

港湾工事における大規模仮設工等の設計・施工
ガイドライン(仮称)のイメージ
(事務局案)

目次

第1章 概要	3
1.1 目的	3
1.2 適用範囲	3
1.3 用語の定義	3
1.4 本書の構成	4
第2章 総則	5
2.1 設計の基本原則	5
2.2 施工及び施工管理の基本原則	5
第3章 施工過程を考慮した設計	7
3.1 標準的な施工手順の設定	7
3.2 施工上の制約への配慮	7
3.3 設計上配慮すべき施工過程の抽出と安全性の検討	7
3.4 リスクの評価とその対応	8
3.5 施工段階への送り	8
第4章 種々の基準類を援用した設計	9
4.1 適用範囲の確認	9
4.2 設計の整合性への配慮	10
4.3 複数の設計手法が存在する場合の対応	11
第5章 設計条件を考慮した施工及び施工管理	12
5.1 施工過程の検証	12
5.2 試験施工の実施	12
5.3 標準的な施工手順と実施工の相違点のフォロー	13
5.4 対策工法の事前想定	13
5.5 施工管理基準の考え方	13
5.6 計測施工・情報化施工の導入	14
第6章 配慮すべき施工過程と安全性の検討の例	15
6.1 浮体の安全性に関する項目	15
6.2 起重作業時の安全性に関する項目	16

6.3	土留工の安全性に関する項目	16
6.4	その他	17
第7章	施工・施工管理における情報化術の活用例	18
付録	大規模仮設工等を伴う港湾工事の事例紹介	19

第1章 概要

1.1 目的

近年、非常に大型の港湾施設の整備や苛酷な環境下での施設整備、既存施設の改修や高機能化など、港湾施設の整備事業が複雑化している。これに伴い、施工時に、複雑な施工手順や非常に大規模な仮設工が採り入れられるケースが増加しつつある。このようなケースでは、既存の基準・手引き類がそのまま適用できない場合も多く、設計者・施工者の経験等に基づく一つ一つの判断が事業全体の成否に大きな影響を与えることとなる。その際、過去の知見を最大限活用し経済的な設計・施工を行うことは当然であるが、一方で施工時の安全性を十分に担保することが重要な課題となる。

本書は、複雑な施工手順を踏む事業や大規模な仮設工を伴う事業において、安全に施工を進めるために設計・施工時に求められる要件を抽出し、その基本的な考え方を整理するものである。

1.2 適用範囲

前節で述べたとおり、本書は、施工時に複雑な施工手順や大規模な仮設工が採り入れられる港湾の施設の整備事業（以下、特殊施工を伴う事業という）を対象とする。一般的な規模・構造形式の施設整備であっても、施工時の安全性に関して重大な課題があると考えられる場合には、本書を参考とすることができる。

1.3 用語の定義

本書において用いられている用語の定義は以下のとおりである。

特殊施工

複雑な施工手順や大規模な仮設工等が取り入れられた施工。

安全性

施工途中の構造物の安定性確保や事故・トラブルに対する性能を指す。港湾の施設の技術上の基準等で構造物に求められる要求性能としての安全性とは異なる概念であることに注意を要する。

1.4 本書の構成

(ボリュームが大きくなる場合は必要)

第2章

総則

特殊施工を伴う港湾施設の設計・施工・施工管理にあたっての基本的な考え方は以下に示すとおりである。

2.1 設計の基本原則

特殊施工を伴う事業における本体構造物の設計では、施工過程を十分に考慮し、施工中の安全性が担保されるよう努める。

複雑な施工手順や大規模な仮設工の必要性が認識される構造物を設計する場合には、施工時の安全性を十分に確保するため、施工過程を十分に考慮した上で設計を行う必要がある。

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、施工途中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。具体的な検討方法については、3章で述べる。

また、特殊施工を伴う事業では、その施設本体の構造の設計や施工に必要となる仮設工の設計に際し、港湾の施設の技術基準や港湾工事共通仕様書その他の文献が直接的に適用できない場合が多い。従って、他の施設を対象とした種々の基準類を援用したり、学術論文などに示される最新の知見を取り入れるなどの独自の検討を行う必要が生じる。しかしながら、このような種々の基準類を援用して設計を行う際は、港湾の施設の特性を考慮して適用方法等を十分に検証しなければならない。その際に注意すべき項目について4章で述べる。

