

マイクロフィルム用資料

ISSN 0386-5878

土木研究所資料第3732号

土木研究所資料

土木構造物の構成要素に着目した

性能の階層化整理

—シールド工事を対象としたケーススタディ—

平成12年5月

建設省土木研究所
材料施工部機械研究室

Copyright © (2000) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

土木構造物の構成要素に着目した 性能の階層化整理 —シールド工事を対象としたケーススタディ—

室 長 江 本 平
室 長 村 松 敏光*
主任研究員 持 丸 修一**
研 究 員 田 中 和嗣

要 旨

国際化や多様化する建設事業への社会的要求の高まりに対応するために、土木工事の技術仕様を構造物に本来求められている性能に着目した内容により規定し、これを合理的かつ的確に品質管理・検査する新しい品質管理体系を確立することが求められている。また、これを円滑に行うために、土木分野への性能規定導入が期待されている。本研究は、公共土木工事の技術仕様の性能規定化の方法を検討しつつ、性能に着目した新しい品質管理体系の提案を行うものである。本報は、その第1段階として、土木工事における性能規定の技術的手法として土木構造物の構成要素に着目した性能の階層化整理の方法を提案するとともに、シールド工事を対象にした性能の階層化整理のケーススタディ結果を示すものである。

キーワード：性能規定，技術仕様，シールド工事

* 現 財団法人先端建設技術センター 普及振興部長

** 現 関東地方建設局 関東技術事務所 機械課長

はじめに

近年の国際社会において、技術仕様を性能に着目して定めることにより国際貿易の容易化を図ることが求められている。また、国内建設事業においても、設計基準等を構造物本来の目的達成を重要視したものへ改定することにより、設計・施工の自由度を向上し、民間企業の活力を活かした新技術開発導入のインセンティブを確保することが求められている。さらに、公共事業に対して、国民意識の多様化等により、良質な社会資本を整備・維持する従来の必要性に加え、適切な価格でタイムリーに調達されることが求められている。これらの国際化や多様化する公共工事への社会的要求の高まりに対応するためには、土木工事の技術仕様を構造物に本来求められている性能に着目した内容により規定し、これを合理的かつ的確に品質管理・検査する品質管理体系を確立する必要がある。これらを円滑に行うために土木工事への性能規定導入が期待されており、建設省においても、建築基準法の改定や各種技術基準類の性能規定化を進めるとともに、公共工事の性能規定発注を試行している。しかし、土木分野における性能規定導入の技術的手法や、性能に着目した技術仕様に基づく合理的かつ的確な品質管理・検査の方法は確立していない。

本研究は、これらの課題を解決し、性能に着目した品質管理体系を提案することを目的に行うものである。本報においては、その第1段階として、土木工事における性能規定の技術的手法として、土木構造物の構成要素に着目した性能と品質の階層化整理の方法を提案する。これは、土木工事における要求性能が、土木構造物やその構成要素に対して示されることや、品質管理・検査が工事完了時や施工途中の種々の段階において実施されることを考慮した提案である。また、性能に着目した品質管理・検査方法を検討するために、シールド工事を対象にしたケーススタディを行っており、本報においては、シールドトンネルの要求性能を階層化整理した結果を示す。

目次

はじめに

1. 研究総論	1
1.1 研究の背景	1
1.2 研究の内容	1
2. 建設事業への要求	4
2.1 国際社会における要求	4
2.1.1 国際協定に基づく要求	4
2.1.2 国際規格との整合性の確保	4
2.1.3 品質管理と国際規格	5
2.2 公共工事への要求	5
2.2.1 アカウンタビリティの確保	7
2.2.2 設計・施工に対する自由度の向上	8
2.2.3 コスト縮減	8
2.2.4 新しい入札・契約方法の導入	9
3. 建設事業への性能規定導入の現状	10
3.1 建築分野における性能規定導入の現状	10
3.1.1 欧米の建築分野における性能規定導入の背景 ⁽¹³⁾	10
3.1.2 欧米の建築分野の性能規定化と NKB Level System	10
3.1.3 国内の建築分野における性能規定導入の背景	11
3.1.4 性能規定検討の方向	13
3.1.5 性能規定の課題	13
3.2 性能規定に関するこれまでの議論	14
3.2.1 コンクリート分野の性能規定化より	14
3.2.2 土木分野全般の性能規定検討より	15
3.2.3 建築分野の性能規定化より	16
4. 技術仕様の性能規定化	17
4.1 土木分野における性能規定の定義	17
4.1.1 検討の方針	17
4.1.2 性能と品質	17
4.1.3 検査・検証と照査	19
4.2 土木分野における性能規定化の概念	20
4.2.1 検討の方針：性能と品質の階層性	20
4.2.2 階層化整理の前提	22
4.2.3 土木工事の各階層における品質と性能の関係	23
4.2.4 要求品質の性能規定化	24
4.2.5 性能規定における検査	26

4.3	シールド工事を対象としたケーススタディ	27
4.3.1	検討方針	27
4.3.2	シールドトンネルの要求性能	27
4.3.3	要求性能の階層化整理への追加	31
4.3.4	技術仕様の性能規定化	31
5.	まとめ	35
	おわりに	37
	参考資料	

1. 研究総論

1.1 研究の背景

近年の国際社会において、国際規格及び国際適合性評価制度の発展とそれによる国際貿易の容易化が求められている。そのために、WTO（世界貿易機関）により、GATTスタンダードコードを改訂した「貿易の技術障害に関する協定（TBT 協定）」が定められ、さらに、政府調達に関しては、「政府調達に関する協定」が定められている。これらの協定において、技術仕様は、「適当な場合にはデザインまたは記述的に示された特性よりも、性能に着目して定め、国際規格が存在する場合には当該規格に基づいて定めること」とされている。また、ISO（国際標準化機構）により、品質管理を目的とした ISO9000s 等の国際規格の整備が進められている。

一方、国内建設事業において、設計・施工の自由度を向上し、民間企業の活力を活かした新技術開発導入を促進するために、設計基準等を構造物本来の目的達成を重要視したものへ改訂することが求められている。建設事業の多くを占める公共工事に対しては、国民意識の多様化等により、良質な社会資本を整備、維持する従来の必要性に加え、適切な価格でタイムリーに調達されることが求められている。

このような、国際化や多様化する公共工事への社会的要求の高まりに対応するためには、土木構造物に本来求められている性能に着目した内容により技術仕様を規定して、これを合理的かつ的確に品質管理・検査することが有効である。これを円滑に行うために土木工事への性能規定導入が期待されている。性能規定化導入については、これまでに建築分野において多く行われており、近年、土木分野においても種々の検討がなされている。建設省においても、土木分野の各種技術基準類の性能規定化を進めるとともに、公共工事の性能規定発注を試行している。しかし、土木分野における性能規定の検討は、個別の課題に対するものとなっており、技術的手法の確立はなされていない。また、国内外社会の社会的要求の高まりに対応するためには、性能規定導入だけにとどまらず、性能に着目した新しい品質管理体系を確立する必要がある。

1.2 研究の内容

本研究は、土木分野における性能規定導入の技術的手法や、性能に着目した技術仕様に基づき、合理的かつ的確に品質管理・検査を行う新しい品質管理体系を提案することを目的に行うものである。本報は、その第1段階として、土木工事における性能規定の技術的手法として、土木構造物の構成要素に着目した性能と品質の階層化整理の方法を提案するとともに、性能に着目した品質管理・検査方法を検討するために、シールド工事をケーススタディとして要求性能の階層化整理を行ったものである。本報で報告する調査内容と研究内容は以下のとおりである。

1. 国際社会における要求の整理
2. 公共工事を取りまく現状の整理
3. 建築分野における性能規定導入の背景の調査
4. 性能規定に関するこれまでの議論の調査
5. 土木分野における性能規定の定義の研究
6. 土木分野における性能規定の概念の研究
7. シールド工事の性能規定化の研究

これらの関連を図-1.1 に示す。

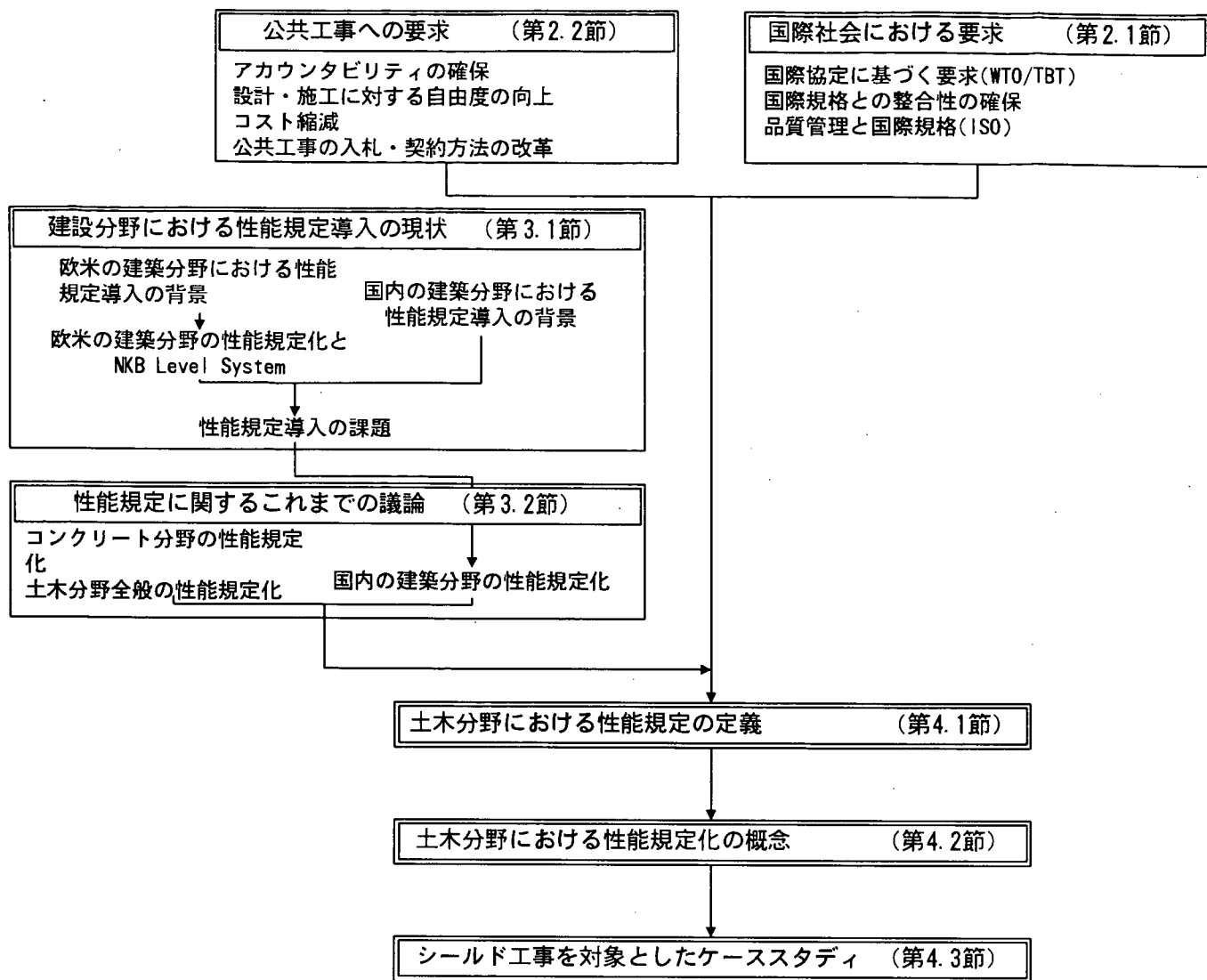


図-1.1 研究内容の関連

第1に、土木工事全般に対する国内外社会の要求や公共工事に対する要求を整理した。土木工事の技術仕様を従来のように規定するか性能規定によるかは、性能規定の導入目的である国内外社会の要求や公共工事への社会的要求への適用性を検討して決定されることになる。技術仕様の性能規定化方法は、これらの要求に対応可能なものでなければならないと考える。そのため、性能規定の検討を行うにあたり、国内外社会の要求や公共工事への社会的要求を整理把握することとした。2.1節には国際社会における要求を整理している。また、本研究が公共工事を対象としていることから、2.2節には公共工事を取りまく国内社会の要求の現状を整理している。

第2に、建築分野における性能規定導入の背景を整理した。これまで、国内外において、建築分野における性能規定が多く検討されている。土木分野における性能規定の種々の検討は、建築分野における検討を参考に行われている。この検討方法は非常に有効であるが、土木分野と建築分野における性能規定導入の目的の相違を把握しつつ行う必要があると考える。また、建築分野における性能規定の課題を整理して把握することは、土木分野における性能規定検討にとっても意義があると考え。そのため、国内外の建築分野における性能規定導入の背景を整理している。

第3に性能規定に関するこれまでの議論の概略を整理した。これまでに行われている土木分野における性能規定の検討は、コンクリート分野や建設マネジメント分野等の個別分野の課題に対するものであり、多くの検討は、コンクリート標準示方書や道路橋示方書等の技術基準類に関するものである。しかし、これらの検討の現状を参考にすることは、技術仕様の性能規定化手法を確立するために有効である。また、建築分野における検討内容についても、上記の性能規定導入の背景を考慮しつつ参考にすることも有効である。そこで、これらの概略を整理している。

以上の現状調査等を踏まえて、土木分野における技術仕様の性能規定化手法を検討した。第4に、検討の前段階として本研究における「性能」や「性能規定」、その他本報で使用する用語について定義を行った。これは、土木分野における性能規定の検討が個別課題に対する対応となっており、体系的検討がなされていないために、これらの用語の概念について関係者間の受け取り方に若干の相違があり、以降の検討内容に対して、齟齬や誤解等の混乱を生じる危険を解決するために定義したものである。この定義は、性能規定に関する研究に対して、何らの提案を行うためのものではない。しかし、今後、定義を行う必要が生じた場合に、検討のための何らかの参考になることを期待して、定義の検討根拠等についても示している。

第5に、技術仕様の性能規定の技術的手法として、土木構造物の性能と品質の関係モデルを提案した。土木工事における要求性能が土木構造物やその構成要素に対して示されることや、品質管理・検査が工事完了時や施工途中の種々の段階において実施されることを考慮して、要求性能の規定対象と品質管理・検査項目を明確にするために、関係モデルは構成要素に着目した階層化整理により記述した。

最後に、提案したモデルの有効性を確認しつつ、性能に着目した品質管理・検査方法を検討するために、性能の階層化整理を、シールド工事を対象としたケーススタディにより行った。各構成要素に要求されている性能の検討は、シールドトンネル全体に対する要求目的をシールド工事全体の要求目的として検討した。

2. 建設事業への要求

2.1 国際社会における要求

2.1.1 国際協定に基づく要求

近年の国際社会において、国際規格および国際適合性評価制度の発展とそれによる生産効率改善と国際貿易の容易化が求められている。

そのため、1975年2月の東京ラウンドにおいて、GATTスタンダードコード「貿易の技術的障害に関する協定（TBT協定）」が成立し、1995年1月のWTO（政府貿易機関）設立に伴う改訂をへて、WTO協定書の附属書1に包含されている。この協定において、加盟各国における国際規格の基礎として国際規格を採用することが規定されている⁽¹⁾。例えば、強制規格に関しては、「加盟国は、強制規格を必要とする場合において、関連する国際規格が存在するとき、（中略）当該国際規格またはその関連部分を強制規格の基礎として用いる」とされており、また、「加盟国は、適当な場合には、デザインまたは記述的に示された特性により性能に着目した製品の要件に基づく強制規格を定める」とされている⁽³⁾。なお、強制規格とは、「製品の特性またはその関連の生産工程もしくは生産方式について規定する文書であって遵守することが義務づけられているもの（適用可能な管理規定を含む）。強制規格は、専門用語、記号、包装または証票もしくはラベル等による表示に関する要件であって、製品または生産工程もしくは生産方法について適用されるものを含むことができ、また、これらの事項のうちいずれかのもののみでも作成することができる。」と定義されているものである。政府調達に対するTBT協定の適用は、一般規定として「政府機関が自らの生産または消費の必要上作成する購入仕様は、この協定の規定の適用を受けないものとする。もっとも、これらは、政府調達に関する協定の対象とされる範囲内で同協定において取り扱われる」とされていることから、その適用範囲の解釈に検討の余地があると考ええる。

政府調達に関しては、1979年4月に物品と対象として作成された「政府調達に関する協定」が1981年1月に発効している。その後、物品からサービス分野までを対象とする改訂がなされ、1996年1月に新協定が発効している。この協定において、技術仕様は「適当な場合にはデザインまたは記述的に示された特性よりも、性能に着目して定め、国際規格が存在する場合には当該規格に基づいて定めること」とされている⁽⁴⁾。

これらの国際協定の遵守が求められる我が国においては、これらの協定への対応が必要である。公共事業の入札・契約方式に関しては、一般競争入札方式の本格的採用や設計・コンサルティング業務における公募型方式の導入、外国企業の適正な評価等を内容とする「公共事業の入札・契約手続きの改善に関する行動計画（平成6年1月18日）」が新たな政府調達に関する協定を先取りする形で策定されている。他方、政府調達として行われる公共事業および民間部門の調達として行われる土木工事の仕様及び技術基準については、その基礎として、国際規格がある場合には、それを使用することが求められている。いい換えれば、我が国の土木事業に使用される仕様及び技術基準は、国際規格と整合したものとすることが求められている⁽¹⁾。

2.1.2 国際規格との整合性の確保

現在、ISO（国際標準化機構）により、技術仕様の国際規格としてのISO規格の整備が進められている。国際協定による要求に対応するために、JIS（日本工業規格）や各種団体規格（土木学会等の技術基準）等とISO規格の国際整合性を確保することが必要となっている。政府の「規制緩和推進計画（平成7年3月31日閣議決定）」に基づき、JISの国際規格整合化のための

作業は、平成10年3月に一応終了している。しかし、図-2.1に示すように、現在、約2000のJIS規格がISO規格と重複しており、JIS規格またはISO規格の増加に伴い、この重複件数が増加することが予想されるため、一層両者の整合を図る必要が生じることとなる⁽¹⁾。

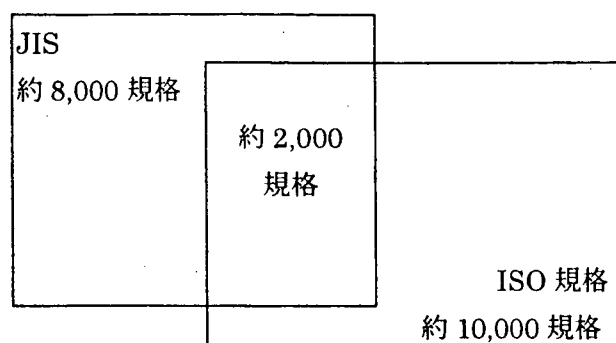


図-2.1 ISO 規格の国内への適用について

2.1.3 品質管理と国際規格

近年、ISOにおいては、従来のような技術仕様だけでなく、マネジメントシステムに関連した規格として、自主的品質管理等を含めた品質管理や品質システムに関するISO9000's等の国際規格の整備が進められている。これらは、製品やサービスを作り出すプロセスに関する規格であり、供給者が、受容者の要求事項を満足する製品やサービスを継続的に供給するためのシステム（品質管理システム）を備えているか否か、また、その実施状況が適切であるか否かをチェックするためのものである⁽²⁾。ISO9000'sは、9000～9004までの規格とその用語を定義するISO8402からなり、それを用いる企業等は、その目的に応じてそれぞれの規格を使い分けている。

企業等の品質管理システムがISO9000'sの要求事項に照らして妥当であるか否かの認証は、審査登録機関（第三者機関）が行うが、我が国における審査登録機関は29機関（平成10年7月現在）あり、建設分野では、16機関ある。また、これらの審査登録機関の認証活動が適切であるか否かを認定する機関として、(財)日本適合性認定協会（JAB）がある。

(財)日本適合性認定協会によれば、現在、建設分野におけるISO9000'sの認証取得状況は、ISO9001について725件、ISO9002について291件となっている⁽⁵⁾。このような状況のもと、建設省においては、ISO9000'sを公共工事に適用することの意義、適用に当たっての課題及び対応策等について、「品質・環境・労働安全衛生等に関する国際規格の公共工事への適用に関する調査委員会」により検討しており、パイロット事業についても、「平成12年度より一定の範囲の工事に対して、ISO9000'sを適用することを視野に入れて、公共工事への適用方法を検討する」としている⁽⁶⁾。これを受けて平成8年度よりISO9000's適用パイロット事業を実施しており、平成8年度においては、4件のパイロット工事（ISO9001適用工事1件、ISO9002適用工事3件）が実施されており、平成9年度にはパイロット工事7件（ISO9002適用工事）、業務1件（ISO9001適用業務）が実施⁽⁷⁾、平成10年度には14件が予定されている。

2.2 公共工事への要求

我が国における社会資本整備は、これからの成熟社会の到来に備え、高齢化、高度情報化、国際化等に対応できる社会を、環境や歴史・文化に配慮しつつ形成し、活力ある美しい国土を

形成するための基盤として重要となっている。しかし、戦後本格化した社会資本整備は、急増するニーズに最低限応えるレベルにとどまらざるをえないものであった。そのため、社会的にも経済的にも大きな転換期を迎えた現在、豊かさを実感できる質の高い社会資本整備を国民のコンセンサスの下に進められるべきである。この社会資本整備（公共工事）は、国民の利益のために進められるべきものであり、公共工事の顧客（カスタマー）は、国民であり、かつ公共工事の真の供給者も国民であるという認識に立ち、率先してコスト意識に根ざしつつ、効率的に実施することが求められている。そのため、建設省・農林水産省・運輸省は共同で、公共工事の顧客（カスタマー）は国民であり、公共工事の真の供給者も国民であるとの認識に立った「発注者・設計者・施工者が一体となった総合的品質管理（TQM：Total Quality Management）の推進」を基本方針とした「公共工事の品質に関する委員会報告書（平成8年1月）」を示している⁽⁸⁾。この報告書の中で、公共工事を取り巻く環境は、以下の8つの項目に分類して述べられている。

1. 入札・契約制度の大改革
2. 建設市場の国際化
3. 建設費縮減の要請
4. 建設産業の現状
5. 環境問題への関心の高まり
6. 規制緩和と製造物責任法（PL法）の施行
7. 高度情報化の進展
8. 国民ニーズの多様化

これらの内容の主なものは、後述するとおりであるが、特徴的な内容として、「PL法は対象となる製造物を「製造または加工された動産」と定義しており、建設工事は対象とならない。しかし、消費者や利用者の安全性や品質に対する関心の高まりの中で、公共工事の品質についても規制緩和の流れの中で自己責任という視点でとらえていくことが求められている」とされていることを補足しておく。

