

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

目次

第1章 概要	1
1.1 目的	1
1.2 適用範囲	1
1.3 用語の定義	1
1.4 本書の構成	3
第2章 総則	4
2.1 港湾施設の整備の安全性向上にあたっての基本原則	4
2.2 設計の基本原則	4
2.3 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	6
3.1 標準的な施工手順の設定	6
3.2 施工上の制約への配慮	6
3.3 設計上配慮すべき施工過程の抽出と安全性の検討	6
3.4 リスクの評価とその対応	7
3.5 三者会議等を活用した情報共有	7
第4章 種々の基準類を援用した設計	8
4.1 適用範囲の確認	8
4.2 設計の整合性への配慮	9
4.3 複数の設計手法が存在する場合の対応	10
第5章 設計条件を考慮した施工及び施工管理	11
5.1 施工過程の検証	11
5.2 試験施工の実施	11
5.3 設計の際に設定された標準的な施工手順と採用する実施工の相違点の検討	12
5.4 対策工法の事前想定	12
5.5 施工管理基準の考え方と施工管理体制	12
5.6 計測施工・情報化施工の導入	13
第6章 配慮すべき施工過程と安全性の検討の例	14
6.1 浮体関連の安全性に関する項目	14
6.2 架設関連の安全性に関する項目	16
6.3 土留・基礎工関連の安全性に関する項目	18
6.4 その他	20

第7章	施工・施工管理における情報化技術の活用事例	21
7.1	浮体関連の計測施工に関する項目	21
7.2	架設関連の計測施工に関する項目	22
7.3	土留・基礎工関連の計測施工に関する項目	23
7.4	その他の計測施工に関する項目	24

付録	港湾工事の施工事例紹介	
----	-------------	--

第1章

概要

1.1 目的

近年、大型港湾施設の整備や施工条件の厳しい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大規模な仮設工等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安全で経済的な設計・施工・施工管理を行うことは当然であるが、一方で不測の事態は常に起こる可能性があり、ヒューマンエラーの可能性もあるとの認識を持ち、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等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とともに発注者、設計者、施工者が相互に作業過程を理解し、施工の安全性を確保するための留意点を示したものである。

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等が採り入れられる港湾の施設の整備事業を対象とする。また、一般的な規模・構造形式、さらには新規の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採り入れられた施工。また、通常の施工手順と異なる施工や、通常よりも厳しい施工管理基準を要求する施工。

施工時の安全性

施工途中の建造物の安定性確保や事故・トラブルを回避する性能を指す。港湾の施設の技術上の基準等で建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。

標準的な施工手順

設計段階において設定した基本方針としての施工の手順。

性能

使用する目的あるいは要求に応じて構造物が発揮すべき能力。

要求性能

構造物はその目的を達成するために保有すべき性能。

架設

橋梁等を架け渡すこと。

本体構造物

付属物を除いた主要な部分、主体あるいは主構造物のこと。

付属物

構造物に副次的なものとして付いているものであり、構造物の使用を安全、快適にするための設備の総称。

(参考出典：『鋼構造架設設計施工指針【2012年版】』)

沈埋函

沈埋トンネル部の水底部分および施工時に水面下となる部分を、曳航・沈設作業に支障のない大きさに分割したトンネルの構成要素のことで、函体（エレメント）ともいう。

(参考出典：『沈埋トンネル技術マニュアル（改訂版）』)

三者会議

工事目的物の品質確保を目的として、施工段階において、発注者（施工担当・工事担当）、設計者、施工者の三者による会議を実施し、設計思想の伝達及び情報共有を図る取り組み。

