我の欲求⇒快適な環境のための土木
- 第5段階：自己実現⇒地域の品格づくりのための土木

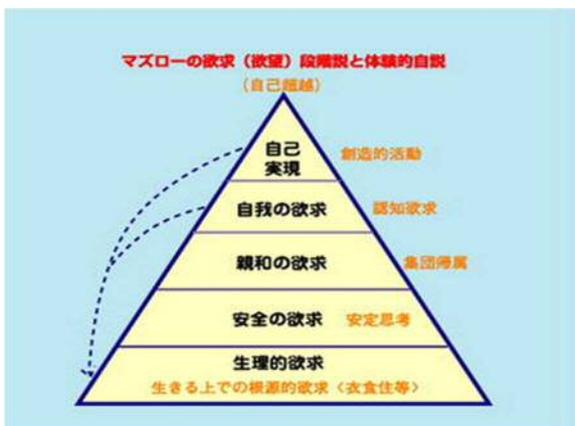


図 3-3-1 マズローの欲求段階説

3-4 機能設計

上記3-3において、「価値の創造・提供」には、「機能」が大きな役割を果たすことが判った。以下に具体的な手法である「機能設計」について述べる。これまでの港湾整備をはじめ土木分野では、なじみのない用語である。しかしながら、土木も「モノづくり」であることは間違いない。

モノは、一般的に以下のような機能系統図(図 3-4-1)となる。ここで F_0 は目的「基本機能」、 $F_{1\sim3}$ は「主機能」、 $F_{11\sim32}$ は手段「従属機能」と定義する。

「機能設計」³⁾とは、「基本機能」を実現するために、現状のモノの機能の定義、整理、評価などにより、「主機能」と「従属機能」、必要な機能と不必要な機能、過剰機能と不足機能を明らかにし、機能を「新設」、「改良」、「維持」、及び「廃止」に区分するとともに、モノの機能系統図を作成し機能間のつながりを明確にすることである。特に「機能設計」の概念は、モノの「再設計」、「再定義」や「改良」によって、従属機能を有する構造物が、どのように構成されるかを考える上で有効である。さらに、空間的な広がり的大小やそれが有する価値の高さで見ると、「基本機能」>「主機能」>「従属機能」である。

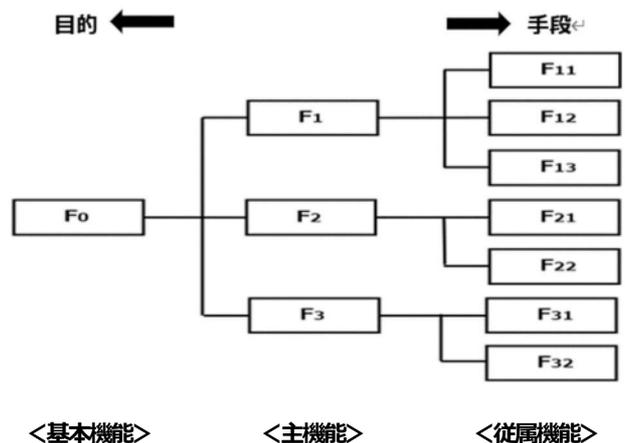


図 3-4-1 モノの機能系統図³⁾

例えば扇風機の開発手法⁶⁾としては、顧客の要求する「基本機能」“ F_0 ：これまでより涼しさを提供する。”を目的とし、次に設計仕様を形成するための「主機能」を“ F_1 ：風を作る。”と定義し、「主機能」を構成する「従属機能」を“ F_{11} ：風の向きを変えられる”、“ F_{12} ：風量を増やす”、“ F_{13} ：外観を美しくする”(以上、「機能設計」として、それを達成するための扇風機本体の「性能・構造設計」を行う。なお、最近の扇風機は、風で空気を循環させるサーキュレーター機能(主機能)が付加され、左右だけではなく上下や斜めなどあらゆる方向への送風が可能になり夏だけでなく、衣類の乾燥や室内の換気等の従属機能の追加で冬でも使用でき、コスト的には高いが需要は増えているという。正に $V(\uparrow) = F(\uparrow) / C(\uparrow)$ の関係である。

「機能設計」に類する概念は、機能純化を基礎とした合理的な市街地を目指す都市計画分野をはじめ、以下に示すような建築分野、機械分野、システム分野等においては、既に導入されている。これは、これらの分野は

現状の市街地、建築物、電気・機械製品やシステム等を対象として、これまで再開発、リフォーム、フルチェンジ、バージョンアップ等を繰り返してきたからであろう。中でも、朝日放送テレビ「大改造!! 劇的ビフォーアフター」⁷⁾は、「価値・機能の提供」による「課題を解決」していく、分かり易い事例ではないか。つまり「家族の問題を『リフォーム』で解決しませんか?」をコンセプトに、さまざまな物件の大改造を通して、再び「家族の絆、やすらぎ」を取り戻すことを目的とする番組。一般募集による「依頼主」の家族の悩み（その多くが家屋・住宅の構造が生活実態と合致していないこと）を解決すべく、『匠』（たくみ）と呼ばれる建築士や大工が問題解決のための家屋・住居のリフォームの設計を手がけ、その施工（改築）の状況について建築技術を織り交ぜながら紹介し、最後に「依頼主」一家にリフォーム後の状況をお披露目するというものである。

他方、我が公共土木分野こなじみが無いのは、21世紀に入るまで新設が中心であったためであろう。近年、70年間の時間を経て、ようやく他の分野のような再開発、再構築という時代に入った。

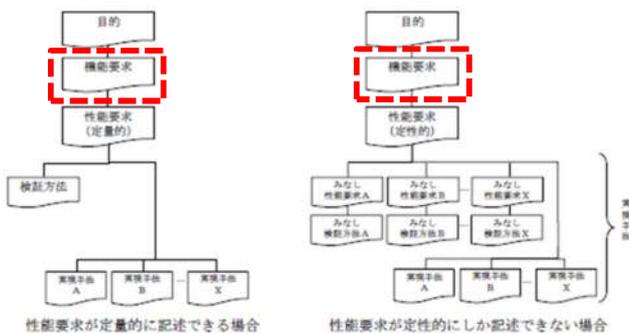


図 3-4-2 建築分野における「機能設計」事例⁸⁾

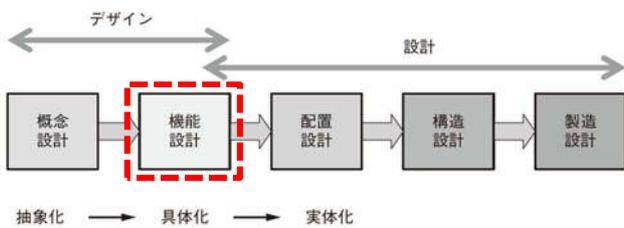


図 3-4-3 機械分野における「機能設計」事例⁹⁾

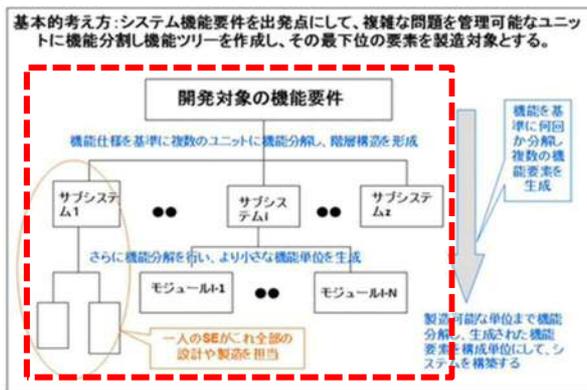


図 3-4-4 システム分野における「機能設計」事例¹⁰⁾

3-5 次世代の港湾整備への応用

1950年代から我が国の「港湾のあるべき姿」を目指して始まった港湾整備が、21世紀に入って図 3-5-1 に示すように概成化した。今後は、「PORT2030」(2018年)や「第5次社会資本整備重点計画」(2021年)の基本理念に沿って、我が国の社会・経済の課題を解決し貢献するために、既存の港湾ストックを最大限利活用した「港湾の為すべきコト」を示すことになる。

このため、上記で述べた「モノづくりの原点」を次世代の港湾整備における「港湾計画」及び「港湾の施設の技術上の基準」(以下、「技術基準」)に適用して、以下の通り次世代の港湾整備を考えたい。



図 3-5-1 概成化した港湾のストック

3-5-1 次世代「港湾計画」への応用

(1) 港湾法第3条の3へ「機能」の追加・変更

第1章で述べたように、現行の「港湾計画」は、港湾法第3条の3に、以下の通り記されている。

1. 国際幹線港湾、国際拠点港湾又は重要港湾の港湾管理者は、港湾の開発、利用及び保全並びに港湾に隣接する地域の保全に関する政令で定める事項に関する計画(以下「港湾計画」という。)を定めなければならない。
2. 港湾計画は、基本方針に適合し、かつ、港湾の取扱可能貨物量その他の能力に関する事項、港湾の能力に応ずる港湾施設の規模及び配置に関する事項、港湾の環境の整備及び保全に関する事項、港湾の効率的な運営に関する事項その他の基本的な事項に関する国土交通省令で定める基準に適合したものでなければならない。」

となっており、「機能」の概念がない。これまでの「港湾のあるべき姿」を目指して、国が定める「シビルミナム」¹¹⁾の機能・性能を満たす港湾施設を整備する時代には、それで問題は無かった。

ここで図 3-4-1 に示した機能系統図に従って、港湾の機能系統図を図 3-5-3 に示す。港湾に判り易く応用するために、「主機能」を「空間機能」、及び「従属機能」を「施設機能」と読み替える。

現行の港湾計画書における基本方針では、港湾全体の「基本機能」や一般的な「空間機能」が簡単に記載されているのみである。つまり、現行の



図 3-5-2 現在の港湾インフラの4つの「空間機能」

港湾計画では、第2章で述べた今後の港湾の整備がもとめられるものに対して、3-3におけるVE思考を用いて、図3-5-2に示すような既設の港湾インフラの4つの「空間機能」を有効に活用・向上し、また新たな港湾価値・機能を創造する「港湾の為すべきこと」が決定されていない。言い換えれば、「港湾の為すべきこと」を実現するための図3-5-3に示す港湾の機能系統図に基づくプラットフォーム会議（利害関係者による会議）において「機能設計」を行って施設の仕様を検討するために必要となる具体的な「空間機能」や「施設機能」が決定されなければならない。そうでなければ、港湾管理者や民間コンサルタント等は、以下で示す「性能設計」において、施設の「性能規定」及び「性能照査」するための説明責任のある対応が取れない。

なお、上記で示した「プラットフォーム会議」の構成メンバーは、地域住民、港湾の利用者や国や港湾管理者等に所属する計画、調査・開発、設計、施工、運用・維持管理分野の担当者である。それを支援するのは、コンサルタント、コントラクター、運用会社である。ここで「利用者」とは、港湾の経済効果分析¹²⁾で分類される産業として、港湾関連産業である船舶運航業、通船業、観光船業、水先案内業、網取業、引船業、港湾運送業、倉庫業、荷役業等であり、また港湾依存産業である自動車、製鉄業、製造業、水産業、電気業、ガス業、港湾サービス業等である。

従って、次世代の「港湾計画」は、港湾法第3条の3において、以下のように「機能」の追加・変更しては、如何であろうか。

「2. 港湾計画は、基本方針に適合し、かつ、港湾の機能及びの取扱可能貨物量その他の能力に関する事項、港湾の機能及び能力に必ずる港湾施設の規模及び配置に関する事項、港湾の環境の整備及び保全に関する事項、港湾の効率的な運営に関する事項その他の基本的な事項に関する国土交通省令で定める基準に適合したものでなければならない。」

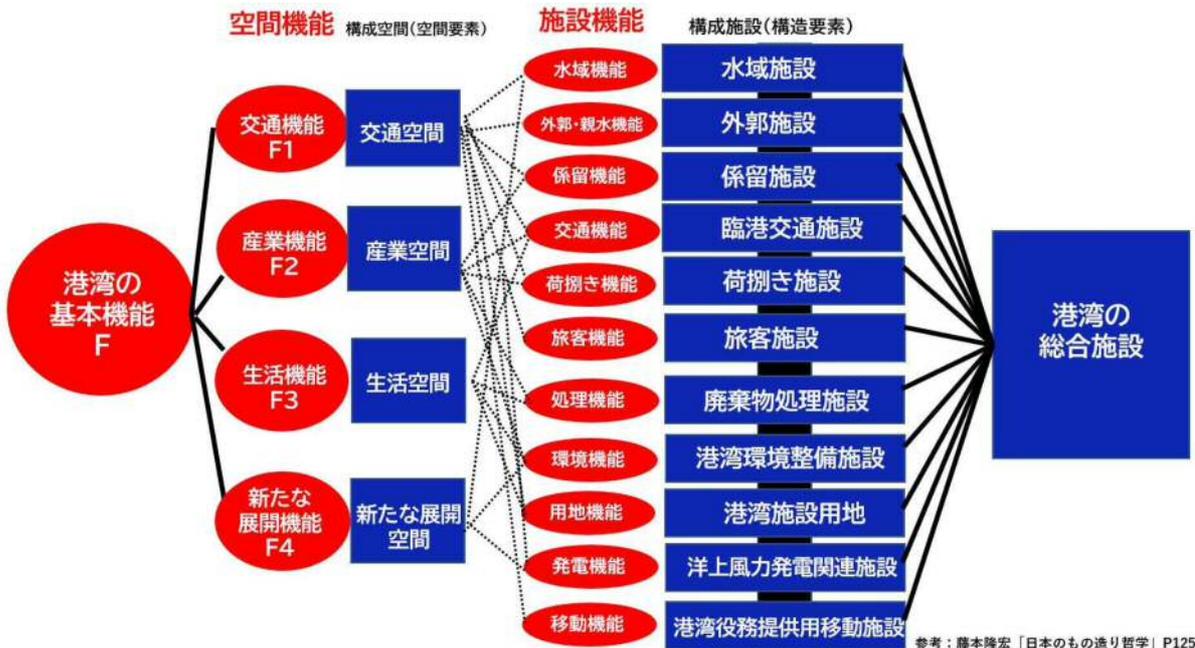


図 3-5-3 港湾の機能系統図

さらに、それに応じて、「港湾計画の基本的な事項に関する基準を定める省令（運輸省令第35号）」について、以下のように追加しては、如何であろうか。

（港湾の機能）（追加）

第四条 港湾の機能に関する事項は、自然条件、これまでの港湾及びその周辺地域の経済的及び社会的条件等を考慮して、適切なものとなるように港湾計画の目標年次における港湾の機能を定めるものとする。この場合においては、港湾における輸送及び荷役方式の変化への対応、港湾及びその周辺における交通の状況、港湾及びその周辺の安全の確保及び環境の保全等について配慮するものとする。

（2）PDCA サイクルによる次世代の港湾整備

因みに、デミングが提唱した「PDCA サイクル（PDCA cycle、plan-do-check-act cycle）、つまり Plan（計画）→ Do（実行）→ Check（確認）→ Act（改善）」¹³⁾ の4段階を繰り返して業務を継続的に改善する方法で、これまでの70年間の港湾整備を示すと、