建設省においては、この報告に提言された施策を逐次実行されているが、公共工事の発注官庁としての行動指針として、別途「公共工事の品質確保等のための行動指針（平成10年2月）」がとりまとめられている⁽⁹⁾。この指針の構成目次を表-2.1に示す。この行動指針において、公共工事発注者の役割として、その責任を示しており、公共工事の発注者は、良質な社会資本を低廉な価格で整備し、維持する責任を有しており、その目的を達成するために、公正さを確保しつつ、良質なモノを低廉な価格でタイムリーに調達する責任（発注者責任）があるとしている。また、公正さを確保するために、手続きの透明性が重要であり、さらに発注者責任を適切に果たしていることを説明する責任（アカウンタビリティ）が必要であるとしている。

これらのことを踏まえ、発注者責任の原点に立ち返り、その概念を整理し、公共事業の執行方式の改善策を検討するために、「発注者責任研究懇談会」が設立されている。この懇談会の中間とりまとめ⁽¹⁰⁾を参考として、現在、公共工事に対して要求されていると考えられる主要課題についてその意味を整理する。

表-2.1 公共工事の品質確保等のための行動指針 目次構成

第1部 公共工事の品質確保等のための発注者の役割 I 発注者の役割とは II 発注者の役割の課題 1. 計画 2. 設計 3. 工事発注計画 4. 積算 5. 入札・契約 6. 施工・監督 7. 検査・評価 III 発注者の役割・立場の明確化 1. 発注者・設計者・施工者の役割分担 2. 発注者の立場の明確化に伴う効果と課題 3. 立場の明確化に伴う発注者の役割 4. 発注者の体制 IV 発注者責任を果たすための方策 1. 計画 2. 設計 3. 工事発注計画 4. 積算 5. 予定価格と建設費 6. 入札・契約 7. 施工・監督 8. 検査・評価	第2部 公共工事の品質確保等のための主要施策 I 技術者・技能者の技量の向上と能力の発揮 1. 教育、研修等の推進 2. 技術者の技術力向上 3. 技術資格制度の活用 4. 業務の効率化と人材の有効活用 II 技術研究開発の促進と技術基盤の整備 1. 発注者による技術研究開発及び新技術導入の推進 2. 民間技術研究開発の支援 3. ライフサイクルにわたる品質・コストの評価手法の研究 4. 技術基準類の総点検 5. 設計及び施工の標準化の推進 6. 国際規格との整合 7. 技術情報データベースの整備 8. 公共事業支援統合情報システムの整備 III 品質を担保するための方策 1. 契約図書整備 2. 設計品質の確保 3. 設計者の品質保証の充実 4. 品質管理・品質保証システムの構築 5. 契約前の事前調査 6. 環境マネジメント手法の検討 IV 品質確保・向上のインセンティブ付与 1. 成績評価の積極的活用 2. 設計者の技術力の適正評価 3. 施工者の技術力の適正な評価 4. 優良業者の競争参加機会の確保 5. 技術者、技能者の働きがいの高揚 6. 企業及び技術者評価のためのデータベース整備 V 民間の技術力を活用する方式の導入 1. 技術提案を受け付ける方式(VE方式) 2. 設計・施工技術の一体的活用方式 3. 特許工法等の活用 4. 公共発注者支援方式
---	--

2.2.1 アカウンタビリティの確保

公共工事の適切な執行は、国民に対する行政的責任である。しかし、現状では、国民から発注者の姿や行為が見えにくいために、その責任の所在が国民にわかりにくくなっている。そのため、発注者が責任を適切に果たしていることを見えるように説明する責任が重要である。

公共工事の発注者である国、地方公共団体等は、社会資本の整備・維持者として、国（または地域）を発展させるために、良質な社会資本を低廉な費用で整備し、維持する責任を有している。そのため、国、地方公共団体等が、その目的を達成させるために民間企業から建設工事等のサービスの提供を受けようとする場合には、発注者として自ら、公正さを確保しつつ良質なモノを低廉な価格でタイムリーに調達し提供する責任を有している。この時、発注者としての公正さを確保するためには、手続きの透明性が重要であり、さらに発注者責任を適切に果たしていることを説明する責任（アカウンタビリティ）が求められることになる。そのため、これまでに多くの取り組みがなされており、これを入札・契約、積算関係とコスト縮減関係、事業評価関係に分類して整理すると表-2.2 のようになる。これらの取り組みにより、一定の成果が得られつつあるが、公共事業に対する国民の不信感がいまだに醸成されているのも事実であり、情報提供の充実度について、国民の約7割が「公共事業に関する情報が不足している面がある」と回答しているというアンケート結果もある⁽¹¹⁾。そのため、建設省においては、「公共工事の説明責任（アカウンタビリティ）向上行動指針（平成11年2月）」がとりまとめられている⁽¹¹⁾。この行動指針において、アカウンタビリティを向上するために、以下の4項目について公共事業を改革することが有効であるとされている。

1. 情報の共有化とコミュニケーションの推進
2. 社会資本に関する論点の明確化と臨機対応

3. (公共事業の) すべてのプロセスにおける評価の明確化
4. 公共調達の不断の改革継続

表-2.2 公共事業のアカウンタビリティ向上に関する取組

(入札・契約、積算関係)

昭和57年 6月	入札結果等の公表(閲覧)開始
昭和58年 4月	建設省積算基準公表
平成 6年 1月	「公共事業の入札・契約手続の改善に関する行動計画」閣議了解
平成 6年 4月	外部有識者で構成する入札監視委員会を各地方建設局で設置
平成 6年 6月	一般競争入札制度、公募型指競争入札制度を本格的に導入
平成 7年 6月	年度予算成立後等における発注予定工事情報の公表を開始
平成 9年10月	入札結果等の公表(インターネット)開始
平成10年 4月	建設省直轄工事の予定価格の事後公表を開始
平成10年10月	件背字章直轄工事の予定価格の積算内訳の公表を開始

(コスト縮減関係)

平成 6年12月	建設コスト縮減に関する行動計画策定、公表(建設省)
平成 9年 4月	関係閣僚会議において「公共工事コスト縮減対策に関する行動指針」決定、公表(全省庁)

(事業評価関係)

平成 7年10月	大規模公共事業評価システムを導入
平成10年 3月	建設省所管公共事業再評価実施要領、新規採択時評価実施要領を策定 →再評価システムを平成10年度より導入 →新規採択時評価は、平成10年度より原則として全ての事業で実施
平成10年 6月	社会資本整備に係る費用対効果分析に関する統一的運用指針(案)を策定 →各事業ごとのマニュアルを作成、改訂中

2.2.2 設計・施工に対する自由度の向上

発注者の監督行為としては、施工体制の確認の視点が重要である。また、この施工体制の確認に基づき、発注者は、設計変更の判断、発注者が関与すべき範囲の関係機関や地元の調整を行う必要がある。しかし、発注者の監督行為は、発注者が指定した部分に対する会計法、建築基準法に基づく確認行為にとどめるとともに、受注者の任意に任せた部分については指示を行わないとする方法がある。これにより、受注者の裁量の自由度を向上させることは、工事における新技術開発導入のインセンティブの確保やコスト縮減に有効な手段となる。しかし、その反面、公共工事の品質低下の懸念が生じる場合があるため、不良不的確業者の参入を防止し、中間段階における施工状況の確認および完成検査を徹底させるとともに、受注者により、ISO9000's等の導入を充実することが重要となる。

2.2.3 コスト縮減

現在の我が国の政治・経済・社会情勢を踏まえ、効率的な公共事業の展開を図ることが緊急の課題となっており、主要な公共工事担当省庁においては、事業の効率化・効果的執行を図るため、重点化等を進めている。建設省においては、平成6年12月に「公共工事の建設費の縮減に関する行動指針」が策定されている。しかし、厳しい財政事情のもと、効率的な公共事業の執行により、社会資本整備を着実に進め、本格的な高齢化社会到来に備える必要がある。また、公共工事は、多くの要素に関係する総合的な社会活動であり、公共工事の実効的なコスト縮減をはかるためには、公共工事担当省庁のみならず、その他の関係省庁を含め、政府が一体となった広範囲な取り組みが不可欠である。そのため、全閣僚を構成員とする公共工事コスト縮減対策関係閣僚会議が設置され、平成9年4月に「公共工事コスト縮減対策に関する行動指針」が策定されている⁽¹²⁾。

この行動指針のコスト縮減の以下の4分野について、19項目の施策を実施することになって

いる。

1. 工事の計画・設計等の見直しに関する施策
2. 工事発注の効率化等に関する施策
3. 工事構成要素のコスト縮減に関する施策
4. 工事実施段階での合理化・規制緩和等に関する施策

19 項目の施策の中には、技術基準等が急速な科学技術の進歩に対応できているか、また、基準類の運用が画一的なために不経済な設計となっていないかとの視点に立った、建築基準法令の性能規定化等を事例とする技術基準等の見直し（施策番号 2）等が含まれている。

この行動指針は、平成 11 年度末までにすべての施策を完了し、10 % 以上のコスト縮減を行うことを目標としている。その後は、フォローアップの結果を踏まえ、行動指針の見直しが行われる予定である。

2.2.4 新しい入札・契約方法の導入

現在の指名競争入札および一般競争入札等の入札・契約方式は、会計法第 29 条の 6 第 1 項における「予定価格の制限の範囲内で最高または最低価格をもって申し込みをした者を契約の相手方とする」との規定に基づき、自動落札方式を原則としている。この現行制度下の一般競争入札方式は、透明性に優れ、客観性が高い反面、発注者の主観性の排除が行き過ぎて、適切な裁量の余地が少なくなる弊害が顕在化している。公共工事の品質の確保・向上、有料業者の競争参加機会の確保のためには、「価格」のみの競争 (Price Only Policy) から、「技術力」を重視した競争 (Best Value Policy) への転換が必要と考えられている。そのため、価格以外での業者選定となり、会計法上の対応や WTO との整合性の課題を残しつつではあるが、新しい契約方法の検討導入が始められている。

公共工事の品質確保、コスト縮減等を図るために民間の技術力を一層広く活用導入するとともに、技術力による競争を促進することをも目的として、VE 方式が検討されている。これは、入札・契約段階での施工者の技術力の評価を重要視して、技術提案をうける方式である。

また、良質なモノを低廉な価格でタイムリーに調達する目的で、品質と価格の両面から企業を選定しうる方式として技術評価あるいは総合評価方式がある。この総合評価方式の公共工事への導入は、政府の規制緩和推進 3 年計画 (平成 10 年 3 月 31 日閣議決定) に基づくものである。

さらに、価格以外の要素を重要視する工事に対しては、技術交渉 (ネゴシエーション) 方式の導入が考えられる。

3. 建設事業への性能規定導入の現状

3.1 建築分野における性能規定導入の現状

建築分野における性能規定化は、土木分野より以前から研究が行われており、建築基準等に導入されている。性能規定化導入における課題についても、多くの場で述べられている。それらの課題には、土木分野の性能規定化においても検討の必要のあるものや、土木分野と建築分野を取りまく状況等の相違から、土木分野において対応方法の異なるものがある。そこで、本節では、土木分野における性能規定化導入の検討の資料とするために、文献資料に基づき、建築分野の性能規定化について整理するとともに、建築分野と土木分野の相違点を考慮し、土木分野における性能規定化の検討課題等について示す。

3.1.1 欧米の建築分野における性能規定導入の背景⁽¹³⁾

近年、新技術導入、工期短縮、建設コスト縮減を目的として、「性能指向の建築基準」や「性能仕様書」等が話題になることが多くなった。しかし、建築分野において、「性能概念」によって「要求」を表現しようという試みがなされはじめたのはそれ程新しいことではない。新技術等を建築生産に受け入れるための専門的評価による「認定(または承認)」を行う方法は従来からある。1960年代には既に、フランスとオランダ、ポルトガルにおいて、専門家等の評価により新しい材料や部品の適否を判断するシステムとして Agrément(後の Avis Technique) が運営されている。この「認定」では、評価される部品 (Components) について、その使用目的に応じて求められる性能を特定し、それを評価することが必要となる。そのため、部品に要求されている性能の種類についての分析的な研究が行われてきた。その結果、「性能概念」と関連した「認定」制度が、建築分野全般に広がったと考えられている。

ノルディック建築基準委員会 (NKB) は、各国の既存の建築規制上の要求基準を比較し、改訂の「基盤」を作成することを目的とした検討を行い、NKB Level System を規制要求基準の内容理解のための共通の枠組みとして開発した⁽¹⁴⁾。この NKB Level System が、欧州や北米の基準策定者に活用された結果、建築基準は、「性能の記述」により構成されるようになった。その後、国連ヨーロッパ経済委員会 (ECE) が、NKB Level System に基づき、建築規制のあり方について研究を行っている。

EC(現 EU) は、各国の建築規制の調和のために建築分野の性能規定化の検討を行っている。これは、いわゆる仕様規定が、技術進歩への対応や、建築法令の国際調和にとって問題となるとする考えによるものである⁽¹⁷⁾。EC は、1985年5月に「技術的調和及び規格に関するニューアプローチ (85/C136/01)」を定め、製品分野毎の規格や技術的調和の基本方針を示しており、建設分野についても建設製品指令 (Construction Products Directive) が示されている。この指令において、建設製品は、建設物に組み込まれた状態で基本的要件を満たすものであることが要求されている。これは、欧州を中心に発展してきた「性能」指向の考え方そのものであり、建築物を「要素」の集合体として捉え、各々の「要素」が建築物の部分として与えられたまたは期待される役割を満たすことが、建築物の性能の根元であるとする認識である。

3.1.2 欧米の建築分野の性能規定化と NKB Level System

記述の ECE により研究の結果として、居住用建築物に関する建築基準と実証方法に関するモデル規定が Compendium(概論) としてとりまとめられている⁽¹⁵⁾。ECE は、NKB Level System における Level1~3 のみを強制的な適用の対象とし、Level4(実証方法)、Level5(技術的解の例) は強制的な適用の対象外におくこととしている。

海外の建築基準の性能規定化は、NKBをベースとして比較することができる。平野は、性能規定型の建築基準が、明確な階層構造で整理できることに着目し、図-3.1、図-3.2に示すように、各国の建築基準の規定の構造を比較している⁽¹⁹⁾。

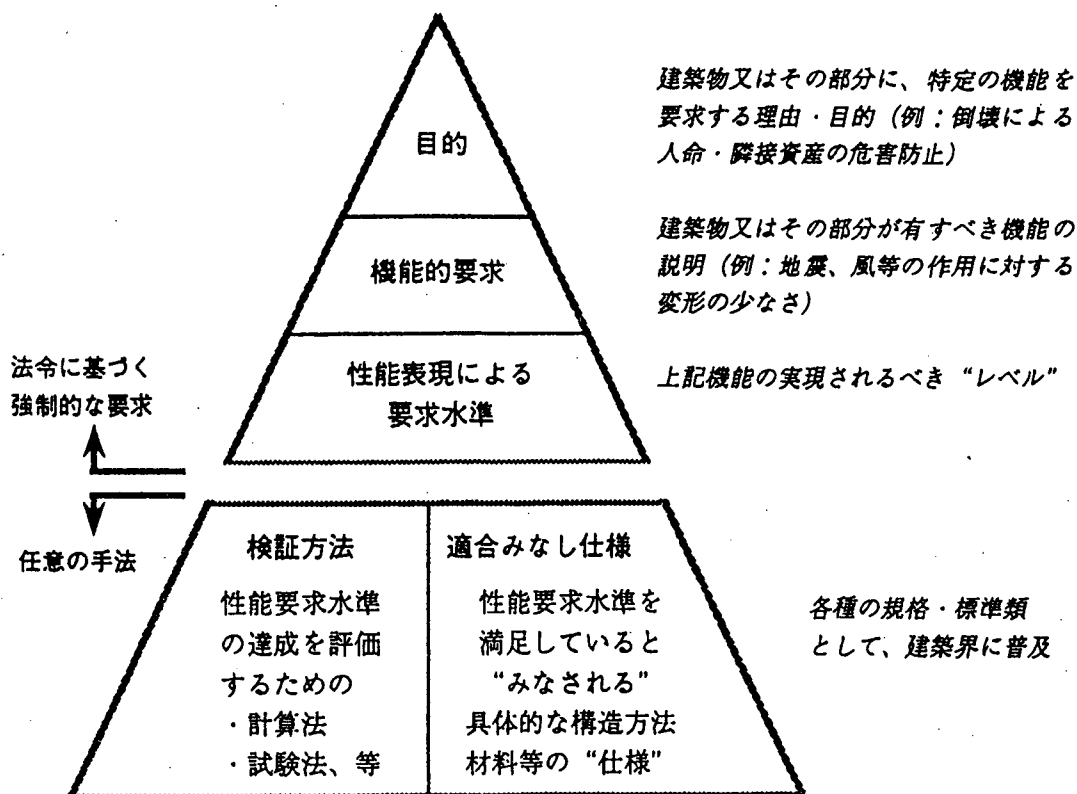


図-3.1 性能規定型技術基準の理念的モデル

オーストラリアにおいて、設計や執行を容易にするために要求に適合するとみなされる技術仕様の例が適合みなし規定（“deemed-to-satisfy” provision）として示されているが、この規定が、国家規格への参照が多くなされた、強制的な適用基準であることは特徴的である。この理由については後述する。

3.1.3 国内の建築分野における性能規定導入の背景

国内建築分野においては、1995年の兵庫県南部地震の被害から、建築物の耐震性能に対する社会的関心が高まり、耐震性能にグレードをつける試みや耐震性能を表示する設計技術の検討が行われるようになった。これらの検討は、性能の明確化という観点で、性能規定化と関係が深い⁽¹⁷⁾。耐震性能を含めた建築構造に関する社会のニーズが多様化し、消費者がより高度な安全性や機能性、あるいは財産の保全や適切なコスト等を求めるようになってきている。それに応える建築構造技術の進歩も著しく、新素材・新材料の開発、新しい構想方法の開発、新しい構造設計方法の提案等、様々な側面で技術開発が進んでいる。その結果、建築構造を性能指向型の体系にすることが求められている。このような状況を背景として、建設省建築研究所において、下記の4つを具体的な研究課題として、総合技術開発プロジェクト「新建築構造体系の開発」が研究された⁽¹⁶⁾。

1. 性能を基盤とした建築構造設計体系
2. 建築構造に要求される性能の考え方
3. 性能の水準の設定と性能評価の枠組

理念的モデルにおける
記述の階層レベル

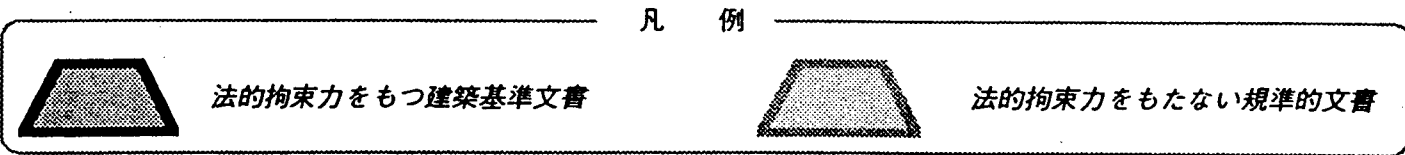
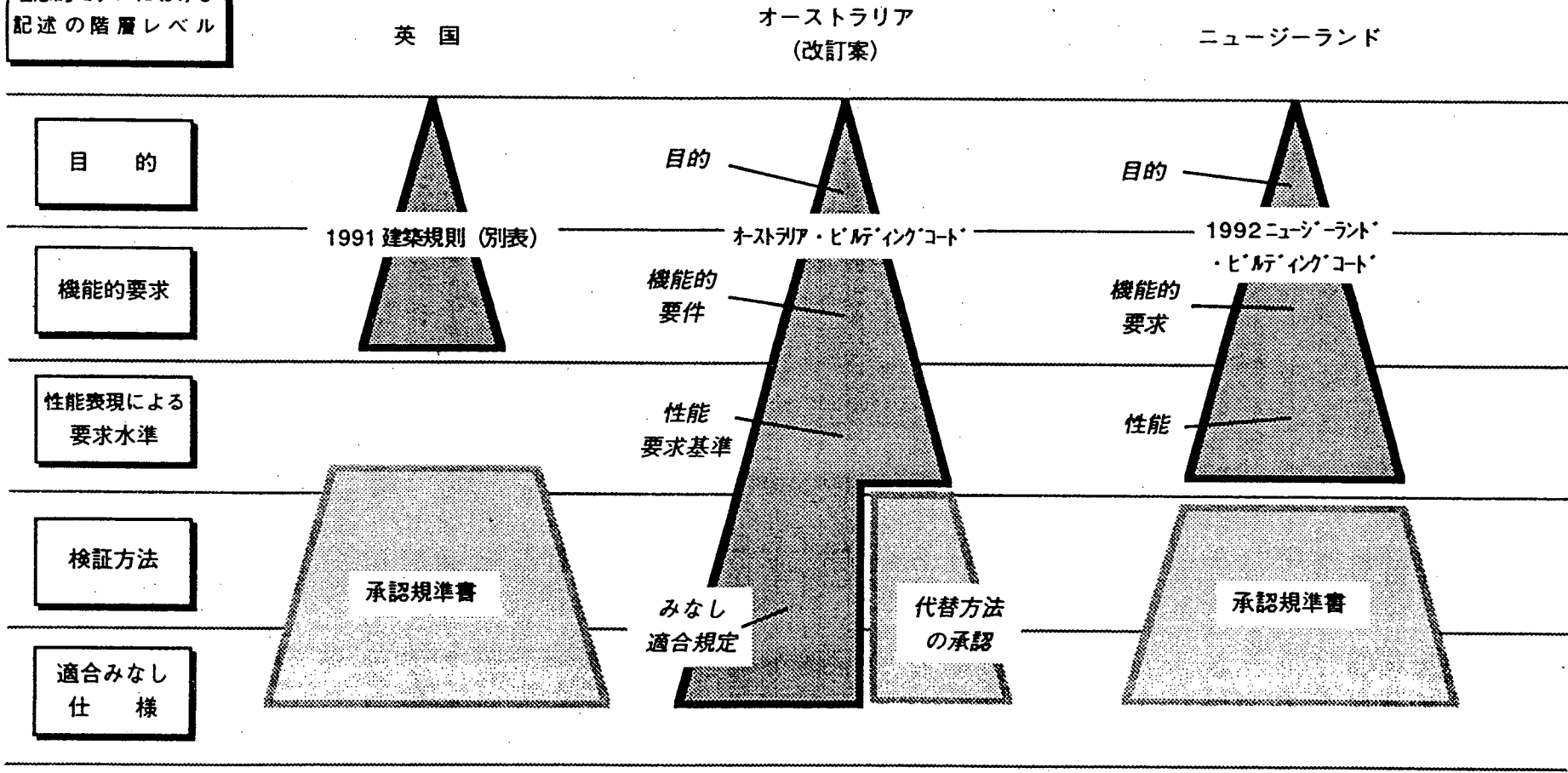