2.2 施工及び施工管理の基本原則

特殊施工を伴う事業における本体構造物の施工においては、設計時に想定されている施工手順とそれに基づく設計条件を十分に確認し、施工中の安全性が担保されるように施工管理を行う。

特殊施工を伴う事業では、その施工方法について設計の際に一定の仮定を置いて設計条件を定めざるを得ない場合が多い。その為、前節で述べたとおり、設計時にはその基準とする施工手順を検討し、それに基づいた設計を行うこととしている。その一方で、実施工に際し、設計上想定されている施工手順通りに施工を進めることができない場合も多い。従って、施工時には、設計時に想定された施工手順とそれに基づく設計条件を十分に確認するとともに、施工手順の変更を行う場合にはその影響を評価することで施工中の安全性を担保する必要がある。具体的な検討方法については5章で述べる。

第3章

施工過程を考慮した設計

2.1 節に示した基本原則に従い、施工過程を考慮した設計を行うための具体的な手順を以下に示す。

3.1 標準的な施工手順の設定

特殊施工を伴う構造物の設計においては、標準的な施工手順を検討し、その施工過程を考慮して設計を行う。

特殊施工を伴う構造物の設計においては、その前提条件として構造物の施工手順をあらかじめ検討し、それに基づいた設計を行う。標準的な施工手順を設定するにあたっては、できるだけシンプルな工法・手順とすることを第一とし、一般的で実績のある工法等を優先して選択する。特殊施工を伴う施工過程は最小限にとどめることが望ましい。

3.2 施工上の制約への配慮

標準的な施工手順の設定に際しては、施工上の制約条件に十分配慮することが必要である。

実施工においては、施工現場の立地条件等から、施工上の制約が課せられることが多々ある。具体的には、近接する施設への振動・騒音等の制限や施工現場への建設機械類のアクセス性の課題、資機材調達の面からの制約などが考えられる。標準的な施工手順を検討する際には、これらの制約条件を十分に考慮し、工法の選択を行う必要がある。この場合においても、一般的で実績のある工法等を優先して選択し、特殊施工を伴う施工過程は最小限にとどめることが望ましい。

3.3 設計上配慮すべき施工過程の抽出と安全性の検討

標準的な施工手順において、設計上配慮すべき施工過程を抽出し、その施工過程について安全性の検討を行う。

構造形式によっては、一部の部材について施工時の発生応力が完成時を上回る場合がある。一般的な構造物であれば、そのような状況は設計手法の中で考慮されているが、特殊施工を伴うような場合は一般的な設計手法では予期されていない状況が生じる可能性がある。そのため、施工中に発生する様々な状況に対して、施工中の構造物の安定性が失われないよう、設計の際に配慮しておく必要がある。

そこで、まず、設計の前提として定めた標準的な施工手順に対し、各施工過程における施工状況や施工中の構造物やその周辺の状況を検証し、設計上特に配慮しておくべき施工過程を抽出する。次に、抽出した施工過程に対して、施工中の構造物や仮設工等が、その施工過程の状況下で作用するであろう外力に対して十分な耐力を保有していることを照査し、施工中の安全性を担保する。この際、一般的な設計手法で考慮されている外力を考慮する他、施工中の構造物・機材の動揺や施工順や施工誤差により生じる外力のつり合いの変化等の擾乱に対しても構造物が極端に不安定となるような状況が無いことを確認しておく必要がある。なお、種々の構造形式に対して配慮すべき施工過程と安全性の検討例を6章に示すので参照されたい。

3.4 リスクの評価とその対応

標準的な施工手順において、施工時に発生し得るトラブルや事故等のリスクを評価し、適切な対応策を検討する。

実際の施工中には様々なトラブルが発生し、設計の基本とした標準的な施工手順通りに施工が進まない場合も多い。そのような場合に備え、事前に様々なトラブルのシナリオを考え、リスクを評価した上で対応策を検討する。トラブルのシナリオとしては、設計で指示したとおりの施工が不能であるとか、施工が難しく施工不良が生じるなどして、強度や支持力が不足するといった事態が考えられる。このような場合について、トラブル対応に必要な期間や工費を評価し、事業全体に与える影響が大きいと考えられる場合には設計で安全代を見込んでおくなどの対応を行う。また、安全上必要とされる施工管理基準（5.5節参照）についてもあわせて検討しておくが良い。