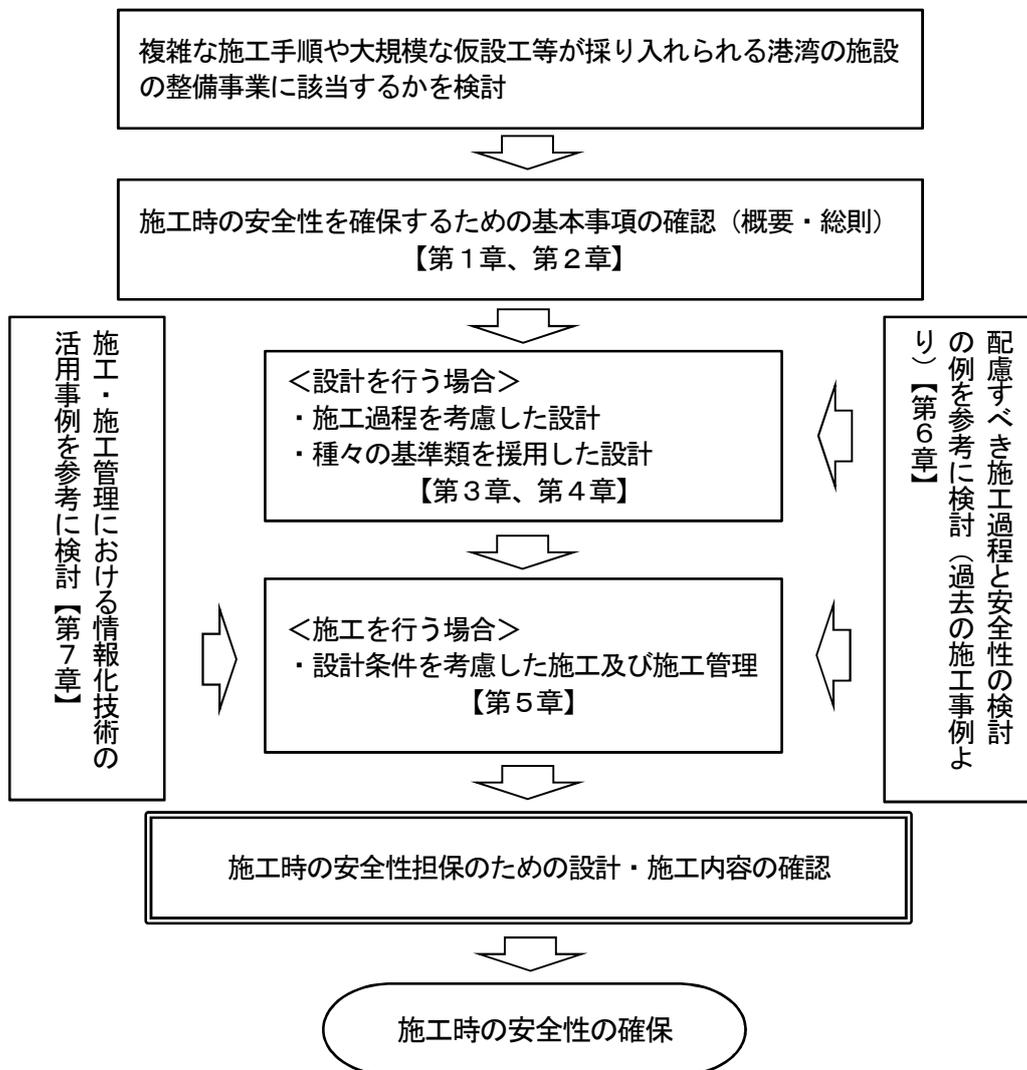
(参考出典：『国土技術政策総合研究所 HP』)

1.4 本書の構成

本書の構成は、第1章でガイドラインの目的、適用範囲を示し、第2章で設計・施工・施工管理の基本的な考え方を示す。第3章及び第4章は、設計時に配慮すべき施工過程や種々の基準類を援用した場合の注意点、第5章は、設計条件を考慮した施工・施工管理を行う手順を示す。第6章は配慮すべき施工過程を代表的な具体例<付録：事例紹介>や過去の知見から工種毎に実施すべき検討内容を示す。

第7章は、情報化施工の重要性に鑑み情報化技術を活用した事例を紹介するものである。

以下に本書を活用するにあたってのフロー図を示す。



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 港湾施設の整備の安全性向上にあたっての基本原則

特殊施工を伴う港湾施設の整備では、施工者のみならず設計者や発注者においても各々以降に示す基本原則に従い、設計から施工、仮設工から本体工に至る一連において安全性に十分留意する。

今までの特殊施工を伴う港湾施設の整備においては、施工の安全性について設計、施工という各々の分野において個々に実施してきたが、施工現場で起こる種々の変化に対しての安全性の向上は個々の施工者の創意工夫と努力に委ねられ、指定仮設でも施工に関する責任は施工者にあるので、安全性の向上に関する必要事項について発注者側との共通理解と合意が不可欠である。近年の複雑化している港湾施設の整備においては、不測の事態を最小化するため施工の安全性を設計、施工の一連の流れの中で捉えることが重要である。仮設構造は経験に頼るところが大きいが問題の所在を工学的に明らかにして設計、施工で的確な対応をとることが求められる。すなわち、施工の安全性は、施工者のみならず設計者や発注者においても各々が施工過程を十分に考慮して、対応方針や具体的な対応を検討し、情報共有することが重要である。これは、仮設構造物の計画と施工¹⁾を参考にできる。

2.2 設計の基本原則

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、施工性、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、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。具体的な検討方法については、第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等の設計に際し、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」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 第4章で述べる。

2.3 施工及び施工管理の基本原則

特殊施工を伴う事業においては、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、施工時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。そのため、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第 5章で述べる。

また、今後も引き続き特殊施工を伴う港湾施設の設計及び施工の事例を収集・分析し、技術的知見の蓄積に努め、関係者間で情報共有していくことが必要である。

第3章

施工過程を考慮した設計

第2章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手順とすることを第一とする。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、自然条件や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、気象・海象条件や地盤条件に加えて、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、地盤条件（土質・土圧・水圧等）、気象・海象条件（風雪・降雨・日照・波浪・潮汐等）等からの制約や、近接する施設への振動・騒音等の制限、周辺バースの荷役状況、施工現場周辺の航行船舶、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、作業時間の制約、近接工事との調整などが考えられる。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、周辺住民、関係者の理解、協力の得られる範囲で工法や施工期間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検討し、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。これは、仮設構造物の計画と施工¹⁾を参考にできる。

3.3 設計上配慮すべき施工過程の抽出と安全性の検討

設計の前提として定めた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、設計の際に確認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、施工時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、施工手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の動的応答が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の例を 第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