図-3.2 各国の建築基準の規定の構造の比較

4. 性能を基盤とした体系のための新たな社会機構

この研究において、建築構造の性能についての現状を以下のようにとらえている。

1. 設計において性能が明確にされていない
2. 消費者(所有者、使用者等)にわかりにくい
3. 建築構造の性能が価値判断の材料になっていない

これらのことから、建築構造を性能指向型の体系に移行することにより、消費者・設計者間の建築物の構造の各種機能に関する合意形成と、消費者の建築物の性能に対する十分な理解が可能となり、建築構造の分野に健全な市場が確立できることが期待されている。

これら社会のニーズ、建築構造分野における新しい体系の研究を考慮しつつ、住宅建設コストの削減を目的に、建築基準法の技術基準の性能規定化が行われた。

3.1.4 性能規定検討の方向

建設分野における性能規定について議論する場合、要求性能と、その検証方法がともに明確であることに着目されることが多い。しかし、守屋は、それ以前の課題として、下記の2つが重要であると指摘している⁽¹⁸⁾。

1. どのような性能を要求するのか。
2. どのレベルの性能を要求するのかについての疑義が少ない。

さらに、性能規定化すべき対象として真に求められているのは、部材や材料についての性能ではなく、空間に対する性能であると述べている。部材や材料に対する性能規定は、仕様規定よりましであっても、真の目標ではないとしている。この例として、界壁遮音についての規定を示している。部材として壁の遮音性能を規定しても、界壁の一部に遮音性能の悪いドアがついていれば、住戸空間の遮音性能は確保できない。建築物の使用者が求めているのは、部位の性能ではなく、部位の性能は、空間の性能を得るための手段に過ぎないとしている。

類似の意見として、平野は、性能規定化とは、部材や材料の要求特性を工学的に（例えば計算式や試験による評価）記述するものであると理解しているむきが一部にあるが、性能規定化の本質は、建築物またはその部材が、どのような目的をもった部分で、それ故にどのような特性を必要としているのかを系統だて、できるだけ普遍的かつ論理的な形で説明することにあるとしている⁽¹⁹⁾。

3.1.5 性能規定の課題

1996年に企画された「性能規定の必要性和問題点」（日本建築学会大会建築法制部門研究懇談会）等を主として、建築分野の性能規定化検討に関する資料から、技術的な内容に限定して性能規定化の課題を挙げると以下ようになる。

1. 性能評価実施の困難さ⁽¹³⁾
2. 施工品質の的確性や耐久性の検討⁽¹⁹⁾
3. 性能表現の困難さ⁽¹⁹⁾

第1は、性能規定が各々の要求性能項目毎に行われた場合の性能評価実施の困難さに関する課題である。例えば、「コンクリート壁」は構造的強度や耐火性等の種々の要求が課せられるが、各々の要求性能項目毎に性能評価を行い、設計することは、実務上困難であるとしている。

第2の課題について述べる。法令や関係技術基準の性能規定化により、要求性能のみを規定した場合、建築計画上では要求された条件を満足するが、性能の実現のために高度で特殊な施工技術の投入、管理手法の適用が必要である構造方法や材料が適用される可能性がある。また、劣化等による性能の維持ができない材料等が適用される可能性がある。そのため、性能規定化を行う場合には、施工品質の的確性や耐久性についての対応を検討しなければならない。

第3の課題について述べる。性能規定化する要求項目について、その目的や機能的要求を表現することは比較的対応可能である。しかし、要求水準として、要求される性能レベルを定量的に表現することは極めて困難である。要求水準を規定するために、特定の評価式等を使用した場合、他の評価方法との互換性が保てなくなる。しかし、定量的表現を避けると、要求性能が、抽象的な表現にならざるを得ない。この課題に対応するために、英国、ニュージーランドの建築基準においては、承認基準書で、限定的に適合の例を示すことにより対応している。また、オーストラリアでは、ビルディングコードで、定量的なクライテリアを与え、法的に義務づける最低基準を明確にするために、適合みなし規定を強制的効力を持つものとして基準に組み込むことで対応している。

3.2 性能規定に関するこれまでの議論

今日、公共工事を含めた土木工事は、2.1節で示した国際社会における要求や、2.2節で示した多様化した社会的要求に対応することが求められている。土木分野の性能規定化は、これらに対応するための方法の1つとして期待されており、その目的は明確にできていると考える。土木分野における性能規定を具体的に検討するにあたり、これまでにコンクリート分野や建設マネジメント分野で行われてきた性能規定研究を把握しておくことが有効である。また、土木分野より以前から建築分野において性能規定の検討が行われており、3.1節で示した性能規定化の経緯を踏まえつつ、建築分野における性能規定についても把握しておくことが有効である。本節では、これまで行われている土木分野の性能規定化についての議論、建築分野における性能規定検討の課題等についてその概略の整理を行う。

3.2.1 コンクリート分野の性能規定化より

a. 性能規定化の方針

1996年12月、日本工業標準調査会は、TBT協定の趣旨を踏まえ、JISについても「性能に着目した規格を積極的に導入する」ことを決定しており、性能規定化に向けた課題を含めて、同調査会土木部会コンクリート専門委員会において、「コンクリート分野の標準化計画案に関する報告書」をとりまとめている⁽²⁰⁾。この報告書において、コンクリート構造物の性能規定に対する全てのニーズに対応するためには、構造物だけ

でなく、構造物を構成するコンクリートやコンクリート材料を含めた構造物から材料に至るまでの各レベルにおいて規格の性能規定化を行う必要があるとされている。そのため、「性能規定化を検討する場合には、(中略)全体のつながりに十分配慮しつつ、それぞれのレベルで性能指向

表-3.1 要求性能

社会・環境性
安全性
使用性
復旧性
施工性
維持・管理性
解体・再利用性

の規格づくりのあり方を検討する必要がある」とされている。また、構造物の性能規定化として、「最終的な機能を果たすことになる橋梁や擁壁等、構造物として要求される性能を検討の出発点とすることになる」とされている。

b. 要求性能の検討

コンクリート構造物の補強設計に対する性能照査型補強設計指針(試案)において、構造物の要求性能を表-3.1のように大分類している⁽²¹⁾。また、コンクリート標準示方書の性能規定化検討においては、構造物に要求される種々の性能のうち、使用性として取り扱うべき項目を表-3.2のように示している⁽²²⁾。これらのコンクリート構造物に対する要求性能は、施工中から供用終了までの間、常に満足されなければならない、性能を検査するために、諸性能の経時変化を考慮する必要があるとされている⁽²¹⁾⁽²²⁾。

3.2.2 土木分野全般の性能規定検討より

a. 性能規定化の対象

土木工事において、発注者側は技術力のあるインハウスエンジニアを有しており、工事のチェック機能を持っている。これは、発注者(建築主)が非専門家である建築工事とは異なる。そのため、建築分野においては、安全管理・品質確保の手段として、建築基準法によるしきりと、行政による確認や検査があると考えられている⁽²³⁾。土木分野においても、その時代で最良の技術をもとに基準類や示方書等が作成されているが、これらには、建築基準法のように絶対的な拘束力がない。これらは、性能規定化されたとしても、よりよい構造物をなるべく安く造るための道具として位置づけられるべきである⁽²³⁾。

性能規定の導入により、国際社会や国内公共工事に求められている要求に対応するためには、土木工事の発注における技術仕様を性能規定化しなければならない。

b. 検査方法とその指標

公共工事を含めた従来の土木工事において、品質は、材料や部材等のついて明示的に規定されており、品質管理も、それらに対して建設プロセスにそって行われていた。一方、土木工事に性能規定が導入された場合、品質管理は、要求性能が満たされているか否かの性能評価により行う必要がある。技術の進歩に伴い、より高度な性能評価方法(検査方法)が利用可能になることが予想されるため、性能評価方法は、限定しないとする考え方もある⁽²²⁾。しかし、検査方法を明示することは、品質確保の観点から重要であり、また、検査方法は、性能規定に基づく発注(いわゆる性能発注)において、契約図書に要求性能や性能の保証等とともに明記する必要がある⁽²⁴⁾。

なお、検査を行うためには、要求性能を定量評価するための物理量(検査指標)が示される必要がある。この検査指標は、検査方法に依存するため、性能を直接的に表現する検査指標もあれば、当該性能を間接的に表現する検査指標もある⁽²²⁾。

表-3.2 使用性の項目と一般的な検査指標

	性能項目	精緻な照査指標	簡便な照査指標
使用上の 快適性	乗り心地・歩き心地	乗客・歩行者に伝わる変位加速度	たわみ、段差、隙間、折れ角、舗装面
	耐振動性	発生振動レベル	舗装面、段差、隙間、剛性、重量
	耐騒音性	発生音圧レベル	遮音壁の効果
	遮音性	漏洩音圧レベル	外壁の厚さ、表面の熱反射特性
	遮熱性	漏洩・反射する熱エネルギー	臭気物質の使用量、コンクリートの含水率
	耐臭気性、耐湿気性	構造物表面近傍における臭気物質の濃度、湿度	美観
	美観	ひび割れ幅、ひび割れ密度、汚れの領域の大きさ、汚れの密度	景観
	景観	照査しない	見た目の安心感
	見た目の安心感	たわみ、ひび割れ幅、ひび割れ密度	
遮蔽機能	水密性	漏水量	コンクリートの透水係数、ひび割れ幅
	気密性	透気量	コンクリートの透気係数、ひび割れ幅
	その他の物質・エネルギー遮蔽性	当該物質・エネルギーの漏洩量	

3.2.3 建築分野の性能規定化より

a. 性能の概念

建築分野においては、「性能」の概念に様々なものが混在しており、関係者間の受け取り方に齟齬や誤解等の混乱が生じる恐れも大きくなっている。そのため、「性能」概念を用いる重要な目的である技術の国際的適用可能性の増大や技術の適用の自由度の拡大の実現が危ぶまれている⁽²⁵⁾。ISOにおいては、建築分野の性能規格として、ISO6240に、性能を「用途に関係した(ある”もの”の)挙動 (behaviour) である」と定義している⁽²⁶⁾。この定義から、平野は、性能の概念規定を「ある”もの”の、ある”使用条件”下における関連”ニーズ”を充足するに足る”挙動”」と整理し、ニーズと挙動は、建築物の室内の状態(暖かさ)等を”状態”とした場合に、状態を挟んで手段と目的の関係になるととらえている。

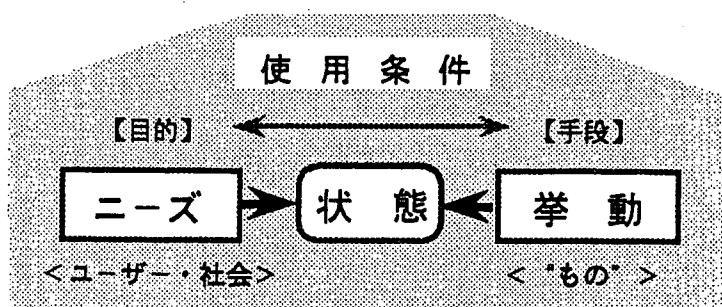


図-3.3 建築分野における性能の概念 (平野の案)

b. ”もの”の階層性

建築物の場合、挙動をするもの(性能を論じる対象)がコンテキスト次第で建築物全体であったり、建築物の中の特定の部位や部品、構成材料や使用製品等の様々な段階のものとして捉えられる傾向がある。そのため、性能には、建築物全体が挙動を通じて提供するシステムの性能や、ものの挙動の特性そのものとして示される部位性能や材料の性能があり、コンテキストによって意味する内容が異なる⁽²⁵⁾。性能に着目した概念モデルは、この意味の異なりを区別できるものとする必要がある。平野は、ニーズに直接対応して挙動する実態(建築物全体やその特定の部位や部品等)のことを機能システムと呼び、機能システム(例えば、架構システム)は、多くの下位の機能システム(例えば、壁や柱等)で構成されており、機能システムの挙動も、より下位の機能システムの挙動の総合されたものであるとしている⁽²⁵⁾。建築物を構成する”もの”は、この機能システムの階層構造により整理でき、それぞれについて目的: Objectives (または目標: Goal) と手段: Means (または解: Solutions) が記述できる。

c. 建築分野における検査の実施

建築における性能指向型の設計実務プロセスにおいて、次の2つの内容が示されている⁽²⁷⁾。

1. 構造設計実務者による構造性能に関する「設計条件」(「目標性能」とそれに対応した「構造計画」及び「検査・検証」の基本方針)の設定
2. 設定された「設計条件」についての顧客との合意形成

このことから、建築分野における検査が、建築主と設計者の合意により決定されることを意味していると考えられる。

4. 技術仕様の性能規定化

4.1 土木分野における性能規定の定義

近年、土木分野においても、コンクリート分野や建設マネジメント分野を含めて、性能規定に関する多くの検討がなされている。しかし、これらの検討は、個別の課題に対する対応となっており、体系的検討となっていない。そのため、建築分野の性能規定化と同様に、土木分野においても、「性能」や「性能規定」の概念について関係者間の受け取り方に齟齬や誤解等の混乱を生じる恐れが生じている。この危惧を解決するために、本節においては、性能規定とその関連用語についての定義を検討する。

4.1.1 検討の方針

性能規定化の目的の1つとして、国際協定の遵守やそのための国際規格等との国際整合性の確保がある。また、現在、ISO(国際標準化機構)により、技術仕様の国際規格としてISO規格の整備が進められている。ISO(及びIEC)は、標準化及び関連活動に関する一般用語とその定義を、ISO/IECガイド2 標準化及び関連活動—一般用語⁽²⁸⁾を示している。このガイドは、用語の適切な定義が一般目的のために、国際的に認められた他の用語集において与えられている場合、その定義を重複する意図はないとして適用範囲を限定しつつ、各種の定義が行われている。そこで、性能規定が品質管理の手法であることを考慮して、品質管理及び品質保証に関するISO規格であるISO9000'sと、その用語の定義であるISO8402⁽²⁹⁾との整合性を確保して性能規定に関する用語の定義を検討し、その結果をISO/IECガイド2の定義と適宜比較して、定義を決定することとする。ただし、ISO9000'sやISO8402には、性能規定に関する定義がない。そのため、現在の規格を遵守しつつ、これらの内容の拡張を想定して、性能規定の定義を検討することとする。また、既述のように、建築分野の性能規格として、ISO6240⁽²⁶⁾があり、性能の定義がなされている。今後、建築分野と土木分野を統合した建設分野としての性能規定の定義付けを行うことを想定し、ISO6240についても考慮することとする。

また、国内の土木工事の円滑な性能規定化を行うためには、現在の土木分野で用いられている用語をできる限り適用する方がよい。そのため、建設省発注の公共工事にかかる共通仕様書として、設計業務共通仕様書⁽³⁰⁾、土木工事共通仕様書⁽³¹⁾における用語の定義を参考とすることとする。

4.1.2 性能と品質

土木構造物やそれを構成する材料・部材(以下「構成要素」と総称する)は、何らかの性能と品質を有している。性能と品質はともに、それらのもつ特性である。

ISO/IECガイド2と、ISO8402、それを取り込んだJIS規格であるJIS Z 8101⁽³²⁾、およびISO6240における性能と品質に関する定義をまとめると表-4.1のようになる。

ISO6240における性能の概念に関しては、既述のように、平野によって適切な検討が加えられている。しかし、平野の案では、「もの」が有している性能と、ユーザにより要求されている性能(要求性能)の区別がなく、また、挙動の内容が不明確であるため、平野の定義は、品質の定義にもなりうるように考えられる。一方、ISO8402およびJIS Z 8101においては、性能規定の内容を含んでいないため、性能と品質の区別がない。また、ISO8402における品質の定義に代表されるように、品質はニーズに関係する特性全体に限定されている。しかし、性能規定のために、別途、要求性能と要求品質の定義を行うことを考慮すると、この限定の必要性は少なくなり、ニーズに関係するか否かに関係なく品質を定義してもよいと考える。これらのことを

表-4.1 ISO 等における性能と品質の定義

規 格	用 語		定 義	備 考	
ISO/IEC Guide2	要求事項	requirement	達成しなければならない基準を伝える条項	provision that conveys criteria to be fulfilled	日本語訳は、ISOとの翻訳協定に従って日本規格協会が翻訳したものである。
	目的適合性	fitness for purpose	製品・工程・付帯サービスの特定の条件の下で定義された目的に合うことができる能力	ability of product, process or service to serve a defined purpose under specific conditions	日本語訳は、ISOとの翻訳協定に従って日本規格協会が翻訳したものである。
	規範文書	normative document	行動又はその結果についての規則・指針又は特性を述べた文書	document that provides rule, guidelines or characteristics for activities or their results	日本語訳は、ISOとの翻訳協定に従って日本規格協会が翻訳したものである。
	技術仕様書	technical specification	製品・工程・付帯サービスの達成すべき技術的な「要求事項」を述べた文書	document that prescribes technical requirements to be fulfilled by a product, process or service	日本語訳は、ISOとの翻訳協定に従って日本規格協会が翻訳したものである。
	見なし規定	deemed-to-satisfy provision	「規範文書」の「要求事項」への1つ以上の適合方法を示す条項	provision that indicates one or more means of compliance with a requirement of a normative document	日本語訳は、ISOとの翻訳協定に従って日本規格協会が翻訳したものである。
	特性規定	descriptive provision	「目的適合性」に対する「条項」出会う、製品・工程・サービスの特性に関するもの	provision for fitness for purpose that concerns the characteristics of a product, process or service	日本語訳は、ISOとの翻訳協定に従って日本規格協会が翻訳したものである。
	性能規定	performance provision	「目的適合性」に対する「条項」であって、製品・工程・サービスの、使用中の又は使用に関連する振る舞いに関するもの	provision for fitness for purpose that concerns the behaviour of a product, process or service in or related to use	日本語訳は、ISOとの翻訳協定に従って日本規格協会が翻訳したものである。
ISO8402	品質	quality	ある「もの」の明示されたまたは暗黙のニーズを満たす能力に関する特性全体	totality of characteristics of an entity that bear on its ability to satisfy stated and implied needs	日本語訳は、ISOとの翻訳協定に従って日本規格協会が翻訳したものである。
	品質要求事項	requirements for quality	ある「もの」の特性に対するニーズを表現したもの、若しくは定量的または定性的に述べた一組の要求事項へのそれらのニーズを変換したもの	expression of the needs or their translation into a set of quantitatively or qualitatively stated requirements for the characteristics of an entity to enable its realization and examination	日本語訳は、ISOとの翻訳協定に従って日本規格協会が翻訳したものである。
	仕様書	specification	要求事項を記述した文書	document stating requirements	
JIS Z 8101	品質	quality	物品またはサービスが使用目的を満たしているかどうかを決定するための評価の対象となる固有の性質・性能の全体		
	品質特性	quality characteristic	品質評価の対象となる性質・性能		
	仕様	(technical) specification	材料・製品・工具・設備などについて、要求する特定の形状・製造・寸法・成分・能力・精度・性能・製造方法・試験方法などをさだめたもの。仕様を文書化したものを仕様書という。		
ISO6240		performance	用途に関連した(ある「もの」の)挙動(ふるまい)	(The) behaviour (of a product) related to use	日本語訳は平野による

考慮し、ISO8402やISO6240を基本として定義内容を検討する。

また、構造物および部材に対する性能と品質を、ユーザが要求している内容(ニーズ)に従って規定したものをそれぞれ「要求性能」と「要求品質」と考える。この時、ISO/IECガイド2の要求事項やISO8402の品質要求事項は、その内容が要求性能と要求品質をあわせて表現したものと考えることができる。また、要求事項の定義より、品質要求事項の定義の方がより明確に定義されている。これらのことから、品質要求事項の定義を基本として要求性能と要求品質の定義を検討する。

さらに、性能と品質のそれぞれに対して要求性能と要求品質を規定する行為を、性能規定および品質規定と考える。但し、品質確保の観点から検査方法を明示する必要があり、いわゆる性能発注において検査方法を明記する必要があると考えることから、「性能規定」

と「品質規定」においては、それぞれに対応した検査・検証方法についても同時に規定するものとする。また、従来の土木分野における規定を品質規定と考えると、検査・検証を行うために建設プロセスを規定していることから、品質規定においては、施工プロセス(施工方法)についても規定するものとする。性能規定と品質規定の意味に基づき、性能と品質と要求性能と要求品質の関係概念示すと図-4.1 になる。この定義を ISO/IEC ガイド 2 の特性規定や性能規定の定義と比較すると合致するものであると考えることができる。これらのことから、「要求性能」と「要求品質」は、広義の意味で、検査・検証方法と施工方法を含めたものとして定義することもできるが、通常は、狭義の意味(上記の検討に基づく考え)として定義する。

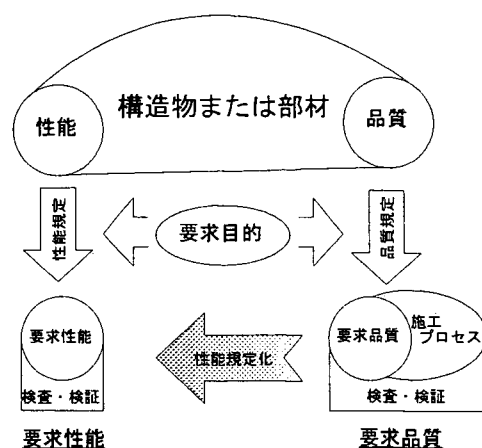


図-4.1 品質と性能の関係概念

以上のことから、「性能」と「品質」、「要求性能」と「要求品質」、「性能規定」と「品質規定」を表-4.4 のように定義する。

なお、ここで定義している「要求品質」と「品質規定」とは、いわゆる「要求仕様」と「仕様規定」のことであるが、あえて「要求仕様」と「仕様規定」と表現していない。これは、ISO8402 や JIS Z 8101 のように「仕様」や「仕様書」の定義があり、土木工事でこれらの用語が同様の意味で用いられていることを考慮し、日本語表記上の無用の誤解を避け、性能規定の概念の説明と実施工への適用を円滑に進めるための配慮である。

4.1.3 検査・検証と照査

性能規定はもとより、品質管理のためには、何らかの検査・検証、照査を実施しなければならない。ISO/IEC ガイド 2 と ISO8402 におけるこれらの定義は、表-4.2 のとおりである。ISO/IEC ガイド 2 と ISO8402 における検査の定義は類似している。また、建設省の設計業務等共通仕様書において、「検査」は、「契約図書に基づき、検査職員が設計業務等の完了を確認することを行う」と定義されており、土木工事共通仕様書において、「工事検査」は、「検査職員が契約書(中略)に基づいて、給付の完了の確認を行うことをいう」とされている。共通仕様書における「検