3.5 施工段階への申送り

設計の前提条件とした標準的な施工手順等の諸条件を設計図書等に明記する。

標準的な施工手順をはじめ、設計の前提とした諸条件をもれなく明記し、施工者に伝達する。その際には、3.3節で検討した配慮すべき施工過程について検討した際の設計条件や、3.4節の検討の結果に基づき設計で配慮した内容などについても情報を示すことが重要である。

第4章

種々の基準類を援用した設計

本章では、施工過程を考慮した設計にあわせて、他の施設を対象とした技術基準や最新の学術論文などの種々の基準類を援用する場合の注意点について述べる。

4.1 適用範囲の確認

特殊施工を伴う港湾施設の設計に際し種々の基準類を援用する場合には、援用する設計手法が設計対象とする構造物に適用可能であることを確認する。

特殊施工を伴う港湾施設の設計に際し種々の基準類を援用する場合には、その基準類の示された設計手法の適用範囲を検証し、設計しようとする構造物がその適用範囲に含まれていることを確認する必要がある。一般的には、その設計手法で想定されている構造物の変形モード・変形量等が同程度であれば適用可能であると考えて良い。適用可能性の判断には、種々の基準類で明示あるいは暗黙のうちに想定されている構造物の規模や外力等の設計条件を参考とすることができる。なお、条件によっては、適用範囲には含まれていないが適用可能であると判断されるケースもある。

4.1.1 構造物の規模

設計手法の適用可能性の判断基準の一つとして、その設計手法で想定されている構造物の規模が設計対象とする構造物と同程度であることを確認する。

どのような設計手法であっても、その手法が適用可能となる構造物の規模は明示的にあるいは暗黙のうちに限定されている。構造物の規模が大きく異なる場合、その設計手法で想定している変形モードで構造物が変形することが保障されず、他のモードでの破壊が生じてしまう恐れがある。このようなことから、種々の基準類に示された設計手法を援用する際には、その対象構造物の規模を確認し、設計対象とする構造物が同程度の規模であることを確認すると良い。

なお、設計手法の解説等に適用範囲が明示されていない場合、原著論文等の参考文献を参照するなどして、設計手法を構築した際の検討状況から暗黙のうちに想定されている構造物の規模を検証することが必要である。

4.1.2 作用・抵抗等の設計条件

設計手法の適用可能性の判断基準の一つとして、その設計手法で想定されている作用や抵抗等の設計条件が設計対象としている構造物に対するそれと同様であることを確認する。

構造物に作用する外力や、構造物の周辺地盤による地盤反力等の条件が大きく異なる場合、構造物の変形モードが変化し、設計手法で考慮されていないモードによる破壊が生じる恐れがある。そのため、援用しようとする設計手法で想定されている作用・抵抗を確認し、設計対象とする構造物で考えられる作用・抵抗と対応することを確認する必要がある。

作用・抵抗を確認する際は、考慮している項目の確認だけではなく、その内容の確認まで行うことが重要である。例えば、粘性土と砂質土では挙動特性が異なるため、粘性土が想定されているか砂質土が想定されているかによって、照査式をそのまま適用できない場合がある。設計手法の解説等に明示されていない場合は、原著論文等の参考文献を参照し、想定されている作用・抵抗等の設計条件の範囲を検証することが必要である。

4.2 設計の整合性への配慮

複数の異なる基準類に示された設計手法を複合的に用いる場合は、その整合性を確認する。

種々の基準類はそれぞれ異なる思想で構築されており、安全率（部分係数）等は基準全体を通して検証されている。そのため、前節で述べた構造物の規模や想定されている作用・抵抗の確認により援用可能であると判断された場合であっても、複数の基準類を複合的に用いる場合はそれらの基準間の整合性を注意深く検証する必要がある。設計で用いるパラメータの設定方法や照査式の体系を検証し、設計全体の整合性を確認することが重要である。このような検証は一般的に非常に高度なものとなるため、有識者の意見を聞くなどして注意深く対応する必要がある。