図 3-5-4 となる。

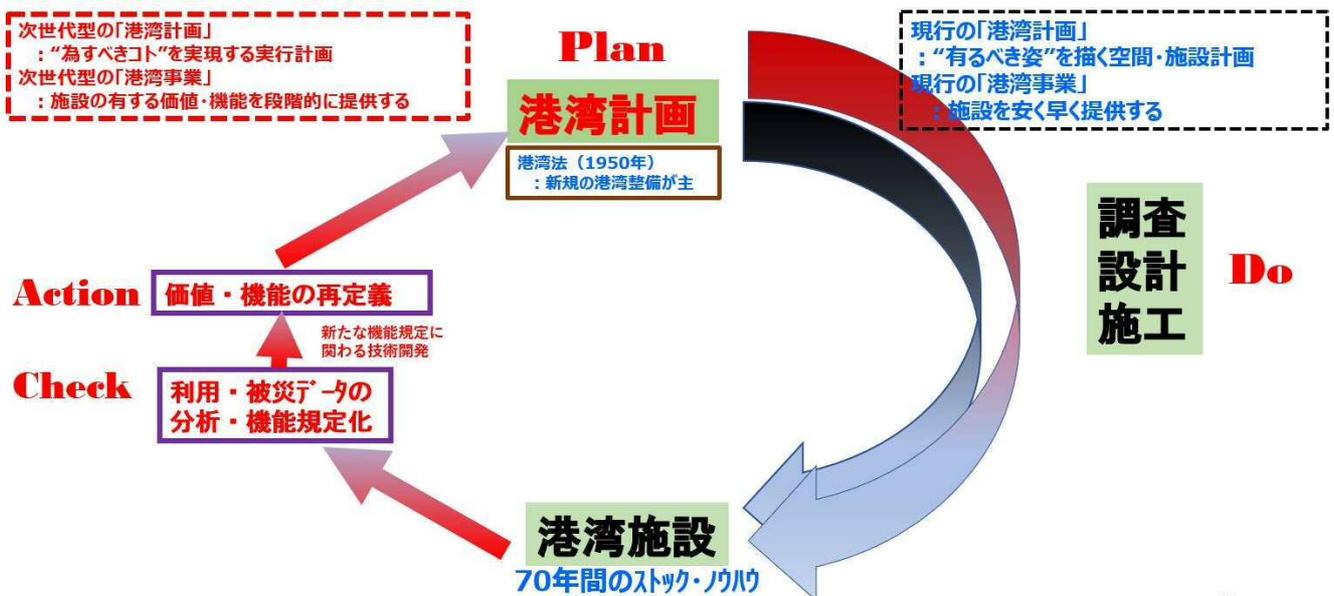


図 3-5-4 港湾整備の PDCA サイクル

- ① Plan（計画）：1950年代から2000年代において、将来の予測などをもとにして港湾計画「港湾のあるべき姿」が作成された。
 - ② Do（実行）：港湾計画に沿って港湾づくりである設計・施工・維持管理が行われ、70年間の港湾ストックやノウハウが形成された。
 - ③ Check（評価）：これまでの港湾整備によって発揮された機能価値（利用や被害実績等）を分析し、既定の港湾計画・目標に沿っているかどうかを評価する。所謂、AI等を用いた「DX」である。今後、必要となってくる重要な作業である。
 - ④ Act（改善）：実施が港湾計画に沿っていない部分、また新たに求められる部分や港湾インフラの利活用により価値が提供できるものを今
- 海洋・港湾構造物設計士会【DEMPHIS会】

後の「港湾の為すべきこと」（実行計画）として、次世代の「港湾計画」とする。

上記について、以下の図 3-5-5 のモデルで説明する。

1950年代の高度経済成長下において港湾のない地域に「港湾のあるべき姿」を港湾計画において描き、それに基づきその後50年余り整備を推進した。このため物流や産業機能を有する港湾インフラ価値 V1 が形成され、地域の雇用機会や民間投資が促進され、地域の経済・社会の発展に繋がった。今後は、V1 を活用した機能設計を行い、例えば「空間機能」である物流機能の向上、エネルギー源の転換及び洋上風力発電機能 V2 を追加した「港湾の為すべきこと」によって、脱炭素社会の実現、地域の雇用や

地方税収の低迷を打開する。

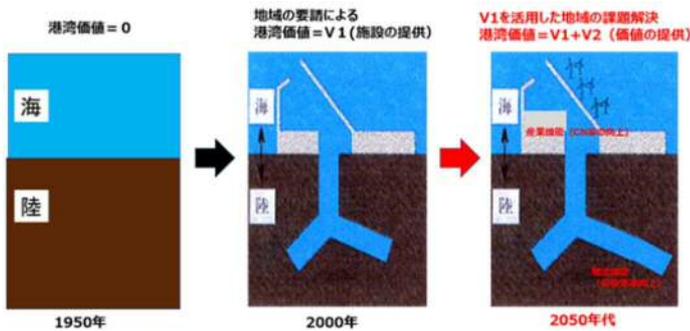


図 3-5-5 港湾価値の提供によって地域課題を解決

(3) 「次世代の港湾計画」において具体的に必要な事項

以上、港湾価値の提供による「港湾の為すべきこと」を描く次世代の「港湾計画」策定の意義や法定化について述べてきたが、これは、ゼロからスタートの検討ではない。以下の通り「基本機能」や「空間機能」については、国土交通省は、2018年の「PORT2030」を踏まえて、2020年に「港湾の開発、利用及び保全並びに開発保全航路の開発に関する基本方針」（以下、港湾の基本方針）において、以下のような「基本機能」が設定されている。

- 1) 我が国の産業と国民生活を支える海上輸送網の構築と物流空間の形成
 - ① グローバルバリューチェーンを支える国際海上輸送網の構築と物流機能の強化
 - ② 資源・エネルギー・食糧の安定確保を支える国際海上輸送網の構築
 - ③ 将来にわたり国内物流を安定的に支える国内複合一貫輸送網の構築
 - ④ 我が国及び地域の基幹産業・地場産業を支える物流機能の強化と港湾空間の形成
- 2) 観光立国と社会の持続的発展を支える港湾機能の強化と港湾空間の利活用
 - ① 観光を我が国の経済成長につなげるクルーズの振興
 - ② 観光振興及び賑わい創出に資する港湾空間の利活用
 - ③ 海洋再生可能エネルギーの利用及び低炭素化に資する港湾空間の利活用の推進
- 3) 国民の安全・安心を支える港湾機能・海上輸送機能の確保
 - ① 災害から国民の生命・財産を守り、社会経済活動を維持する港湾・輸送体系の構築
 - ② 船舶航行及び港湾活動の安全性の確保

さらに「港湾の基本方針」には、以下のような「空間機能」に関連するメニューが多数示されている。

1) 「交通機能」の向上・創造メニュー

- ① 連続直線バス、十分な広さの荷さばき地及び高能率の荷役機械を備えた外内貿コンテナを一体的に取り扱える高規格コンテナターミナルの形成
- ② AI、IoT、自動化技術の組み合わせによるコンテナターミナルの生産性向上
- ③ 新たな貨物需要を創出するための流通加工・組立加工機能等を備えた物流施設の整備と幹線道路網との円滑な接続
- ④ LNG（Liquefied Natural Gas：液化天然ガス）燃料船への燃料供給の用に供する船舶等の整備による LNG バンキング拠点の形成
- ⑤ 国際戦略港湾における国内外とのフィーダー航路網の充実と積替機能の強化
- ⑥ 連続直線バスによるコンテナ船及び国際フェリー・RORO 船の機動的運用
- ⑦ 農水産品等を輸送する冷蔵・冷凍コンテナ等の取扱いに必要な用地及び電源の確保等、シャトル航路の特性を活かす施設の機能強化
- ⑧ 船舶の大型化に対応した岸壁及び十分な広さの荷さばき地の整備
- ⑨ 老朽化・陳腐化した生産設備の更新等に合わせた輸送インフラの更新・改良
- ⑩ LNG、バイオマス燃料の受入環境の整備、水素等の新たなエネルギーの輸入に対応した港湾機能についての検討
- ⑪ 穀物用（パナマックス級以上、鉄鉱石用は VLOC 級、石炭（一般炭）用はケーブサイズ級の船舶の受入環境の整備
- ⑫ 企業間連携、ICT 活用による大型船での複数港寄り及び小型船での二次輸送の促進
- ⑬ 埠頭再編による国際コンテナターミナルと内航フェリー・RORO 船ターミナルの近接化
- ⑭ IoT 等を活用した、荷役機械・乗降施設の高度化、自動離着岸施設の設定、乗船手の自動化等の内航フェリー・RORO 船ターミナルの高度化・効率化の検討
- ⑮ 災害時等における緊急物資輸送等に内航フェリー・RORO 船を機動的に活用するための、国及び港湾管理者による埠頭の利用調整並びに埠頭の規格統一化の検討
- ⑯ 多様なクルーズ船を円滑かつ安全に受け入れるためのハード・ソフト両面からのクルーズ船受入環境の整備
- ⑰ ファーストポートにおける、下船から寄港地観光への円滑な接続を可能とするための旅客動線や CIQ 等のオペレーション及び拡張可能性に配慮した旅客施設の整備
- ⑱ 災害時におけるクルーズ旅客の安全性の確保
- ⑲ クルーズ旅客の視点を考慮した美しい景観を有する受入環境の形成
- ⑳ 非常災害時に大規模地震対策施設が機能を発揮するための、そ

こに至る港湾区域内の水域施設、緊急確保航路及び開発保全航路の機能確保、適切な管理及び航路啓開作業等に関する連携体制の強化

- ① 緊急物資輸送船舶等の安全な航行を確保するための、清掃兼油回収船等の漂流物、埋 塞物等の除去性能等の確保
- ② 支援船舶の受入等の機能を確保するための、非常災害時における、港湾管理者の要請 に応じた国による港湾管理業務の実施
- ③ 幹線貨物輸送の拠点となる岸壁、荷役機械、道路等の耐震強化
- ④ 災害時等における緊急物資輸送等に内航フェリー・RORO 船を機動的に活用するための国及び港湾管理者による埠頭の利用調整及び埠頭の規格統一化の検討
- ⑤ 急激な気象変化により海難事故の発生が懸念される港湾における、関係機関が協働した、船舶の安全かつ適切な避撞対策等の実施等

2) 「産業機能」の向上・創造メニュー

- ① 新たな貨物需要を創出するための流通加工・組立加工機能等を備えた物流施設の整備と背後の幹線道路網との円滑な接続
- ② 老朽化・陳腐化した生産設備の更新等に合わせた輸送インフラの更新・改良
- ③ LNG、バイオマス燃料の受入環境の整備、水素等の新たなエネルギーの輸入に対応 した港湾機能についての検討
- ④ 農水産品等を輸送する冷蔵・冷凍コンテナ等の取扱いに必要な用地及び電源の確保
- ⑤ 産業動向、船舶の大型化等の輸送形態の変化、荷役に係るニーズ等への対応 老朽化・陳腐化した物流施設の高度化並びに農水産品等を輸送する冷蔵・冷凍コンテナ等の取扱いに必要な用地及び電源の確保
- ⑥ 背後の幹線道路網との円滑な接続等による、内陸部に立地する産業及び物流施設の 輸送環境の向上
- ⑦ 産業空間の再配置及び利便性向上のための臨海部用地の政策的な誘導・供給
- ⑧ 民間企業等との協働による港湾の事業継続計画（BCP：Business Continuity Plan）（以下「港湾 BCP」）の策定及び訓練等の定期的な実施による継続的な改善
- ⑨ 港湾広域防災協議会の設置等による、広域的な港湾 BCP の策定と継続的な改善
- ⑩ 災害廃棄物を搬出・搬入する岸壁及び仮置きする荷さばき地の確保
- ⑪ 多様な関係者の連携による災害廃棄物の搬出港・受入港の広域的なネットワークの 構築
- ⑫ 危険物取扱施設の所有企業や関係機関と連携した、港湾 BCP の策定、大規模なコンビナート等における航路沿いの護岸等の耐震強化及び適切な維持管理の推進
- ⑬ 事故及び災害時に影響が及ぶ範囲を考慮した危険物取扱施設の

配置

- ⑭ 老朽化・陳腐化した危険物取扱施設の更新時期や港湾再開発に合わせた計画的移転
- ⑮ 危険物積載船舶の航行時における関係機関と連携した防災・減災上の配慮
- ⑯ 浚業土砂や産業副産物等の利用促進
- ⑰ 循環資源の輸送・保管及びリサイクル施設との連携に適し、製品等の取扱いや人流との分離に配慮した施設設置
- ⑱ 循環資源を取扱う岸壁及び荷さばき施設、防塵柵、緩衝緑地、積替保管施設等の整備
- ⑲ 広域輸送網の構築のため民間企業や地方公共団体等との連携強化
- ⑳ 鉄スクラップ等の国際的な広域輸送にも対応した機能の確保等

3) 「生活機能」の向上・創造メニュー

- ① 地域の特性に配慮した旅客施設及び交流施設の整備並びに港湾情報は供施設の活用
- ② 観光客等の満足度向上・消費拡大のための地域観光資源の充実
- ③ 港湾の近接地域及び内陸部、島々等の観光資源との連携の強化
- ④ 港湾協力団体等との協働による各地域の文化・歴史及び地域の観光資源を活かしたみなとまちづくり並びにみなとオアシスの活性化の推進
- ⑤ 民間資金も活用した、官民連携による地域の特色や水際線を活かしたみなとまちづくりの推進
- ⑥ 海水浴、ビーチスポーツ等の多様な活動による海浜・臨海部の積極的活用
- ⑦ 都市の再生にも資する、周辺の土地利用との調和及び市街地との機能面での連携
- ⑧ 地震、津波、高潮等の災害からの防護及び景観等の良好な港湾環境の形成への配慮
- ⑨ 運河や地域の観光資源等を活用した水上交通ネットワークの活性化
- ⑩ プレジャーボート等の小型船舶の係留・保管施設の整備
- ⑪ 既存の港湾施設の活用、関係機関と連携した入港手続の柔軟な対応等によるスーパーヨット等の受入環境の整備
- ⑫ フェリー、クルーズ、離島航路等の旅客施設及び交流・賑わい拠点並びにこれらにつながる移動ルート上の施設における、関係者と連携したバリアフリー化・ユニバーサルデザインの導入及び多言語による情報提供の推進
- ⑬ 港湾で働く人々、旅客、地域住民等に配慮した緑地、広場、休憩所等の適切な確保
- ⑭ 経験したことがない災害にも柔軟に対応でき、様々な支援船舶の着岸や災害時のオペレーションのほか、給水・入浴・洗濯等の支援も考慮した、地域防災計画に基づく、耐震強化岸壁、緊急物資保管場所、道路等の配置、一体的整備及び啓開体制等に関する

連携体制の強化

- ⑮ 災害時の燃料等の供給確保のための、燃料等の取扱係留施設の大規模地震対策施設としての位置付け
- ⑯ 首都圏及び近畿圏の基幹的広域防災拠点における関係機関と連携した訓練等の実施 による運用体制の強化
- ⑰ 港湾整備で発生する浚渫土砂等を有効活用した干潟の造成、深掘跡の埋め戻し等、失われた良好な海域環境の回復
- ⑱ 生態系に配慮した藻場の造成、覆砂の実施、護岸等の緩衝緑化、緑地の整備等による良好な環境の創造
- ⑲ 海浜の回復、護岸の親水化等による、みなとへのパブリックアクセスの向上地域と連携し、自然と触れ合いつつ、文化・歴史を踏まえた環境と共生する豊かな港湾環境の次世代への継承 等