表-4.2 ISO における検査・検証の定義

規 格	用 語		定 義	備 考
ISO/IEC Guide2	適合性評価	conformity evaluation	製品・工程・付帯サービスが所定の「要求事項」をどの程度満たしているかを、系統的に調べることをいう。	日本語訳は、ISOとの翻訳協定に従って日本規格協会が翻訳したものである。
	検査	inspection	「適合性評価」を、観察及び判断によって行うことであり、適宜測定、「試験」又はゲージ合わせを伴う。	日本語訳は、ISOとの翻訳協定に従って日本規格協会が翻訳したものである。
ISO8402	検査	inspection	ある「もの」の各特性の適合性を確定するために、一つまたはそれ以上の特性を測定、審査、試験またはゲージ合わせをしてその結果を規定要求事項と比較する活動	日本語訳は、ISOとの翻訳協定に従って日本規格協会が翻訳したものである。
	自主検査	self-inspection	作業の実施者が指定された規則に従って行う、その作業の検査	日本語訳は、ISOとの翻訳協定に従って日本規格協会が翻訳したものである。
	検証	verification	規定要求事項が満たされていることを、客観的証拠の調査及び提出によって確認すること。	日本語訳は、ISOとの翻訳協定に従って日本規格協会が翻訳したものである。

査」は、いわゆる立ち会い検査と書類検査の双方を含んだものとして考えることができる。これらのことから、「検査」と「検証」の定義については、性能規定と品質規定の区別を行いつつ、ISO8402の定義を準用することが適切であると考ええる。

「照査」については、ISO8402に定義がない。建設省では、詳細設計業務において、「照査」は、「受注者が設計業務の完了までに行う、発注条件、設計の考え方、構造細目等のチェックおよび技術計算等の検算である」としている。ISO8402における自主検査と比較すると、内容に相違があるものの、受注者が行うこととする位置づけは同じである。そこで、これらを参考として、「照査」の定義を検討することは可能である。しかし、「照査」については、コンクリート分野等において別途の定義がなされていることを考慮し、無用な混乱をさけるため、現段階では定義を行わない。参考として、コンクリート標準示方書〔施工編〕⁽³³⁾と高流動コンクリート施工指針⁽³⁴⁾における定義を表-4.3に示す。

表-4.3 コンクリート分野における検査の定義例

規 格	用 語	定 義	備 考
コンクリート標準示方書〔施工編〕	検査	品質が判断基準に適合しているか否かを判定する行為	
高流動コンクリート施工指針	検査	製造、施工されたコンクリート、部材、構造物が、要求性能を満足し、受け取り可能かどうかを判定すること。	
	照査	設計・計画された内容が要求された性能を満足しているかどうかを実施工が始まる前の段階に判断すること	

4.2 土木分野における性能規定化の概念

性能規定に関する用語の定義と同様、土木分野における性能規定の概念、性能規定化の手法等についても多くの検討がなされているが、個別の課題に対する対応となっており、技術的手法の確立と体系的検討はなされていない。また、土木分野における性能規定検討の多くは、コンクリート標準示方書や道路橋示方書等の各種基準類や示方書の改訂等に関するものである。性能規定の導入により、国際社会や国内公共工事に求められている要求に対応するために、土木工事の発注における技術仕様の性能規定化のための技術的手法を確立しなければならない。

本節では、性能規定化の技術的手法の確立を目的として、土木構造物の性能と性能の概念について検討する。

4.2.1 検討の方針：性能と品質の階層性

建築物と同様に、土木構造物においても、性能や品質を論じる対象は、土木構造物全体でやその構成部材等の様々な段階のものであることがあり、性能や品質の意味する内容も、その対象によって異なる。そのため、土木分野における性能規定の概念は、建築分野において平野が論じた”もの”の階層性的のように、この意味の異なりを区別できるものである必要があり、建築分野での検討結果を参考とすることができる。

しかし、建築分野の性能規定化は、「新建築構造体系の開発」に示されているように、消費者(非専門家)・設計者(専門家)間の建築物の各種機能に関する合意形成と、消費者の建築物の性能に対する十分な理解を可能とすることが大きく期待されており、土木分野の性能規定化の目的と同様の内容もあるものの、必ずしも一致するものではない。そのため、土木分野の性能規定概念の検討において、建築分野の性能規定と目的に違いがあることに留意しなければならない。

土木分野においては、発注側がインハウスエンジニアを有しており、土木構造物の構造や設

表-4.4 本報における性能規定に関する用語の定義⁽³⁵⁾

用 語	対応英語(参考)	意 味	備 考
性能	performance	目的または要求に関連する、構造物または部材のふるまい	ISO6240/3.3 (The) behaviour (of a product) related to use.
品質	quality	目的または要求に関連する、構造物または部材の定量化できる特性全体。	ISO8402/2.1 totality of characteristics of an entity that bear on its ability to satisfy stated and implied needs
要求性能	requirements for performance	構造物または部材を具現化し評価できるようにするため、その特性として要求されている性能を表現したもの。	
要求品質	requirements for quality	構造物または部材を具現化し評価できるようにするため、その特性として要求されている品質を表現したもの。	ISO8402/2.3 expression of the needs or their translation into a set of quantitatively or qualitatively stated requirements for the characteristics of an entity to enable its realization and examination
性能規定	performance provision	性能とその検査・検証方法を取り決める行為	
品質規定	descriptive provision	品質及び施工方法とその検査・検証方法を取り決める行為	
仕様書	specification	要求品質または、要求性能とその検査・検証方法を記述した文書。	ISO8402/3.14 document stating requirements ISO8402/3.14 注) では仕様を示した文書となるが、公共工事における検査・検証の必要性を考慮し、内容を拡大している。
性能規定化	performance-based standardization	要求品質を、その決定理由となった目的または要求に基づき、要求性能に記述し直す行為	
要求目的	requirements for goal	構造物の根元的目的または要求を表現したもの。構造物に要求されている根本的性能を表現したもの NKBレベルシステムにおける要求目的とは異義語	
レベル	level	ある事象のなかの各項目の相対的順位付け。優秀さの程度または比較の意味を表すものではない。等級と同意	
等級	grade	ある事象のなかの各項目の相対的順位付け。優秀さの程度または比較の意味を表すものではない。	ISO8402/2.2 category or rank given to entities having the same functional use but different requirements for quality
検査	inspection	構造物または部材の各特性の適合性を確定するために、1つまたは、それ以上の特性を測定、審査、試験またはゲージ合わせをしてその結果と要求性能または要求品質を比較する活動	ISO8402/2.15 activity such as measuring examining, testing or gauging one or more characteristics of an entity and comparing the results with specified requirements in order to establish whether conformity is achieved for each characteristic
検証	verification	要求性能または要求品質が満たされていることを、客観的証拠の調査および提出によって確認すること。	ISO8402/2.17 confirmation by examination and provision of objective evidence that specified requirements have been fulfilled

(備考) 本定義は、ISO/IEC Guide2 1996(E/F/R), ISO8402 Quality management and quality assurance - Contents and presentation, ISO240 Performance standards in building - Contents and presentation を考慮しつつ検討中のものである。

但し、品質管理および品質保証に対して、性能規定化の概念を導入し、且つ、ISO8402の序文に示されている品質用語を明確にする意図を維持するために、意図的に定義を変更しているものがある。

計に関する知識があるため、建築物のように、土木構造物全体に対する要求目的を直接的に示す工事は少ない。後述するように、むしろ、非常な困難さを伴う。

また、土木分野の性能規定導入に対しては、コスト縮減だけでなく、「価格」のみの競争 (Price Only Policy) から、「技術力」を重視した競争 (Best Value Policy) に転換し、良質なモノを低廉な価格でタイムリーに調達することを可能とする期待がある。さらに、新技術開発導入のインセンティブ確保の期待がある。そのため、発注者により、工事毎に新技術導入等の検討対象の設定が検討されることがあると考える。この検討対象は、土木構造物全体ではなく、その構成要素の1部分 (例えば、シールドトンネルにおける1次覆工やセグメント) となるため、要求目的として、土木構造物に対する要求ではなく、これら検討対象に対する要求を示す必要が生じる。

さらに、土木工事においては、土木構造物が、要求品質を有することを検査・検証することが重要である。土木工事の多くを占める公共工事においては、会計法第29条の11の2「(前略) その受ける給付の完了の確認をするため必要な検査をしなければならない」に従い、検査・検証を適切に行う必要がある。そのため、従来の公共工事においては、仕様書 (特記仕様書、共通仕様書)、工事数量総括表、詳細設計図面等を用い、構造物とその各材料・部材 (以下、「構成要素」と総称する) の品質と品質管理の手法が建設プロセスに沿って明示的に規定されており、要求品質とその検査・検証方法が示されている。土木工事が性能規定化された場合においても、検査・検証の実施は重要であり、要求性能は検査・検証を考慮したものとなる。そこで、検査・検証が、構成要素に対して実施されることを考慮して、構成要素に着目した概念を確立することが有効である。

以上のことから、土木分野における性能規定の概念として、構成要素に対する要求性能と要求品質について、建築分野以上に詳細な階層性を示し、かつ、その構成要素ごとに、要求性能と要求品質を記述する方法を示すこととする。

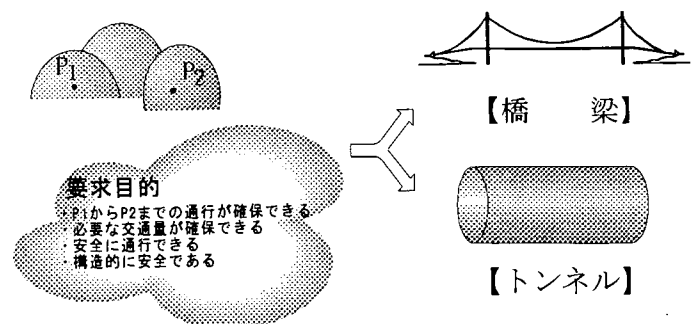
4.2.2 階層化整理の前提

a. 土木工事の要求目的提示による工事発注の可能性

土木分野の性能規定は、土木工事の設計・施工に関係するものであり、土木工事の性能規定を検討することにほかならない。そのため、階層化整理は、設計・施工内容に関して行うこととなる。本節では、設計・施工内容の階層化整理と性能規定化の方法を検討する前に、土木工事全体に対する要求目的の明示による工事発注の可能性について述べる。

構造物全体に対する要求目的の明示の概念図を図-4.2に示す。例として山間部の始点 P_1 から終点 P_2 までの交通を確保する場合を示している。その時の要求目的は、下記のような抽象的概念となることが予想できる。

1. P_1 から P_2 までの通行が確保できること。
2. 必要な交通量が確保できること。
3. 安全に通行できること。
4. 構造的な安全性 (耐震性等) が確保できること。



しかし、これらの要求目的に対応した検査・検証は非常に困難である。

また、対象とする土木構造物を規定していな 図-4.2 要求目的明示による工事発注の概念

いため、要求目的を満たす土木構造物としていくつかの種類が予想できる。図-4.2では橋梁とトンネルを考えている。この場合、以下のような状況を仮定すると、問題が生じることが予想できる。

仮定1 工事請負者が低価格で高性能なトンネルを建設する。

仮定2 工事発注者(維持管理者)のトンネル維持管理・点検能力が低い。

結 果 工事発注者が土木構造物(工事完成物)の維持管理ができない。

この例えは非常に直感的なものであるが、土木工事全体の要求目的の明示による工事発注が困難であり、対象土木構造物の種類を規定する必要があることはわかる。また、実際の土木工事においては、工期や工事費等の条件から、構造物全体を一括で工事できるとは限らないため、土木工事全体の要求目的に基づく工事発注はできない。さらに、工事発注の検討においては、コスト削減等の土木工事における課題を考慮して性能規定による仕様の規定対象を決定することになると予想できるため、土木工事全体の要求目的明示による工事発注はないと考える。これらのことから、土木工事全体の要求目的の明示による工事発注は困難であると考えられる。

b. 土木工事の階層化整理

上記の結果を考慮し、土木構造物の構成要素に着目した階層化整理の概念図を図-4.3に示す。図はシールドトンネルの例を示している。トンネルの構成要素として、一次覆工と二次覆工、裏込め材がある。また、一次覆工の構成要素としてセグメント本体とセグメント継手部、シール材がある。同様に、二次覆工と裏込め材も構成要素に分類することができる。さらに、セグメント本体を構成要素に分類することができる。図-4.3では、形式的に、各階層を等級1, 2, 3(以下に続く)に等級付けしている。同一等級内の構成要素は、部材相互の寸法・形状や機能等、また施工方法等により相互関連があると考えられる。

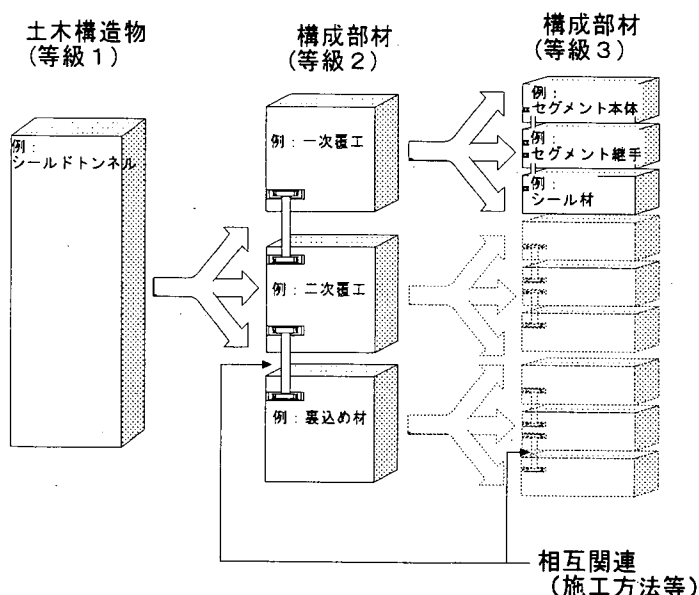


図-4.3 土木構造物の階層化整理の概念

4.2.3 土木工事の各階層における品質と性能の関係

図-4.3は、土木構造物を構成要素に基づいて階層化整理したものであるが、同時に、施工プロセスに沿った、各構成要素と施工方法を示し

ている。この概念図を公共工事に適用すると、現在の全検査・検証項目を示していることになる。施工方法等(同一等級内の構成要素間の関係)に関する要求品質または要求性能の確保は、ISO9000's 取得工事の品質管理や自主的な施工管理による対応を含め、性能規定化後において重要な意味がある。

適切な施工管理により、施工方法等に関する要求品質または要求性能の確保がなされると仮定し、各階層の品質と性能の関係について述べる。

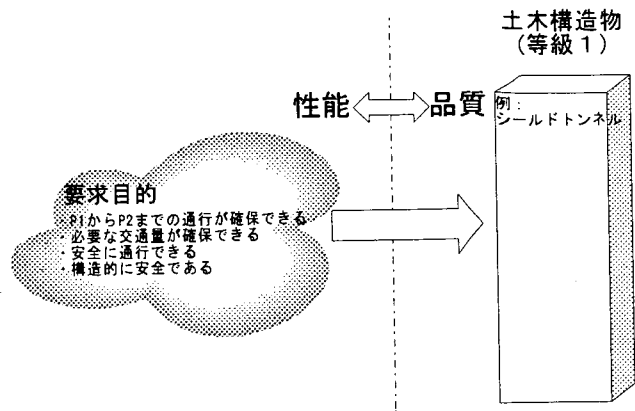
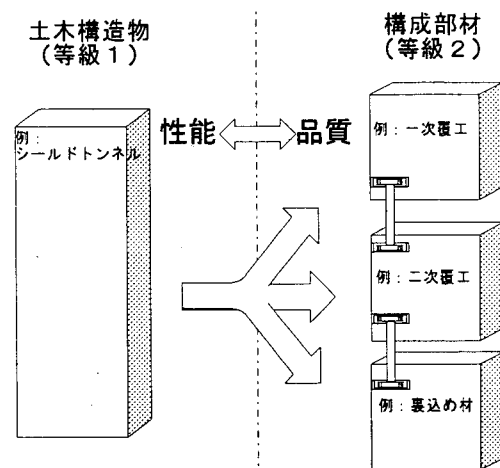


図-4.4 要求目的と階層化整理の等級1の関係

等級1(トンネル本体)に着目した場合、等級1の品質は、要求目的を満たすことが求められている。この概念を図-4.4に示す。等級1の構造物が性能を有するためには、等級2の各構成要素の品質による確保が必要となる。この概念を図-4.5に示す。つまり、等級1の性能は等級2の品質と完全に対応している。等級1や等級2の構成要素の品質は要求性能や要求品質以上であり、冗長性を有する場合があるが、冗長な性能や品質に関しては、確保する必要がないものである。同様に、等級2が性能を満たすためには、等級3の各構成要素の品質による確保が必要となる。



以上のような、品質と性能の関係が、階層化整理された構成要素の全ての等級間にあり、上位等級の性能は、下位等級の品質の組み合わせにより実現されていると考えることができる。そのため、各等級間の品質と性能は相互に完全に対応していなければならない。性能規定化とは、各要素について、仕様の定められた原点である、階層化整理における上位等級の目的・機能等に立ち戻り、各要素に求められている性能を明確にすることにあると考える。

4.2.4 要求品質の性能規定化

4.2.3節に示したように、構成要素の品質は上位等級の性能と相互に関連している。また、上位等級の種々の性能を実現するために、同一等級の各構成要素の品質は相互に補完し合っていると予想する。しかし、本節では、性能規定化の説明を簡単化するために、上位等級の各性能は、単一の構成要素の品質に依存していると仮定する。この仮定の概念図を図-4.6に示す。

要求品質を性能規定化する方法を、建築分野におけるノルディック建築基準委員会のNKBレベルシステムを基本とした性能指向技術基準の理念モデル(以下「NKBレベル」と称す)を例に述べる。その概念図を図-4.7に示し⁽¹⁹⁾、NKBレベルのレベル区分を表-4.5に示す⁽¹⁴⁾。

NKBレベルにおける「適合みなし仕様」として、各構成要素の要求品質を位置づけることが

できる。また、NKBレベルでの「要求目的」が、階層化整理における着目等級の上位等級の性能となる。「検証方法」には、従来の検査・検証方法を適用することができるが、性能規定化後に導入が容易になると考えられている新技術に対する検査・検証方法が必要となる。

要求品質の性能規定化は、NKBレベルにおける「要求水準」、「機能的要求」を検討し、さらに、現状では不明確な場合も多い、「要求目的」を検討することになる。NKBレベルは説明例であり、土木工事の性能規定化の方法が同様のレベル分けになるとは限らないため、レベル分け等については別途に検討が必要であるが、品質の意味は変わらないと考える。

表-4.5 NKB レベルにおけるレベルの定義

レベル	分類	内 容	対応日本語(参考)
level1	overall goals	The overall statement of the properties of a building that must be regarded as important from the point of view of society and its individual members.	目的 (または、要求目的)
level2	functional areas	The main properties specified as overall goal level classified in functional areas and principles laid down for the realization of the specified intentions.	機能的要求
level3	operative requirements	Operative requirements in order that principles laid down under level2 within the various functional areas may be applied in the design and construction of buildings.	要求水準
level4	verification	Instructions or guidelines laid down for verification of compliance with the requirements.	検証方法
level5	examples of acceptable solutions	Supplement to the regulations with examples of acceptable solutions, deemed to satisfy the regulations.	適合みなし仕様

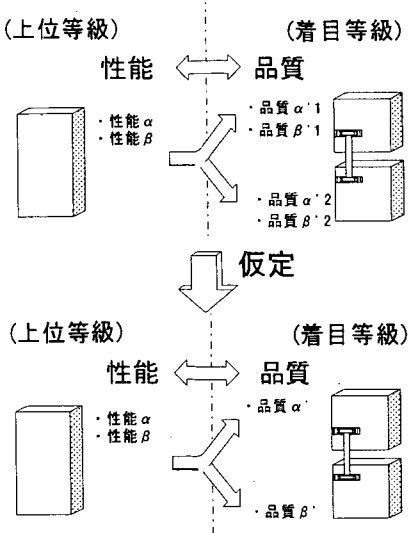


図-4.6 品質と性能の相互関連の概念
品質と性能の関係は同様であり、性能規定化

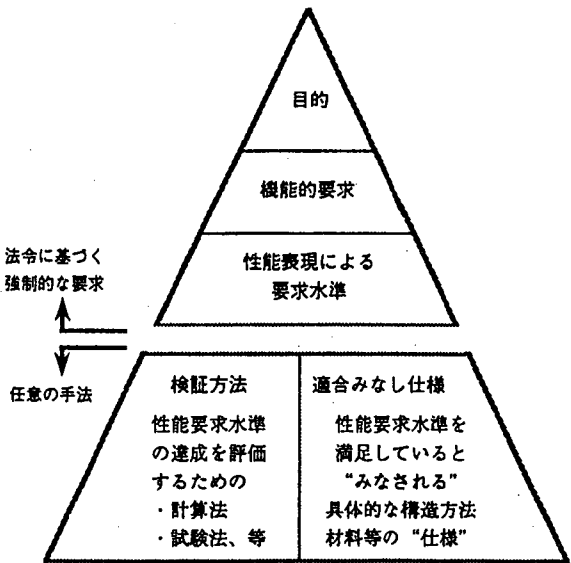


図-4.7 NKB レベルモデル

4.2.5 性能規定における検査

土木工事を性能規定による仕様書により発注する場合の検査・検証方法について述べる。4.2.4 節においては、要求品質を要求性能へ性能規定化することのみに着目しているが、性能規定においても検査・検証は必要である。そのため、図-4.3 に示した、いずれかの等級で性能規定し、検査・検証することになる。階層化され、樹枝状に分割された各枝において、性能規定化できる等級が異なると予想できるが、説明の簡単化のために全て同一等級で規定すると仮定する。その概念図を図-4.8 に示す。検査・検証が不可能な場合では性能規定しないため、概念図においては、検査・検証が実施可能なものを示しているとする。

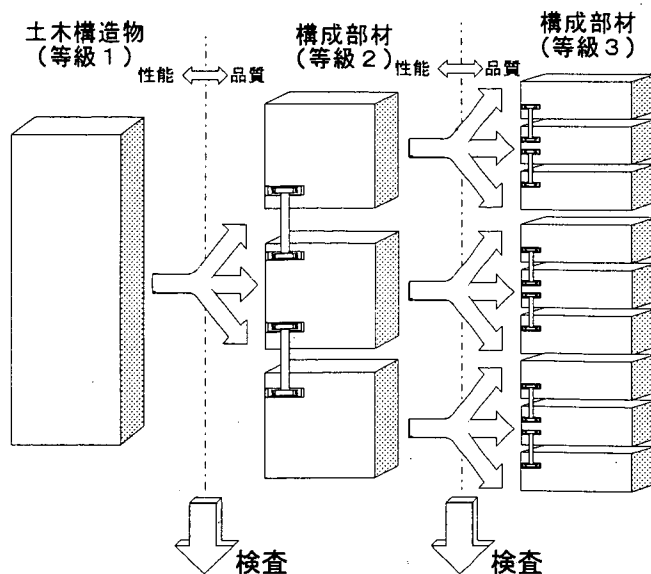


図-4.8 性能規定発注における検査の位置づけの概念

検査・検証できる内容が、工事発注者(公共工事の場合は、国、地方自治体等)の検査能力により異なるため、工事発注者によって、仕様書における要求性能は必ずしも一致しない。そのため、性能規定は工事発注者によって異なると考える。