4.2.1 パラメータの設定方法

援用する設計手法で用いられているパラメータの設定方法を確認する。

用いられているパラメータが同じものであっても、その設定方法は種々の基準類により異なっている場合がある。パラメータの設定方法は、理論式に基づくものや経験的に定められているもの、一定の仮定の下に定められているものなど様々である。いずれの場合においても、それぞれの設定方法の背景にある理論や根拠資料、仮定などを検証し、他の基準類におけるパラメータの設定方法とどのような関係にあるかを確認することが必要となる。

4.2.2 照査式等の体系

援用する設計手法で用いられている照査式の根拠を確認し、・・・

設計対象とする構造物に求められない性能項目であるからといって、安易に照査を省略することはできない。照査式の体系については、その照査項目が満たされることが他の照査式の前提となっている場合もあり得る。・・・

4.3 複数の設計手法が存在する場合の対応

種々の基準類において、同一の設計事項に対し複数の設計手法が存在する場合には、可能な限り多くの手法による試算を行い、最も適切と考えられる結果を採用する。

種々の基準類は、その基準体系を単独で用いることを前提に構成されている。そのため、同一の設計事項に対し、様々な文献に複数の設計手法が存在する場合であっても、設計に用いる基準類に記載されているものを優先的に用いるべきである。

しかしながら、特殊施工を伴うような施設の設計においては、いずれの基準類を用いても適用可能性が確実でない場合が多い。このような状況下では、複数の設計手法が存在する場合には可能な限り多くの試算を行い、結果の比較を行うことで重要な情報を得ることができる。それぞれの設計手法では、前提条件等に差異があり、試算結果は大なり小なり異なったものとなる。単純に平均的な試算結果を採用するのではなく、それぞれの設計手法の特徴を確認し、最も適切と考えられる結果を採用する必要がある。このような判断は一般的に非常に高度なものとなるため、有識者の意見を聞くなどして十分に検討することが求められる。

第5章

設計条件を考慮した施工及び施工管理

2.2 節に示した基本原則に従い、設計条件を考慮した施工及び施工管理を行うための具体的な手順を以下に示す。

5.1 施工過程の検証

設計の際に設定された標準的な施工手順を検証し、各施工過程において施工上の問題が生じないことを確認する。

設計の際に設定された標準的な施工手順は、可能な限り一般的な工法を優先的に採用することとしているため、実施工の際には受注者の技術力に応じてより高度な施工法を選択できる場合がある。そこで、設計の際に設定された標準的な施工手順を実施工の観点から検証し、設定された手順通りの施工が可能か、より効率的・効果的な施工法や安全性を高める施工法の選択の余地が無いか検討する。

5.2 試験施工の実施

施工過程の検証のみでは施工上の問題が十分に把握できない恐れがある場合は、試験施工による検証を実施する。

机上検討では十分な検証ができない事項があると考えられる場合、試験施工を実施して施工上の問題が無いことを確認することが望ましい。試験施工を実施する際には、その目的・試験施工により確認する事項を明確にし、それに見合った試験計画を立案することが重要である。

なお、試験施工は実施工と比較すると小規模なものとなるため、実施工とは施工条件が異なる場合がある。そのため、試験施工の結果を検証する際には、実施工との規模の違いを十分に考慮する必要がある。

5.3 標準的な施工手順と実施工の相違点のフォロー

設計の際に設定された標準的な施工手順と異なる施工手順を採用する場合は、その相違点について検討し、設計上の問題が生じないことを確認する。

設計はあくまでも標準的な施工手順に基づいて実施しているものであるから、5.1 節、5.2 節の検討に基づき施工手順を変更する場合、設計上の問題が生じないことを確認する必要がある。通常は3.3 節で述べた安全性を検討すべき施工過程を中心に検証すれば良いが、相違点の内容によっては、他の施工過程に対する検証が必要となる場合もあるので注意を要する。

施工手順の変更により施工中の安全性等に影響が生じると判断された場合には、設計変更により対応する。この時、設計を変更することによって、他の施工過程における安全性に影響が生じる可能性がある。従って、設計変更を行う場合は、3 章に述べた当初の設計と同様な手順に従い、変更後の施工手順を標準的な施工手順と考えると再設計を進める必要がある。