4) 「新たな展開機能」の向上と創造メニュー

- ① 港湾本来の機能と調和が図られた港湾区域における洋上風力発電等の導入促進「海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律（平成 30 年法律第 89 号）」に基づく一般海域における海洋再生可能エネルギー発電設備整備促進区域の指定
- ② 海洋再生可能エネルギー発電設備整備促進区域における将来的な洋上風力発電事業を見据えた洋上風力発電設備の設置及び維持管理の拠点となる港湾の指定及び機能の強化
- ③ 防波堤の釣り利用や港湾空間の研究開発の場としての利用等の多様なニーズを踏まえ、港湾施設の有効利用と安全確保を両立する適正な管理方策の検討・実施
- ④ 他の機能と調和しつつ、港湾の機能が全うできるような臨港地区の適切な設定及び重用

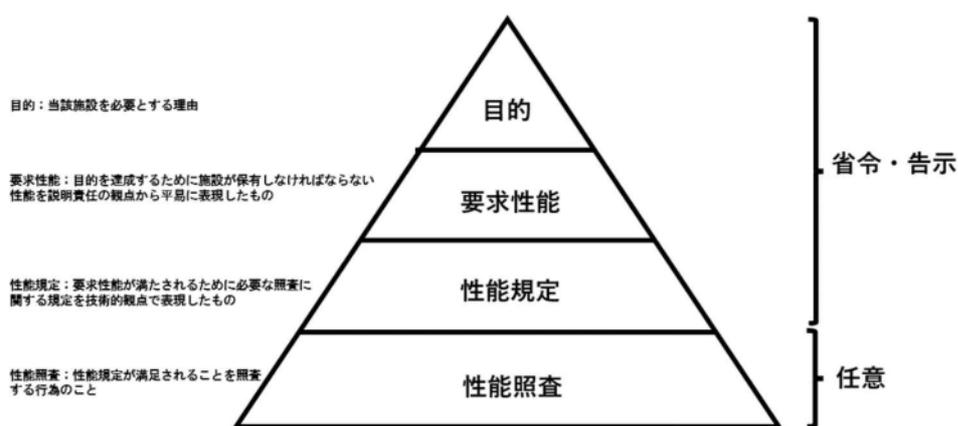
- ⑤ 港湾活動及び周辺の土地利用との整合を図った上で、内陸部での立地が困難な機能の港湾空間における受入等

以上のように、「港湾の基本方針」（2020 年制定）では、既に「基本機能」を定め、またそれを達成するための「空間機能」メニューも設定されている。従って、次世代の「港湾計画」においては、各港湾に応じて、基本方針に「基本機能」及び「空間機能」を記し、機能設計を行うことによって、決定事項として、「空間機能」の機能規定、それを達成するための「施設機能」を有する施設ごとの「規模及び配置」を決定すれば良いことになる。

3-5-2 次世代「技術基準」への応用

第 2 章で述べたように、現行の「技術基準」（2007 年改訂）は、以下のような設計体系（図 3-5-6）と要求性能図（図 3-5-7）となっている。「使用性」、「修復性」、及び「安全性」は、以下「損傷性」と称す。

上記の設計体系では、設計者は「目的」が「当該施設を必要とする理由」を前提に、「要求性能」、つまり「目的を達成するために施設が保有しなければならない性能」に基づき、要求性能が満たされるために必要な照査に関する技術的観点で表現された「性能規定」、さらに「性能規定」が満足される照査を行うことになる。この体系では、設計者は「性能・構造」に関わる情報のみで設計することになり、3-5-1 で述べた「空間機能」や「施設機能」に関わる概念が入り込む余地がない。



「港湾の施設の技術上の基準」より

図 3-5-6 現行の設計体系

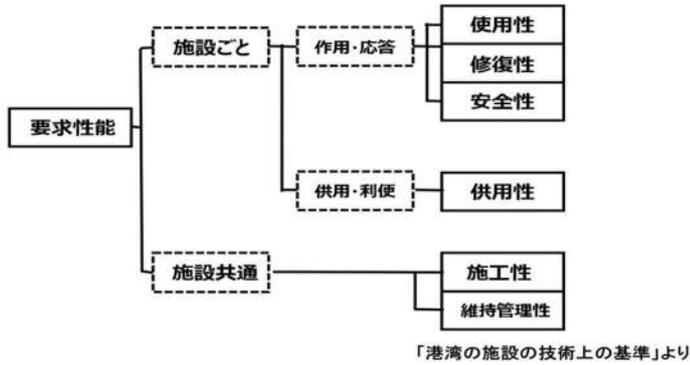


図 3-5-7 現行の要求性能図

このため、次世代における、以下のような設計体系（図 3-5-8）及び機能・性能図（図 3-5-9）を提案する。

この設計体系は、3 - 4に従って、「目的」において、提供する「空間機能」を達成するために VE によって現有の「施設機能」を「新設」、「改良」、「維持」、「廃止」に区分し、それぞれに「施設機能」を規定し（以上、「機能設計」）、それを達成するための構造の「性能規定」、さらに「性能照査」を行う（以上、「性能設計」）。なお、現行の要求性能図においては「施工性」及び「維持管理性」は、「施設共通」であったが、次世代の機能・性能図においては「新設」、「改良」、「維持」、「廃止」に半別され「施設機能」が異なるため、「施設ごと」になる。

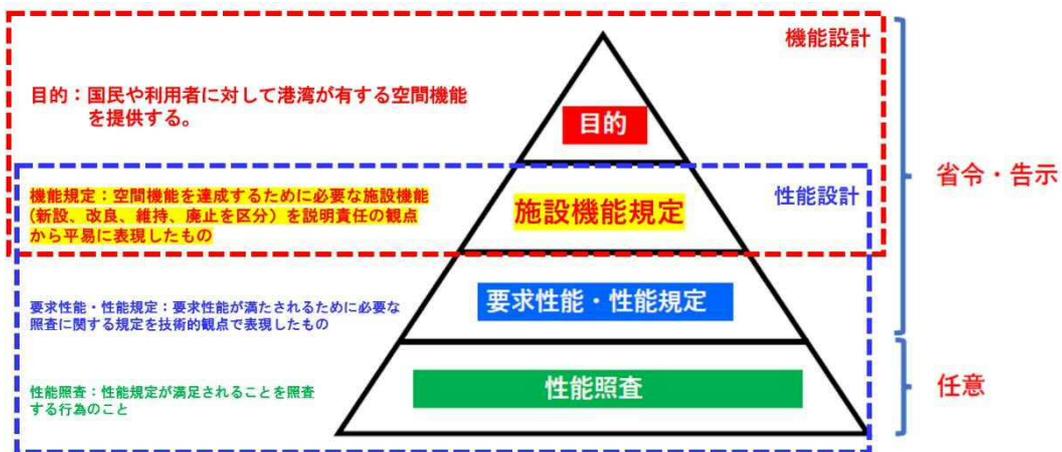


図 3-5-8 次世代の設計体系

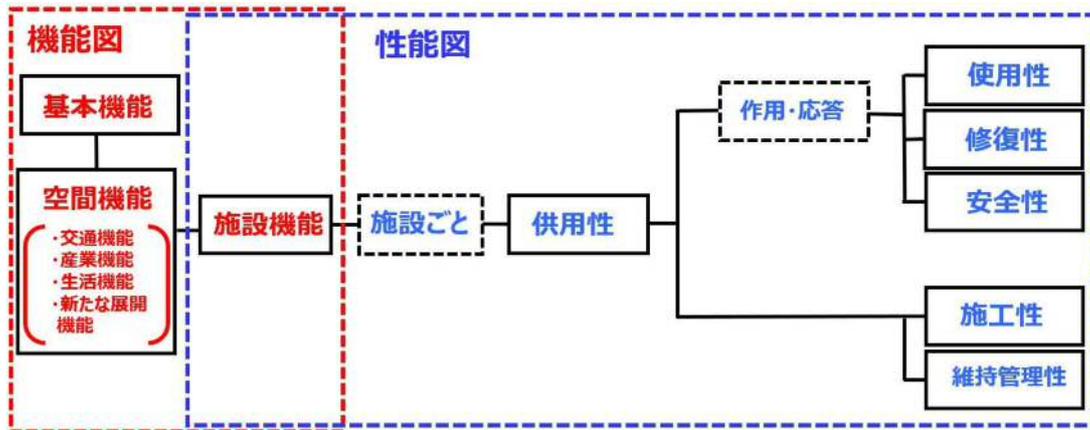


図 3-5-9 次世代の機能・性能図

以上について、「港湾の基本方針」から次世代「港湾計画」における「機能設計」、及び「技術基準」における「性能設計」の流れ（図 3-5-10）及び「機能設計」と「性能設計」（図 3-5-11）をまとめると以下のようになる。

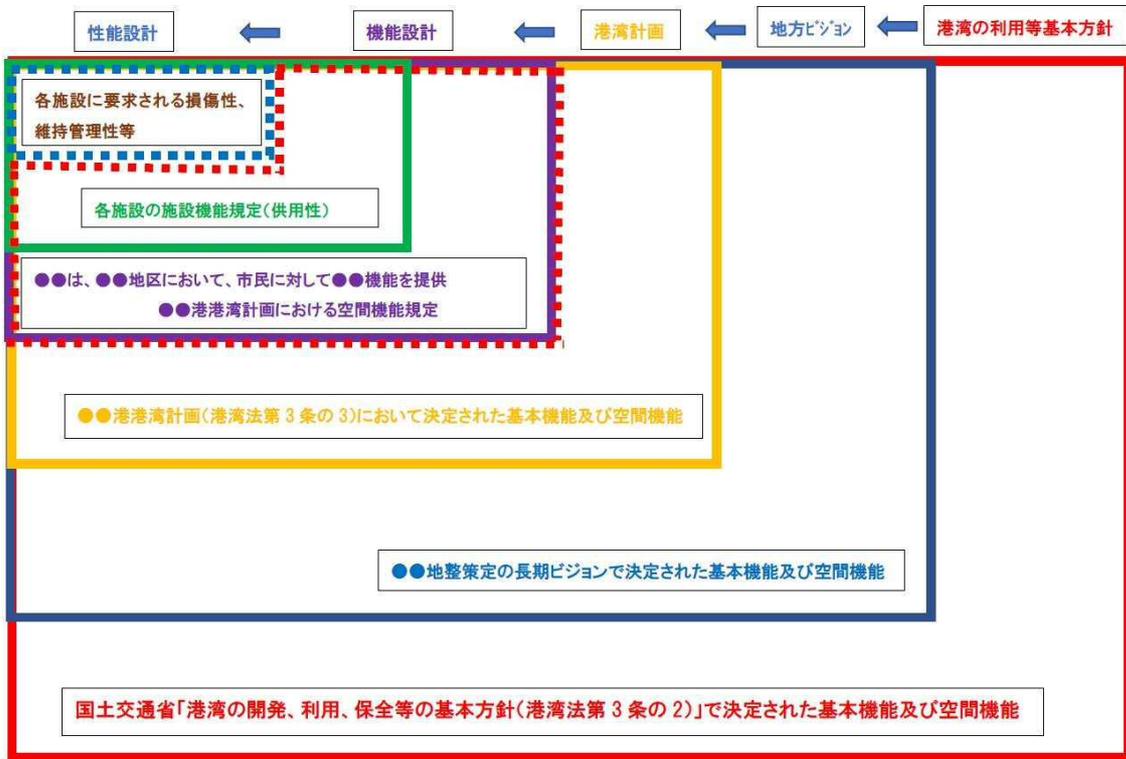


図 3-5-10 「港湾の基本方針」から「港湾計画」、「機能設計」、及び「性能設計」までの流れ

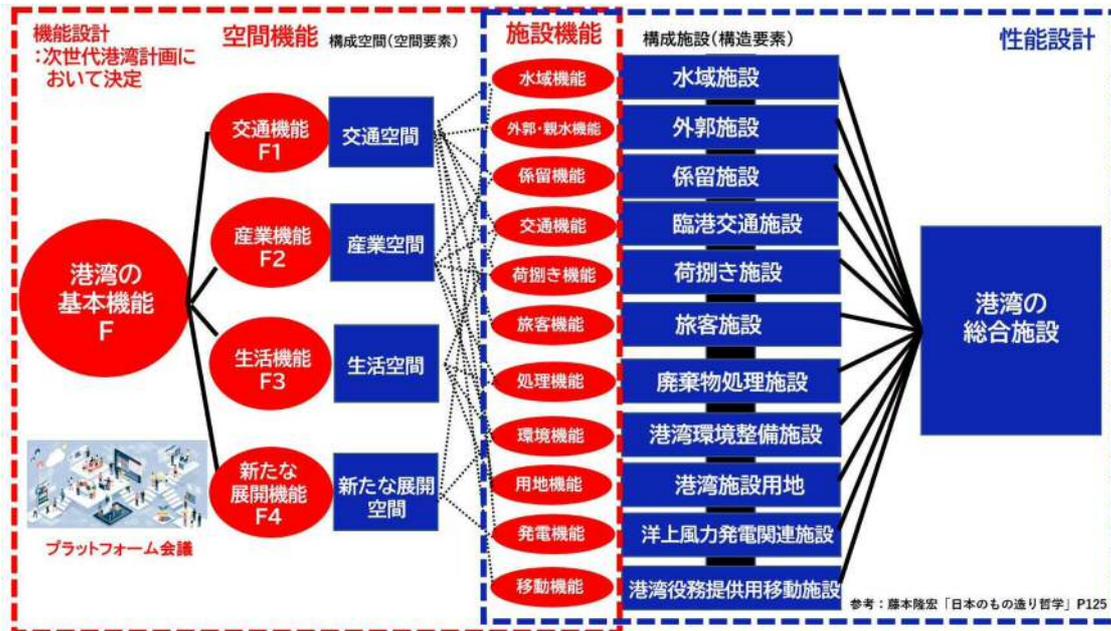


図 3-5-11 港湾の「機能設計」と「性能設計」

3-6 施工者視点による「性能設計」

3-5においては、利用者視点による「機能設計」の重要性について述べてきた。次に設計者は、その機能実現に向けて「性能・構造設計」を実施する。1950年代から「港湾のあるべき姿」を目指した港湾整備は、“新設”を中心とした「性能・構造設計」であった。併せて、第1章1-1で述べたように、多量のインフラ整備を効率的に行うために、図3-6-1に示すような「設計・施工分離発注方式」によって設計業務が実施されてきた。

他方、2000年代に入って、港湾の概成化とともに“既設”を中心とした改良型の「性能・構造設計」や維持管理が増加し、今後もその傾向は続くものと思われる。このため、従来の「設計・施工分離発注方式」において発注者（行政）から施工者（建設会社）へ「性能・構造設計」の橋渡し時に、図3-6-1に示すようにトラブルが多発するようになった。つまり、対象が既設であるため、既設の性能値や周辺施設の利用条件や施工条件が設計条件に大きな影響を及ぼすようになったのである。このため、以下の設計と施工の連携が、これまで以上に求められている。

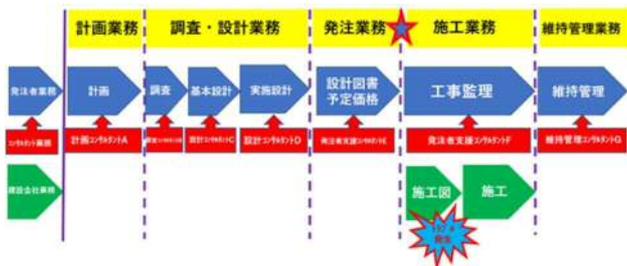


図 3-6-1 公共土木分野における設計・施工分離発注方式の流れ

3-6-1 ECI (Early Contractor Involvement)方式の導入

上記のような課題を解決するための方式として、国土交通省においてECI (Early Contractor Involvement)方式¹⁴⁾が導入された。本方式は、「先行発注型三者協定方式」とも言われ、図3-6-2に示すように、主たる施工者がプロジェクトの初期段階で関与して設計段階への意見を提供する建設契約の一種である。これは、設計段階の終わりになってから施工者を参加させる設計-入札-施工方式（DBB方式）とは対照的なものとなっている。このモデルにより、施工者はスキームの設計に情報を提供し、バリューエンジニアリングの変更を提案可能となる。調査によると、ECIを使用することで、建設段階の時間で約10%、コストで7%の節約が達成可能とされる。ECI方式は、2000年代初頭から英国で人気が高まっており、オーストラリアやニュージーランドでも採用されている。