以上の結果をまとめると、土木工事の階層化整理による性能規定化の概念モデルは図-4.9 のようになる。

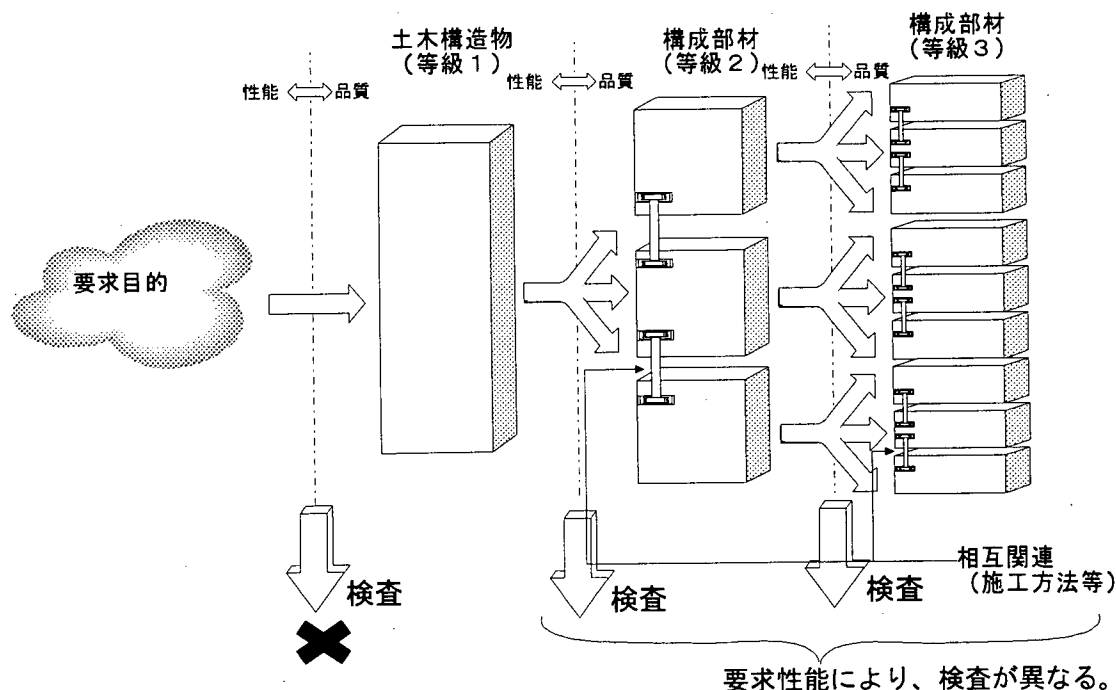


図-4.9 土木工事の性能規定化のための構造物の品質概念モデル

4.3 シールド工事を対象としたケーススタディ

前節で述べた、性能規定化の概念に従い、工事発注時の技術仕様の性能規定化を検討する場合、いくつかのプロセスを踏まえて行うことになるを考える。その検討プロセスを図-4.10に示す。第1に構造物及び各構成要素に要求されている要求目的と要求性能を明確にするとともに、要求品質で示されている現行の技術仕様の規定内容を把握することにより、相互の関係を明確にした対応表を作成する。

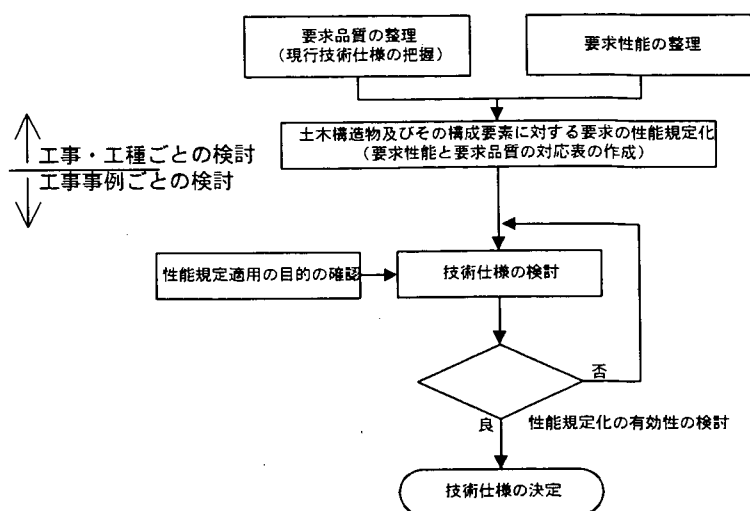


図-4.10 技術仕様の性能規定化プロセス

第2にこの対応表に基づき、実際の各工事において、工期や工事費等の工事発注時の種々の条件や、コスト削減等の土木工事における課題を考慮し、性能規定化を検討する対象部分とその要求目的を決定する。最後に検査・検証方法等を考慮し、技術仕様として規定する要求性能を決定することになる。本節では、シールドトンネルを事例として、要求性能の整理方法について述べる⁽³⁶⁾⁽³⁷⁾。

4.3.1 検討方針

土木構造物を建設する場合、要求目的は構造物の必要性に帰結する。道路トンネル工事の場合、トンネル建設が目的ではなく、極論するならば、道路交通の確保が要求目的となると予想できる。しかし、土木工事の要求目的明示による工事発注が困難であることから、本事例検討では、トンネル全体に対する要求目的を起点として、要求性能を検討することにする。本事例検討では下記の条件を方針とした。

1. トンネルの種類については、シールドトンネルに限定して行うこととする。
2. シールド工事の工程には、立坑の築造、シールドトンネル築造、トンネル付属設備工事、内装工事等があるが、本検討では、シールドトンネル築造のみを検討対象とする。
3. 各部材に要求される性能の検討は、一般的な部材構成のシールドトンネルを想定して行うこととする。

4.3.2 シールドトンネルの要求性能

a. シールドトンネルの要求目的

トンネル標準示方書〔シールド工法編〕(以下「示方書」と略す)⁽³⁸⁾等においては、シールドトンネルの要求目的が明確でない。そこで、道路トンネル技術基準(構造編)・同解説⁽³⁹⁾を参考に、シールドトンネルの要求目的を検討する。

道路トンネル技術基準(構造編)は、設計として、線形設計と断面の設計、支保構造の設計、防水工・排水工が示している。これらの内容から、トンネル築造における要求を整理すると表-4.6

表-4.6 道路トンネルの構造設計における要求

設計項目	内 容	備 考
線形設計	平面線形と縦断線形	線形
断面の設計	内空断面の形状と寸法	内空断面
支保構造の計算 (支保工)	支保の剛性	強度
	変形余裕	変形
支保構造の計算 (覆 工)	作用荷重に対する強度	強度
	コンクリートの耐久性	耐久性
	予測困難な問題に対する安全率の確保	災害時の安全性
	コンクリートの温度応力の影響	熱による劣化の防止
	コンクリートのひび割れによる漏水防止	漏水対策
防水工・排水工	漏水の防止	漏水対策

のようになる。実施工において
は、これらに追加して、供用期
間中の周辺環境への影響に関す
る要求がある。これらのことから、一般的なシールドトンネル
においても、要求目的には、大
別して強度、形状・寸法、漏水、
災害時の安全性、耐久性及び環
境負荷の軽減があると考え、表-
4.7 のように要求目的を整理し
た。なお、以下の考えに基づき、
強度を、強度 (goal1) 、変形
(goal2) 、地震 (goal3) に分類
している。

表-4.7 シールドトンネルの要求目的

記 号	性 能
goal1	トンネルへの作用荷重(供用時の内・外荷重)に対して安全に抵抗できる、構造上の必要な強度を有している。
goal2	トンネル用途に障害となるような変形が生じない。
goal3	あらかじめ明示された地震時荷重(トンネル縦断方向荷重、横断方向荷重)に対して強度的に安全である。
goal4	トンネル外部から内部への漏水を、トンネルの排水機能で対応可能な漏水量以下に抑えることができる。
goal5	熱によるコンクリートの強度劣化を防止できる。
goal6	要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、性能を維持できる。(寿命に関する要求)
goal7	浮力に対して構造上安定している。
goal8	トンネル用途に適合した内面形状と大きさを有する。
goal9	トンネル用途に適合した出来形(線形)及び仕上がり状況を有している。
goal10	供用期間中に周辺環境へ及ぼす影響が少ない。
goal11	工事発注者が果たすべき責任範疇において、施工中に周辺環境へ及ぼす影響がない。

1. 土圧、水圧等の主荷重と内部荷重や施工中のジャッキ推力などの施工時荷重、その他の外力に対し、必要な強度を有していることが要求される。
2. 強度と変形は相互に密接に関連しており、同一の内容が多いが、強度と剛性(変形)は別の要求であるため、要求目的としては区別する。
3. 地震時には、荷重条件が通常と異なり、地震時荷重による割り増しがあるため、強度部材が通常時で決定される場合と、地震時で決定される場合の両方がある。また、地盤条件によっては、地震時荷重を検討する必要がある場合もあるため、強度と地震時強度の要求を区別する。

また、耐久性(寿命)の要求については、その規定方法としていくつかの方法が考えられる。例えば、AASHTOの道路橋に関する基準では、設計寿命を75年と設定している⁽⁴⁰⁾。この基準のように供用期間を明示的に示すことは、その内容が明確になる反面、LCCの検討が、個々の設備別の検討にとどまり、シールドトンネルを含めた道路全体としての、工事及び維持管理のマネジメントや総合的品質管理につながりにくい欠点がある。また、工事と維持管理作業の施工者が異なることを想定すると、耐久性の要求は、供用期間中の各性能確保の責任分担を明確にしたものでなければならない。そのため、耐久性の要求は「要求する供用期間において、あ

らかじめ明示された維持管理手法により、性能を維持できる」こととし、供用期間等は、工事及び維持管理のマネジメントや総合的品質管理等を含めた設備ごとの条件等により設定することを考えている。

b. 施工中の課題

性能規定型発注工事は、その工事対象物に対する要求性能を明確にし、それに基づいて入札・契約、施工を行うものである。それにより、完成した工事対象物の性能を重要視し、その施工方法については問わないとするものである。しかし、現在の土木工事においては、周辺環境に与える影響（施工中の周辺環境の汚染や破壊）に対する工事発注者の責任が問われる場合がある。そのため、工事発注者が果たすべき責任範疇における施工関連の要求(goal11)を、シールドトンネル及びその構成部材に対する要求とは別に検討した。

c. 要求性能の階層化整理

シールドトンネル全体の要求目的に基づき、各構成要素の要求性能を階層化整理する⁽³⁶⁾⁽³⁷⁾。シールドトンネルは、その要求目的を実現するために、一次覆工、二次覆工、裏込め材が設計され、さらに、より下位の等級の構成要素が整理されている。これらを階層化整理した結果を図-4.11に示す。各構成要素の要求性能の整理結果は参考資料に示すとおりである。実際の工事において、要求性能は、その施工条件や工事対象物の条件等により、具体的なものとなるが、本検討では、シールドトンネル全般について一般的な検討としているため、その内容は比較的抽象的なものとなっている。

本検討では、シールドトンネル全体の要求目的を検討の起点としているため、シールドトンネルの要求目的と要求性能が同じものとなり、($P_{1ax} = goal_x: x = 1, 2, \dots, 11$)となっている。この要求性能を実現するために、等級2の構成要素に必要な性能が規定されており、それを満足する品質を有している。同様により下位の等級においても、必要な要求性能が示されている。同一等級内での構成要素間の相互関連は、上位等級の要求から下位等級の要求への分岐Sで示している。実際に性能規定を検討するシールドトンネルの構成要素が一般的な構成と異なる場合、構成要素の相違による要求性能の検討は、構成要素が異なる等級の上位での分岐Sの条件や内容を考慮して行うことになる。

階層化整理上の各要求性能の関係の例として、断面形状に関する性能(goal8)を示す。goal8(= P_{1a8})の性能の達成のために、一次覆工は二次覆工が施工できる寸法及び内面状態である必要(P_{2a7})があり、二次覆工は所要の厚さを確保した上で所要の内空断面が確保されている必要(P_{2b4})がある。この際、要求性能 P_{2a7}, P_{2b4} は、施工条件等や一次覆工と二次覆工の総合的な性能によって、必ずしも双方が要求されるわけではない。二次覆工を省略したシールドトンネルの場合、断面形状に関する要求性能は、 P_{2a7} 単独で実現することになる。この時の条件と、一次覆工と二次覆工の関係が S_9 として示されている。

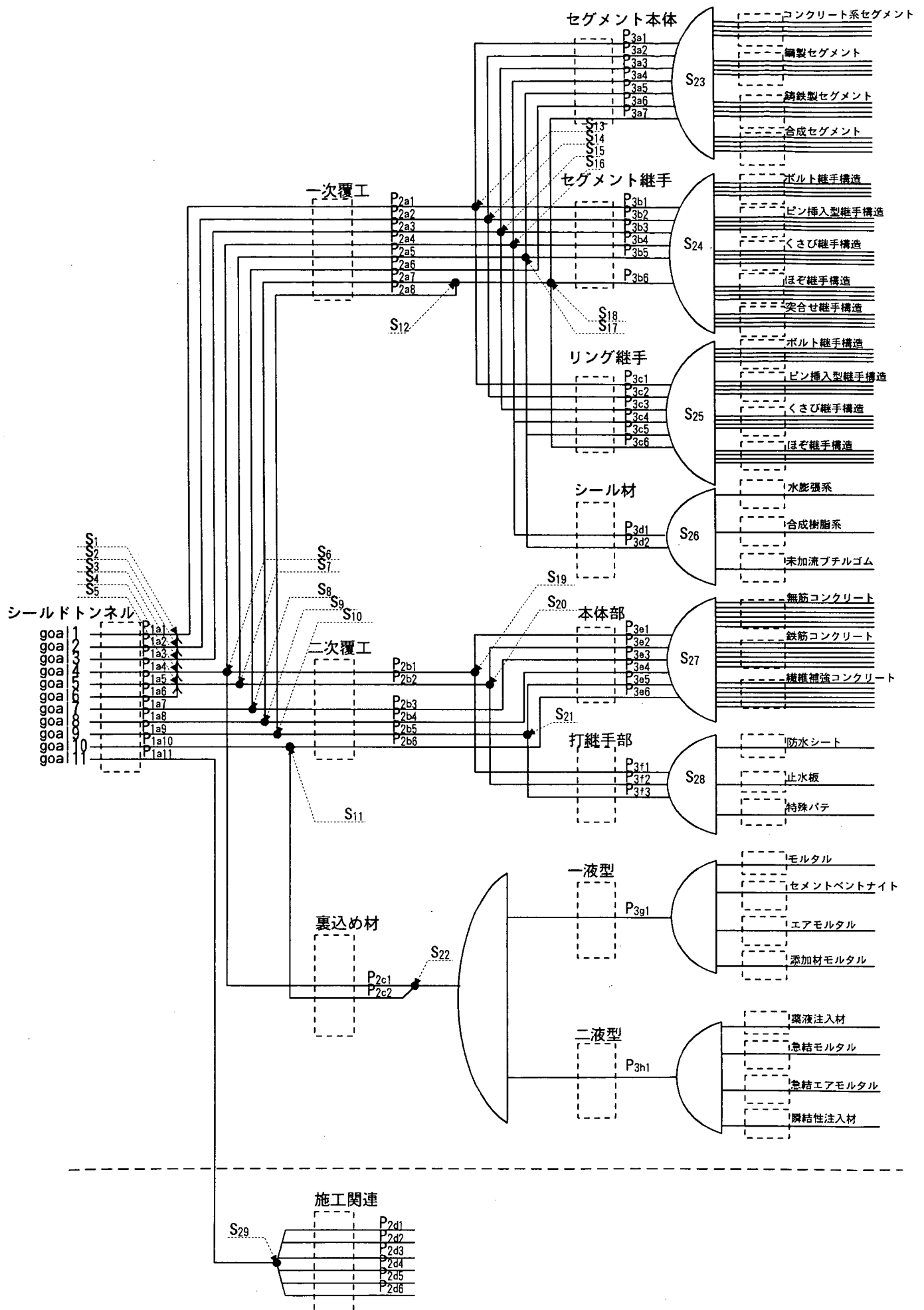


図-4.11 シールドトンネルの要求性能の階層化整理

シールドトンネルに用いる一般的な構成要素として、いくつかの可能性が考えられる場合には、図-4.12 の分岐記号を用いて、その構成パターンを示している。例えば、セグメントの場合、コンクリート系セグメントや鋼製セグメント等のように種々のセグメントがある。

構成要素は、階層化整理により要素材料にまで整理することができる。し

かし、これらの性能や品質は、コスト縮減や工事の合理化等を考慮して、JIS 規格品等の市場に流通している汎用品を考慮したものとなり、本来材料に要求されている性能や品質と比較して冗長なものである。これらの要求性能や要求品質を検討することは、構成要素に本来求められている性能や品質の検討とは内容が異なる。本事例においても若干の検討を行った

が、上位階層と下位階層の要求性能の関連に不整合が生じているため、検討対象を等級 4 までとしている。

4.3.3 要求性能の階層化整理への追加

a. 法令等による強制的要求事項

シールド工事を実施する場合、個々の工事ごとの要求性能とは別に、法令等により強制的に遵守することが求められる内容がある。各シールド工事ごとの要求性能による具体的な規定項目は、先の階層化整理の結果に対する関連法令等の強制的な要求事項の位置づけに留意し、これを遵守して決定しなければならない。

b. トンネル標準示方書〔シールド工法編〕

従来の土木工事の仕様書では、準拠すべき関係技術基準類を提示している。これらが性能規定化されていない場合、土木工事の技術仕様は、要求品質で規定されていた従来の内容に対応する事項だけでなく、技術基準類に規定されていた内容が適切に示されている必要がある。

技術基準類の内容把握の例として、トンネル標準示方書〔シールド工法編〕（以下、「示方書」と略す）について、その記載内容を整理し、図-4.11 に追加した結果を図-4.13 に示す⁽³⁸⁾。図-4.13 において、 Q_x は、性能 P_x に対応する品質の意味であり、条文番号は示方書の条文を指している。示方書の内容の整理結果を参考資料に示す。示方書においても、品質規定と考えることができる内容を多く含んでいる。示方書が性能規定化されていない場合、土木工事の仕様書において、示方書を準拠せず、必要な内容のみ技術仕様として規定するか、または、示方書を準拠しつつ、要求品質により示されている内容を要求性能により規定しなおすことになる。

4.3.4 技術仕様の性能規定化

a. 性能規定化事項の決定

性能規定導入対象は発注者により決定される。そのため、シールドトンネル全体に対して性

表-4.8 要求性能の例

記 号	内 容
P _{1a8}	トンネル用途に適した内面形状と大きさを有する。
S ₉	【条件：二次覆工を省略する場合】一次覆工に内空断面確保が要求される。 【条件：二次覆工を行う場合】二次覆工が内空断面を確保する要求と、その外周に設置される一次覆工の要求も満足しなければならない。
P _{2a7}	【条件：二次覆工を省略する場合】トンネル用途に適したトンネル内空の形状と大きさを侵さずに組み立てることができる。 【条件：二次覆工を行う場合】二次覆工外面と一次覆工内面が接して組み立てることができる。
P _{2b4}	トンネル用途に適したトンネル内空の形状と大きさを有することができる。

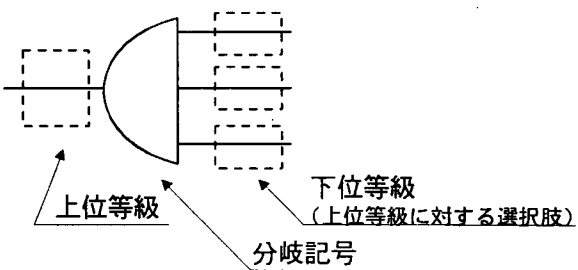


図-4.12 分岐記号

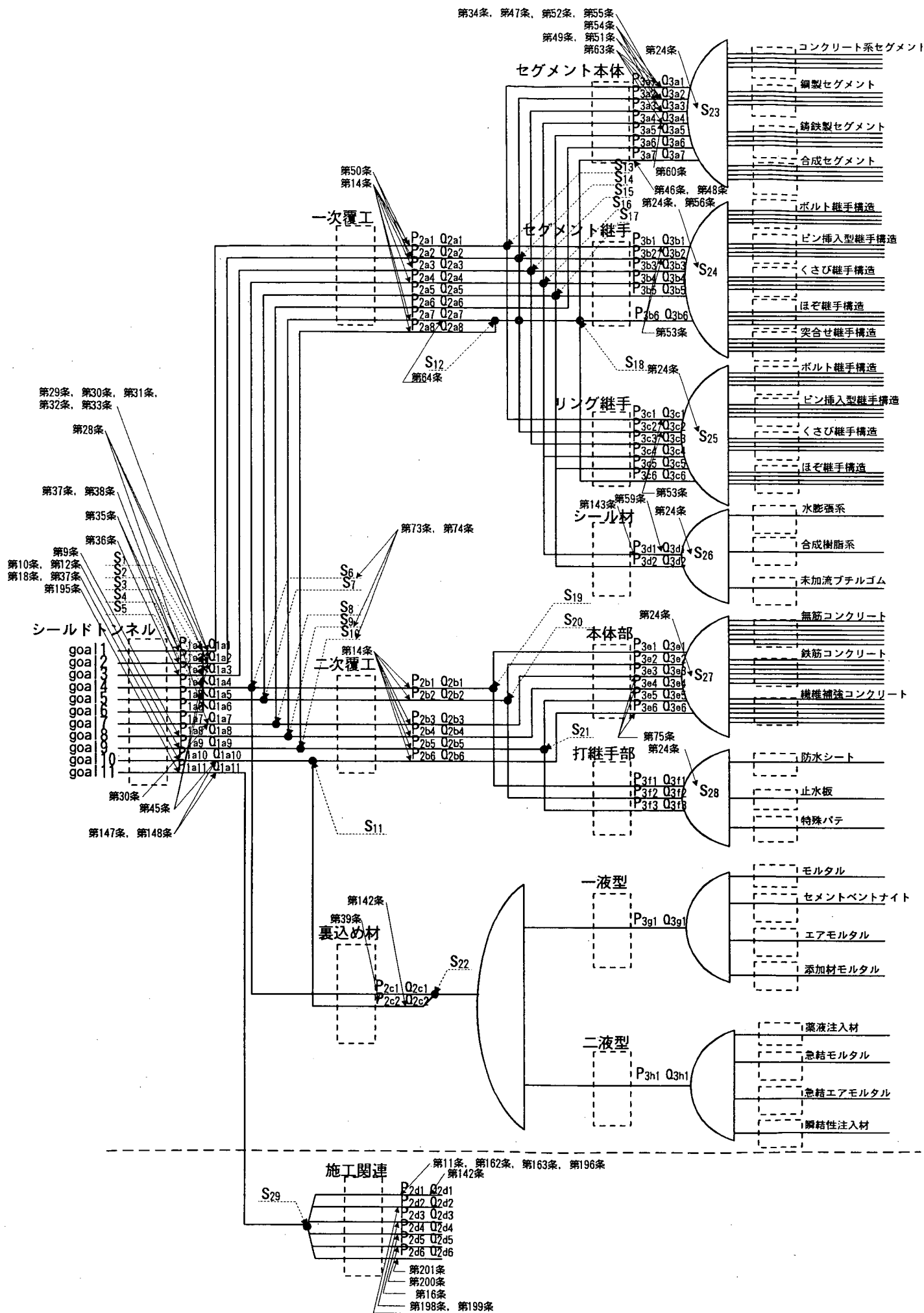


図-4.13 トンネル標準示方書 [シールド工法編] の整理

性能規定導入を検討する場合は、表-4.7に示すシールドトンネルの要求性能が要求目的となるが、例えば、セグメントに対して性能規定化導入を検討する場合、セグメントの要求性能(=一次覆工の性能)が要求目的となる。性能規定化の検討を導入すべき対象とその要求目的を決定した後、これらを起点として、検査・検証方法を考慮して、性能規定の規定項目を決定することになる。

b. 機能的要求と要求水準の決定

性能規定化された技術仕様には、受注者(または受注希望者)が技術的検討を行うために必要な設計条件を示す必要があると考える。また、各工事ごとに設備の目的や現場条件等を考慮して、要求目的や要求性能の数値基準を示す必要がある。NKBレベルにおける機能的要求と要求水準がこれに相当する。これらの決定のために考慮すべき条件(または、考慮可能な条件)は、性能規定型の土木工事発注が、設計・施工(基本計画、基本設計、実施設計、施工)のどの段階に導入されるかによって異なる。