設計の際に設定した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。

実際の施工時には様々なトラブルが発生し、設計の際に設定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、施工が難しく想定外の施工誤差が生じるなどして、強度や支持力が不足するといった事態、第三者に対して危険を及ぼす事態、近接工事の影響を受ける場合などが考えられる。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、リスクマネジメントを行い、必要な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。その際、適切な対応策を検討するための十分な情報が無い場合は、追加調査を実施することを提案する。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 三者会議等を活用した情報共有

設計の際に設定した標準的な施工手順等の諸条件を設計図書等に明記し、発注者・設計者・施工者で情報を共有する。

設計思想や設計のために実施した調査結果、設計の際に設定した標準的な施工手順をはじめ、設計の前提とした諸条件、設計条件及び安定計算した検討結果をもれなく明記し、発注者・設計者・施工者で構成する「三者会議」等で情報を共有して、対応について検討する。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や重大ミスを防ぐ観点などについても情報を示すことが重要である。また、5.2節の試験施工の実施についても検討する。

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（以下「種々の基準類」という）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。

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・抵抗等を確認し、設計対象とする構造物で考えられる作用・抵抗等と対応することを確認する必要がある。

作用・抵抗等を確認する際は、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、設計全体として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・抵抗等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相違を理解した上で援用する必要がある。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、設計全体として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。

特に、近年推進されている減災を目的として、災害時に施設の機能を一定程度維持する構造とする「粘り強い化」等のために、施設の機能向上等を追加的に行う場合には、再度、設計全体の整合性について確認する必要がある。

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、用いられる照査式全体の整合性について確認する。

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。照査式の体系によっては、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。前提条件を確認し、前項で述べたパラメータの設定方法から援用する設計手法が設計対象構造物に対して整合しているか確認することが重要である。

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、想定される現場条件、施工方法等より各施工過程において施工上の問題の有無を確認後、そのリスクを抽出し、解決策について検討する。

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検討することとしているため、実施工時に、自然条件や施工上の制約等を改めて見直した際、より適切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が検討すると共に施工過程においてどのようなリスクがあるかを抽出し、その解決策について検討する。

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。

施工計画の検討において、標準的な施工手順に対して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。また、試験施工で得られた知見に基づき、必要であれば設計を見直す必要がある。

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。

地盤条件により杭の支持力不足が想定される場合、事前に試験施工として試験杭の載荷試験を行い、支持力関係式の構築により検証した後、杭製作を行うことが望ましい。

5.3 設計の際に設定された標準的な施工手順と採用する実施工の相違点の検討

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。

設計はあくまでも設定した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時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、三者会議を活用しつつ、第 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新たな標準的な施工手順と考えて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、適切な対策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 節に述べた設計時に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いる場合、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し、再度事業計画を見直すことが必要である。

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、部材変更、設計の見直しを行うなどの対応を行う。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。

また、事前想定を行うことで不測の事態やヒューマンエラーに対しても柔軟かつ冷静に対応出来ることを念頭に、リスク管理をするための「チェックリスト」などを作成する等の検討も行う。

実施工において、トラブル発生した際には関係者間で情報を共有し、工事の一時中断を含めた対応を検討する。

5.5 施工管理基準の考え方と施工管理体制

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と共に、施工管理基準に見合った施工管理体制を構築する。

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測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とともに、構造物の変形・損傷・滑動等に配慮する必要がある。

また、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。

こうした安全上設けられた管理基準に見合った施工管理を行うため、後項に記載した計測施工・情報化施工等を活用した効率的かつリアルタイムでの施工管理、受発注者間の情報共有や連絡体制の整備、さらに異常を検知した場合は連絡をするなど、施工管理体制を構築することが施工時の安全上重要である。

5.6 計測施工・情報化施工の導入

施工過程における安全性を確保するために危険な現象の兆候を速やかに察知することが重要であり、定量的で的確な情報がタイムリーに得られるよう、情報化施工システムを構築する必要がある。

工事の施工過程においては、様々な外力により想定を超える挙動により構造物の安定性が失われる場合がある。周辺環境や地盤、仮設や構造物の挙動を計測することで危険な現象の兆候を速やかに察知する体制を事前に構築することが重要である。例えば、掘削時の土留めや地盤の挙動については、設計通りに挙動しないことが多いため、5.5 節における管理基準と管理体制の構築が重要となる。どのような情報がどの時点でどのように必要かについては、工事の特殊性を踏まえて、計測項目及び計測機器を決定する必要がある。また、計測施工により取得した施工情報を踏まえて、安全な施工が行えるよう情報化施工によるシステムを構築する必要がある。これは、道路土工仮設構造物工指針³⁾を参考にできる。

第7章では、様々な工種における計測施工・情報化施工を導入して成功した事例を記載しているので参考とされたい。

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ため、継続的に事例の収集・分析を行うことが必要である。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十分に検討する必要がある。

6.1 浮体関連の安全性に関する項目

6.1.1 台船による構造物等の運搬時の安全性

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と、回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。

台船によりケーソン等の構造物等を運搬する場合、回航中はもちろん、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、概略設計時や基本設計時に設計上考慮していない場合においても付属物の重量・形状・寸法等を施工計画策定時には適切に考慮する必要がある。また、台風等の荒天時における作業船の避難やその際の回航時のワイヤー切断などについても留意が必要である。