この方式によって、設計者と施工者が公然と「要求性能」に関わる引情報、特に「施工性」に関して意見交換が出来る。設計者はそれを基本設計や実施設計に反映できる。一方で、施工者には高い設計能力が求められる。



図 3-6-2 公共土木分野における ECI 方式の流れ

3-6-2 LCI (Later Consultant Involvement)方式の提案

しかしながら、ECI方式は、設計に多くの手間が掛かり、また施工者にも高い設計能力が求められる。このため、大規模で複雑な工事に限られ、多くの工事は従来通りの設計・施工分離発注方式を取り入れざるを得ない。このための解決方法として、以下のLCI (Later Consultant Involvement: 仮称)方式を提案する。

本方式は、図3-6-3に示すように、「実施（詳細）設計」を実施した設計コンサルタントが、その設計意図（性能設計における「損傷性」や「施工性」）を発注者が施工者に伝達するための支援を行うものである。この場合は、施工者の多くは、中小建設会社である。建築分野においては、図3-6-4に示すように、従来から「設計意図伝達」として重要視されているが、土木の場合に「発注者、施工者及び設計者による三者会議」と称して経費的にも時間的にも簡略化されている。しかしながら、既設の改良工事を中心となった昨今では、適切な経費と検討時間をかけた公式な制度「LCI」、つまり「工事発注後の設計意図伝達業務」として確立されるべきである。併せて、2023年度から国土交通省が設計分野で義務化するBIM/CIMについても、施工者への伝達時において同様の課題が予想され、図3-6-4のような対応が求められる。改めて、本方式の発注者、施工者、及び設計者3者にとつてのメリットを以下に示す。



図 3-6-3 公共土木分野における LCI (Later Consultant Involvement)方式の導入

- ① 発注者の施工者への設計意図及びBIM/CIM伝達は、品質向上や施工効率性の観点から重要である。設計者による「実施（詳細）設計」や「施工計画」は、あくまで工事用の設計図書作成及び予定価格算定の発注のためのものである。特に既設構造物の改良工事、複雑な地盤改良工事、さらに自然条件、施工条件上の難易度の高い工事においては、工事用の施工図とは一致するものではないため、発注者、施工者、及び設計者にとって多くのメリットがある。
- ② 1-6に示すように、設計ミス等の契約不適合による青天井の損害賠償を未然に回避できる可能性が高く、施工者、設計者にとってメリ

ットがある。また「業務帳票管理システム」の導入で善管注意義務違反が問えなくなる可能性が高い発注者にも同様である。

- ③ 現行の三者会議や施工発注後の多頻度の問い合わせによる過度な業務負担が、正式な業務として受注でき、設計者にとってメリットがある。
- ④ 設計者と施工者両者による公然な場での意見交換によって、施工力や設計力の向上に繋がり、施工者（特に中小企業）、設計者（特に若手技術者）にとってメリットがある。

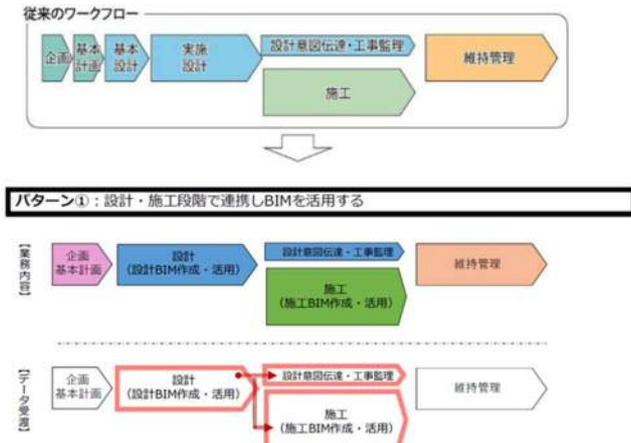


図 3-6-4 建築分野における業務の流れ¹⁵⁾

3-7 「機能設計」導入の意義

第1章において、国や港湾管理者は、図 3-7-1 に示すように、戦後の高度経済成長時代に応えるため港湾整備における「計画」、「設計」、「施工」、及び「維持管理」という業務を組織内において分業化し、さらにそれぞれの業務を民間へ外注して効率的な体制を取ってきた。なかでも設計者が担う「設計業務」は、上流側の「港湾計画」における決定事項を条件とし「基本設計」や「実施（詳細）設計」を行い、その成果を下流側の施工者に伝達するという流れの一部であった。所謂「狭義の設計」であった。

しかしながら、戦後 70 年の時を経て、港湾の概成化とともに、その役割、機能、効果が我が国の経済や社会に大きく及ぼすことが実感されるようになった。言い換えれば、「港湾」という、「交通機能」、「産業機能」、「生活機能」、さらに「新たな展開機能」を有するインフラ価値が全国の沿岸部に現存するようになったのである。

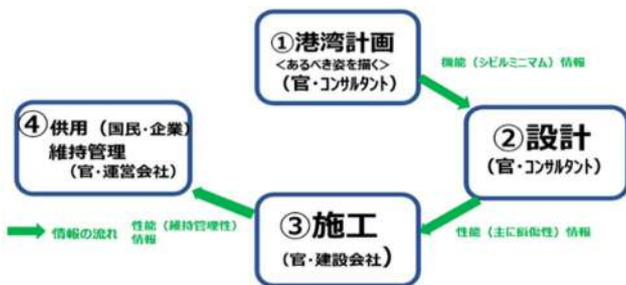


図 3-7-1 現行の港湾整備プロセス

他方、四方が海に囲まれた我が国の港湾は、地震・津波、高潮・高波、海面上昇、海岸侵食などの沿岸災害は避けて通れない自然条件であり、またエネルギー、原材料や食糧の多くは海外に依存し、その原材料を活用した工業製品を港湾背後で全体の 4 割を生産し、さらに人口の 5 割が集中する、人による生産と生活密度が高い空間である。このような空間において、“人は、「機能」を選択し、創造・持続する”という「ものづくりの原点」に立ち返ると、今後も“安全・安心”、“経済性・効率性”、“快適性”、さらには“品格性”の向上という飽くなき人の欲求を満足させていくためには、港湾の「価値」を高め、「付加価値」を創造していくことは必然である。このため、改めて表 3-7-1 の次世代の「港湾計画」及び「技術基準」を提言する。

このことによって、港湾が利用者である国民や企業に貢献できる目的（機能規定）を法的に共有化でき、それを実現するために、“利用者”、“国・港湾管理者”、及び“コンサルタント・コントラクター”3 者「共同体」が知識と技術を集積し一丸となって、アイデアや工夫に取り組みることが出来る。3-4 で紹介した朝日放送テレビ「大改造！！劇的ビフォーアフター」では、古くなって使いづらくなった自宅を、建築士が熱心に居住者の意向や思い出を聴き取り、それを建築基準に則り、安全・安心で、使いやすく、快適な空間に改造し、最後にその成果を見た居住者が涙を流して喜ぶシーンが映し出される。「Design」とは、“人間のために、あらゆる物事を改善すること”だともいわれ、他方、人が強い幸福感を感じるのは、自分がやったことで“誰かが喜んでいる様子を見た時”だという。つまり、「Design」には、人の喜ばせる力があり、その力を活用できる“国・港湾管理者”、及び“コンサルタント・コントラクター”の担い手にとって、“やりがいのある仕事”となる。

次世代における我が設計士は、図 3-7-2 に示すように、国・港湾管理者・ユーザー企業の「パートナー」として、設計情報の伝達手段である BIM/CIM を駆使し、「施工性」や「維持管理性」をより考慮した「性能・構造設計」に加えて、港湾インフラの利用者視点に立った空間機能や施設機能を重視した「機能設計」にも積極的に役割を果たしていかなければならない。所謂、日下部顧問が言われる「広義の設計」（機能設計＋性能設計）への挑戦である。

3-8 設計士の役割と国土交通省の先導への期待

今回の提言は、同時に我々設計士にとっても、大きな意識改革を伴うつまり、現在の設計士は、ほとんどが民間企業に属し受注者の立場である。設計士が、日下部顧問が示唆された「広義の設計」に自発的に取り組む姿勢は、目指すべき方向であるが、法律の壁が立ちはたかのである。つまり、体系上目的から要求性能、性能規定まで法律事項であり、港湾管理者も民間企業も決して勝手に変えることができない領域である。港湾の施設は公共物であり、税金を投じて作られているため、法律の下に整備されるのは当然である。しかしながら、今後提言する利用者等重視の設計が広がっていけば、設計環境は、これまでの“原因対応による作用設計”から、“結果追求による応答設計”に変わり、これまでより複雑で手間がかかり、さらに民間企業の出番が増えてくるのではないだろうか。今まで以上に民間企業は利用者等が求める機能を如何に性能に繋げていくかを発注者と一

表 3-7-1 次世代の「港湾計画」及び「技術基準」

	主な長期政策 港湾の利用等基本方針	港湾計画	技術基準
1974年	全国総合開発計画（1962年） 新全国総合開発計画（1969年）	あるべき姿（規模・配置論） ：貨物量予測による因果論的計画 計画基準（省令）制定	技術基準（省令）制定 仕様設計体系：因果論的設計 ：安全率法、許容応力度法 （作用設計）
1985年	「21世紀への港湾」公表 ：物流、産業、生活空間の総合的な 港湾空間の創造		
2007年			技術基準（省令）改定 性能設計体系：目的論的設計 ：信頼性設計法（部分係数法 等）、応答解析シミュレーション手 法（応答設計）
2018年	「PORT2030」公表 「港湾の利用等基本方針」改定 （2019年） ：港湾価値の創造・提供		
今後		提言：なすべきこと（価値・機能論） 価値提供による目的論的計画 「港湾法第3条の3」の改正 計画基準（省令）改定	提言：機能・性能設計体系 ：目的論的設計 技術基準（省令）改定 ：信頼性設計法（部分係数法等）、 応答解析シミュレーション手法 （応答設計）

緒になって考えていく必要がある。さらに、そのことによって民間企業にも開放された照査法の提案が多く求められるようになるだろう。例えば菅前首相は、今後の災害対策に対して、まずは自助、次に共助、最後に公助の順位であることを強調された。理にかなっていると思うが、併せて自助、共助が許容する値の設定とその値に抑える公助が必要となる。つまり、市民や企業に受け入れられる許容値（脅威と利用）を対話によって導き出し、その値を満足するように公助による利用、防護や避難・救護施設の照査法の提案が求められるのである。確かに、このことによって“正しく怖れる”という自助や共助精神が醸成され、過度な施設整備が不要となり海との共生を図った持続的な防護システムとなるだろう。また河田恵昭教授は、今後の我が国のレジリエンスな沿岸コミュニティを形成するための沿岸防災は、2012年ハリケーン・サンディに対するニューヨーク市の800 kmにわたる復興事業を例に出して、“新しい技術開発ではなく、既存技術を新しいデザインコンセプトである「レジリエンス」に如何に定着させるか”ということを提言¹⁶⁾されている。言い換えれば、レジリエンスな沿岸コミュニティの形成という「空間機能」を達成するために、如何に既往施設の「施設機能」を組み合わせるとレジリエンスな沿岸空間を形成させていくことではないかと解釈される。

このように、今後は民間企業や設計士に対しても、利用者等の立場に立った、きめ細かな対応と適切な技術が求められることになるだろう。その覚悟と決意、さらなる挑戦が必要だ。また今回の提言は、国土交通省に向けている。つまり「港湾計画」や「技術基準」にない新たな機能の付加や創出、それに関わる性能の規定は、基準の制定・解釈権を持つ国が先導して頂く必要があるからだ。港湾管理者もそれを支援する民間企業も、法律上主導できない。

最後に、本論にある「VE」の思考法による「機能設計」は、利用者重視やチームで取り組む等、日本古来の“技術マインド”であるような気がする。藤本氏が言われる日本企業が得意とする「擦り合わせ手法」である。また、

2018年10月に広島で開催した設計士会第7回研修会で、三浦正幸広島大学名誉教授に講演して頂いた「世界遺産・海洋構造物“厳島神社”の工夫と維持管理に学ぶ¹⁷⁾」からしても、建造後850年余りを経ても、これまでに本社、拝殿、祓殿などの建物は、高潮・高波、地震などで壊れたことがなく、またその建造美や構造上の管理が尽くされている設計法や維持管理手法は、まさにこの思考法によるものではないだろうか。一方、欧米人は、自分たちにはない真逆な思考法、例えばISOなどを標準化することを得意とする。「VE」もこれだとすれば、現代の日本人技術者にとっては、古来技術思考法の温故知新であり、広義の設計のうち「機能設計」は和魂で、他方の「性能設計」は洋才であろうか。