示方書第4条においては、各段階の検討に必要な基礎資料を得るために、(1)立地条件調査、(2)支障物件調査、(3)地形および土質調査、(4)環境保全のための調査が必要であるとされている。一例として地形および土質調査に着目して、示方書第7条を参考に基本計画、基本調査、実施調査、施工の各段階において実施される調査内容と調査方法を整理した結果を表-4.10に示す。各段階での調査方法によって、調査資料の精度も異なるため、機能的要求と要求水準や技術仕様に提示すべき設計条件の決定において考慮可能な内容は異なる。例えば、示方書の第28条において覆工の設計にあたって考慮すべき荷重の種類が示されているが、基本設計と詳細設計においては、検討されている荷重の種類が異なっている。その現状を表-4.9に示す。

また、性能規定型の土木工事発注が導入される設計・施工の段階に応じて、調査内容、調査精度が異なることを考慮して、技術仕様においては、これらの再調査・検討の実施を行い、要求目的と要求性能を満たす機能的要求と要求水準の再検討、設計条件の修正を行うことを適切に示す必要がある。

以上のように、性能規定化された技術仕様においては、各設備ごとの使用目的とともに、要求目的や要求性能の数値基準、受注者による技術的検討のための設計条件を記述する必要がある。また、性能規定型の土木工事発注が導入される設計・施工の段階に応じて、受注者が工事受注後に再調査・検討するべき調査内容等を示す必要がある。

表-4.9 覆工設計において考慮する荷重の種類

荷重の種類	基本設計	詳細設計	施工
鉛直および水平土圧	○	○	○
水圧	○	○	○
自重	○	○	○
上載荷重の影響	○	○	○
地盤反力	○	○	○
内部荷重(内水圧等)	○	○	
施工時荷重		○	○
地震の影響		○	
併設トンネルの影響		○	○
近接施工の影響		○	○
地盤沈下の影響		○	○

表-4.10 シールド工事における地形および土質調査

調査項目	調査内容	基本計画		基本設計		実施設計		施工	
		予備調査		基本調査		詳細調査		確認調査・管理調査	
		調査の実施	調査方法	調査の実施	調査方法	調査の実施	調査方法	確認・管理の実施	確認方法例
支障物件調査	支障物件調査	○	既設構造物の工事記録 現地踏査						
地形調査	地形	○	既設構造物の工事記録 地図類等文献調査 現地踏査						
	地層構成	○	既設構造物の工事記録 地図類等文献調査 土質調査記録	○	サンプリング				
	地盤沈下	○	現地踏査						
土質調査	N 値	○	既設構造物の工事記録 土質調査記録	○	標準貫入試験	○	標準貫入試験	○	標準貫入試験
	透水係数	○	既設構造物の工事記録 土質調査記録	○	透水試験	○	透水試験		
	地下水位、間隙水圧	○	既設構造物の工事記録 文献調査（井戸、地下水）	○	地下水位調査 間隙水圧測定	○	地下水位調査 間隙水圧測定	○	地下水位調査 間隙水圧測定
	粒度分布	○	既設構造物の工事記録 土質調査記録	○	室内土質試験	○	室内土質試験		
	含水比	○	既設構造物の工事記録 土質調査記録	○	室内土質試験	○	室内土質試験		
	土粒子比重	○	既設構造物の工事記録 土質調査記録	○	室内土質試験	○	室内土質試験		
	単位体積重量	○	既設構造物の工事記録 土質調査記録	○	室内土質試験	○	室内土質試験	○	室内土質試験
	一軸圧縮強さ	○	既設構造物の工事記録 土質調査記録	○	室内土質試験	○	室内土質試験		
	液性および塑性限界	○	既設構造物の工事記録 土質調査記録	○	室内土質試験	○	室内土質試験		
	粘着力	○	既設構造物の工事記録 土質調査記録	○	室内土質試験	○	室内土質試験	○	室内土質試験
	内部摩擦角	○	既設構造物の工事記録 土質調査記録	○	室内土質試験	○	室内土質試験	○	室内土質試験
	圧密特性	○	既設構造物の工事記録 土質調査記録	○	室内土質試験	○	室内土質試験		
	地下水の流速、流向		既設構造物の工事記録 文献調査（井戸、地下水）			○	透水試験		
	礫、玉石の径	○	既設構造物の工事記録 土質調査記録			○	サンプリング		
	地盤反力係数	○	既設構造物の工事記録 土質調査記録			○	孔内水平載荷 試験		
	弾性波速度	○	既設構造物の工事記録 土質調査記録			○	P S 検層	○	P S 検層
	耐震設計上の基盤	○	既設構造物の工事記録 土質調査記録			○	深礎掘削 P S 検層 標準貫入試験	○	深礎掘削 P S 検層 標準貫入試験

5. まとめ

本研究は、土木工事の技術仕様の性能規定化の方法を検討しつつ、性能に着目した新しい品質管理体系の提案することを目的に検討を行うものである。本報では、研究の第1段階として、土木工事における性能規定の技術的手法として、土木構造物の構成要素に着目した性能と品質の階層化整理の方法を提案するとともに、性能に着目した品質管理・検査方法を検討するために、シールド工事をケーススタディとして要求性能の階層化整理を行った結果を示した。本報で報告した主な調査内容と研究内容は下記のとおりである。

1) 国際社会における要求と公共工事を取りまく現状の整理

建設事業を取りまく近年の国内外社会の要求や多様化する公共工事への社会的要求に対応する方法の1つとして、土木分野への性能規定導入が期待されている。性能規定化の方法を検討する前段階として、これに期待されている内容を整理した。主な内容は以下のとおりである。

1. 国際社会の要求

(a) 国際規格との整合性の確保

2. 公共工事に対する要求

(a) アカウンタビリティの確保

(b) 設計・施工に対する自由度の向上

(c) コスト縮減

(d) 新しい入札・契約方法の導入

2) 性能規定に関するこれまでの議論

土木分野における性能規定を検討するにあたり、性能規定導入における課題への対応や検討を効率的に行うために、これまで建築分野や土木分野で行われていた検討を整理把握した。また、建築分野における性能規定は、導入目的等の取りまく状況等が土木分野と異なるため、導入方法や課題には異なるものがある。そのため、建築分野における性能規定の検討状況を整理する前に、建築分野における性能規定導入の背景を調査し、土木分野の相違点を整理した。

3) 土木分野における性能規定の定義

これまでに行われた土木分野における性能規定化の検討は、コンクリート分野や建設マネジメント分野等の個別の課題に対する対応となっており、体系的検討となっていない。そのため、土木分野においても、「性能」や「性能規定」の概念について関係者間の受け取り方に齟齬や誤解等の混乱を生じる恐れが生じている。この危惧を解決するために、用語について1つの定義を行った。本報では、用語の定義を行うにあたり、性能規定化の目的の1つとして、国際規格との整合性の確保があることを考慮し、ISO との整合性を考慮しつつ検討を行った。また、国内の土木工事への円滑な性能規定導入を行うために、現在の土木分野で用いられている用語を参考として検討した。

4) 土木分野における性能規定化の概念

性能規定の導入により、国際社会や国内公共工事に求められている要求に対応するために、土木工事の発注における技術仕様の性能規定化のための技術的手法を確立しなければならない。本研究では、性能規定化の技術的手法の確立を目的とした性能規定化の概念として、土木構造物の構成要素に着目した性能と品質の階層化整理の方法を提案した。土木構造物において、性能や品質を論じる対象は土木構造物全体やその構成要素の様々な段階のものがあるが、階層化

によりこれらの相違を明確にした整理を行うことができた。

5) シールド工事の性能規定化

本報で示した構成要素に着目した性能の階層化整理の要項性を確認しつつ、性能に着目した品質管理・検査方法の検討を行うために、シールド工事をケーススタディとして、性能の階層化整理を行った。検討は、道路トンネル技術基準(構造編)・同解説を参考としてシールドトンネル全体の要求目的を検討し、各構成要素に要求される性能を階層化整理した。土木構造物の各構成要素は複数の要求性能を有しており、構成要素間の要求性能の関係やその本来の意味は不明確になりやすい。しかし、要求性能の階層化整理を行うことにより、構成要素間の要求性能の関係と、各構成要素の有する要求性能を明確にすることが実際に可能であることが示された。

また、従来の土木工事の仕様書においては、準拠すべき関係技術基準類が提示されている。この技術基準類が性能規定化されていない場合、技術仕様の性能規定化には、これらの内容に対する対応についても検討する必要がある。本研究においては、関係技術基準類の内容把握の例として、トンネル標準示方書〔シールド工法編〕と要求性能の階層化整理の関係を示した。これにより、技術基準類の内容が、性能と品質の階層化整理の全般にわたっており、また、要求性能により示されている内容と要求品質により示されている内容の双方を含んでいる現状が把握された。

おわりに

本報においては、土木工事の技術仕様の性能規定化の方法として、構造物の構成要素に着目した性能と品質の階層化整理の方法を提案した。また、シールド工事を対象としたケーススタディにより、性能の階層化整理を具体的に行った。今後は、この整理結果を基に、合理的かつ的確な品質管理・検査方法の検討を行い、性能に着目した品質管理体系の提案を行う予定である。

最後に、本研究は、建設省総合技術開発プロジェクト「建設事業の品質管理体系に関する技術開発」の一貫として行ったものである。本研究を行うにあたり、土木分野に先行して、性能規定の検討が行われている建築分野の状況に関して、第四研究部住宅建設研究室の西山室長をはじめとする建築研究所の多くの方々より資料、ご意見等を賜りました。謝意を表します。

<参考文献>

- (1) ISO 規格と我が国の技術基準,(社) 土木学会 ISO 対等特別委員会,1998.9.
- (2) 「ISO への対応」に関するシンポジウム講演資料集,土木学会 ISO 対応特別委員会,1998.9.
- (3) 貿易の技術的障害に関する協定
- (4) 政府調達に関する協定
- (5) (財) 日本適合性認定協会登録リスト,<http://www.jab.or.jp/jpm/htm/frame.htm>,1999.5.31(downroad)
- (6) ISO9000 シリーズ適用パイロット事業の今後の展開等について,建設省記者発表資料,1998.1.8.
- (7) ISO9000 シリーズ, ISO14000 シリーズに対する取組,<http://www.moc.go.jp/tec/iso9000/index.htm>,1998.1.23 (modified)
- (8) 公共工事の品質に関する委員会報告書,建設省大臣官房技術調査室監修,社団法人全日本建設技術協会,
- (9) 公共工事の品質確保等のための行動指針,建設省,1998.2.
- (10) 発注者責任研究懇談会中間とりまとめ,農林水産省構造改善局施工企画調整室・運輸省運輸政策局公共事業調査室・建設省大臣官房技術調査室監修,社団法人全日本建設技術協会,1999.6.
- (11) 公共事業の説明責任(アカウンタビリティ) 向上行動指針,建設省,1999.2.
- (12) 公共工事コスト縮減対策に関する行動指針,1997.4.
- (13) 平野,海外の「性能指向の建築基準」の動向,建築研究成果撰 あらか第12集,pp.1-pp.11,1994.10.
- (14) STRUCTURE FOR BUILDING REGULATIONS,NKB report No.34,NKB,1978.11.
- (15) ECE COMPENDIUM OF MODEL PROVISIONS FOR BUILDING REGULATIONS,UNITED NATIONS,1996.
- (16) 新建築構造体系の開発報告書(建設省総合技術開発プロジェクト),建設省,1998.10.
- (17) 大橋,性能規定の必要性和問題点 主旨説明,性能規定化の必要性和問題点,pp.1,日本建築学会大会建築法政部門研究懇談会資料,日本建築学会建築法制委員会,1996.9.
- (18) 守屋,性能規定の必要性和問題点(1) 計画に関する規定,性能規定化の必要性和問題点,pp.3-pp.6,日本建築学会大会建築法政部門研究懇談会資料,日本建築学会建築法制委員会,1996.9.
- (19) 平野,性能規定の必要性和問題点(3) 海外諸国の取組と問題点,性能規定化の必要性和問題点,pp.11-pp.17,日本建築学会大会建築法政部門研究懇談会資料,日本建築学会建築法制委員会,1996.9.
- (20) コンクリート分野の標準化計画案に関する報告書,日本工業標準調査会土木部会コンクリート専門委員会,1998.3.
- (21) 上田ほか3名,コンクリート構造物の性能照査型補強設計法の提案,pp.244-245,CS,第53回土木学会年次講演会,1998.10.
- (22) 下村ほか3名,性能照査型設計システムにおけるコンクリート構造物の使用性照査,pp.246-247,CS,第53回土木学会年次講演会,1998.10.
- (23) 河野,コンクリート分野の性能照査設計法の動向,pp.31-pp.38,鋼構造と橋に関するシンポジウム,1998.8.
- (24) 小澤他3名,技術基準の性能規定化と性能発注に関する一考察,pp.73-pp.80,第16回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集,1998.12.
- (25) 平野,建築生産規範情報の構造の『性能』に着目した説明モデル,pp.3.1-pp.3.10,平成10年度建築研究所春季研究発表会資料,1998.6.
- (26) ISO6240 Performance standards in building-Contents and presentation,1980.
- (27) 五條,「新建築構造体系」4. 新たな社会機構のビジョンと方向性,pp.17-pp.22,建設省建築研究所平成10年度秋季講演会,1998.10.
- (28) ISO/IEC GUIDE2:1996(E/F/R) Standardization and related activities - General vocabulary, 7th edition,1996.
- (29) ISO8402 Quality management and quality assurance - Vocabulary,1994.
- (30) 設計業務共通仕様書,建設省,1995.9.
- (31) 土木工事共通仕様書,建設省,1998.3.
- (32) JIS Z 8101 品質管理用語,1981.8.
- (33) コンクリート標準示方書[施工編],土木学会,1996 制定
- (34) 高流動コンクリート施工指針 コンクリートライブラリー 93,土木学会,編,丸善,1998.7.

- (35) 田中・村松, 土木工事における品質と性能の関係の概念モデル, pp.65-pp.72, 第16回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集, 1998.12.
- (36) 田中ほか2名, シールド工事の性能規定化のための要求性能の検討, pp190-pp.191, CS, 第54回土木学会年次講演会, 1999.10.
- (37) 田中ほか2名, 土木工事における要求性能の明確化の手法ーシールド工事を用いた事例検討ー, pp.13-pp.24, 第17回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集, 1999.12.
- (38) 土木学会トンネル工学委員会編, トンネル標準示方書 [シールド工法編]・同解説, 社団法人土木学会, 1996.7.
- (39) 日本道路協会, 道路トンネル技術基準 (構造編)・同解説, 丸善, 1989.6.
- (40) AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, AASHTO 1996.

参考資料

(1) シールドトンネルにおける要求性能の階層化整理結果

(2) トンネル標準示方書〔シールド工法編〕の記載内容の整理結果

記 号	性 能
(要 求 目 的)	
goal1	トンネルへの作用荷重(供用時の内・外荷重)に対して安全に抵抗できる、構造上の必要な強度を有している。
goal2	トンネル用途に障害となるような変形が生じない。
goal3	あらかじめ明示された地震時荷重(トンネル縦断方向荷重、横断方向荷重)に対して強度的に安全である。
goal4	1. トンネル外部から内部への漏水を、トンネルの排水機能で対応可能な漏水量以下に抑えることができる。 2. 【条件：下水トンネル等場合】トンネル内部から外部への漏水(流出)を完全止水することができる。
goal5	【条件：道路トンネルの場合】熱による一次覆工の強度劣化を防止できる。
goal6	要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、性能を維持できる。(寿命に関する要求)
goal7	浮力に対して構造上安定している。
goal8	トンネル用途に適合した内面形状と大きさを有する。
goal9	トンネル用途に適合した出来形(線形)及び仕上がり状況を有している。
goal10	供用期間中に周辺環境へ及ぼす影響が少ない。
goal11	工事発注者が果たすべき責任範囲において、施工中に周辺環境へ及ぼす影響がない。
(等 級 1)	
P _{1a1}	トンネルへの作用荷重(供用時の内・外荷重)に対して安全に抵抗できる、構造上の必要な強度を有している。
P _{1a2}	トンネル用途に障害となるような変形が生じない。
P _{1a3}	あらかじめ明示された地震時荷重(トンネル縦断方向荷重、横断方向荷重)に対して強度的に安全である。
P _{1a4}	1. トンネル外部から内部への漏水を、トンネルの排水機能で対応可能な漏水量以下に抑えることができる。 2. 【条件：下水トンネル等場合】トンネル内部から外部への漏水(流出)を完全止水することができる。
P _{1a5}	【条件：道路トンネルの場合】熱による一次覆工の強度劣化を防止できる。
P _{1a6}	要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、性能を維持できる。(寿命に関する要求)
P _{1a7}	浮力に対して構造上安定している。
P _{1a8}	トンネル用途に適合した内面形状と大きさを有する。
P _{1a9}	トンネル用途に適合した出来形(線形)及び仕上がり状況を有している。
P _{1a10}	供用期間中に周辺環境へ及ぼす影響が少ない。
P _{1a11}	工事発注者が果たすべき責任範囲において、施工中に周辺環境へ及ぼす影響がない。
(等 級 2)	
P _{2a1}	要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、トンネルへの作用荷重に対して、構造上の必要な強度を有している。
P _{2a2}	要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、トンネル用途に障害となるような変形を生じない。
P _{2a3}	要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、あらかじめ明示された地震時荷重(トンネル縦断方向荷重、横断方向荷重)に対して安全に抵抗できる。
P _{2a4}	1. 要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、トンネル外部から内部への漏水を適切な漏水量以下に抑えることができる。 2. 【条件：下水トンネル等場合】要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、トンネル内部から外部への漏水(流出)を完全止水することができる。
P _{2a5}	【条件：道路トンネル】要求する使用期間においてあらかじめ明示された維持管理手法により、熱により強度低下を防ぐことができる。
P _{2a6}	【条件：二次覆工を省略する場合】浮力に対して浮き上りを防止できる適切な重量である。
P _{2a7}	【条件：二次覆工を省略する場合】トンネル用途に適合したトンネル内空の形状と大きさを侵さずに組み立てることができる。 【条件：二次覆工を行う場合】二次覆工外面と一次覆工内面が接して組み立てることができる。

記 号	性 能
P _{2a3}	目的とするトンネル線形が確保されている。 【条件：二次覆工を省略する場合】トンネル用途に適合した内面の平滑性を有している。
P _{2b1}	1. 要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、トンネル外部から内部への漏水を、トンネルの排水機能で適切な漏水量以下に抑えることができる。 2. 【条件：下水トンネル等場合】要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、トンネル内部から外部への漏水（流出）を適切な漏水量以下に抑えることができる。
P _{2b2}	【条件：道路トンネルの場合】要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、熱による一次覆工の強度劣化を防ぐことができる。
P _{2b3}	一次覆工の重量と合わせて、浮力に対して浮き上がりを防止できる適切な重量である。
P _{2b4}	トンネル用途に適合したトンネル内空の形状と大きさを有することができる。
P _{2b5}	トンネル用途に適合した内面の平滑性を有している。
P _{2b6}	【条件：鉄道トンネル等、供用期間中にトンネル内部から発生する振動が環境に影響を与えることが予想される場合】適切な防振性を有する。
P _{2c1}	1. 要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、トンネル外部から内部への漏水を適切な漏水量以下に抑えることができる。 2. 【条件：下水トンネル等場合】要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、トンネル内部から外部への漏水（流出）を適切な漏水量以下に抑えることができる。
P _{2c2}	要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、地盤変状を抑えることができる。
P _{2d1}	施工期間中において、周辺環境保全のために適切な騒音対策が行われている。
P _{2d2}	施工期間中において、周辺環境保全のために適切な振動対策が行われている。
P _{2d3}	施工期間中において、水質汚濁（地下水への影響を含む）が防止できる。
P _{2d4}	1. 施工期間中において、地盤沈下、既設構造物に影響を与えないように土圧、泥水の推進管理が行われている。 2. 施工期間中に、周辺環境に有害な地盤沈下をおこさないように、適切な注入材注入時期、位置、圧力、量等で施工が行われている。
P _{2d5}	施工期間中において、可燃性ガスによる爆発を防止できる。
P _{2d6}	掘削土を適正に処理・処分する。
(等 級 3)	
P _{3a1}	要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、トンネルへの作用荷重（供用時の内・外荷重及び施工時の荷重（ジャッキ推力、裏込め注入圧等））に対して安全に抵抗できる強度を有している。
P _{3a2}	要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、適切な剛性（弾性係数、断面二次モーメント、断面積）を確保することができる。
P _{3a3}	要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、あらかじめ明示された地震時荷重に対して安全に抵抗できる、適切な強度を有することができる。
P _{3a4}	1. 要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、トンネル外部から内部への漏水に対して、適切な水密性を有し、要求に対して問題となるひびわれが発生しない。 2. 【条件：下水トンネル等場合】要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、トンネル内部から外部への漏水（流出）を完全止水することができ、要求に対して問題となるひびわれが発生しない。
P _{3a5}	【条件：道路トンネル】要求する使用期間においてあらかじめ明示された維持管理手法により、熱により強度低下を防ぐことができる。
P _{3a6}	【条件：二次覆工を省略する場合】浮力に対して浮き上りを防止できる適切な重量である。
P _{3a7}	目的に適合したトンネル内空の形状と大きさを侵さずに組み立てることが可能な、適切な寸法を有している。
P _{3b1}	要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、セグメント間の作用力に対しての適切な強度を有することができる。
P _{3b2}	要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、セグメント間の作用力に対しての適切な剛性を有することができる。
P _{3b3}	要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、あらかじめ明示された地震時荷重に対して、継手部がリング構造としての適切な強度を有することができる。
P _{3b4}	1. 要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、トンネル外部から内部への漏水に対して、適切な水密性を有し、要求に対して問題となるひびわれが発生しない。 2. 【条件：下水トンネル等場合】要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、トンネル内部から外部への漏水（流出）を完全止水することができ、要求に対して問題となるひびわれが発生しない。
P _{3b5}	【条件：道路トンネル】要求する使用期間においてあらかじめ明示された維持管理手法により、熱により強度低下を防ぐことができる。

