

土木工事における品質と性能の関係の概念モデル

○ 建設省土木研究所 田中 和嗣*

村松 敏光**

Kazushi TANAKA Toshimitsu MURAMATSU

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。そのために、WTOの「政府調達に関する協定」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ることとされている。

また、国内建設分野においても、構造物の性能を重要視し、設計・施工の自由度をあげることによる、新技術開発導入の促進とこれによる生産効率向上が求められている。

このような要求に対応するためには、要求品質を性能規定化することが有効であると考えられる。しかし、土木分野における性能規定検討は、個々の課題に対する対応となっており、技術的手法及び発注・契約手法の確立と体系的検討がなされていない。

本研究において、性能規定化の技術的手法の確立を目的として、土木工事における品質と性能の関係の概念モデルを検討し、土木構造物の性能規定化の概念的方法と各種基準書・示方書等の性能規定化の意味について示した。土木構造物の性能規定化の概念的手法は、土木構造物とその部材を、要求目的を考慮して階層化整理し、各項目に要求されている品質と性能の関係を明確にすることにより性能規定化を行う方法を検討した。また、各種基準書・示方書等の性能規定化に関する留意点を示した。

Key Words : 土木工事, 要求性能, 性能規定

1. はじめに

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。そのために、GATTスタンダードコードを改訂したWTOの「貿易の技術障害に関する協定」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。この政府調達協定において、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ることとされている。

同様の傾向は国内においてもある。建設事業では、新技術開発導入の促進とこれによる生産効率向上のために、構造物の仕様として性能を重要視し、設計・施工の自由度を向上させることが求められて

いる。また、公共工事に着目すると、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。

このような要求に対応するためには、構造物の設計・施工の性能規定が有効であると考えられるが、土木分野の性能規定検討は、個別の課題に対する対応となっており、技術的手法及び公共工事を含めた発注・契約手法の確立と体系的検討がなされていない。

本研究は、性能規定化の技術的手法の確立を目的とし、土木構造物の品質と性能の関係の概念モデルを検討したものである。

2. 土木分野における性能規定化の定義

土木分野の性能規定に関して多くの検討がなされているが、性能規定とその関連用語についての定義はなされていない。また、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

* 建設省土木研究所材料施工部機械研究室 TEL(0298)-64-4702

** 建設省土木研究所材料施工部機械研究室 TEL(0298)-64-4702

表-1 本報における性能規定に関する用語の定義

用 語	対応英語(参考)	意 味	備 考
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
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	ISO8240/3.3 (The) behaviour (of a product) related to use.
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
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。	
品質規定	quality-based standards	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	
性能規定	performance-based standards	性能とその検査・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 注) ISO8402/3.14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。等級と同義	
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品質要求を比較する活動	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	品質要求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、ISO8402「品質管理および品質保証-用語の定義」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。

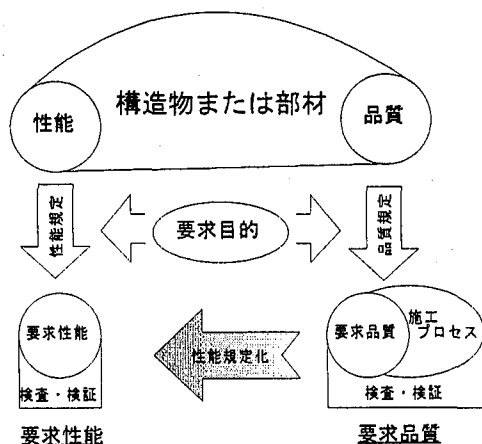


図-1 品質と性能の関係概念

に関連したふるまい (behaviour)」であると定義しているが、ISO9000s や ISO8402 「品質管理及び品質保証-用語の定義」においては、性能規定に関する定義はない。そのため、本研究における性能規定とこれに関連する用語は表-1 のように定義する。この定義は、ISO8402 及び JIS Z 8101 「品質管理用語」を考慮しながら著者らが検討中のものである。参考として、ISO における定義を表中に示している。なお、用語の混乱を回避し且つ概念モデル説明を明確化するために、ISO8402 と異なる意味を定義をしている用語がある。これについても、表中に注記してある。また、この用語の定義の理解を補助するために、定義に基づく品質と性能の関係を図-1 に示す。