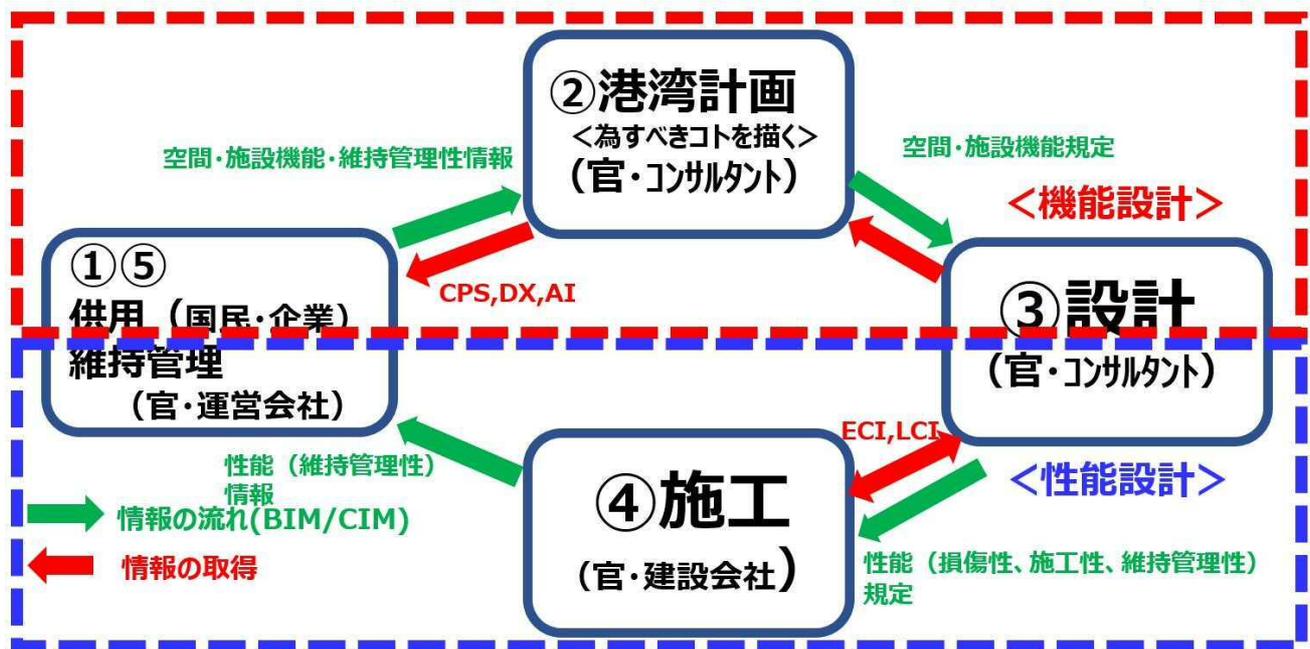


図 3-7-2 次世代の港湾整備プロセス

<参考資料>

- 1) 吉村 達彦：「問題発見と未然防止/製造業（自動車産業）の視点から」、第 9 回海洋・港湾構造物設計士会研修会、講演資料、2019
- 2) 藤本 隆宏：「設計論に立脚した広義のものづくり経営学」、第 10 回海洋・港湾構造物設計士会研修会、講演資料、2020
- 3) 玉井 正寿：「VEと標準化 その考え方と実施例」、日本規格協会、1981
- 4) 国土交通省港湾局：港湾の中長期政策「PORT2030」、2018
- 5) 国土交通省：第 5 次社会資本整備重点計画、2021
- 6) <https://www.monodukuri.com/gihou/article/1181>
- 7) <https://ja.wikipedia.org/>
- 8) 社団法人日本建築学会 建築法制委員会：「建築基準法の性能規定化のあり方に関する提言」2007 年 3 月
- 9) https://pub.nikkan.co.jp/uploads/book/pdf_file578ed9494a228.pdf
- 10) https://it-trend.jp/development_tools/article/32-0052
- 11) 西尾勝：「シビル・ミニマムの思想」の原初の発想とその後の変貌、都市とガバナンス Vol.31、2019
- 12) 中野 勉、稲村 肇：港湾経済効果の計測手法、港湾技術研究所報告第 21 巻第 2 号、1982
- 13) <https://ja.wikipedia.org/>
- 14) 国土交通省：「国土交通省直轄工事における技術提案・交渉方式の運用ガイドライン」、令和 2 年 1 月
- 15) 国土交通省：建築における B I M 一貫活用への指針素案 (2019. 12)
- 16) 河田恵昭：津波・高潮防災をはじめとする沿岸防災に係る国際的な状況、雑誌「港湾」、2017.3
- 17) 三浦 正幸：「世界遺産・海洋構造物“厳島神社”の工夫と維持管理に学ぶ」、第 7 回海洋・港湾構造物設計士会研修会、講演資料、2018

(執筆：海洋・港湾構造物設計士会 理事一同)

第4章 当面講ずべき具体的な提案と行動

第3章においては、本論のコアである「広義の設計論」に立脚した港湾整備のあり方を論じた。これを社会に実装するには、多方面における取り組みが必要となってくる。本章では、このなかでも、当面講ずべき提案と行動を取りまとめた。

4-1 港湾計画段階における機能設計

4-1-1 はじめに

現行の港湾施設的设计は、港湾の施設の技術上の基準（以下、技術基準）において仕様設計体系から性能設計体系へと移行され、設計段階において港湾施設ごとの要求性能と性能規定を定め（図 4-1-1 参照）、各施設の性能を照査している。しかし、この性能設計を導入してから10年以上が経過したが、創意工夫を凝らした自由な発想に基づく設計など本来の性能設計に期待される効果が発揮されていない。

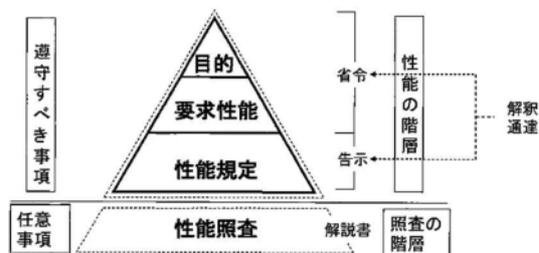


図 4-1-1 性能の階層及び性能照査の位置づけ
（「港湾の施設の技術上の基準・同解説」上巻より引用）¹⁾

その要因として、第3章の広義の設計論で述べられたように、性能を求める前に施設の機能を明確に規定する体系とはなっていないため、全国の

港湾の各施設的设计は横並びの前例踏襲型から、なかなか脱却できないのが実情である。

これからの港湾整備のあり方は、単なる施設の提供だけでなく施設利用の価値を最大限に高めていく取り組みが重要であり、それぞれの港湾ごとに求められる機能を明確にした上で性能設計プロセスに進む体系、つまり広義の設計論に立脚した次世代の技術基準によって、価値の高い施設を提供できることである。

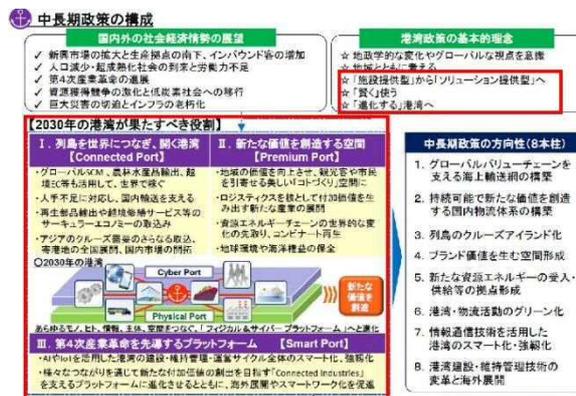


図 4-1-2 PORT2030 中長期政策の構成
（国土交通省港湾局 HP より引用）²⁾

PORT2030（図 4-1-2 参照）においても、港湾政策の基本的理念として施設提供型からソリューション提供型への対応が求められている。そのため、港湾計画の段階で機能を最適化し、より価値の高い計画を立案できる「機能設計」を取り入れることが重要と考えられる。

本項では、そのような視点で港湾計画の段階から「機能設計」を導入することで価値の高い港づくりに貢献できるか、幾つか事例を挙げて考察する。

4-1-2 既存の港湾施設の機能強化に向けた課題等

今後のインフラ整備において必須の課題となる既存施設を改良しながら

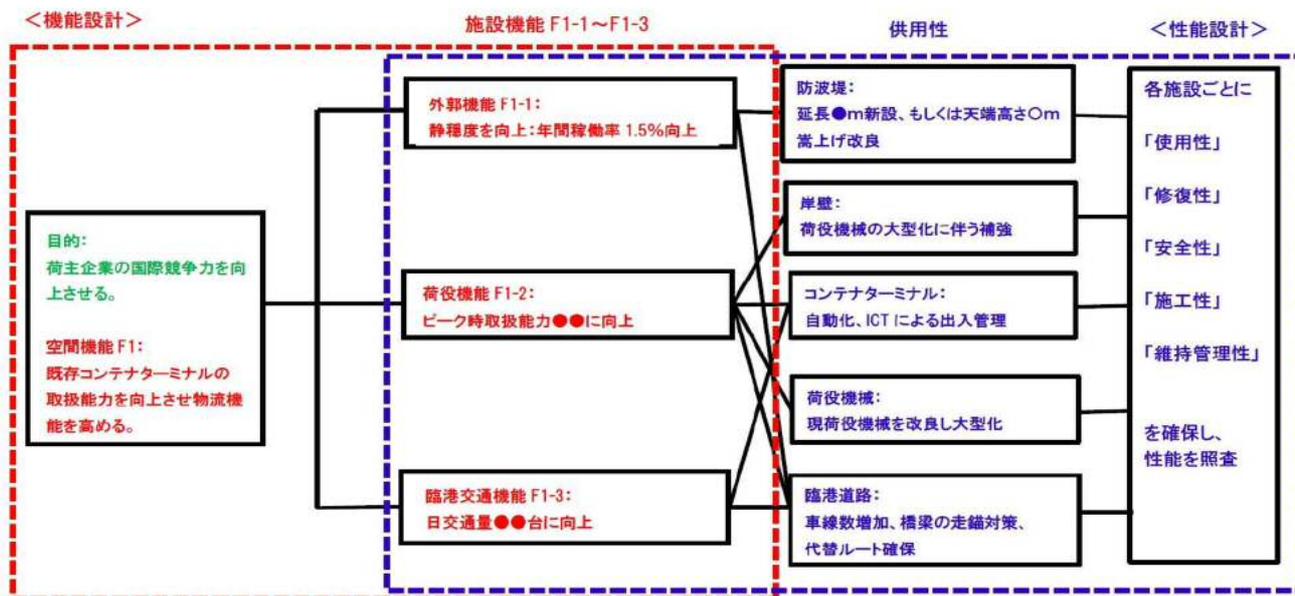


図 4-1-3 既存コンテナターミナルの取扱能力を向上させるための機能系統図

機能強化していく事例を想定、例示として利用する荷主企業の国際競争力の向上を高めることを目的としたケーススタディを行う。このための「既設コンテナターミナルの取扱能力を向上させ物流機能（空間機能F1）を高める」を実現するために必要となる各施設機能(F1-1~F1-3)を規定する「機能設計」の段階において、設計者が考えるべき課題や留意点などを抽出する。以下について、第3章で示した機能系統図で表すと図4-1-3となる。

(1) 外郭機能 F1-1：港内の静穏度を高める

例えば、泊地の静穏度を従来の97.5%から99%ぐらいまで向上させ、コンテナ船係留の稼働率を高めることでコンテナターミナルの価値を高めるとした場合、港湾計画への位置付けの段階から港内静穏度シミュレーション等による防波堤の法線計画と併せて、既設防波堤の嵩上げ改良工法について事前検討（予備設計や工法検討等）ができれば、その港が求める機能とコストを考慮した価値の最適化も可能となる。

新たに防波堤を延伸する案、もしくは既設の防波堤を嵩上げし越波を低減させる案、またその複合案（既設嵩上げ+新設延伸）などの対策が一般的には考えられる。

しかし、既設防波堤を嵩上げする場合、老朽化対策やケーソン部材であれば保有耐力の評価は重要である。もし、設計や施工段階で既設防波堤の構造耐力の不足が判明し大規模な補強が必要となれば、当初予算を大幅に超える事業費が必要となる可能性もあり、港湾全体としては価値の低い整備となってしまいかねない（前章までの広義の設計論、価値V=機能F/総費用Cより）。

このような事態を避けるためにも、特に既設構造物を改良して機能向上を図る場合においては、港湾計画に位置付けされる前段階の予備設計で事前検討を行い、必要に応じて現地調査まで実施し適用できる改良工法や方針について把握しておきたい。もし、既設構造物の改良が困難と判断される場合、別な方針によって求められる機能（年間を通じて安全に係留荷役できる施設）を提供できる代替案（プランBやC）を、港湾計画の段階で検討しておくことが理想的である。

一方で、やみくもに稼働率を算定し数字を高めても、風の制限から荷役機械が稼働できないこともあるため、港によっては注意が必要である。

例えば、防波堤の延伸のみで対応する案では、既設防波堤の嵩上げを断念（荒天時の越波を許容）するため静穏度の向上効果が期待できない場合も考えられる。その場合、港口の一部に浮上式など新技術を活用し、防波対策を講じて年数回の荒天時に備える効果や、また、港内で可能な限りの反射波対策を講じる効果、外郭施設でのみの対策で不足する場合は荒天時のコンテナ荷役の作業性向上を図る効果などを検討し、計画段階から多面的に想定して最適案および代替案まで準備することが望ましい。

港ごとに最大限の価値が生まれる機能強化を図るためには、港湾計画の段階から多面的な機能設計を取り入れ、整備目的に応じた機能を規定していくことで、上流から下流（調査・計画・設計・施工・供用・維持）に設計情報を引き継ぐことができ、よりよい港湾整備につながっていく。

このような役割として、港湾計画の段階から設計者が関わっていく機会を広げ、価値の高い施設を提供していくことに貢献していくべきと考える。

ここで、既設防波堤の改良設計事例を紹介する。このように防波堤パラペットを嵩上げ改良すると作用する波力が増大するため、背面に滑動抵抗のため腹付材で補強したり、端趾圧も当初の設計荷重に比べ増えるため、既設の改良設計ではコストや施工方法で問題になることも多い。

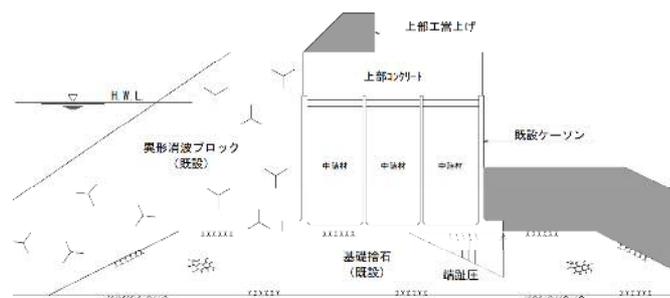


図 4-1-4 既設防波堤の嵩上げ改良イメージ

極端な例だが、昭和の高度経済成長期に整備された古い防波堤ケーソンであれば、元の壁が薄く鉄筋量も少ないなど、どうしてもケーソン中詰部の改良が避けられないとの結論に至り、予算が決まった後の工事発注段階で莫大な費用が必要となった事例もある。

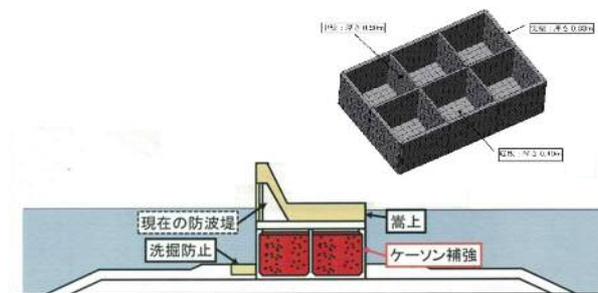


図 4-1-5 既設ケーソン中詰改質施工事例（防波堤嵩上げ改良）

このように耐用年数を迎えて老朽化した既設構造物を改良する前提での整備事例は全国的に増加しており、今回の例示のような「港内静穏度を向上させ物流機能を効率的に高める」ためには、既設防波堤の嵩上げ改良は避けられない技術課題の一つである。

本例のように、既存の港湾施設の物流機能を高める手段の一つとして、港内静穏度を向上させ係留施設の稼働率を高めるとした場合、設計者が考えるべき技術課題等について以下に整理する。

- ① 既設防波堤の改良を伴う場合においては、既設ケーソン部材の保有耐力や補強対策工法の合理的な評価を導入して改良可否を提案。
- ② 新技術を活用した代替案の有効性など既設改良以外について提案。

以上のような想定では、その評価技術によって目標機能を満たす投資内容も大きく変わるため、上流の港湾計画段階においても設計者が関わる機能設計を導入することで、より価値の高い提案も可能となる。

(2)荷役機能 F1-2：荷役作業の効率化を図る

次に、荷役作業の方で高性能化を図るという視点から、「既設コンテナターミナルの取扱能力を向上させ物流機能を高める」ために、設計者が考えるべき課題について幾つか例を挙げる。ここではコンテナ荷役の高度化や効率化の他に、新エネルギー活用に向けた転換なども想定しておく。

そのためには早い段階から電気や機械など専門分野との連携も必要で、ガントリークレーンの改良や更新、コンテナヤードの自動化に向けたオペレーションシステムなど、各専門家を交えた円卓会議での VE は重要である。

「機能設計」の段階で設計者が考えるべき課題であるが、例えばクレーンの大型化となれば既設岸壁構造物の補強について合理的な評価が重要であり、補強改良工事が必要となれば利用者から「供用しながらの施工」が要求される。