5.4 対策工法の事前想定

実施工に採用した施工手順において、施工時に発生し得るトラブルや事故等のリスクを評価し、適切な対応工法を事前に検討する。

最終的に実施工で行う施工手順に従い、様々なトラブルのシナリオを考え、リスクを評価した上で対応策を検討する。実施する検討内容は、3.4 節に述べた設計時行うリスク評価と同様である。ただし、すでに事業が実施工段階に移行しており、工期や工費に対する制限がより一層厳しくなることに注意が必要である。

想定したリスクにより事業全体への影響が大きいと考えられる場合には、施工手順の再検討を行ったり、部材変更等により備えるなどの対応を行う。この際、必要に応じて施工管理基準（5.5 節参照）についても検討しておくが良い。

5.5 施工管理基準の考え方

各施工過程について安全を確保するために適切な複数のレベルの施工管理基準を定める。

各施工過程について、構造物の仕様上必要な施工管理基準を定めることは言うまでもないが、特殊施工を伴う施工過程においては、施工時の安全性の観点に基づく施工

管理基準を設けることが必要となる。特殊施工を行う場合には未知の挙動が生じる恐れがあるため、安全上の問題が生じないうちにそのような挙動を予見できるような管理基準を設定する。安全な施工を行うために必要な構造物の安定性が失われる際に変化するパラメータとして、構造物が受ける荷重や特定部位の変位、傾斜角に対して管理基準を設けることが効果的である。

管理基準値として一つの数字を定めるのではなく、複数のレベルを設けて管理することが望ましい。例えば、計測頻度を高めるなどの警戒を強めるレベル、施工を一時中断し続行の可否や対策の必要性を検討するレベル、作業員を即時退避させ現場の安全確保を最優先に行うレベルなどが考えられる。このようなレベル区分は、3.4 節におけるリスク評価や、5.4 節における対策工法の事前想定と並行して考えておくと良い。

5.6 計測施工・情報化施工の導入

(計測施工の利点を一般論として記述) (具体事例は事例研究の成果を基に7章に記述)

第6章

配慮すべき施工過程と安全性の検討の例

本章では、3.3 節で述べた配慮すべき施工過程の抽出と安全性の検討の例として、代表的な特殊施工を伴う工種毎に実施すべき検討内容を示す。本章で述べる検討内容は、参考資料として付録 に示した過去の事例研究から得られた知見に基づくものである。従って、各工種で行うべき検討内容を網羅したものではない。実設計の際には、以下で取り扱っている施工過程以外についても安全性を検討すべき施工過程が無いかが十分に検討する必要がある。

6.1 浮体の安全性に関する項目

6.1.1 台船によるケーソン等の運搬時の台船の安全性

台船により構造物等を運搬する場合には、台船の安定に対する安全性を検討する必要がある。

台船により構造物等を運搬する場合、曳航中はもちろん、構造物の積み降ろし作業時も含めて台船の安定に対する安全性を検討する必要がある。そのためには、積み降ろしの作業手順や曳航中に作用する外力、構造物の重心等を考慮し、構造物の配置等を決定する。複数の構造物を同時に運搬する際には、積み降ろし作業時に台船が不安定になることも考えられるため、特に注意が必要である。また、設計上考慮していない付帯物の重量等も適切に考慮する必要がある。

過去には、半潜水式台船でケーソン2 函を同時に運搬しようとしたところ、積載浮上時に台船が大きく傾斜したため浮上を断念し、1 函ずつ運搬するように施工手順を変更した例がある（付録：事例1 参照）。この事例では、ケーソンの部材の増加や付属物の重量等により、概略設計時よりもケーソンの重心が高くなってしまったことが原因と考えられている。

6.1.2 台船によるケーソン等の運搬時の構造物の安全性

台船により構造物等を運搬する場合には、曳航中の構造物等の変形・損傷等に対する安全性を検討する必要がある。

台船により構造物等を運搬する際に、動揺等により構造物に変形・損傷等が生じることが無いよう、台船上での構造物の配置や固定方法を十分に検討する必要がある。

特に、構造物が台船からオーバーハング状にはみ出すなどしている場合には、荒天時に構造物に直接揚圧力が作用するなどして構造物の変形を生じる場合があるので注意を要する。また、鋼殻ケーソンの刃口などのように、損傷しやすい部位が存在する場合には、養生や固定方法などにより事前にトラブルを回避する工夫が求められる。