3. 土木工事の性能規定化

性能規定は、土木工事の設計・施工に関係するものであり、工事の仕様を要求性能として示すことが重要である。本節では、性能規定化の技術的手法として、土木工事の性能規定化の概念を示す。

(1) 検討の前提: 土木構造物の階層化整理

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発注の場合には、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、「部材」と総称する) の品質と品質管理の手法を建設プロセスに沿って明示的に規定することにより、要求品質が示されている。

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

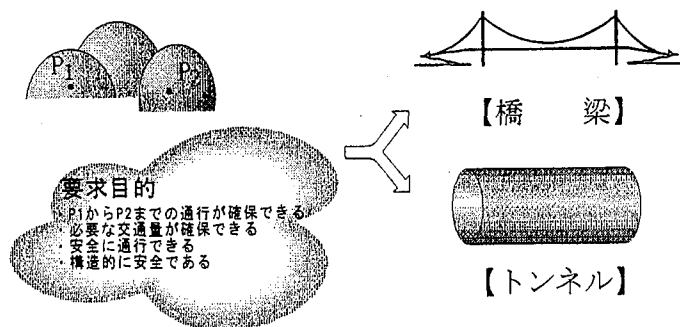


図-2 要求目的明示による工事発注の概念

証を考慮したものとなる。そこで、土木構造物における性能と検査・検証方法を明確にした要求性能を示すために、設計・施工内容の階層化整理による性能規定化の方法を検討する。

a) 要求目的提示による工事発注の可能性

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、要求目的明示による工事発注の可能性について述べる。

要求目的明示の概念図を図-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-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。

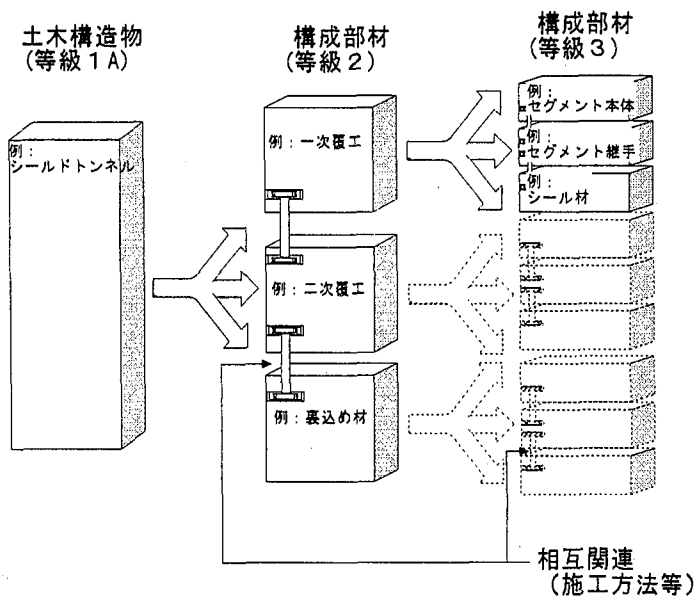


図-3 土木構造物の階層化整理の概念

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。

これらのことから、要求目的明示による工事発注は困難であり、対象土木構造物の種類は規定することになると考える。

b) 土木構造物の階層化整理

上記の結果を考慮し、土木構造物の構成内容に着目した階層化整理の概念図を図-3に示す。図はシールドトンネルの例を示している。

トンネルを構成する部位として、1次覆工と2次覆工、裏込め材がある。また、1次覆工を構成する部材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、2次覆工と裏込め材も構成する部材に分類することができる。さらに、セグメント本体を構成する部材に分類することができる。図-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。同一等級内の部材は、施工方法等により相互関連があると考えられる。

(2) 土木構造物の各階層における品質と性能の関係

図-3は、土木構造物を構成内容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、部材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(同一等級内の部材間の関係)に関す