記 号	性 能
P _{3b6}	目的に適合したトンネル内空の形状と大きさを侵さずに組み立てることが可能な、適切な寸法を有している。
P _{3c1}	要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、リング間の作用力に対して適切な強度を有している。
P _{3c2}	要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、リング間の作用力に対して、適切な剛性を有することができる。
P _{3c3}	要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、あらかじめ明示された地震時荷重に対して、適切な強度を有することができる。
P _{3c4}	1. 要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、トンネル外部から内部への漏水に対して、適切な水密性を有し、要求に対して問題となるひびわれが発生しない。 2. 【条件：下水トンネル等場合】要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、トンネル内部から外部への漏水（流出）を完全止水することができ、要求に対して問題となるひびわれが発生しない。
P _{3c5}	【条件：道路トンネル】要求する使用期間においてあらかじめ明示された維持管理手法により、熱により強度低下を防ぐことができる。
P _{3c6}	目的に適合したトンネル内空の形状と大きさを侵さずに組み立てることが可能な、適切な寸法を有している。
P _{3d1}	1. 要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、シールドジャッキによる繰返し推力やリングの変形による継手面間隙の伸縮に追従し、水圧に対する適切な水密性を維持することができ、かつ、十分な接着力を有することができる。 2. 要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、ボルト締結状態での均一性を維持することができる。
P _{3d2}	【条件：道路トンネル】要求する使用期間においてあらかじめ明示された維持管理手法により、熱により止水性能低下を防ぐことができる。
P _{3e1}	1. 要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、トンネル外部から内部への漏水を防ぐために、コンクリートが緻密で、適切な水密性を有し、要求目的に対して問題となるひび割れが発生しない。 2. 【条件：下水トンネル等場合】要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、トンネル内部から外部への漏水（流出）に対して、完全止水性を有し、要求目的に対して問題となるひび割れが発生しない。
P _{3e2}	【条件：道路トンネルの場合】要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、熱による一次覆工の強度低下を防ぐことができる耐火性を有する。
P _{3e3}	一次覆工の重量と合わせて、浮力に対して浮き上がりを防止できる適切な厚み（重量）を有する。
P _{3e4}	トンネル用途に適合したトンネル内空の形状と大きさを侵さずに組み立てることが可能な、適切な寸法を有している。
P _{3e5}	エアーボイドまたはあばたがない。
P _{3e6}	【条件：鉄道トンネル等、供用期間中にトンネル内部から発生する振動が環境に影響を与えることが予想される場合】振動を抑制するために、適切な厚み（重量）を有する。
P _{3f1}	1. 要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、トンネル外部から内部への漏水を防ぐために、コンクリートが緻密で、適切な水密性を有し、要求目的に対して問題となるひび割れが発生しない。 2. 【条件：下水トンネル等場合】要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、トンネル内部から外部への漏水（流出）に対して、完全止水性を有し、要求目的に対して問題となるひび割れが発生しない。
P _{3f2}	【条件：道路トンネルの場合】要求する供用期間において、あらかじめ明示された維持管理手法により、熱による一次覆工の強度低下を防ぐことができる耐火性を有する。
P _{3f3}	継目部が平滑である。
P _{3g1}	空隙が充填されており、材料が流れ出さない。 早期に地山強度以上になり、注入後の容積減少が少ない。
P _{3h1}	空隙が充填されており、材料が流れ出さない。 早期に地山強度以上になり、注入後の容積減少が少ない。
(等 級 4)	
P _{4a1}	コンクリート部材が所定の強度を有する。
P _{4a2}	所定の剛性（弾性係数、断面二次モーメント、断面積）を有する。
P _{4a3}	コンクリートが緻密で透水性が低く、ひび割れがない。 裏込め注入孔周りに水みちがない。
P _{4a4}	所定の寸法を有する。
P _{4b1}	鋼製部材が所定の強度を有する。 溶接部分が所定の強度を有する。
P _{4b2}	所定の剛性（弾性係数、断面二次モーメント、断面積）を有する。
P _{4b3}	溶接部に水みちがない。 裏込め注入孔内に水みちがない。
P _{4b4}	所定の寸法を有する。

記 号	性 能
P _{4c1}	铸造部材が所定の強度を有する。
P _{4c2}	所定の剛性（弾性係数、断面二次モーメント、断面積）を有する。
P _{4c3}	铸造部材にすぎない。 裏込め注入孔内に水みちがない。
P _{4c4}	所定の寸法を有する。
P _{4d1}	合成部材が所定の強度を有する。 溶接部分が所定の強度を有する。
P _{4d2}	所定の剛性（弾性係数、断面二次モーメント、断面積）を有する。
P _{4d3}	コンクリートが緻密で透水性が低く、ひび割れがない。 裏込め注入孔周りに水みちがない。
P _{4d4}	所定の寸法を有する。
P _{4e1}	所定の強度を有する。 継手ボルトが所定のトルクで締め付けられている。
P _{4e2}	所定の剛性を有する。
P _{4e3}	シール材をつぶしている。 均等に締め付けられるようなボルト配置である。
P _{4e4}	所定の寸法を有する。
P _{4f1}	所定の強度を有する。
P _{4f2}	所定の剛性を有する。
P _{4f3}	シール材をつぶしている。
P _{4f4}	所定の寸法を有する。
P _{4g1}	所定の強度を有する。 くさびが所定の力で打ち込まれている。
P _{4g2}	所定の剛性を有する。
P _{4g3}	シール材をつぶしている。 均等に締め付けられるようなくさび配置である。
P _{4g4}	所定の寸法を有する。
P _{4h1}	所定の強度を有する。
P _{4h2}	所定の剛性を有する。
P _{4h3}	エレクターの押しつけ力によりシール材をつぶしている。
P _{4h4}	所定の寸法を有する。
P _{4i1}	所定の強度を有する（圧縮、割裂）。
P _{4i2}	所定の剛性を有する。
P _{4i3}	エレクターの押しつけ力によりシール材をつぶしている。
P _{4i4}	所定の寸法を有する。
P _{4j1}	所定の強度を有する。 継手ボルトが所定のトルクで締め付けられている。
P _{4j2}	所定の剛性を有する。
P _{4j3}	シール材をつぶしている。 均等に締め付けられるようなボルト配置である。
P _{4j4}	所定の寸法を有する。

記 号	性 能
P _{4k1}	所定の強度を有する。
P _{4k2}	所定の剛性を有する。
P _{4k3}	シール材をつぶしている。
P _{4k4}	所定の寸法を有する。
P ₄₁₁	所定の強度を有する。 くさびが所定の力で打ち込まれている。
P ₄₁₂	所定の剛性を有する。
P ₄₁₃	シール材をつぶしている。 均等に締め付けられるようなくさび配置である。
P ₄₁₄	所定の寸法を有する。
P _{4m1}	所定の強度を有する。
P _{4m2}	所定の剛性を有する。
P _{4m3}	エレクターの押しつけ及びジャッキ推力によりシール材をつぶしている。
P _{4m4}	所定の寸法を有する。
P _{4o1}	所定の物性を有する。
P _{4p1}	所定の物性を有する。
P _{4q1}	所定の物性を有する。
P _{4r1}	コンクリートが緻密で透水性が低く、ひび割れがない。
P _{4r2}	耐火性を有する。
P _{4r3}	浮力に対して浮き上がりを防止できる厚み（重量）である。
P _{4r4}	目的に応じた内空断面が確保されている。
P _{4r5}	エアーボイドまたはあばたがない。
P _{4r6}	【条件：鉄道トンネル等、供用期間中にトンネル内部から発生する振動が環境に影響を与えることが予想される場合】厚み（重量）がある。
P _{4s1}	コンクリートが緻密で透水性が低く、ひび割れがない。
P _{4s2}	耐火性を有する。
P _{4s3}	浮力に対して浮き上がりを防止できる厚み（重量）である。
P _{4s4}	目的に応じた内空断面が確保されている。
P _{4s5}	エアーボイドまたはあばたがない。
P _{4s6}	【条件：鉄道トンネル等、供用期間中にトンネル内部から発生する振動が環境に影響を与えることが予想される場合】厚み（重量）がある。
P _{4t1}	コンクリートが緻密で透水性が低く、ひび割れがない。
P _{4t2}	耐火性を有する。
P _{4t3}	浮力に対して浮き上がりを防止できる厚み（重量）である。
P _{4t4}	目的に応じた内空断面が確保されている。
P _{4t5}	エアーボイドまたはあばたがない。

記 号	性 能
P _{4t6}	【条件：鉄道トンネル等、供用期間中にトンネル内部から発生する振動が環境に影響を与えることが予想される場合】厚み（重量）がある。
P _{4u1}	止水性を有する。
P _{4v1}	止水性を有する。
P _{4w1}	止水性を有する。
P _{4x1}	所定の量がいっている、固化する。
P _{4y1}	所定の量がいっている、固化する。
P _{4z1}	所定の量がいっている、固化する。
P _{4α1}	所定の量がいっている、固化する。
P _{4β1}	所定の量がいっている、固化する。
P _{4γ1}	所定の量がいっている、固化する。
P _{4δ1}	所定の量がいっている、固化する。
P _{4ε1}	所定の量がいっている、固化する。

分岐記号	内容
S1	goal1の要求性能の前提条件として、goal11（寿命に関する要求性能）を考慮する。
S2	goal3の要求性能の前提条件として、goal11（寿命に関する要求性能）を考慮する。
S3	goal5の要求性能の前提条件として、goal11（寿命に関する要求性能）を考慮する。
S4	goal4の要求性能の前提条件として、goal11（寿命に関する要求性能）を考慮する。
S5	goal10の要求性能の前提条件として、goal11（寿命に関する要求性能）を考慮する。
S6	1. トンネル外部から内部への漏水に関して、裏込め材による止水性能確保を基本とし、他の部材により、その性能を補足する。 2. 【条件：下水トンネル等場合】トンネル内部から外部への漏水（流出）に関して、二次覆工による止水性能確保を基本とし、他の部材により、その性能を補足することで、完全止水性を確保する。
S7	一次覆工が熱による強度低下を起こさない性能が要求される。 【条件：二次覆工を省略する場合】一次覆工に熱による強度低下を起こさない性能が要求される。 【条件：二次覆工を行う場合】二次覆工に一次覆工が熱による強度低下を起こさない性能が要求される。
S8	【条件：二次覆工を省略する場合】一次覆工に浮力による浮き上りを防止できる重量が要求される。 【条件：二次覆工を行う場合】一次覆工と二次覆工を合わせて浮力による浮き上りを防止できる重量が要求される。
S9	【条件：二次覆工を省略する場合】一次覆工に内空断面確保が要求される。 【条件：二次覆工を行う場合】二次覆工が内空断面を確保する要求と、その外周に設置される一次覆工の要求も満足しなければならない。
S10	出来形についての一次覆工の組立精度に関する性能と、仕上がり状況についての内面平滑性に関する性能が要求される。
S11	供用期間中に周辺環境に与える影響として、地盤変状を抑えるためには、裏込め材による性能のみが期待される。 また、裏込め材にはトンネル完成後の地盤変状が少ないという性能がある。 【条件：鉄道トンネル等、供用期間中にトンネル内部から発生する振動が環境に影響を与えることが予想される場合】供用期間中に周辺環境に与える影響として、振動を抑えるためには、必要に応じて二次覆工による性能のみが期待される。
S12	セグメント本体とセグメント継手、リング継手は、それぞれが一体となった形で、目的とするトンネル線形が確保されなければならない。
S13	セグメント本体とセグメント継手、リング継手は、それぞれが一体となった形で、トンネルの作用荷重に抵抗するため、各部材が適切な強度を有する必要がある。
S14	セグメント本体とセグメント継手、リング継手は、それぞれが一体となった形で、目的とするトンネル内空の形状と大きさを侵すような変形をしてはならないため、各部材が適切な剛性を有する必要がある。
S15	セグメント本体とセグメント継手、リング継手は、それぞれが一体となった形で、トンネルに作用する地震時荷重に抵抗するため、各部材が適切な剛性を有する必要がある。
S16	1. トンネル外部から内部への漏水に対して、全体漏水量を適切な漏水量以下に抑えなければならない。 2. 【条件：下水トンネル等場合】トンネル内部から外部へ漏水（流出）に対して、各部材により完全止水できなければならない。
S17	セグメント本体とセグメント継手、リング継手は、およびシール材それぞれが熱による強度低下、性能（止水）低下を起こしてはならない。
S18	セグメント本体とセグメント継手、リング継手は、それぞれが一体となった形で、目的とするトンネル内空の形状と大きさが確保されなければならない。
S19	1. トンネル外部から内部への漏水に対して、各部材全体の漏水量を適切な漏水量以下に抑えなければならない。 2. 【条件：下水トンネル等場合】トンネル内部から外部へ漏水（流出）に対して、各部材の漏水量を適切な漏水量以下に抑えなければならない。
S20	【条件：道路トンネルで二次覆工を省略する場合】二次覆工に対する要求は消滅するが、耐火材等が必要となる。 【条件：道路トンネルで二次覆工を行う場合】トンネル内火災に対して、本体部、打継目部ともに耐火性を有する必要がある。
S21	要求性能に対し、全ての部材の性能が独立的に反映されるため、それぞれが要求性能を満たさなければならない。
S22	裏込め材は、漏水に対する性能と地盤変状を抑える性能の両方が要求される。
S23	トンネル標準示方書〔シールド編〕参照
S24	トンネル標準示方書〔シールド編〕参照
S25	トンネル標準示方書〔シールド編〕参照
S26	トンネル標準示方書〔シールド編〕参照
S27	トンネル標準示方書〔シールド編〕参照
S28	トンネル標準示方書〔シールド編〕参照
S29	工事施工中の周辺環境に対する影響に関して、各工事毎において、工事発注者への説明責任が求められている事項に対してのみ対象とする。

トンネル標準示方書

編	章	条	条 文	階層記号または内容
第1編 総論	第1章 総則	第1条	適用の範囲	この示方書は、シールド工法の調査、計画、設計および施工についての一般的な標準を示すものである。
		第2条	定義	シールド……主に土砂地盤中を掘進する機械で、フード部、リングガーダー部、テール部の3部分から成っている。 シールド機とも呼ばれている。 シールド工法……シールドで地山の崩壊を防ぎながら、掘削、掘進を行い、テール部で覆工することにより、トンネルを構築する工法である。 シールドトンネル……シールド工法によって築造されたトンネルをいう。 立 坑……シールドトンネルを施工するため、シールドの搬入・搬出・方向転換・組立・解体、掘進中の土砂の搬出、資器材の搬入・搬出、作業員の昇降、給電・給排水・換気等のための作業坑をいう。立坑には、その機能、目的によってトンネルの曲線半径……トンネル中心線の半径をいう。 トンネルの土被り……地表面から覆工天端までの深さをいう。 覆 工……シールドトンネル周辺地山の土圧、水圧を受け、トンネル内空を確保するための構造体を覆工という。覆工には一次覆工と、二次覆工とがある。一般に一次覆工はセグメントをリング状に組み立てた構造体であるが、セグメント……シールド工法におけるトンネルの覆工材をいう。一般に材質は鉄筋コンクリート、または鉄鋼である。数個に分割したセグメントを円形や複円形等に組み立て覆工する。 裏込め注入……シールドトンネルのセグメントと地山との空隙（テールボイド）に充填材を注入することをいう。
		第3条	関連法規	シールド工法の実施にあたっては、準拠すべき法規の有無、その内容、手続き、対策等を事前に十分調査しておかなければならない。
	第2章 調査	第4条	調査の目的	調査の目的は、シールド工法を安全、迅速かつ経済的に実施するために行うものである。調査を大別すると次のとおりである。 (1) 立地条件調査 (2) 支障物件等調査 (3) 地形および土質調査 (4) 環境保全のための調査
		第5条	立地条件調査	立地条件調査は、次の項目について行わなければならない。 (1) 土地利用および権利関係 (2) 将来計画 (3) 道路種別と路上交通状況 (4) 工事用地確保の難易度 (5) 河川、湖沼、海の状況 (6) 工事用電力および給排水施設
		第6条	支障物件等調査	支障物件等調査は、次の項目について行わなければならない。 (1) 地上、地下構造物 (2) 埋設物 (3) 井戸および古井戸 (4) 構造物跡、仮設工事跡 (5) その他
		第7条	地形および土質調査	地形および土質調査は、次の項目について行わなければならない。 (1) 地 形 (2) 地層構成 (3) 土 質 (4) 地下水 (5) 酸欠空気、有害ガスの有無、その他 これらの調査は、踏査、ボーリング等を適切な方補うにより行うものとし、調査一夜調査項目等については、責任技術者の判断によるものとする。
		第8条	環境保全のための調査	トンネル施工に伴う周辺の環境保全のため、必要に応じ次に示す事項に関する調査を行わなければならない。 (1) 騒音・振動 (2) 地盤変状 (3) 地下水 (4) 酸欠空気およびメタンガス等の有毒ガス (5) 薬液注入等 (6) 建設副産物 (7) その他

編	章	条	条 文	階層記号または内容		
	第3章 計画	第9条	トンネル内空の形状と大きさ	(1) トンネル内空は、用途に応じた形状と大きさを有するとともに施工上の要件も考慮して決めなければならない。 (2) シールドの断面形状は円形を標準とする。	Pla8	
		第10条	トンネルの線形	(1) トンネルの線形は、トンネルの使用目的、使用条件等を考慮して計画するとともに、その計画にあたっては、なるべく直線あるいは緩やかな曲線を用い、立地条件、支障物件および地山の条件を含めた施工上の要件も考慮しなければならない。	Pla9	
		第11条	トンネルの土被り	トンネルの土被りは、地表や地下構造物の状況、地山の条件、掘削断面の大きさ、施工方法を考慮して決定しなければならない。	P2d1	
		第12条	トンネルの勾配	トンネルの勾配は、使用目的、維持管理等を考慮して決めなければならない。	Pla9	
		第13条	シールド工法の選定	シールド工法の選定にあたっては施工区間の地山の条件、地表の状況、断面寸法、施工延長、トンネルの線形、工期等の諸条件はもちろん、掘削や覆工等の施工を考慮して、安全で経済的に施工できる形式を決めなければならない。	工法選定	
		第14条	覆 工	覆工は、周辺地山の土圧、水圧等の荷重に耐え、所定のトンネル内空を確保するとともに、トンネルの使用目的および施工条件に応じた機能を有する安全かつ堅固な構造物でなければならない。	P2a1 P2a2 P2a3 P2a4 P2a7 P2a8 P2b1 P2b2 P2b3 P2b4 P2b5 P2b6	
		第15条	トンネルの付属設備	トンネルには、その使用目的や、維持管理上の必要性に応じて排水、換気、防災等の設備やマンホール等を、あらかじめ計画しておかなければならない。	トンネル付属設備 (検討対象外)	
		第16条	補助工法	(1) 密閉型シールドの場合には、発進部、到達部、あるいは急曲線部に、切羽や覆工の安定のため、また、開放型シールドの場合には、地山を安定させるため、シールド通過地点の地山の条件、施工条件等を考慮し、事前に補助工法の必要性の検討を行うものとする。 (2) トンネルの施工に伴い、周辺の既設構造物に沈下、損傷等の変状を与えるおそれがある場合は、その防護のために必要な対策を検討しなければならない。	P2d4	
		第17条	立坑と工事基地	立坑と工事基地はシールド通過地の立地条件や施工条件を考慮して、施工が安全かつ能率的に行えるよう、適切な位置に必要な機能を考慮した規模で計画しなければならない。	立坑 (検討対象外)	
		第18条	環境保全対策	トンネルの建設に伴って、周辺に影響を及ぼすおそれのある場合は、これらに対して十分に注意を払い環境の保全に努めなければならない。	Pla10	
		第19条	工事の工程	シールド工事の工程は、工事の規模、順序、工期および施工条件等を考慮して安全かつ効率的に計画しなければならない。	工程検討	
		第20条	観測、測定、工事記録	シールド工事にあたっては、観測、測定を行い、施工の安全性確保を図るとともに、工事記録等をなるべく詳細にとり保存・活用に努めることが望ましい。	施工 (工事記録)	
	第2編 覆工	第1章 総則	第21条	適用の範囲	本編は、円形断面を有するシールドトンネルを対象に、その覆工に関する設計ならびに製作の基本となる事項を示すものである。なお、責任技術者の承認を得て円形以外のシールドトンネルに準用することができる。	—
			第22条	名 称	覆工に関する用語は次のとおりとする。 (1) 覆工厚 トンネル横断面における覆工の厚さをいう (図2.1参照)。 (2) 箱形セグメント 主桁と継手板または縦リブによって囲まれた凹部を有するセグメントの総称である。鋼製セグメントおよび球状黒鉛鉄製セグメント (以下これをダクタイルセグメントと呼ぶ) では箱形セグメントといい、コンクリート製セグメントでは中子形セグメントともいう。 (図2.6参照) また、ダクタイルセグメントのうち、波形の断面で、背面の凹部に中詰剤を充填したものをコルゲート形セグメントという。なお鋼製セグメントおよびダクタイルセグメントを総称する場合は鉄鋼製セグメントという。 (3) 平板型セグメント 充実断面をもつ平板形のセグメントをいう。 (図2.6参照)。 一般には鉄筋コンクリート製であるが、セグメントの表面を鋼殻で覆ったり、鉄筋のかわりに鋼材を用いたりする合成セグメントもある。 (4) A、BおよびKセグメント 図2.2に示すとおりである。なお、Kセグメントにはトンネル半径方向にテーパをつけてトンネル内側から挿入するもの (半径方向挿入型Kセグメント) および軸方向にテーパをつけてトンネル軸方向から挿入するもの (軸方向挿入型Kセグメント) がある。 (5) 分割数 1リングを構成するセグメント数をいう。 (6) いも継ぎおよび千鳥組 セグメント継手がトンネル軸方向に連続する場合をいも継ぎといい、セグメント継手が千鳥配置となる場合を千鳥組 (7) テーパーリング 曲線部の施工および蛇行修正に用いるテーパのついたリングをいう (図2.4参照)。特に幅の狭い板状のものはテーパプレートリングという。 (5) 分割数 1リングを構成するセグメント数をいう。 (6) いも継ぎおよび千鳥組 セグメント継手がトンネル軸方向に連続する場合をいも継ぎといい、セグメント継手が千鳥配置となる場合を千鳥組と	名称説明 (必要に応じて引用)