付録の浮体事例 1に、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事例がある。施工過程において設計と異なるケーソンの部材の増加や付属物の重量増加に対しての検討が不十分であったことも原因と考えられるため、その対応等を参考とされたい。

また、台船により構造物等を運搬する場合には、回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、積載物の重量、形状、寸法を考慮し、台船の規格を適切に選定する。また、回航中の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、台船上での構造物等の配置や固定方法を十分に検討する必要がある。

やむを得ず、構造物等が台船からはみ出すなどしている場合には、荒天時に構造物等に直接揚圧力が作用するなどして構造物等の変形・損傷等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。

付録の浮体事例 2に、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。予期せぬ荒天時の場合においても揚圧力が作用する等、外力が働くことで構造物等に損傷が生じないように養生や固定方法の工夫等の安全対策を行うことが必要である。

付録の浮体事例 3に、台船による輸送中のニューマチック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け間隔とするなどの安全対策を行った事例があるので参考とされたい。

6.1.2 大型台船からの構造物等の引き出し時の安全性

台船により構造物等を運搬後、据付する場合には、構造物等の引き出し時の浮体としての安定性を検討する必要がある。

浮体の安定性では、浮遊時の安定性だけでなく、据付時に浮体から構造物等を引き出す際の複合的な外力において、安定性を確保する設計を行う必要がある。

また、施工にあたっては、設計時に想定されている条件を十分確認し、浮体上の艀装品やクレーン等の建設機械の配置箇所が設計条件と異なる場合、現場条件に合わせた浮体の安定性の照査を行うことが必要である。

付録の浮体事例 4に、係留施設の築造工事において、工場で作成した棧橋上部工を台船で長距離運搬後、据付作業中に台船から引き出す際に、棧橋への積載物による重心の偏心、棧橋上部工が受ける潮流の影響、棧橋上部工上面に越波した水塊の影響により、浮体の回転運動の増幅により安定が損なわれた事例がある。

6.1.3 航路内での沈埋函等の構造物の施工時における安全対策

航路内に、沈埋函等の構造物を設置する工事を行う場合は、航行船舶への影響を最小とした航行安全対策・短期施工が重要である。

航路で沈埋函等の構造物を設置する場合は、設定された可航幅を確保し、航路を供用しながら他の航行船舶に対して影響を最小とした施工を行うと共に短期間で施工を終わらせることが施工安全上重要となる。

特に、沈埋函の沈設作業は、航路を大きく占用し一般船舶への影響も大きいため種々の沈設方式の中から航路への影響を最小限に抑え、短期間で作業が完了する工法を検討することが航行安全対策上重要である。

付録の浮体事例 5に、従来の2基のウインチャタワーを用いた方式から片側1基のみとし艀装・撤去に要する時間や労力を低減するサイドワントワー沈設工法を開発すると共に、航路内での作業期間の短縮のため迅速な沈埋函の方向修正の方法として、自重と水圧を利用して既設函に密着させ止水を実現するクサビ式方向修正工法を採用し、従来工法に比べて工程を短縮した事例があるので参考とされたい。

6.2 架設関連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。

構造物を起重機船等で吊り上げる場合、構造物の重量・形状・寸法・重心・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、施工時の安全性の確保のために大きな障害となる。

特に複数の起重機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。

付録の架設事例 1に、吊点の配置を単純化し吊反力の均一化と荷重バランスを取った事例、架設事例 2に、吊枠の工夫により斜め吊りを行った事例があるので参考とされたい。

6.2.2 複数の起重機船による施工

複数の起重機船による架設の場合、吊り上げ作業を同調させることが可能か、起重機船の能力・仕様等から検討する。

近年の橋梁上部工の長大スパン化により、国内最大の起重機船 1隻では、吊り上げ施工が困難な部材も多数見受けられる。こうした部材の巨大化に伴い起重機船を複数利用して施工を行う場合、起重機船の吊り能力・吊り速度・曳航・係留方法等を十分に検証し、吊り位置・吊り金具の検討を行うと共に作業手順の周知徹底を行う必要がある。

付録の架設事例 1に、起重機船3隻で吊上げ施工を行った事例があり、その施工方法は、複数の起重機船で施工する場合の参考とされたい。

6.2.3 ジャケット式栈橋の海上架設

工場製作したジャケット式栈橋を海上架設する場合、主要航路への影響に配慮して、短期間の施工を行う必要がある。

近年の栈橋式の岸壁では、工場製作の大型のジャケットを短期間で航路と隣接する対象地に設置する工事がある。施工にあたっては、主要航路への影響を最小限におさめるため、ジャケットの工場製作と同時に、現地では基礎工の工事を進めることにより、工期の短縮が可能となる。また、高い精度での施工は、修正・再調整作業を省力化できることから工期短縮に伴う施工時の安全性の確保が可能となる。

付録の架設事例 3に、現地で仮受杭を先行で打設し、ジャケットを仮受杭に設置し、

ジャケットの位置を確定した後に、本設の基礎工の鋼管杭を打設して一体化した事例がある。この事例は、ジャケットを設置した後に鋼管杭を打設したため据付時の調整が不要となるので、高精度の施工を行うことが可能となり、現場での工事期間を短縮できた例として参考とされたい。