また、これからは修復性向上の観点からも、コンテナヤードの高潮浸水被害や大規模地震動による被災後の早期復旧など、将来は「被災シミュレーション技術」なども活用しながら、計画の段階から「機能設計」を取り入れていく必要があると思われる。

名古屋港と神戸港の高規格コンテナターミナルを例に挙げる。名古屋港の飛鳥コンテナ埠頭（写真 4-1-1）の AGV のような自動荷役機能の早期復旧を検討したり、神戸港（写真 4-1-2）ではガントリークレーンが 22 列対応まで大型化されるため、既設から 1.5 倍ほど増大する輸荷重への対応など、計画段階で VE 提案できれば、より良い機能設計ができるようになる。



写真 4-1-1 名古屋港コンテナターミナルの利用状況（筆者撮影）



写真 4-1-2 神戸港コンテナターミナルの利用状況（筆者撮影）

(3)臨港交通機能 F1-3：アクセスを強化する

3つ目として、コンテナターミナルとのアクセスを強化することで、「既設コ

ンテナターミナルの取扱能力を向上させ物流機能を高める」ため、設計者が考えるべき課題について例を挙げる。ここでは、コンテナ輸送を迅速かつ安全でグリーンにするなど価値を高めることも想定しておく。

この着眼点は、渋滞緩和、被災後の長期通行止め対策、CO2 排出削減などをイメージしている。そのためには、効率性だけでなく、機能修繕や復旧性、将来の環境への対応、臨港道路の通行能力の向上、リダンダンシー、モーダルシフトへの転換などが必要である。

「機能設計」で設計者が考えるべき課題は、①既存道路の改良、②アクセス機能修繕や強化のため、もし橋梁があれば走錨対策や代替輸送路の確保など、③ICT 活用による待避車両を解消し効率化を図るターミナル出入管理などが重要な交通機能の強化項目として挙げられる。

写真 4-1-3 は、近年の走錨事故への対策事例、写真 4-1-4 は、コンテナターミナルゲートの渋滞状況の事例である。



写真 4-1-3 走錨対策の事例（国土交通省港湾局 HP より引用）³⁾

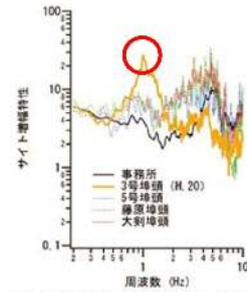


写真 4-1-4 コンテナターミナルゲートの渋滞事例(中野地整 HP より)⁴⁾

コンテナターミナルとしての物流機能の強化を図るためには、コンテナ船の安定係留機能と荷捌き機能の向上と併せて、コンテナ陸上輸送の安定化や効率化など既存の交通機能の強化も重要な課題である。陸域側のアクセス強化は、既存の物流施設や企業立地、交通事情や環境対策など多くの兼ね合いや歴史があり地域ごとに様々な地元事情も考えられるが、できるだけ計画段階で関係機関と協働しながら VE 提案、最適な機能設計を導入することで、より良い最適化が図られるものと期待できる。

写真 4-1-5 は、台風で高潮被害を受け一時的に機能停止となった事例である。港内の静穏度を高めてコンテナ船から岸壁への荷役稼働率が向上しても、これからの地球温暖化への適応など高潮高波災害への備えが脆弱であれば、コンテナターミナルの物流機能を強化したとは言い難い。これからの物流拠点となる次世代ターミナルでは、海と陸域を結ぶ物流アクセス機能強化とともに、自然災害に対する強靱化も併せて図る必要がある。

そのための機能設計としては、岸壁など個々の事象に対する変形照査だけでなく施設全体の被災予測技術の開発と活用、さらに被災後の早期復旧へ向けた検討技術の向上と事前対策の最適化なども重要な課題の一つと思われる。



小名浜港事務所、小名浜港3号埠頭、5号埠頭、藤原埠頭、大刺埠頭におけるサイト増幅特性
(東日本大震災後の余震観測のデータを照合したもの。港湾構造物に被害をもたらしやすい0.3～1Hz程度の周波数帯域では、3号埠頭のサイト増幅特性が顕著な結果を抜いて大きい)

施設名称	構造形式	設計震度	最大せり出し量
3号埠頭岸壁 (-1.0m)	矢板式	0.15	1.6m
5号埠頭岸壁 (-1.2m)	ケーソン式	0.20	0.8m
藤原埠頭岸壁 (-1.2m)	ケーソン式	0.12	0.3m
大刺埠頭岸壁 (-7.5m)	ケーソン式	0.10	0.5m

東日本大震災における小名浜港地震観測点付近の4施設の被害比較
(3号埠頭の岸壁には顕著な被害が生じているのがわかる)

図 4-1-6 東日本大震災における岸壁の被害比較 (小名浜港)
(PARI VOL.29 より引用) ⁶⁾



写真 4-1-5 コンテナターミナルの高潮被災事例 (神戸港)
(PARI VOL.43 より引用) ⁵⁾

4-1-3 新設又は再開発する港湾施設の価値を高める取り組み等

これから沖合展開等により港湾施設を新設する場合、港湾計画の段階から「ふ頭用地や岸壁などの施設の提供」とともに、「付加価値を提供する」ことを想定すると、設計者の視点から提案できる取り組み例を挙げてみる。

港ごとに求められる地域の要請や産業実態が異なるため、ここで具体的な利用価値を高める機能について例示することは難しいが、全国的に要請の高い防災・減災機能による価値の向上に着眼した場合、新規計画の適地選定の一つの手法として、配置計画における耐震特性や地盤特性を考慮した視点について例示する。

(1) 耐震性という視点での適地選定

これから新規で大型岸壁や耐震強化施設を計画する場合、港湾計画で位置付ける前段階に、耐震性という視点からの立地案について考えておくことも有効な取り組みとなる。(港空研・野津領域長の提案より) ²⁾

地震動が港湾施設へ及ぼす影響は、東日本大震災における東北管内の港湾施設の観測結果から報告されているように、同港内でも岸壁等の施設の位置及び方向によって地震動による被害度の差が大きい。(図 4-1-6 参照)



小名浜港3号埠頭3-2岸壁における被災状況



小名浜港5号埠頭岸壁 (-1.2m) の被災状況

写真 4-1-6 東日本大震災における岸壁の被害状況 (小名浜港)
(PARI VOL.29 より引用) ⁶⁾

このような影響は、同港内でもサイト特性の違いにより地震動の影響の大小が顕著に現れるため、仮に港湾構造物に被害をもたらしやすい 0.3～1.0Hz 程度の周波数帯域のサイト増幅特性が大きな地点で、新たな施設の計画を進めた場合、設計における地震力が大きくなり構造物の規

模も大きく、工事コストの増大に結びつく可能性もある。

例えば、適地選定において幾つか選択肢があり、港内で新たに施設の配置計画を行う場合、これまでの利用性と効用などを重視した計画と併せ、供用後の災害リスクも考慮した適地選定も、計画段階における機能設計として検討できれば有効な取り組みと考える。災害リスクの少ない場所で、安価に要求性能を満たす施設を整備することが可能となれば、計画段階で設計者が活躍できる場面も増えるのではないかと。

具体的には、港内の対象候補地におけるサイト特性を比較し、地震による影響の少ない施設位置があれば、耐震性の視点からの候補地として事前に評価する。もし、対象候補地におけるサイト特性が確認できていない港であれば、比較的簡易に把握できる常時微動観測などを活用することで十分な検討が可能となる。

このように施設立地計画においても、港湾計画策定の段階で機能設計を取り入れることができれば、より大規模地震における災害リスクが少なく、価値の高い港湾施設を提案することができる。

ただし、港湾計画策定では地域ごとに港湾管理者の計画論や、港湾を利用する民間事業者などの要求も優先されるべきであり、施設工事コストや自然条件に対する立地要件のみでは決定されないが、今後は設計者が計画段階から VE 提案など機能設計に関わる機会が増える仕組みになっていくことを願う。

(2) 地盤情報を活用した適地選定

近年の港湾施設では、船舶大型化による泊地水深の確保、既存施設の再開発や機能移転などにより沖合展開する計画も増加している。沖合展開して埋め立てる適地選定において地盤情報を事前に把握し、設計者や施工者の視点から最適な立地案や埋立形状などについて、計画段階で提案することも今後は必要な取り組みの一つとして考えられる。

図 4-1-7 は現在整備中である横濱港新本牧ふ頭頭の事業概要であるが、沖合展開による国際コンテナターミナルや物流拠点計画され、軟弱地盤の改良はじめ大規模な海上工事が進められている。



図 4-1-7 沖合展開による計画事例（横濱港）

（3次元地質解析技術コンソーシアム HP、「港湾整備の BIM/CIM 活用～地質コンサルタントとしての役割～（梅津幸治）」より引用⁷⁾

この沖合展開による事例では、図 4-1-8 に例示するような複雑な海底地盤を 3D データとして可視化し、SCP 工法や CDM 工法による地盤改良工事や基礎工事でも活用されている。

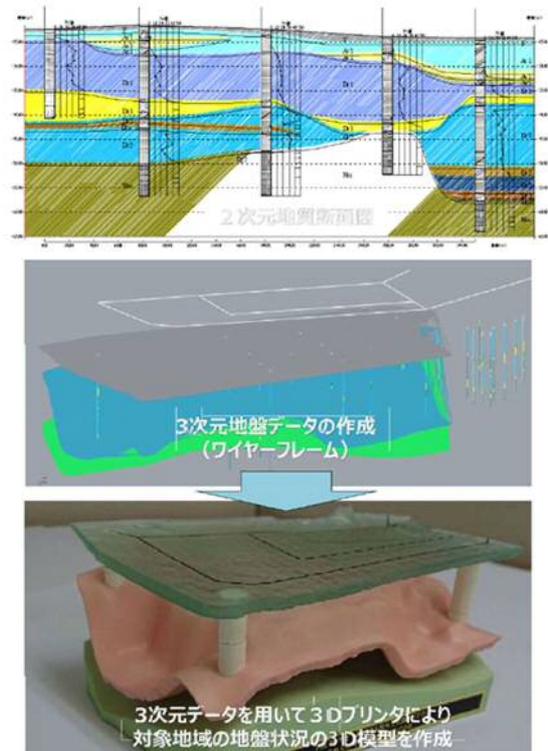


図 4-1-8 海底地盤の 3 次元データ化による活用事例（横濱港）

（3次元地質解析技術コンソーシアム HP、「港湾整備の BIM/CIM 活用～地質コンサルタントとしての役割～（梅津幸治）」より引用⁷⁾

今後 DX 技術が普及し、全国の港湾施設および近傍の既存調査データ（過去のボーリングや測量結果を反映した地盤情報や海底地形など）の有効活用が容易となれば、このような沖合展開する埋立計画においても、港湾計画策定の段階で機能設計を取り入れ最適な計画を提案することができる。

4-1-4 港湾計画段階における機能設計を目指して

ここまで述べたところは、調査～計画～設計～施工～維持管理のプロセスの中で、ある港湾施設に求める機能を仮定したケーススタディとして、設計者の目線から設計段階で留意すべき点などに主眼を置いて例示したが、ごく一部の事例に過ぎず、他にも港湾施設利用者が求める機能にどのような配慮が必要かなど、設計上の課題や解決事例についても海洋・港湾構造物設計士会で議論を深め、機能を重視した計画設計に活かしていくべきと考える。

第 3 章の広義の設計論で提言されたように、これからの港湾では多機能性を発揮できるプラットフォームとしての役割を構築し、地域の港湾空間の価値を高めるため単に施設を提供するだけでなく、計画段階から機能を最適化し、より価値の高い計画を立案できるような機能設計を取り入れて

いくことが重要である。

そのためには、地域ごとに求められる機能を明確にした上で設計プロセスに引き継ぐ体系、すなわち「施設の性能」を規定する前に「要求される機能」を規定する設計体系へ見直していくことで、広義の設計論に立脚した設計体系（図 4-1-9）が実現でき、より利用価値の高い施設や空間を提供できる。

各地の港湾空間に要求される機能は多様だが、より上流側に設計者が関わっていくことで高度な専門性と経験に基づく立場から VE 提案を行うことも可能となり、ものづくりプロセスに重要なインターフェースにおける情報の伝達、「調査⇔計画」、「計画⇔設計」、「設計⇔施工」がスムーズとなる。

これからの DX 時代に向け港湾インフラ整備においても更なる技術革新が求められている。すでに施工分野においては ICT 活用による工事の効率化、そのための可視化や自動化の技術開発が進んでいる。設計分野においても、国や研究機関、民間が協働し、安全かつ効率的な施工分野への円滑な情報伝達のため BIM/CIM 活用などの試行が始まっている。

また、現在開発中の「港湾整備 BIM/CIM クラウドシステム」によって、これまでの調査～計画～設計～施工～維持管理プロセスの各情報が、クラウド上で 3 次元データを共有、統合されれば、これらのシステムを活用した機能設計も可能となる。

例えば、ある港湾の防災減災機能を計画段階で比較評価するとした場合、要求される機能に対する整備効果を複数パターンで面的にシミュレーション予測、VR 技術を活用した被災レベルの可視化など、港湾管理者や利用者に提案しながら、投資コストや施工制約（既設改良であれば現有施設で供用しながら改良施工が可能かどうか）など、後工程で判明するデメリットも情報共有してリスク選択型の整備水準を立案できるため、非常に効果的な機能設計が実現すると思われる。

被災シミュレーションでは気候変動による高潮や高波への対応であったり、大規模地震による液状化や係留施設の使用可否判定、津波による被害予測など、まだまだ実用化には時間が必要だが将来に必要な技術である。一方、そのプロセス最適化を高度な専門性を持って確実に評価できる技

術が何より重要である。

最後に、本稿の例示以外にも地域の実情にそつた様々な課題が散見しており、それらを解決してきた多くの設計者の技術や経験を共有しながら、これからの港湾計画において最適な機能設計を担う中心的な役割として、海洋・港湾構造物設計士が活躍していくことを願う。

参考文献

- 1) 「港湾の施設の技術上の基準・同解説」、公益財団法人日本港湾協会 2018.5 上巻, pp.13. 図-2.1.1 より引用
- 2) 国土交通省港湾局 HP (PORT2030 中長期政策の構成)より
- 3) 国土交通省港湾局 HP (港湾における船舶の走錨事故防止対策について)より
- 4) 国土交通省中部地方整備局 港湾空港部 HP (コンテナターミナルゲートの効率化の手引き)より
- 5) 国立研究開発法人 港湾空港技術研究所 技術情報誌「PARI」VOL.43, pp.2~5 より引用
- 6) 国立研究開発法人 港湾空港技術研究所 技術情報誌「PARI」VOL.29, pp.2~5 より引用
- 7) 3次元地質解析技術コンソーシアム HP、「港湾整備の BIM/CIM 活用～地質コンサルタントとしての役割～（梅津幸治）」より引用
- 8) 八尋明彦：広義の設計のあり方を考える/VE の性能設計体系への連動、一般財団法人沿岸技術研究センター機関誌 2021.1 Vol.55, pp.17.