編	章	条	条 文	階層記号または内容
			(7) テーパーリング 曲線部の施工および蛇行修正に用いるテーパーのついたリングをいう(図2.4参照)。特に幅の狭い板状のものはテーパープレートリングという。 (8) テーパーセグメント テーパーリングを構成するセグメントをいう。 (9) テーパー量(Δ) テーパーリングにおける最大幅と最小幅との差をいう(図2.4参照)。 (10) テーパー角(β) 図2.4に示す角度βをいう。 (11) 継手角度(αr) 図2.2、2.5に示すとおりで、主に半径方向挿入型Kセグメントの場合に用いられる。 (12) 挿入角度(αl) 図2.3に示すとおりで、軸方向挿入型Kセグメントの場合に用いられる。 (13) セグメント幅 トンネル縦断方向に測ったセグメントの寸法をいう(図2.6参照)。 (14) セグメント長さ トンネル横断方向に測ったセグメントの弧長をいう(図2.5参照)。 (15) セグメント高さ(厚さ) トンネル縦断面の半径方向に測ったセグメント側壁の高さをいう。平板形セグメントではセグメント厚さともいう(図2.6参照)。 (16) 主桁 トンネルの横断方向に沿った箱形セグメントの側壁部(鋼製セグメントにおいてはスキンプレートを除いた側壁部)で、トンネルに作用する外力に抵抗する主要部分を形成する(図2.6参照)。 (17) セグメント継手 トンネル横断方向にセグメントを連結し、リングを形成する継手をいう。 (18) リング継手 トンネル縦断方向にリング相互を連結し、トンネルを形成する継手をいう。 (19) 継手板 継手の接合に利用する板または板状構造をいう。(図2.7参照)。 (20) スキンプレートおよび背板 箱形セグメントにおいて主桁と継手板などで周辺を支持された板をいう。鋼製セグメントにおいてはスキンプレートといい、中子型セグメントでは背板(せいた)という(図2.6、2.7参照)。 (21) 縦リブ 箱形セグメントにおいてトンネルの縦断方向に配置した部材をいう。シールドジャッキの推力に抵抗するとともに、スキンプレートに作用する荷重を主桁に伝達する(図2.7参照)。 (22) セグメント継ぎボルト リングを形成するためにセグメント相互の連結に用いるボルトをいう。 (23) リング継ぎボルト リング相互の連結に用いるボルトをいう。 (24) シール溝 シール材を貼付するためにセグメントの側壁に沿って設けた溝をいう(図2.6参照)。 (25) コーキング溝 コーキングのためにセグメントの側壁の内側に沿って設けた溝をいう(図2.6参照)。 (26) 注入孔 裏込注入等を行うためにセグメントに設けた孔をいう(図2.7参照)。 (27) 吊手 エレクターに取り付けるためにセグメントに設けた金具等をいい、コンクリート系セグメントにおいては、注入工と兼用する場合が多い(図2.7参照)。 (28) 補強板 鋼製セグメントにおいて、継手板を補強する三角形の板をいう(図2.7参照)	
	第23条	記号	覆工の構造計算にあたって使用する記号は、次のとおりとする。 E_c, E_s, E_D: コンクリート、鋼材および球状黒鉛鋳鉄のヤング係数 I: 断面二次モーメント M, N, Q: 曲げモーメント、軸力およびせん断力(断面力の符号は図2.8に示す方向を正とする。)	記号説明

編	章	条	条 文	階層記号または内容	
			η : 曲げ剛性 (EI) の有効率 (第50条参照) ζ : 曲げモーメントの割増し率 (第50条参照) R_o, R_c, R_i : 一次覆工の外周半径, 図心半径および内周半径 h_1, h_2 : 一次覆工および二次覆工の覆工厚 B : セグメント幅 B : セグメント幅 図2.8 曲げモーメント, 軸力, せん断力 θ : セグメント断面力等の計算位置の角度 (トンネル頂部から時計まわりを正とした中心角) $\gamma, \gamma', \gamma_w$: 土の単位体積重量, 土の水中単位体積重量および水の単位体積重量 H : 覆工外周の頂点から測った土被り H_w : 覆工外周の頂点から測った静水面の高さ p_o : 上載荷重 W_1, W_2 : 一次覆工および二次覆工の自重 (トンネル縦断方向に単位長さ) g_1, g_2 : 覆工図心線に沿った単位周長当りの一次覆工および二次覆工の自重 (トンネル縦断方向に単位長さ) p : 鉛直方向の荷重強度 q : 水平方向の荷重強度 λ : 側方土圧係数 (第29条参照) κ : 地盤反力係数 (第29条, 第33条参照) δ : 覆工の変位 (地山側に向かうものを正とする.) c : 土の粘着力 ϕ : 土の内部摩擦角 $\theta_A, \theta_B, \theta_K$: A, B, Kセグメントの中心角 (図2.2参照)		
		第24条	覆工構造および形式の選定	覆工は, トンネルの使用目的, 地山の条件および施工法等に適合するように強度, 構造, 形式, 種類等を選定しなければならない.	S23 S24 S25 S26 S27 S28
		第25条	設計の基本	覆工の設計は, その使用目的に対して安全性の確認を基本とし, 良質な材料を用い, 適切な施工が行われることを前提に許容応力度設計法に基づき行うものとする.	削除
		第26条	設計計算書	(1) 設計計算書には, 計算上の条件, 考え方, 仮定および計算過程を明記しなければならない. (2) 設計計算書には, 原則として以下に示す設計計算書の基本事項を明記するものとする. 1) 設計荷重 2) 許容応力度または安全率 3) 使用材料の種類および特性 4) 地山の条件および地下水位 5) 施工条件 6) 設計責任者 7) 設計年月日	設計計算書
		第27条	設計図	(1) 設計図は, 構造物の設置位置, 構造物または覆工構造の形状, 寸法および断面強度に関する諸要素を明示するものでなければならない. (2) 設計図には, 必要に応じて以下に示す設計計算の基本事項を明記するものとする. 1) 設計荷重 2) 許容応力度または安全率 3) 使用材料の種類および特性 4) 地山の条件および地下水位 5) 施工条件 6) 設計責任者の所属, 氏名 7) 設計年月日 8) 縮尺 9) 寸法単位	設計図

編	章	条	条 文	階層記号または内容
	第2章 荷重	第28条	荷重の種類 覆工にあたって考慮する荷重は、次のとおりとする。 (1) 鉛直および水平土圧 (2) 水圧 (3) 自重 (4) 上載荷重の影響 (5) 地盤反力 (6) 内部荷重 (7) 施工時荷重 (8) 地震の影響 (9) 併設トンネルの影響 (10) 近接施工の影響 (11) 地盤沈下の影響 (12) その他	Q1a1 Q1a3 Q1a7
		第29条	鉛直土圧および水平土圧 (1) 土圧の算定にあたって水の取扱いは、地山の条件に応じ、次の考え方によって処理するものとする。 1) 土と水とを分離して取り扱う考え方 2) 水を土の一部として包含する考え方 (2) 鉛直土圧は、覆工の頂部に作用する等分布荷重とする。その大きさは、トンネルの土被り、トンネルの断面形状、外径および地山の条件等を考慮して定めるものとする。 (3) 水平土圧は、覆工の両側部にその横断面の図心直径にわたって水平方向に作用する等変分布荷重とし、その大きさは、鉛直荷重の土圧に側方土圧係数を乗じて算定するものとする。	Q1a1
		第30条	水圧 (1) 水圧はトンネル施工中および将来の地下水位の変動を想定し、安全な設計となるような地下水位を設定するものとする。 (2) 鉛直方向の水圧は等分布荷重とし、その大きさは、覆工頂部ではその頂点に作用する静水圧、底部ではその底点に作用する静水圧を標準とする。 (3) 水平方向の水圧は等変分布荷重とし、その大きさは静水圧とする。	Q1a1 Q1a7
		第31条	自重 自重は、覆工の図心線に沿って分布する鉛直方向の荷重とする。	Q1a1
		第32条	上載荷重の影響 上載荷重の影響は、土中の応力伝播を考慮して定めるものとする。	Q1a1
		第33条	地盤反力 地盤反力の発生範囲、分布形状および大きさは、設計計算法との関連から定めるものとする。	Q1a1
		第34条	施工時荷重 施工にあたって考慮する荷重は次のとおりとする。 (1) ジャッキ推力 (2) 裏込め注入圧 (3) エレクターの操作荷重 (4) その他	Q3a1
		第35条	内部荷重 内部荷重は、トンネル完成後に覆工の内側に作用する荷重で、その実状に応じて定めるものとする。	P1a1 P1a2
		第36条	地震の影響 地震の影響が考えられる場合は、重要度に応じてトンネルの立地条件、地山の条件、当該地域の地震動、トンネルの構造と形状およびその他必要な条件を考慮し検討を行うものとする。	P1a3
		第37条	併設トンネルの影響 トンネルを近接して併設する場合には、地山の条件、トンネル相互の位置関係、トンネル外径、施工方法等を考慮し、必要に応じてトンネルの相互干渉および施工時の影響について検討するものとする。	P1a1 P1a10
		第38条	近接施工の影響 シールドトンネルの施工時、または完成後に他の構造物が近接して施工されることがあらかじめ予想される場合には、その影響を十分に検討するものとする。	P1a1
		第39条	地盤沈下の影響 軟弱地盤中にトンネルを築造する場合には、必要に応じて地盤沈下の影響を検討するものとする。	P2c2
		第40条	その他の荷重 覆工が、本章に定めた以外の荷重を受ける場合には、必要に応じて地盤沈下の影響を検討するものとする。	削除
	第3章 材料	第41条	材料 覆工に使用する材料は、表2.1の規格に適合するものを標準とする。無筋および鉄筋コンクリートの材料については、表2.1に定めるもののほか、『コンクリート標準示方書』の規定による。	材料（等級4以下）
		第42条	材料の試験 セグメントに用いるコンクリートのヤング係数は、その設計基準強度に応じて表2.2のとおりとする。鋼、鋳鋼および球状黒鉛鋳鉄のヤング係数は、表2.3のとおりとする。また、材料のポアソン比は、表2.4のとおりとする。	材料（試験）
		第43条	材料のヤング係数およびポアソン比	ヤング率等 （必要に応じて引用）
	第4章 許容応力度	第44章	許容応力度 覆工に用いる材料の許容応力度は次のとおりとする。 (1) セグメントのコンクリート セグメントに用いるコンクリートの許容応力度は表2.5によるものとする。 (2) 現場打ちコンクリート 現場打ちコンクリートの許容応力度は、表2.6によるものとする。 (3) 鉄筋 鉄筋の許容応力度は、表2.7によるものとする。	許容応力度等 （必要に応じて引用）

編	章	条	条 文	階層記号または内容
			(4) 鋼材および溶着部 鋼材および溶着部の基本許容応力度は、表2.8～2.10によるものとする。表2.8は座屈を考慮しない場合の値であり、また表2.9は座屈を考慮する場合の値である。 鋼製セグメントの局部座屈に対する許容応力度は表2.10による。 なお、強度の異なる鋼材を接合する場合は強度の低い鋼材に対する値を用いるものとする。 (5) 球状黒鉛鑄鉄 球状黒鉛鑄鉄の許容応力度は、表2.11によるものとする。 (6) 溶接構造用鋳鋼品 溶接構造用鋳鋼品の許容応力度は、表2.12による。 (7) ボルト ボルトの許容応力度は、表2.13による。	
第5章	セグメントの形状寸法	第45条	許容応力度の割増し	一時的荷重に対しては、第44条に定める許容応力度を割増しすることができる。
		第46条	セグメントの形状寸法	セグメントの形状寸法は、使用目的を考慮し、施工性がよく経済的となるよう、これを定めるものとする。
		第47条	継手角度および挿入角度	Kセグメントの継手角度および挿入角度は、断面力の伝達、組立作業性、施工条件およびセグメントの製作性を考慮して定めなければならない。
		第48条	テーパリング	テーパリングは、トンネル線形のほか周辺地山の状況、薬液注入等の補助工法、継手の剛性、セグメントの製作性、施工余裕等を考慮してその数、幅、テーパ量を定めるものとする。
第6章	セグメントの構造計算	第49条	構造計算の基本	(1) トンネルの構造計算は、施工途中の各段階および完成後の状態に応じた荷重に対して行わなければならない。 (2) トンネル横断面に対する設計荷重は、設計の対象となるトンネル区間内の最も不利な条件を基として定めなければならない。 (3) コンクリート系セグメントでは、不静定力または弾性変形の計算において、一般に鉄筋を無視しコンクリート全断面を有効として計算するものとする。
		第50条	断面力の算定	セグメントの断面力は、その構造特性を考慮して計算するものとする。
		第51条	スキンプレートおよび背板の有効幅	スキンプレートおよび背板の有効幅は、その構造に応じて定めるものとする。
		第52条	主断面の応力度	セグメントの主断面の応力度は、最大の発生断面力を用い真直なはり部材として計算するものとする。
		第53条	継手の計算	セグメントの継手は、リングの断面力算定方式に応じて設計しなければならない。
		第54条	スキンプレートおよび背板の計算	スキンプレートおよび背板は、等分布荷重を受ける部材としてセグメントの材料特性および構造特性に応じて設計するものとする。
		第55条	継リブの計算	シールドジャッキの推力に対する継リブの設計は、覆工の半径方向にのみ偏心した軸力を受ける短柱として行うものと
		第56条	継手構造	セグメントの継手構造は、必要な強度を有するとともに、組立の確実性、作業性および止水性を考慮して定めるものと
第7章	セグメントの設計細目	第57条	ボルトの配置	ボルト継手部のボルト配置は、覆工構造に要求される強度や剛性が確保されるよう考慮するとともに、セグメントの製作性、組立時の施工性および止水性に配慮して定めるものとする。
		第58条	継リブ	箱形セグメントでは、ジャッキ推力が滑らかに伝達できるよう、継リブの配置を考慮しなければならない。
		第59条	漏水防止	セグメントには漏水防止のために、原則としてシールド溝およびコーキング溝等の工事を施すものとする。
		第60条	注入孔	セグメントには、裏込め注入が均等にできるように必要に応じて注入孔の配置を考慮しなければならない。
		第61条	吊手	セグメントには吊手を考慮しなければならない。
		第62条	鉄筋の加工、配置および定着	(1) 鉄筋の曲げ形状は、鉄筋の所要の性能が発揮され、曲げ加工性、コンクリート充填性および配筋の納まり等に十分配慮したものではない。 (2) セグメントの主鉄筋の水平のあきは、粗骨材最大寸法の5/4以上、鉄筋直径以上としなければならない。 2段以上に主鉄筋を配置する場合には、一般にその鉛直のあきは、2cm以上、鉄筋直径以上とする。 (3) 鉄筋の継手は、原則として設けないこととし、やむを得ず設ける場合は、鉄筋の種類、直径、継手構造等に応じて適切な方法を選び、継手部と隣接する鉄筋とのあき、または継手部相互のあきは、コンクリートの充填性を考慮して定めなければならない。 (4) 鉄筋の端部は、コンクリート中に十分埋め込んで鉄筋とコンクリートの付着力によって定着するか、フックをつけて定着するか、また機械的に定着するかしなければならない。 (5) かぶりは、コンクリートの品質、鉄筋直径、環境条件、製作精度等を考慮して定めなければならない。
		第63条	防食・防せい	セグメントには、必要に応じて防食防せい処理を行うものとする。
		第64条	その他の設計細目	(1) 溶接 溶接は所要の品質が確保できる作業方法や手順によって正確かついいに行わなければならない。 (2) 空気抜き 鋼製セグメントやダクタイルセグメントを用いた一次覆工に二次覆工コンクリートを打設する場合、あらかじめそれらのセグメントには空気抜きを設けなければならない。
				Q1a1 Q1a3 Q1a10
				P3a7
				P3a1
				P3a7
				Q3a1 Q3a2
				P2a1 P2a2
				Q3a1 Q3a2
				Q3a1
				Q3b1 Q3b2 Q3c1
				Q3c2
				Q3a1 Q3a2 Q3a3
				Q3a1
				S24
				P4j1 P4j2 P4j3
				P4k1 P4k2 P4k3
				施工方法
				P3d1
				Q3a4
				施工方法
				Q4a1 Q4a2 Q4a3
				Q3a1 Q3a2 Q3a3
				Q3a4
				Q2a7 Q4a1 Q4a4
				Q4b1 Q4b2

編	章	条	条 文	階層記号または内容
	第8章 セグメントの製作		(3) 補強板 鋼製セグメントではセグメント継手の継手板を補強し、継手剛性を高めることを目的とした補強板を必要に応じて設けなければならない。 (4) 欠け防止 コンクリート系セグメントでは、原則として面取り等の欠け防止策を施さなければならない。	Q4b4 Q4c1 Q4c2 Q4c4
		第65条 一般事項	(1) セグメントの製作者は、製作要領書、製作図および製作工程表を作成し、あらかじめ責任技術者に提出して承認を得なければならない。 (2) セグメントの製作にあたっては、所定の性能を確保することはもちろん、特に寸法精度に留意しなければならない。	セグメント製作 (一般)
		第66条 製作要領書	セグメントを製作するにあたっては、その詳細を製作要領書に記載しなければならない。	製作要領書
		第67条 寸法精度	セグメントの寸法精度については、責任技術者の指示に従うものとする。	寸法精度の確保
		第68条 検査	製作者が品質管理のために行う検査の主な項目は、次のとおりとする。 (1) 材料検査 (2) 外観検査 (3) 形状寸法検査 (4) 仮組検査 (5) 性能検査 (6) その他の検査	検査
		第69条 マーキング	すべてのセグメントには、必要なマーキングをしなければならない。これらは、容易に抹消できるものであってはならない。	マーキング
	第9章 セグメントの貯蔵、運搬および取扱い	第70条 一般事項	セグメントの製作者は、セグメントの貯蔵および運搬の計画書を作成し、責任技術者に提出して承認を得なければならない。	セグメント運搬、貯蔵
		第71条 貯蔵	セグメントの貯蔵にあたっては、損傷、腐食および汚損等のないよう適当な防護方法を講じなければならない。	セグメント運搬、貯蔵
		第72条 運搬および取扱い	セグメントは、損傷しないように注意して運搬および取扱いをしなければならない。 運搬および取扱い中に損傷を受けたものの処置については、責任技術者の指示に従うものとする。	セグメント運搬、貯蔵
	第10章 二次覆工	第73条 一般事項	二次覆工を行う場合は、一次覆工の種類と特性、一次覆工と二次覆工との接合状況、地山条件、環境条件、施工法等を考慮して、その使用目的に適合するように二次覆工を設計しなければならない。	S6 S9 S10
		第74条 断面力および応力度	二次覆工を主体構造または主体構造の一部として用いる場合は、トンネルに作用する荷重の状態および覆工の構造特性を考慮して、断面力および応力度を計算するものとする。	S6 S9 S10
		第75条 二次覆工	二次覆工の厚さは、使用目的および施工方法等を考慮して定めるものとする。	P3e3 P3e4 P3e6
第4編 施工および施工設備	第3章 施工	第142条 裏込め注工	裏込め注工は、地山に最も適合した注入材と注入方法で、シールドの推進と同時あるいは直後に行い、テールボイドを完全に充填して地山の緩みと沈下を防止するようにしなければならない。	Q2c2 Q2d1
		第143条 防水工	防水工は、トンネルの使用目的に応じ、作業環境に適合する方法で施工しなければならない。	P3d1
		第147条 小土被り施工	小土被り部を施工する場合には、特に切羽圧力管理や裏込め注入管理を十分に行い、地表面や地下埋設物等への影響を極力小さくしなければならない。また、必要に応じて補助工法を採用する等の措置を講じなければならない。	Q1a10 Q1a11
		第148条 大土被り施工	大土被り部を施工する場合には、地盤条件を考慮し、シールド、セグメント、施工設備等について検討し、確実な施工が行えるように十分な対策を講じてなければならない。	Q1a10 Q1a11
	第5章 地盤変異と構造防護	第162条 地盤変位とその防止	地盤変位は、計画・設計条件、地盤条件、施工条件に影響されるため、適切な工法を採用して慎重な施工管理を行うことにより、極力少なくなるように努めなければならない。	P2d1
		第163条 近接施工と既設構造物の防護対策	既設構造物に近接して施工を行う場合には、必要に応じて防護対策を講じなければならない。また、施工時には計測管理を行い、既設構造物への影響を監視しなければならない。	P2d1
	第9章 環境保全対策	第195条 環境保全対策一般	工事を行う地域の環境保全を図るため、必要な調査を行い、影響を及ぼすおそれのある要因に対し、適切な対策を講じなければならない。	P1a11
		第196条 騒音防止	工事に伴う騒音を防止するため、関連法規を遵守し、事前調査の結果に基づいて適切な対策を講じなければならない。	P2d1
		第197条 振動防止	工事に伴う振動公害を防止するため、関連法規を遵守し、事前調査の結果に基づいて適切な対策を講じなければならない。	P2d2
		第198条 水質汚濁防止	工事に伴い汚濁水の発生する場合は、公共用水域の水質汚濁を防止するため、関連法規を遵守し、適切な対策を講じなければならない。	P2d3
		第199条 地下水位対策	工事に伴って、地下水に影響を与えるおそれがある場合には、十分な調査を実施し、必要に応じ適切な対策を講じなければならない。	P2d3
		第200条 酸素欠乏症の防止	圧気工法によって作業が行われる場合には、酸欠空気等の漏出による周辺への影響を防止するため事前に調査を行い適切な対策を講じなければならない。	P2d5
		第201条 掘削土砂の適正な処理・処分	シールド工事により発生する掘削土は、適正に処理・処分しなければならない。	P2d6