また、施工管理支援システム等を採用し、高い施工精度により工期短縮を可能とした例として浮体事例 6、架設事例 3を参考とされたい。

6.2.4 既設構造物と隣接する箇所のカレーソンの据付の検討

既設構造物が、カレーソン据付時の起重機船の操船に支障がある場合、据付時の工夫が必要である。

既設構造物の影響がある箇所や、狭隘な施工箇所での起重機船の作業では、カレーソン据付時の船舶の操船に支障がある場合がある。施工にあたっては、起重機船の配置・固定方法や吊上げ方法の検討を行い、据付作業の動態監視システム等により、リアルタイムに状況を把握し、施工する必要がある。

付録の架設事例 2 の既設防波堤と隣接するカレーソンの据付を工夫した事例は、据付に影響のある 4 函を岸壁法線に対して 45 度の角度を持たせた状態で吊上げ、現地に施工した事例である。起重機船の斜めに吊上げた時の回転を考慮して、吊杵・ワイヤリングの調整を行い、据え付けた時の起重機船の固定を工夫した例として参考とされたい。

6.2.5 橋梁上部工の大ブロックの一括架設の吊曳航による据付

橋梁上部工の大ブロック一括架設を行う場合の吊曳航は、綿密な仮設計画、安全対策、事前調整を行い、架設する必要がある。

橋梁上部工の架設にあたっては、近年、大型ブロックで工場製作し、大ブロック一括架設を実施する事例が多くなっている。そこで航行船舶の航路幅を十分確保し、橋梁上部工の架設作業を行う起重機船の吊上げ時の吃水に配慮した架設計画が必要になる。

付録の架設事例 4 に、据付位置の水深が浅い箇所があるため、事前の深淺測量等、隣接する漁港の航路幅を十分確保し、吊り曳航時の起重機船の安定性、安全対策、近隣の利用者との事前調整を行った事例があるので参考とされたい。

6.3 土留・基礎工関連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、土留工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の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、土留工の耐力は施工の段階毎に変化していくので、その施工手順に十分な注意を払う必要がある。

付録の土留・基礎工事例 1に、鋼管矢板基礎工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鋼管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事例がある。

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、設計時における詳細な施工手順の検討内容及び、設計の前提条件を施工者に伝達する必要がある。

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）に近接して構造物の施工を行う場合、周辺地盤の応力状態が変化する可能性がある。

設計の土質条件と現地の状況が異なる区間が発生した場合は、土留工の照査を実施し、安全に施工を行うための調査を含めた検討を行う。

付録の土留・基礎工事例 2に、基礎杭及び躯体の安全性の検討を行い、耐力が不足する杭は、コンクリートを充填し、地震時の安全性を確保した事例がある。

また、躯体の安全性の検討は、変形（曲率）により生じる杭体の応力度に対する安全性、躯体構築完成時（杭軸力作用時）の杭体耐力の安全性（常時および地震時）を検討し、杭曲がり、孔壁等の計測施工による危険予知の徹底を行う必要がある。

付録の土留・基礎工事例 3に、陸上トンネル躯体の施工に先立ち施工した基礎杭が変形したため、施工順序、周辺の地盤沈下等の状況を把握し、原因を分析し、安全性の検討を行い、耐力が不足する杭はコンクリートを充填し安定性等を確保した事例がある。

付録の土留・基礎工事例 4においても、トンネル躯体構築時の掘削開始前の埋立による偏土圧などの影響で鋼管矢板が変形し、大きな応力が発生したため、安全かつ進捗に遅延が生じないように施工するために、解析法の見直しおよび施工対策を講じて、安全

性の確認を行い、耐力が不足する杭は、コンクリートを充填し、安定性等を確保した事例がある。

6.3.3 海岸保全施設改良時の背後地域の安全性の確保

背後地域を防護する海岸堤防等の改良工事においては、防護する施設の重要度を踏まえて、施工期間中に高波浪や津波の影響が懸念される場合は、撤去する既設の堤防と同等の防護機能を確保する必要がある。

海岸堤防の改良工事に伴う仮設矢板の施工では、仮設防護矢板の変形や転倒が発生する可能性があり、一重矢板構造では、背後住民に危機が及ぶ懸念がある。

このため、施工期間中の背後地の安全性を確保するために、永久構造物と同等の機能を有する仮設工の設置が求められる。

付録の土留・基礎工事例 5に、堤防の撤去に伴い、同等機能の防護ラインが必要となったため、指定仮設として二重矢板構造を設置した事例があるので参考とされたい。

6.3.4 近接施工に配慮した施工の安全性の確保

住宅や病院等に近接して施工する場合、騒音や振動に特に配慮する必要がある。また、高圧送電線下等の施工にあたっては、適切な離隔距離を確保した施工が必要となる。

住宅や病院、公共施設、精密機械工場等、騒音・振動等の影響を強く受ける場所に近接して施工する場合、低騒音・低振動等の周辺環境に配慮した工法により施工する必要がある。また、機雷残存地区等の障害物が予測される施工区域や高圧送電線下の離隔距離が確保し難い施工区域では、安全に施工を行うための事前調査が必要である。

付録の土留・基礎工事例 3に、民家に近接した場所の杭打設において、障害物が予測される施工であったが、事前に障害物把握のための磁気探査を実施し、安全に施工を行った事例があるので参考とされたい。