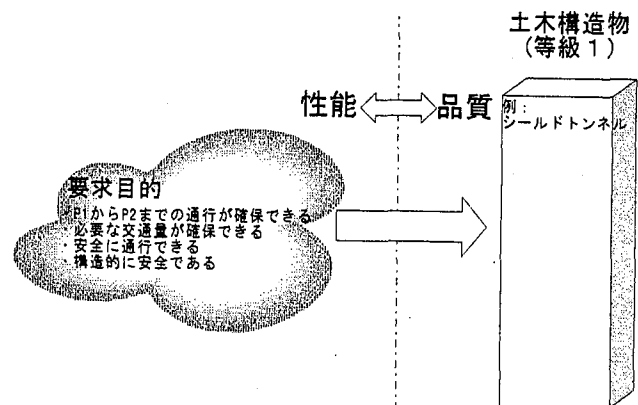


図-4 要求目的と階層化整理の等級1の関係

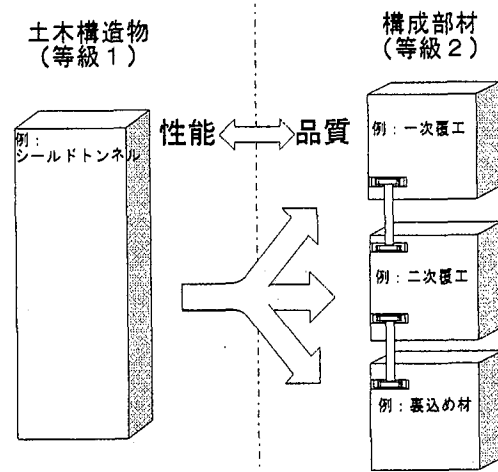


図-5 階層化整理の等級1と等級2の関係

る要求品質または要求性能の確保は、ISO9000s 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ていると仮定し、各階層の品質と性能の関係について述べる。

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の各部材の品質による確保が必要となる。この概念を図-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の構造物の性能や等級2の部材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の各部材の品質による確保が必要となる。

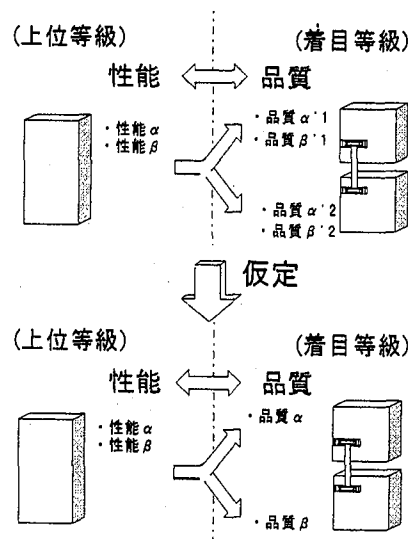


図-6 品質と性能の相互関連の概念

以上のような、品質と性能の関係が、階層化整理された土木構造物と部材の全ての等級間にあり、上位等級の性能は、下位等級の品質により確保されることができる。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。

(3) 要求品質の性能規定化

(2)節に示したように、部材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、同一等級の各部材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、単一部材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-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-7に示し⁽¹⁾、NKBレベルのレベル区分を表-2に示す⁽²⁾。

NKBレベルにおける「適合みなし仕様」として、各部材・材料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・検証方法が必要になる。

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

表-2 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

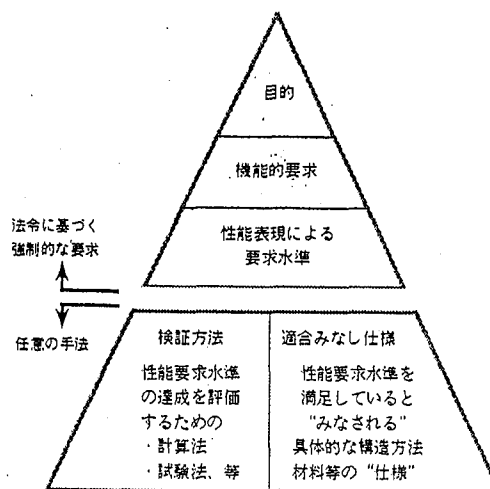


図-7 NKBレベルモデル

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。レベル分け等については別途に検討が必要であるが、品質と性能の関係は同様であり、性能規定化の意味は変わらないと考える。

(4) 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。仕様書として、要求目的を規定して発注することが困難であることは既述のとおりである。