(執筆者：川嶋憲、久保田崇仁)

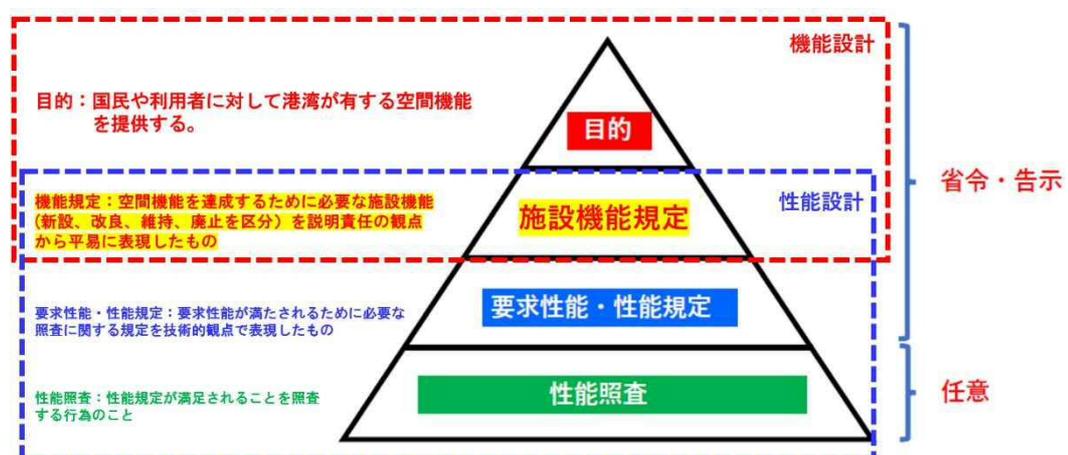


図 4-1-9 次世代の設計体系

4-2 企業価値の向上を目指した港湾施設的设计

4-2-1 はじめに

次世代の港湾整備の在り方に求められるのは、「新しい価値の創造」である。

港湾に新しい価値を創造するためには、港湾区域全体の施設と空間の機能を最適化した港湾計画を立案し、機能を発揮するための施設に求める性能を定め、性能を担保できる構造設計と照査を行い、構造物を建設・供用し、維持管理の全ての事業を通して、利用者である国民と事業者が望む、安心、安全、豊かさ、経済発展などの、使用価値を実現する必要がある。

特に港湾空間は、インフラの中でも公共と民間が共存する特殊性を有する。新たな機能として、カーボンニュートラルポート、洋上風力発電の施策、民間のプロジェクトへの空間の利活用が期待される。港湾システム全体の機能を高め、国民・利用企業の持続可能な発展に貢献する、社会的な共通資本を提供することが、機能計画および機能設計の大きな目的となる。

以下に、民間企業に対する技術基準のあり方について、説明する。



図 4-2-1 カーボンニュートラルポートの形成イメージ (国土交通省)

4-2-2 民間企業における港湾整備の目的と機能

まず、公共における港湾整備の目的として、PORT2030¹⁾では、港湾施設は、これまでの提供型からソリューション提供型への対応が求められる。5 年計画では、国民資産、経営、ストックなどの今までない新しいキーワードが現れている。これに伴い、港湾空間に求められる機能は、PORT2030 では 3 つの機能が提示されている。

- ①ネットワーク機能：国際・バルク戦略港湾の機能強化、など。
- ②空間機能：カーボンニュートラルポート (CNP)、洋上風力発電施設、など。
- ③スマートポート機能：港湾関連データ基盤機能強化、サイバーポート、など。

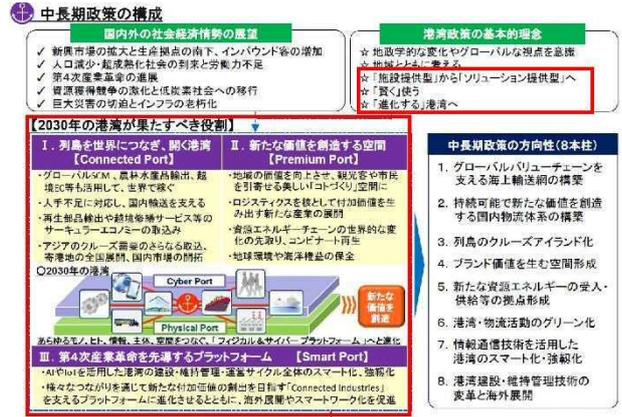


図 4-2-2 PORT2030 (国土交通省)

一方、民間企業における港湾整備の目的はシンプルかつ明確であり、企業自身が将来に持続的に存続し成長できるための“投資”である。投資とは、利益を期待して事業に資本を支出する企業活動である。港湾施設に対しては、より高い投資効果を得るための機能が求められることになる。

例えば、製造業・エネルギー企業における港湾施設は、国内外から原料や燃料を海上輸送で受け入れて、パイプラインや陸上輸送で工場などの生産設備に輸送し、工場で製品を生産して、陸上輸送し、製品を国内外に出荷するための重要な生産施設となる。

民間企業が港湾施設に求める機能としては、PORT2030 で示される 3 つの機能のなかで、ネットワーク機能 (国際・バルク戦略港湾の機能強化)、が最も相当する機能といえる。港湾空間での交通機能、産業機能、生活機能、新たな展開機能の 4 つの機能の中では、交通機能と産業機能が重要視される。

民間企業自らが、生産能力を高めるため、船舶大型化や荷役効率化による輸送能力への投資が必要と判断する場合には、港湾施設の新設、改良、増深化、クレーンを含めた荷役施設の機能強化が図られることになる (共通欲求 2：効率性の向上)。地震・津波時の事業継続 BCP への投資が必要と判断される場合には耐震強化や防潮壁を建設して機能強化が図られることになる (共通欲求 1：安全・安心の向上)。



図 4-2-3 港湾空間の 4 つの機能²⁾ (東京理科大学「港湾工学」テキスト)

以上のとおり、民間企業における港湾整備の目的は、投資であり港湾施設に求める機能が明確であることが、大きな特徴である。その他特徴を含めて以下に列記する。

- ①民間企業における港湾整備は、目的が投資であり港湾施設に求める機能が明確である（公共港湾には多目的かつ多機能が要求される）。
- ②企業自らが利用者であり提供者である。利用者ニーズに則した港湾施設の価値・機能を実現できる。
- ③企業自らの経営判断により資本を投資できるため機能向上の自由度が高い。コスト増を上回る機能に投資できる。
- ④設計施工一貫体制でのプロジェクト実施が可能のため経営計画に沿った施設の目的、機能、性能、照査を一連で行い、価値・機能を設計情報に写し込み、よい設計情報を施工に引き継ぎ建設、供用できる。
- ⑤民間企業の港湾整備を通じて、新しい価値・機能の創造が可能である。カーボンニュートラルポート（CNP）、洋上風力発電施設、など。民間企業自身の新しい価値・機能、さらにはシステム全体としての公共を含めた港湾区域全体の空間機能を高めることができる。

4-2-3 民間企業における港湾整備のあり方、新しい価値の創造

(1)価値の定義

民間企業の港湾整備は、限られた資本の中で、効率的な投資を行うために、事業者視点ならびに利用者視点で機能を規定し、その機能の最大化を目指す。事業計画で、港湾施設に求める機能を位置付けて、よりよい機能をより安く実現し、価値の最大化を目指すことになる。

$$\text{価値 (V: Value)} = \text{機能 (F: Function)} / \text{総費用 (C: Cost)} \\ \dots \text{式(4-2-1)}$$

ここで、機能 F は、機能もしくは要求（提供）機能であり、利用者が求める効率性、快適性、安全・安心などに基づく機能である。総コスト C は、初期建設費、維持管理費、資機材費、利益、賃金、など、施設を建設および維持するための総費用である。建設コンサルタントやコントラクターの会社を運営する費用も含まれる。

(2)価値創造の観点からみた民間企業の港湾整備

民間企業の港湾整備を価値創造の観点から 3 つのタイプに分けて説明を試みる。

【タイプ I】：コスト縮減による価値の向上： $V(\uparrow) = F(\rightarrow) / C(\downarrow)$

民間企業の生産性確保と維持を目的とする従来の構造物による港湾整備においては、原料受入れや製品出荷の輸送機能を確保しつつ F(→)、建設コストの縮減や工期短縮などのコストを抑制 C(↓)による価値の向上 F(↑)が目標となる。

例えば、従来の棧橋構造で係留施設を新設または増設を行う事業が相当する。現状の公共事業におけるいわゆる「コスト削減」に相当する。

【タイプ II】：機能向上による価値の向上： $V(\uparrow) = F(\uparrow) / C(\rightarrow)$

民間企業においては、国内外の需要の拡大と安定供給を担保するために最新鋭の生産能力を備えた工場や基地の建設への投資が行われる。生産性のさらなる向上を目的とした港湾施設の機能化のための投資や、地震津波に対して社員の安全ならびに生産力を確保して企業活動を継続する事業継続計画 BCP を目的とした港湾施設の耐震化や津波対策施設による強靱化などの機能向上への投資が進められている。機能を高める F(↑)ことで、価値の向上 V(↑)を実現する施策といえる。公共の港湾整備では特定の目的を高度な設計で実現する ECI 方式の事業に相当するといえるかもしれない。

【タイプ III】：新しい機能創出による価値の向上： $V(\uparrow\uparrow) = F(\uparrow\uparrow) / C(\uparrow)$

民間企業においては、企業自らが新しい投資先を市場に創出し利益を得る、新しい価値の創出が本来備わっている。これにともなう港湾施設についても新しい機能を創出する F(↑↑)ことで、機能を創出すコストやリスクを上回る C(↑)、価値の向上 V(↑↑)を創造する事業といえる。

近年、民間企業の洋上風力発電プロジェクトへの投資が進められている。さらには、温暖化対策として 2050 年までのカーボンニュートラルを実現するため、エネルギー企業を中心にこれまでの基幹事業からの構造変換・革新、他企業との連携による新しい投資が進められている。港湾区域での民間企業の新しい価値創造と、公共の施策である洋上風力発電の占有制度、基地港整備、CNP とを連携して進めることで、港湾区域システム全体の空間機能を高めることができる。PORT2030 では空間機能の創造、新たな展開機能に相当する価値の創造といえる。

4-2-4 民間企業の新しい価値の創造に向けた設計のあり方

(1)価値創造を目指した設計体系

民間企業に対する技術基準のあり方としては、民間企業自らと港湾区域全体さらには社会全体への新しい価値創造の実現に繋がる、設計体系が望まれる。

価値 $V = \text{機能 } F / \text{総コスト } C$ で示される。価値創造を目指した設計体系とは、価値 V の傾きをより大きくする、つまり価値の最大化を目指す設計といえる。

図 4-2-4 は、縦軸に総便益（機能 F）、横軸に総費用 C をとり、価値 V を図示したものである。機能として、「基準値を目指す性能設計」と、「高機能化を目指す性能設計」の二つに大別することができる。

「性能設計」は、現行の技術基準の体系の中で、基準となる要求性能に対して標準的な性能照査手法を用いて、港湾施設を建設し、改良し、維持管理を行うための設計である。「港湾の施設の技術上の基準・同解説」（以下、技術基準³⁾）では、「技術基準対象施設に必要とされる性能とは、当該施設が保有すべき最低限の性能のことである」と説明されている。技術基準では、公共および民間企業の港湾施設が達成すべき性能の最低基準が示されているといえる。この「最低限の性能」は、図 4-2-4 の

機能の「基準値」に相当するといえる。

「基準値を目指す性能設計」は、機能は基準値を目指し、総コストを合理化することで、価値 $V(\uparrow) = F(\rightarrow) / C(\downarrow)$ の向上を目指す設計である。

「高機能化を目指す性能設計」は、利用者が求めるニーズを機能として構造である港湾施設に転写して、「価値・機能の最大化」を目指す設計である。「機能設計」では、想定外の地震が起きた場合の弾塑性、耐波設計では粘り強さといった機能を総費用の増加を抑えるだけ抑えて、それを上回る価値を実現して、価値の最大化を目指すことになる。機能の高機能化を目指し、価値 $V(\uparrow) = F(\uparrow) / C(\rightarrow)$ の向上、さらには新しい機能創出による価値 $V(\uparrow\uparrow) = F(\uparrow\uparrow) / C(\uparrow)$ の最大化を目指す設計である。

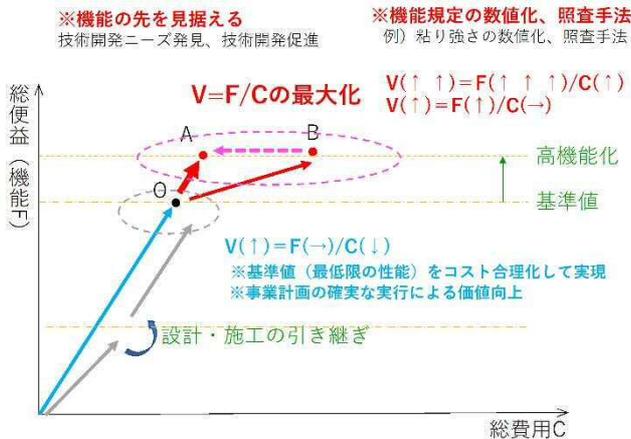


図 4-2-4 価値創造を目指した技術基準のイメージ (高機能化・基準値を目指した性能設計)

現行の技術基準の性能設計体系を基本として、港湾施設に求める「機能規定」し、機能を実現するための「要求性能・性能規定」を行い「性能照査」を行うことで、価値の創造を目指した設計体系を構築することができる。現行の設計体系図に「要求機能」を定めた次世代の設計体系図を図 4-2-5 に示す。

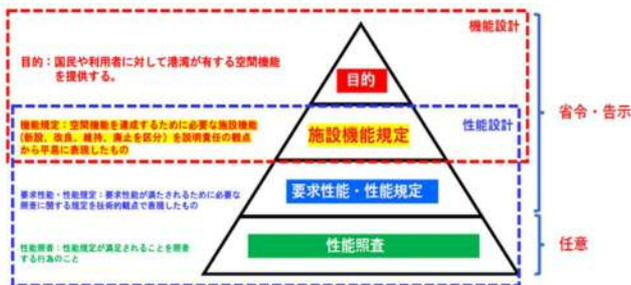


図 4-2-5 機能設計論に基づく次世代設計体系図

次世代の設計体系では、施設に求める「要求機能」の規定を「機能設計」で行う。「機能設計」において、設計体系の上流に位置する港湾計画・事業計画において、計画を達成するために港湾区域全体および個別の港

湾施設に必要とする「目的」と「機能」を定めることで「機能規定」を行う。

港湾計画・事業計画を達成するための「基本機能」を、個別の港湾施設に求める「空間機能」として引き継ぐことができる。「空間機能」としての交通・産業・生活・新たな展開機能より、個別港湾施設を必要とする理由である「目的」を新設・改良・維持・廃止を含めて定め、施設を利用する「供用性」の視点から「機能規定」を行う。「機能設計」によって、計画に沿った個別港湾施設ごとの「目的」と「機能規定」を引き継いだ「性能設計」で港湾施設の性能を発揮することを照査することが可能となる。



図 4-2-6 港湾施設全体の「機能設計」と「性能設計」の体系図

以上のことから、「価値創造を目指した計画・設計体系」は、全体港湾計画での個別の港湾施設に求める機能を規定する「機能設計」と、全体港湾計画の機能を引き継いで、個別の港湾施設が所要の性能を満足することを照査する「性能設計」の 2 つの計画・設計体系から構成される。

$$\text{「価値創造を目指した計画・設計体系」} = \text{「機能設計」} + \text{「性能設計」} \quad \dots \text{式(4-2-2)}$$

ここで、

「機能設計」：全体港湾計画を引き継いだ個別港湾施設の機能規定
 「性能設計」：個別港湾施設の機能規定に対する性能規定と性能照査

価値創造を目指した計画・設計体系によって、価値の最大化とともに、港湾の設計・施工を担うコンサルタント・コントラクターの技術者が、構造設計の先に機能設計を見据えることで、新しい技術開発ニーズの発見、技術開発のリードタイムの短縮が期待できる。また、機能設計では、機能を定量化し、機能に対する性能を数値として規定し、数値解析や模型実験を含めた照査手法が必要となる。設計者にとっては、照査手法の高度化によって、新しい構造の実現に貢献する役割の重要性が高まる。設計・施工の現場を担う設計者が港湾施設の価値創造を担う源泉であるといえる。