付録の土留・基礎工事例 6に、水門の仮締切工事において、近隣の病院等に配慮した低騒音・低振動の矢板打設工法（油圧圧入工法）を採用した事例があるので参考とされたい。また、同事例では、高圧送電線下での矢板打設となるため、継ぎ杭による分割施工で離隔距離を確保した。

6.3.5 施工途中のトラブル対応

杭構造や鋼板セルの施工におけるトラブルが発生した場合、原因を分析し構造物の安定性を確認して適切に対応する必要がある。

杭構造や鋼板セル等の打ち込み時に、設計時点の土質よりも硬い場合、杭や鋼板セル

が高止まりする場合がある。極端に高止まりした場合、根入れ不足による構造物の安定性が不足することが懸念されるので、根入れ不足時の安定性の照査を行う必要がある。

杭基礎の打設では、設計書に基づき、打込記録を確認した結果、支持力が不足する場合がある。支持力不足の原因は、支持層の起伏が大きく杭が支持層まで届いていない、または、実際の支持力が設計の支持力より小さいなど、地盤条件によることが多い。その対応策として、継ぎ杭、増し杭および先端根固め等があるが、杭の支持力不足は事後の対応が困難である。地盤条件により支持力不足が想定される場合には、トラブルを回避するためにも、事前に支持力が得られるように確認することが重要である。施工計画の検討時に追加の地盤調査の実施、導杭による支持層の確認、試験施工などを実施した後、杭を発注することが望ましい。これは、杭基礎のトラブルとその対策¹⁰⁾を参考にできる。

また、杭構造や鋼板セル等の施工中に船舶等の衝突の事故が発生し、撤去することが困難な場合、復旧断面を継杭等で一体化し、適切な安定照査を実施して構造物の安定性を確保する必要がある。

付録の土留・基礎工事例 7に、鋼板セルの高止まりによる根入れ不足が発生し、断面の安定性を照査した事例がある。また、同事例に、同じ構造物の他の区間では、船舶の衝突により、鋼板セルの損傷が発生したが、鋼板セルに被覆セルを設置して一体化することで、所要の天端高を確保した事例がある。

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。仮置が短期間で台風等の強風が想定されない時期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や台風等の強風が想定される場合は、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。

付録の架設事例 5に、仮置中に台風による強風を受け、多数の鋼板セルが転倒・被災した事例がある。この事例では、仮置きする鋼板セルの間隔を5m以上確保することによって、セル間に作用する負の圧力を低減する、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おり、台風期に仮置きする場合の強風対策の安定性検討の参考とされたい。

第7章

施工・施工管理における

情報化技術の活用事例

本章では、5.6節で述べた計測施工・情報化施工の導入の例として、施工管理において情報化技術を活用した事例を示す。本章で述べる活用例は、参考例として付録に示した事例からのものであり、参考とされたい。

7.1 浮体関連の計測施工に関する項目

7.1.1 ジャケット据付時の通行船舶監視システム等の活用事例

ジャケット等の構造物を高精度で据付作業を行う場合は、ジャケットと杭の接続に精密な施工精度を求められるため、近隣を船舶が航行したときに発生する航走波による作業船の動揺に留意する必要がある。

ジャケット架設時には、先行して打設した杭をジャケットのレグ部分に挿入する必要があり、施工精度は10～20cm程度である。複数の杭とレグを精度よく挿入するためには、起重機船が安定した状態で架設することが必要である。

付録の浮体事例 6に、起重機船の安定性を確保するために、近隣を航行する船舶について「作業船航行支援・施工管理支援システム」、「通行船舶監視システム」等を利用して、航走波が作用しない時期をみて架設する事例があるので参考とされたい。

7.1.2 ケーソン据付時のケーソン動態システムの活用事例

ケーソン等の据付作業を行う場合は、ケーソン内のバラスト水の調整により据付位置を確定する必要がある、ケーソンの動態監視を行いながら注水状況を確認する必要がある。

ケーソン据付時には、バラスト水を調整しながら据付時の安定を確保するが、複数の隔室を同時に調整する必要がある。

付録の架設事例 2に、ケーソンを岸壁法線に対して45度の角度を持たせた状態で吊上げ、据付工事において計測施工を行った事例があり、GPSによる3次元的位置情報によりケーソン動態監視システム、注水状況をリアルタイムに把握する注排水システムを活用しながら据付作業を行ったものとして事例があるので、参考とされたい。

7.1.3 ニューマチックケーソンの水平性管理の計測施工の活用事例

ニューマチックケーソンのケーソン沈下掘削においては、地質の状態や掘削状況、不等沈下による水平変位や傾斜、それに伴う急激な気圧の変動を即座に把握して安全に施工する必要がある。

ニューマチックケーソンの施工では、密閉された高圧空気により、湧水を排除しながら作業を進めるものであり、送気・加減圧管理に留意し、安全で慎重な作業が求められる。

ケーソン沈下掘削においては、地質の状態や掘削状況、不等沈下による水平変位や傾斜、それに伴う急激な気圧の変動を即座に把握する必要がある。

ケーソン函内で計測された各種データを集中的に一括管理し、掘削時の異常を素早く察知することで安全且つ効率的な掘削作業が可能となる。

付録の浮体事例3に、ケーソン沈設時、自動計測システムを用いて24時間計測を行い、ケーソン沈下量、傾斜、刃口反力、周面摩擦力等の計測値を迅速に把握し、自主管理レベルによる早期偏心補正対策を実施することで、ケーソン基礎の水平性を確保した事例があるので、参考とされたい。