(3)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

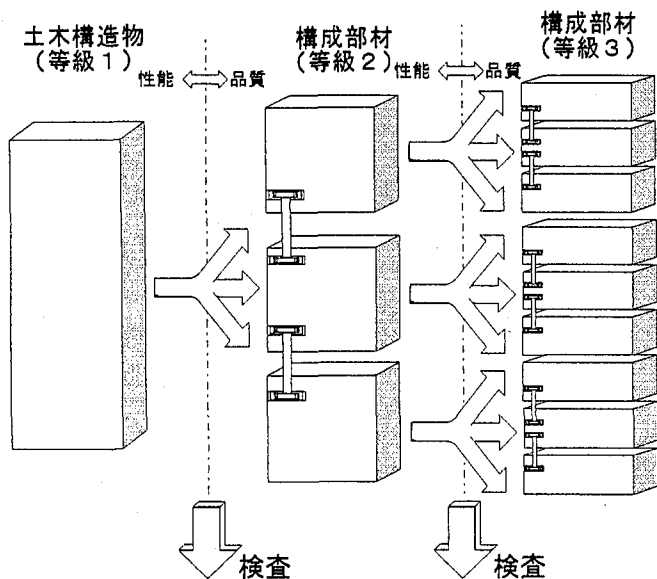


図-8 性能規定発注における検査の位置づけの概念

においても検査・検証は必要である。そのため、図-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-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。

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を考える。

以上の結果をまとめると、土木構造物の階層化整理による性能規定化の概念モデルは図-9のようになる。

4. 各種基準書・示方書等の性能規定化

土木工事における各種基準書・示方書等(以下「基準類」と総称する)は、設計・施工に関する種々の内容について記載しており、設計・施工において準拠されている。そのため、土木工事の性能規定化のためには、基準類の性能規定化が重要である。本節では、土木工事の性能規定化の概念を踏まえ、基準類の性能規定化の意味について示す。

(1) 各種基準書等と土木工事の階層化の位置づけ

基準類に記載されている内容は、種々の等級における要求目的や部材、施工方法に関するものがあり、土木構造物の階層化整理の広範囲の内容を有している。その概念図を図-10に示す。