(2) 価値創造を目指した港湾施設の技術基準のあり方

前項で示した 3 タイプの価値創造に応じた技術基準のあり方について以下に述べる。

【タイプ I】：コスト縮減による価値の向上：V(↑)=F(→)/C(↓)

民間企業が港湾整備に求める基本的かつ重要な目的は、事業計画を確実に進めるための機能の実現である。事業予算、工程の中での港湾施設を確実に建設し竣工させることである。その上で、総コストの合理化が求められる。

コスト縮減による価値向上を目指す設計は、図 4-2-4 の要求機能として「基準値」を規定する性能設計であるといえる。要求性能は、施設毎に、「使用性、修復性、安全性」、「施工性」、「維持管理性」が規定される。総コストを削減するために「施工性」として情報 ICT 施工や BIM/CIM の積極的な活用が期待される。建設コンサルタントやコントラクターの設計者には、以下の能力が求められる。

(設計段階)

- ・設計段階では施工を見据えた実際に施工ができる構造設計
- ・作業船の利活用を含めた構造設計と施工計画立案

(施工段階)

- ・設計と現場条件の不一致に対しても設計情報を理解した上で適切な判断を行える
- ・設計変更にも迅速に対応し、計画通りにプロジェクトを進捗させる能力

民間企業の港湾プロジェクトにおいては、設計施工一貫方式で進められる事例が多く、コントラクターが上流の設計段階、計画段階に関わり、所要の品質を確保した上でコストと工期の合理化の提案力が求められる。

これらを支える技術基準のあり方としては「性能設計」にかかわる現状の技術基準体系を基本とし、以下の充実が必要となるのではないかと。

(構造の合理化)

- ・民間企業のニーズ、立地地域、自然海象条件に応じた、安全性、設計条件、外力算定などの自由度の向上
- ・信頼性設計法（部分安全係数法等）を含めた性能照査法の自由度の向上

(改良設計)

- ・改良設計に関わる性能規定、性能照査の設計体系の向上
- ・改良設計事例の充実

(品質確保・工期短縮)

- ・プレキャストなど品質確保と工期短縮に繋がる工法の設計法の充実
- ・地盤、地震、気象海象、データベースの一元管理、利用促進

(適合性確認審査への対応)

- ・民間企業では設計の適合性確認審査が必要となるプロジェクトがある。
- ・新構造や改良設計、自由度の高い照査方法を採用する場合のスムーズな対応

【タイプ II】：機能向上による価値の向上：V(↑)=F(↑)/C(→)

機能向上により価値向上を目指す設計は、図 4-2-4 の要求機能として「高機能化」を規定する性能設計であるといえる。事業計画の実行性を高めたうえで「機能設計」を行い価値の最大化を行う。

民間企業のニーズが「基準値」から「高機能化」するとき、より少ない費用で高機能化を実現する設計である。基準値 O 点から高機能化を目指すとき、多くの費用を必要とする B 点からより少ない費用で高機能化を実現できる A 点を目指す設計である。

民間企業の「高機能化」に相当するニーズを一例として列挙する。

- ・輸送能力の向上
 - 船舶大型化による棧橋増設計画
 - 荷役稼働率の向上
 - 既存岸壁の増深化
 - 被災した岸壁の高規格化と恒久復旧対策
- ・地震安全性の向上
 - 係留施設、棧橋および護岸を含めたレベル 2 耐震設計
 - 既存係留施設、棧橋の高規格化、高耐震化
 - 荷役クレーン、ローディングアームのレベル 2 耐震設計
 - 配管および配管ラック、貯蔵タンク基礎のレベル 2 耐震設計
 - 津波防潮堤のレベル 2 耐震設計
- ・津波安全性の向上
 - 津波防潮堤のレベル 2 耐波設計
 - 防潮堤開口部の陸開・水門の自動化、フラップゲートの設置
 - 係留船舶の緊急離岸対策、航行路幅の確保
 - 押し波および引き波時の係留施設の耐力確保
- ・供用維持管理性の向上
 - 取扱い貨物の変化による用途変更
- ・環境機能の向上
 - 自然災害時の BCP 対策、周辺への環境影響対策
- ・施工性・工期向上による機能の早期実現
 - ジャケット式棧橋、プレキャスト式棧橋の採用

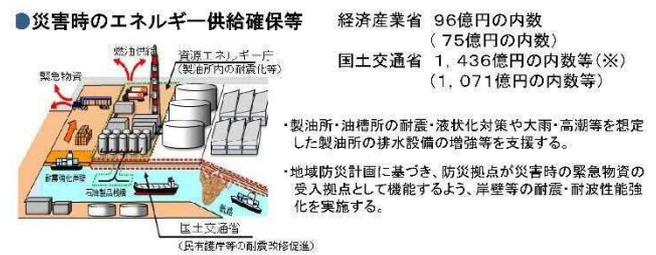


図 4-2-7 国土強靱化・災害時のエネルギー供給確保⁴⁾
(内閣府 HP より)

港湾施設の価値を高めるアプローチは 2 つの方法がある。

- ① 個別の機能を高めて価値を高める方法
- ② 個別の機能を組み合わせてシステム全体の価値を高める方法

① 個別の機能を高めて価値を高める方法

この場合の設計法は、民間企業の「目的」に基づき施設の「機能」を言葉として表す。「機能」を発揮するための性能を定め「要求性能」、要求性能

を数値で規定し「性能規定」、性能を満たすことを基準式や数値解析を用いて照査「性能照査」する。

例えば、輸送機能の強化に対しては、事業目的に対する年間〇〇トン輸送できることを機能規定し、機能を実現できる船舶を定め、船舶が接岸・係留・荷役できる係留施設の性能を水深〇〇m、延長〇〇m、などと定める。現行基準に準じて接岸力、牽引力の外力を算定し、照査項目を満足するより合理的な構造を選定する。

地震安全性の機能強化では、地震レベル〇〇に対しても、輸送機能を確保できることを機能規定し、機能を実現できる性能として「使用性」を定め、使用性を満足する限界状態（残留変形量〇〇m 以内、応力度〇〇以内）などと定める。現行基準に準じて地震時外力を算定し、照査項目を満足するより合理的な構造を選定する。機能を実現するためには、機能規定、性能規定、性能照査、そして構造選定が必要となる。さらに性能照査において、設計地震動設定法、数値解析法の信頼性の検証が必要となる。港湾の技術基準体系では、港湾地域強震観測記録に基づく設計地震動の設定方法、有効応力解析法 FLIP による性能照査手法による、レベル1・レベル2の2段階耐震設計法が実装されている。耐震性と施工性に応じた岸壁構造も実装されている。民間企業が求める地震時の機能レベルをコストに応じて実現できる。

津波安全性の機能強化も同様に、津波レベルに対して、現行基準に準じて津波外力を算定し、照査項目を満足する構造を選定することができる。ただし、設計津波を超える津波来襲時に「粘り強さ」を機能として期待する場合には、津波シミュレーション手法の精度、粘り強い構造として3面長りの構造が有効である、などは明らかになってきているが、機能規定から性能照査、構造選定までの一連の手法で確立されていない過程も見受けられる。

これからの港湾施設の技術基準のあり方として、機能設計を実装し、価値を高めるためには、以下の取り組みが必要である。

- ・機能設計により、個別施設に求める機能を実現し、価値を高める。
- ・機能を翻訳して要求性能を数値として性能規定する。
- ・様々な機能に対する性能照査方法を開発しその信頼性を高める。

②個別の機能を組み合わせることでシステム全体の価値を高める方法

この場合の設計法は、個別の施設に対する、機能設計と構造が確立されているものを組み合わせ、システム全体の価値を高める設計法である。

民間企業のプロジェクトの規模に応じて大小様々な機能を組み合わせが考えられる。最も規模が大きい機能の組み合わせの一つは、耐震設計と耐波設計の機能の重ね合わせであろう。民間企業が港湾区域に位置するため公共の機能と重ね合わせることで港湾システム全体ではより大きな価値を得ることができる。

民間企業の施設を含めた港湾区域システム全体の価値を高めるためには、以下の取り組みが必要である。

- ・複数の機能を組み合わせ、港湾システム全体の価値を高める。機能設計に基づく港湾計画を実装する。

・港湾システム全体の目標を定め機能を規定する。全体機能に応じた個別施設の機能を定め構造設計を行う。

例えば、設計士会の第6回見学会では、相馬港を視察した。民間エネルギー企業では、海外からのエネルギー輸入の基地新設ならびにパイプライン敷設による需要拡大と安定供給による企業価値の向上が進められていた。外航船が棧橋へのジャケット式採用による高規格化・安全性の向上、L2津波対策としての配置計画・構造設計、出船着船による緊急離岸によるソフト対策、L2地震対策、高規格防食工法採用による維持管理計画など、様々な機能向上が計画され実現されていた。様々な機能を合わせ、システム全体の機能向上による価値が創造された事例といえる。相馬港では、国と県と民間事業者で連携して、総合エネルギー施設の拠点港への取組みが進められていた。港湾区域だけでなく、臨海道路も含めて、民間投資や雇用創出に取り組まれていた。設計士会のホームページに報告書が掲載されているので参考にしていただきたい。



図 4-2-8 相馬 LNG 基地⁵⁾ (相馬市 HP より)

【タイプ III】：新しい機能創出による価値の向上： $V(\uparrow\uparrow) = F(\uparrow\uparrow)/C(\uparrow)$

民間企業においては、企業自らが新しい投資先を市場に創り出して新しい価値が創造されてきた。

近年の新しい価値の創造の代表的なものとして洋上風力発電プロジェクトが挙げられる。先行する欧米プロジェクトの知見と経験を活かし、国内プロジェクトに適した構造体と設計体系及び施工方法の全てのプロセスが新たに確立されている。設計体系においては、欧米の基準をベースとして、日本特有の地震や海象条件に応じた設計条件を設定し、「風一波一構造物」の連成解析コードを使用し、入力に対する応答を算出し、運転時、暴風時、地震時、など様々な状態に対する限界状態が定められ、性能照査されることになる。

これからの技術基準の体系としては、事業規模、投資額が大きく、電力安定供給という社会的な要請も大きいため、現状のプロジェクトで得られた技術的知見を反映し、事業の成立性と安全性を両立できる技術基準体系の構築が将来望まれる。さらに、日本国内のコンサルタント・コントラクターで対応できる設計・施工のエンジニアリング力を高めていくことが期待される。大型化する構造体に対応できるよう海上施工機械船舶の建造が計画

的に進められている。



図 4-2-9 洋上風力発電にかかわる基地港および促進区域の位置図⁶⁾
(国土交通省 港湾局)

もう一つの新しい価値創造の代表として、カーボン・ニュートラル・ポート CNP への対応が挙げられる。CNP 実現の主要施策の一つとして、海外からの水素運搬のコストを抑えることが必要となる。大規模で安定的に水素を調達するサプライチェーンの構築が必要となる。民間企業では共同で水素運搬の実証実験に取り組まれている(「HySTRA」実証実験⁷⁾)。オーストラリアで生産した水素を液化水素運搬船(タンク容量 1,250m³)で神戸港に運搬し、神戸港では、輸送した液化水素を荷役機器「ローディングアーム」で抜き取り、陸上の液化水素貯蔵タンク(2,500m³、直径 19m)に充填された。大規模な液化水素を海上輸送する世界でも初の試みである。



図 4-2-10 民間企業による液化水素受入れ基地の整備⁸⁾

水素受入れ港は、計画的に整備されていく。港湾区域内に水素運搬船専用の係留施設の建設、栈橋や護岸上への荷役機器ローディングアームの設置、液化水素貯蔵タンクの建設が進められる。

技術基準にあっては、これまでの港湾施設の技術基準体系に加えて、貯蔵タンクやローディングアームや配管などの危険物に対する技術基準に

対しても適合性が求められるようになる。危険物に対する隔離確保の必要性から港湾施設配置計画も従来の計画基準からの見直しが必要となる。水素運搬の効率化によるコスト削減と港湾区域全体の安全性を両立し、民間企業にとって新しい価値創造に繋がる技術基準体系の構築が望まれる。

4-2-4 おわりに

これまで設計士会では研修会を通じて機能設計論を学んできた。「技術や情報が細分化・専門化しても、全体最適を考えて設計すること(日下部先生)」、「利用者ニーズを理解して、よい設計情報と機能を計画、設計、施工、維持管理、の一連のプロセスできちんと流して、機能を最大化すること(藤本先生)」、「設計情報を高めながら、引き継ぐ。後工程である施工が前工程である設計に設計情報を積極的にとりにいくこと(吉村顧問)」、「建築では機能が計画・設計・施工の間でいったりきたりするが調整し実現する主体は設計者である。時間とともに変化する機能の特性を考えて構造は決められる。(野城先生)」、「目的の多様化と変動化に対応した設計を行えるようになること(磯部学長)」。

民間企業のプロジェクトの特徴として、設計施工一貫体制が挙げられる。民間企業にとっては、設計を含めた施工契約を行うことで、施工段階で発生するリスクをコントラクターが引き受けることで、事業予算と工程を確実に進めることができるメリットがある。コントラクターにとっては、技術提案による受注機会の拡大と施工段階での現場不一致によるリスク対応、設計変更により適切に対応することでリスクを上回るメリットをこれまで期待できた。

今後は、設計及び研究開発組織を有する日本のコントラクターの大きな特徴を活かし、従来の「リスク引き受け型から価値創造型」へシステム転換を図り、新しい価値の創造を行う必要がある。

技術基準の機能設計体系化により、技術開発競争による新しい構造、施工方法の技術提案のみならず、事業計画段階で新しい価値創造に貢献するエンジニアリング力を発揮し、新しい価値の創造に貢献することができる。

参考文献

- 「みなと」のインフラ学 PORT2030 の実現のための処方箋 山縣直彦・加藤一誠 編著、成山動書店
- 八尋明彦：広義の設計のあり方を考える/VE の性能設計体系への連動、一般財団法人沿岸技術研究センター機関誌 2021.1 Vol.55, pp.13~19.
- 港湾の施設の技術上の基準・同解説(平成 30 年 5 月)、公益社団法人日本港湾協会、国土交通省港湾局監修。
- 内閣官房国土強靱化推進室、令和 5 年度国土強靱化関係予算概算要求の概要
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/pdf/r05-8yosan.pdf
- 相馬市、誘致企業連絡協議会

HP:https://www.city.soma.fukushima.jp/shinososhiki/s_hokokankoka/yuuti_kigyou/kaiinkigyou/9531.html

- 6) 国土交通省、洋上風力発電の導入促進に向けた最近の状況、令和4年6月29日 交通政策審議会 第85回港湾分科会
<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001489039.pdf>
- 7) 一般財団法人沿岸技術研究センター機関誌 2021.10 Vol.56, 特集脱炭素社会の実現にむけて～カーボン・ニュートラル・ポートの実現に向けて、pp.44~47.
- 8) HySTTRA 技術研究組合：Co2 フリー水素サプライチェーン推進機構：<https://www.hystra.or.jp/project/>
- 9) 建築ものづくり論 藤本隆宏・野城智也・安藤正雄・吉田敏、有斐閣.

(執筆者：中原知洋)