7.2 架設関連の計測施工に関する項目

7.2.1 複数の起重機船による架設時の計測施工の活用事例

複数の起重機船による架設には、起重機船の吊上げ・吊下げ速度の同調や平面相対位置等の管理が重要となる。

複数の起重機船による構造物の架設時には、各起重機船の平面位置や吊り反力の均一化、荷重バランスの調整、吊上げ・吊下げ速度の同調等の管理を行うことが必要で、更に、これらの管理を同時進行で一括管理することが重要である。

付録の架設事例 1に、大型起重機船3隻の相吊りによる橋梁上部工を架設した事例がある。ここでは、吊荷重管理、高度管理、起重機船位置管理、橋梁トラスの吊上時姿勢管理等をモニター上で一括管理する相吊作業管理システムを構築して架設を行ったので参考とされたい。

7.2.2 ジャケット据付時の計測施工の活用事例

ジャケット据付時に、クレーンオペレータが目視確認できないような施工となる場合、計測施工の活用が有効である。

付録の浮体事例 6のように、日中に近接する係留施設での荷役や近隣に空港がある場合、ジャケット据付作業は、夜間に行う必要がある。その際、クレーンオペレータが目視確認を行うことは困難である。そこで、安全に施工を行うためには、計測施工技術を

活用することが必要である。過去には、ジャケットを既設鋼管杭に誘導する「ゼロガイドナビ」や、「可動ローラ付鋼管ガイド」の計測施工により安全に施工することが可能となる事例があるので参考とされたい。

付録の架設事例 3に、ジャケット上に設置した光波プリズムを視準し、座標を測量してリアルタイムで位置を計測しながら施工する方法があり、計測施工の事例として参考とされたい。

7.3 土留・基礎工関連の計測施工に関する項目

7.3.1 仮設鋼管矢板施工・掘削時の計測施工の活用事例

掘削時において、傾斜やひずみ等の変位の計測により、地盤面や構造物の変位を早期に把握することで、確実な計測管理のもと安全な施工を図る。

掘削時の不測の事態による事故を防止するために、施工途中の傾斜やひずみ等の変位を計測することで、異常な変位やひずみの発生に対して、早期に安全対策の必要性を判断することが可能となる。

付録の土留・基礎工事例 1では、鋼管矢板の中詰材を施工する前に掘削したため、支保工に過大な応力が作用し鋼管矢板本体が圧壊した。復旧工事にあたっては、傾斜計・ひずみ計等を設置し、確実な計測管理のもとに安全施工を図った事例があるので参考とされたい。

7.3.2 大深度・長尺土留工における施工時の計測施工の活用事例

大深度・長尺土留工の施工時における掘削では、土留め工の安全を確認した上で、各種計測による掘削底盤や周辺地盤の影響をリアルタイムで把握する。

近年、地下工事の大型化や埋設物が輻輳した地下工事など施工が複雑化してきており、各施工段階の状況に応じて土留め壁、支保工、周辺状況等について観察、計測を行い、これらの情報をリアルタイムに施工に反映させることが重要となっている。

付録の土留・基礎工事例 3に、土留め壁等の変形・応力、土圧・水圧の実測値と設計値を比較し、解析方法の妥当性の検証し、土留め工の安全性を確認した上で、各種計測による掘削底盤の安全性確認、周辺地盤の影響を確認し、安全に施工するための計測施工システムを確立した事例があるので参考とされたい。

7.3.3 基礎杭打設時の計測施工の活用事例

基礎杭打設時には、杭曲り、孔壁等の変位が発生する可能性があるため、変位による事故を防止して、安全な施工を図る。

基礎杭打設時には、計測項目、計測機器の設置位置、計測器の個数、計測の目的、工事の規模、周辺構造物の状況および重要度、地盤条件を考慮して施工管理基準を決める。土留め工事における管理基準値は、設計条件や周辺環境条件から決定し、「1次管理値」、「2次管理値」、「限界値」などに細分化しておく并使用しやすい。

付録の土留・基礎工事例 2に、杭曲り、孔壁等の計測施工による危険予知を徹底し、安全に施工を行った事例があるので参考とされたい。

7.3.4 解析方法の見直しを行う上での計測結果の活用事例

地盤改良の強度発現を確認する必要がある施工において、計測結果をもとに現状の安全性を確認し、計測データを使用した次段階施工の安全を予測する逆解析や施工段階毎の解析の実施により、安全性の確認を行い、工事の続行の判断を行う。

土留め工事において、従来の許容応力度法では施工が困難な状況にある現場において、計測施工を活用することにより、安全に施工を行うための解析の実施が必要である。

特に、地盤条件から設定した土質モデルで、掘削を行った時点の計測結果を用いて、土留め工の応力計算を行う場合、計測結果と解析モデルのフィッティングを行い、より現実に近い解析手法で安全性の確認を行うことが可能となる。

付録の土留・基礎工事例 4に、地盤改良（CDM）強度設定の違いにより発生曲げモーメントの値が大きな影響をうけるため、当初のバイリニアモデルから現実に近い脆性破壊モデルでの計測管理を行った事例があるので参考とされたい。