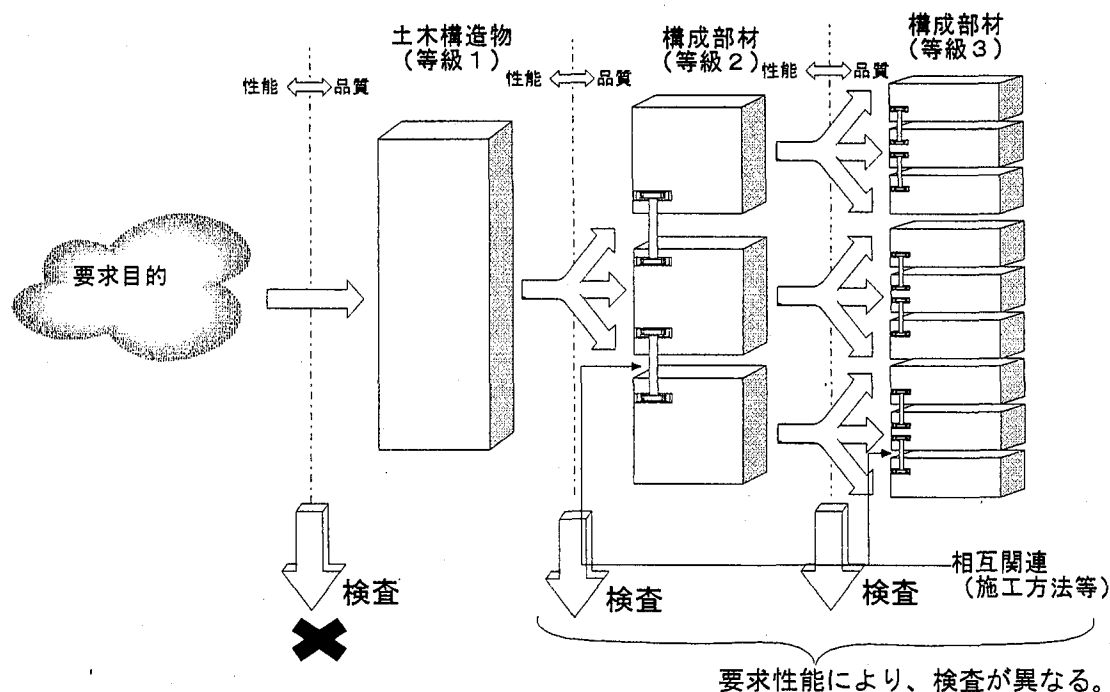


図-9 土木工事の性能規定化のための構造物の品質概念モデル

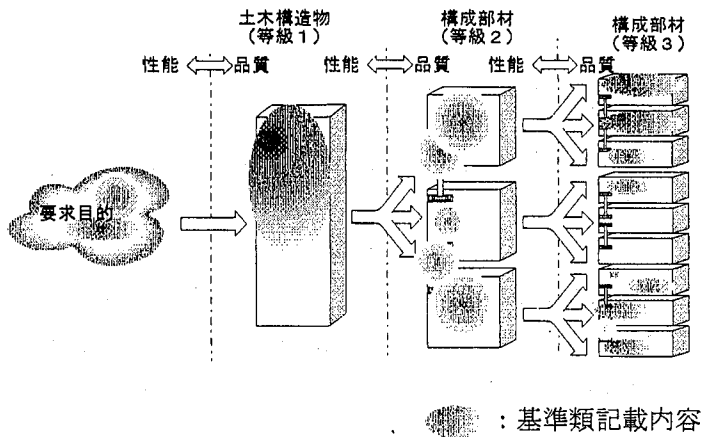


図-10 土木工事と基準類の関係概念

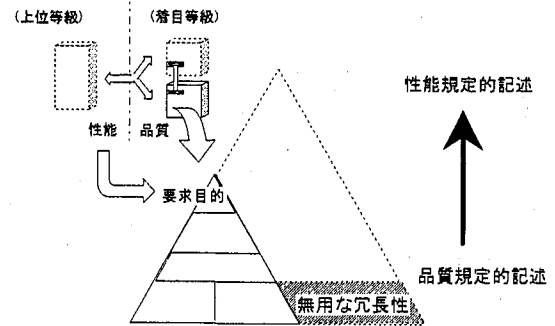


図-11 基準類の性能規定化における留意点1

(2) 基準類の性能規定化

土木工事の階層化と異なり、基準類の各内容は特定の内容を独立して示しており、等級間の相互関係づけによる階層化整理による土木構造物、各部材での要求性能(NKBレベルにおける「要求目的」)の決定が困難となる。そのため、要求品質を要求性能を示す内容へと相対的に移行することになると予想するが、これについては検討が不十分であるため結論を保留する。本節では、基準類を性能規定化する場合の以下の留意点について述べる。

1. 土木構造物の要求目的と基準類の記載内容の関係が不明確である。
2. 単一の要求品質を記載した基準類を性能規定化する場合、他の要求との関係を考慮しなければならない。

第1の留意点について、その概念図を図-11に示す。ある着目等級の部材の要求品質を性能規定化する場合、要求性能は、上位等級の性能となる。しかし、基準類の性能規定化においては、要求目的の決定が困難であるため、上位等級の要求性能が不明確になる。そのため、不用意に性能を示す内容に移行した結果、要求性能が期待しない(総合的には土木構造物の要求目的が期待しない)品質を許容する、無用な冗長性を含んだ規定を示すことになる。

第2の留意点について、その概念を図-12に示す。上位等級の性能として耐震性、構造的な強度が要求されている場合を示している。着目等級の部材Aは、上位等級の耐震性の性能を、耐震性に関係した品質だけで有しているとは限らず、構造的な強度と耐震性に関係した品質で有している場合がある。同様に、上位等級の構造的な強度の性能を着目等級の部