過去には、橋梁のトラスブロックを台船で運搬中に、予期せぬ荒天によりトラスブロックに揚圧力が作用し部材に変形・損傷を生じた事例がある（付録：事例2参照）。この事例では、FEM 解析により部材の損傷箇所・損傷度合いを評価し、必要な箇所の部材の取り換えを行った。

付録○では、台船による輸送中の鋼殻ケーソンの刃口の損傷を防止するため、台船上の敷材・台座を工夫して刃口に均等に力が掛かるようにし、輸送時の荷重から台座の適切な取付間隔とするなどの対策を行った事例が報告されている。

6.2 起重作業時の安全性に関する項目

6.2.1 吊点の配置・点数の検討

構造物の起重作業に際しては、作業時の安全性を考慮して吊点の配置・点数を適切に定める。

構造物を起重機で吊り下げる場合、構造物の強度・変形等の他、作業の安全性確保も考慮して吊点の配置や点数を検討する。吊点の配置や点数が不適切な場合、起重作業時の構造物の姿勢制御が困難となり、施工安全性の確保のために大きな障害となる。

特に複数のFC 船を用いた相吊り作業を行う場合には、荷重バランスの調整方法等もあわせて十分に検討することが必要である。

付録○には、大型のFC 船3 隻を用いて道路橋のトラスブロックを架設した例が示されおり参考となる。

6.3 土留工の安全性に関する項目

6.3.1 施工中の外力の変化に対する安全性

土留工に作用する外力が大きく変化する施工過程については、その前後における土留工の耐力を十分に検証する必要がある。

土留工の構築においては、特に周辺地盤の掘削又は盛立てを行う施工過程の前後で、

土留に作用する外力が大きく変化する。そのため、地盤の掘削又は盛立てを行う施工過程の前後の状態で土留工が保有する耐力が、外力の変化に対して十分なものであることを検証する。特に、土留工の構築や支保工の設置と並行して掘削を行う場合などは、土留工に作用する外力のみならず、土留工の耐力も随時変化していくので、その施工手順に十分な注意を払う必要がある。

過去には、鋼矢板工法による橋脚基礎の施工中、鋼管の中詰めを施工しないまま矢板壁内部の掘削を行ったため、鋼管矢板本体の耐力が不足し圧壊した例がある（付録〇参照）。このように施工手順のわずかな変更で重大な事故を引き起こす場合があるので、十分に注意する必要がある。

6.3.2 施工手順による地盤の応力状態の変化に対する安全性

地盤の応力状態が変化する施工過程が含まれる場合は、その前後における地盤抵抗の変化等を考慮し、土留工や本体構造物の安全性を検討する必要がある。

土留工や本体構造物（特に基礎構造等の地中構造物）に近接して近接する構造物の施工を行ったりした場合、周囲の地盤の応力状態が変化する場合がある。

6.3.3 地盤特性が想定と異なる場合における安全性の確保

6.4 その他

6.4.1 鋼板セルの仮置時の安全性

鋼板セル製作後にヤードで仮置する場合は、仮置時の安全性について検討する必要がある。

鋼板セルを製作後にヤードで仮置きする施工過程がある場合は、仮置中に受ける外力を考慮し、それに対する安全性を検討することが求められる。想定される外力としては、風荷重や地震力が考えられる。仮置が短期間であれば特別に大きな荷重を想定する必要はないが、鋼板セルの配置や固定方法を工夫することで想定外の外力が作用した場合の安全性を大きく向上できる場合もあるので検討することが望ましい。仮置期間が長期に及ぶ場合は、当然その期間にあわせた外力の想定等、十分な検討が必要となる。過去には、仮置中に台風による強風を受け、多数の鋼板セルが転倒・被災した例がある（付録〇参照）。この事例では、仮置きする鋼板セルの間隔を5m 確保する、固定治具を補強する、鋼板セルの円周リブをフランジで補強する、等の対策が行われている。

第7章

施工・施工管理における情報化技術の活用例

(前章と同様なイメージで書く)