7.4 その他の計測施工に関する項目

港湾工事の施工過程において計測施工、情報化施工を実施し、安全性を向上させるために必要な情報を的確に把握することが、施工の安全性を担保する上で重要である。

計測施工に関しては、新技術情報提供システム（NETIS）を参考にすることも重要である。新技術情報提供システム（NETIS）には、港湾工事の施工に関する計測・情報化技術として多くの技術があるので参考とされたい。以下にその例を示す。

- ・『遠隔操作ケーソン注水管理システム（CGK-140002-A）』

注水位及び函体水平性を自動計測により遠隔一元管理するシステム。施工精度・施工性の向上が期待できる。

- ・『海底地形探知ソナー施工管理システム（KKK-140004-A）』

港湾、河川浚渫(床掘)工事におけるクラブ浚渫(床掘)工において、ソナーを利用し安全・安心に海底形状を測深し、浚渫(床掘)精度を上げるための記録と表示を行う施工管理システムである。

- ・『掘削断面連続測深システム（KTK-120006-A）』

ポンプ浚渫工事において掘削直後の海底面をリアルタイムかつ連続的に計測し掘削深度の管理精度を向上させ、余掘りの低減を実現する。

・『ケーソン据付支援システム (KTK-150003-A)』

ケーソン据付時の位置誘導、姿勢管理、注排水管理をリアルタイムにモニタリングするシステム。据付時の安全性、据付精度が向上する。

・『ケーソン注水管理システム (THK-150001-A)』

本技術は、ケーソン据付(又は仮置)時の注水及び浮上時の排水を、リアルタイムに水位計測された各柵間の水位差に基づくポンプの自動制御により管理するシステムである。本技術の活用により、ケーソンの注排水作業時の省人化及び安全性、施工性の向上を図ることができる。

・『作業船位置管理支援システム (KTK-150005-A)』

施工内容に応じた様々な背景図にGPS・方位情報をもった作業船舶を表示するシステム。作業船の位置管理が容易となる。

・『作業船運航支援・施工管理支援システム (KTK-090002-V)』

一般船舶と工事用作業船の動向をインターネット上で監視できる工事用運航管理システム。

・『白石式無人ケーソン工法 (KT-990443-V)』

遠隔操作によるニューマチックケーソンの無人掘削システム。

・『船舶安全監視システム (QSK-110005-V)』

港湾工事における一般船舶(AIS搭載船舶)の安全対策と作業船の運航監視のために作られたシステム。

・『ナローマルチビームによる水部の詳細地形測量 (HK-060006-V)』

今まで断面的にしか計測することができなかった水面下の地形を面的に計測する。

・『光ファイバ変位計測システム (KT-140113-A)』

長大構造物(トンネル、橋梁など)の変形を高精度に自動計測できるシステム。広範囲をリアルタイムに動態監視することができ、工事の安全性、品質の向上・省力化が図れる。

・『マリスタンプ工法 (CGK-140004-A)』

水中基礎捨石均しについて自動追尾トータルステーションとGPSを活用したシステム。海上での管理が可能となるため透明度が悪い海域でも適用できる。

・『レーザー距離計による多点同時変位計測システム (KT-110063-A)』

レーザー距離計を用いた地盤の面的挙動をリアルタイムに監視するシステム。1秒間隔で多点同時に連続計測でき、僅かな変位を検知できるので安全性が向上する。

・『3D鋼管杭打設管理システム (CBK-150003-A)』

高さの異なる2点の杭位置をノンプリズム式TSで視準し、杭の任意の位置での移動量や傾斜をモニターに表示できるシステムである。従来はトランシットで視準し、オペレータに伝達していた。本技術の活用により、省力化が図られ、施工精度の向上が期待できる。

・『GCS900 バックホウ浚渫3Dガイダンスシステム (QSK-090005-V)』

バックホウにRTK-GPSを取付、バックホウの位置と向き、バケットの向き、爪先の位置と高さを1cmの単位でモニターに表示するシステム。

[参考文献]

- 1)仮設構造物の計画と施工：土木学会、2010年
- 2)港湾の施設の技術上の基準・同解説：(社)日本港湾協会、平成19年
- 3)道路土工 仮設構造物工指針：(社)日本道路協会、平成11年
- 4)港湾工事施工実務（改訂版）：((財))港湾空港建設サービスセンター、平成23年
- 5)鋼橋海上（水上）架設工事マニュアル[技術編]：(社)日本橋梁建設協会、(社)日本海上起重技術協会、1992年
- 6)沈埋トンネル技術マニュアル（改訂版）：(財)沿岸開発技術研究センター、平成14年
- 7)ジャケット工法技術マニュアル：(財)沿岸開発技術研究センター、平成12年
- 8)鋼構造架設設計施工指針：土木学会、2012年
- 9)海岸保全施設の技術上の基準・同解説：海岸保全施設技術研究会、平成16年
- 10)杭基礎のトラブルとその対策（第一回改訂版）：(社)地盤工学会、平成27年
- 11)根入れ式鋼板セル工法設計施工マニュアル：根入れ式鋼板セル協会、2005年
- 12)座屈設計ガイドライン：土木学会、2005年