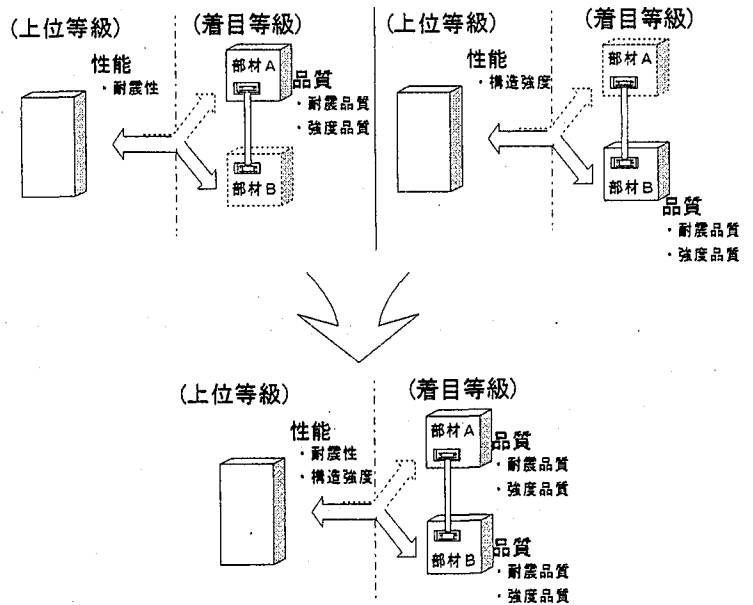


図-12 基準類の性能規定化における留意点2

材Bは構造的な強度と耐震性に関係した品質している場合がある。そのため、単一要求を記載した基準類を性能規定化する場合、他の要求との関係を考慮しなければ、無用な冗長性を含む規定や能力不足の規定となる場合がある。

5. まとめ

本報では、土木工事の性能規定化の概念モデルを示した。概念の内容としては、土木構造物の性能規定化のための概念的方法と、基準類の性能規定化のための留意点を示した。

本報で示した土木構造物の階層化整理による性能規定化の概念的方法をまとめると、以下のようになる。

1. 土木構造物とその部材を、その要求目的を考慮して、階層化整理する。
2. 階層化整理の各等級間の関連から、品質と性能

の関係を整理する。

3. 要求品質の性能規定化を行う。
4. 性能規定における検査・検証方法の検討を行う。

これらの概念に基づいて土木工事の仕様の性能規定を行うためには、基準類の性能規定化が重要である。基準類の性能規定化の検討における課題として、以下の2つを示した。

1. 品質を不用意に性能を示す内容に移行すると、無用な冗長性を含んだ規定となってしまう。
2. 単一の要求品質を記載した基準類を性能規定化する場合は、他の基準との相互関係を十分に考慮しなければならない。

6. おわりに

本研究において、土木分野の性能規定の技術的手法の確立を目的として、土木工事の品質と性能の概念モデルを検討した。本検討は、概念モデルの検討であるため、説明の簡単化のためにいくつかの仮定を含んでいる。実際の土木工事の性能規定化を行うためには、この仮定の部分をいかに処理するかを検討しなければならない。今後、具体的な事例による概念モデルの適用検討から、土木工事における性能規定化の方法案を示し、土木分野における性能規定の確立への一案を示す予定である。

参考文献

- (1) 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, 日本建築学会大会 (近畿) 建築法制部門研究懇談会資料, 1996.9.
- (2) STRUCTUREING AV BYGGGREGLER, NKB, NKB report 34, 1978.11.

Conceptual Model of the Relationship between Quality and Performance in Civil Engineering Work

In recent years, the international community has been demanding the introduction of international standards and international conformity assessment systems to improve the efficiency of production and to facilitate the conduct of international trade. In response, the Agreement on Government Procurement established by the WTO calls for technical specifications to, where appropriate, be in terms of performance rather than design or descriptive characteristics.

The domestic construction industry also faces a demand to emphasize the performance of structures and broaden the freedom of designers and builders, and in these ways, to promote the development and the introduction of new technologies as a way to improve the efficiency of its production.

The performance-based standardization of requirements for quality is considered to be an effective way to achieve this goal. But various problems must be solved to study performance-based standards in the civil engineering field; and neither systematic studies needed to establish technical methods and technical ordering and contract preparation methods nor overall systematic studies have been carried out.

Undertaken to establish the technical methods required to complete performance based standardization, this study prepared a conceptual model of the relationship between quality and performance in civil engineering work. Its results include a conceptual method of performing performance-based standardization of civil engineering structures and a clarification of the meaning of the performance-based standardization of various written standards, guidelines. The conceptual method of performing the performance-based standardization of civil engineering structures that was studied involves grading civil engineering structures and their members accounting for the required purpose of each structure or member, then clarifying the relationship between the performance and the quality which each item requires. The study results also include problems to be considered when performing performance-based standardization of written standards, guidelines.