

## 2. 技術基準の性能規定化の意義と記述方法

### 2. 1 性能規定化の意義

#### (1) Standard の定義

まず、「Standard」の日本語訳について混乱があるので、定義をしておきたい。「Standard」は日本では、2つの言葉として法令で使われている。一つは、「基準」であり、「物事を判断するための尺度で、行政機関の行う許可等の行政処分における要件として定められたもの」である。もう一つは、「規格」であり、「物の形状、品質、等級、成分等について設けられる基準で、工業標準化法に基づく日本工業規格などがある」とされる。広義には標準と同義で使われている。

また、『ISO/IEC Guide2<sup>11)</sup>』では、「基準」を意味するものは、「規格 (Standard) や技術仕様書 (Technical Specification) の内容を引用または再録して行政機関で採用されたもので、拘束力がある法律上の規制」として技術法規 (Technical Regulation) と定義している。「規格」については、「与えられた状況において最適な程度の秩序を達成することを目的に、諸活動又はその結果に関する規則、指針又は特性を、共通的に、かつ、繰り返し使用するために定める文書であって、合意によって確立され、かつ、公認機関によって承認されたもの」と定義されている。ちなみに、標準化 (Standardization) は、「実在又は潜在の問題に関し、与えられた状況の下で最大限の秩序を実現するため、共通かつ繰り返し使用するための取決めを確立する活動」である。

一方、米国では、「仕様 (Specification)」が規格を表す言葉としてよく使われており、米国試験材料協会 (ASTM) の定義<sup>12)</sup>では、仕様とは、「材料・製品・サービスなどが明確に満たさなければならない要求事項の集まり」となっている。また、ISO では、技術仕様書 (TS: Technical Specification) は、「将来的に ISO 規格として採用される可能性があるが、標準化の対象が開発途上であるなど、ISO 規格として直ちに発行できない場合に発行される文書」を意味する。

本資料では、Standard に対して、基本的には「規格」を用い、特に法令に位置付けられている意味で使う場合は「基準」を用いる。また、Standardization には、慣用的に使われている「標準化」を用いる。ちなみに、ISO では、イギリス英語の Standardisation が使われている。もともと標準化は、1841年に英国土木学会 (Institution of Civil Engineers, 1771年設立) で、ネジの標準化が提案されたことからスタートしており、興味深い。

#### (2) 仕様規定と性能規定の違い

道路構造物に関する性能規定化の意義について理解するためには、これまでの「仕様規定」と「性能規定」について理解する必要がある。

まず、これまで慣れ親しんでいた「仕様規定」は、「構造材料の種類や寸法、解析手法等を規定する方法」である。この仕様規定による記述方法は、規定を満足しているかどうかを比較的容易に判断できるため、これまでの構造物の設計に広く用いられてきた。同一規格の構造物を大量に生産する方法として有効である。

一方の「性能規定」とは、「構造物の目的とそれに適合する機能を明示し、機能を備えるために必要とされる要求性能を規定する方法」のことをいう。つまり、要求性能を満足していれば、ど

のような構造形式，材料，設計手法，工法などを用いても良いことから，設計・施工の自由度が増え，事業者の創意工夫が可能となる規定であるといわれている。

### （３）性能規定の利点と課題

性能規定化は，道路構造物を設置するための目的から始まり，構造物に求められる要求性能（逆に言うと，構造物が発揮する機能）が体系的に記述されることから生まれる利点と課題がある。性能規定化の利点と課題を整理すると表 1 となる。

表 1 性能規定化の利点と課題

利点	<ul style="list-style-type: none"><li>● 材料の選定，設計・施工方法が自由であることから，技術の進歩への迅速かつ柔軟な対応が可能であり，事業者の創意工夫が増大し，技術競争力の向上による品質の向上とコスト削減が可能となる。</li><li>● 情報通信技術など，新しい分野の技術を導入する際にも，設計コードの調和がとりやすい。</li><li>● 構造物の目的や求めている性能が明示されるため，一般の人にもわかりやすく，道路の整備・管理に対する説明性が高くなる。</li><li>● 体系的なコード体系になることから，全体の理解がしやすく，技術者の育成や海外への展開に有利となる。</li></ul>
課題	<ul style="list-style-type: none"><li>● 構造物の信頼性の評価原則を提示することや，新しい素材・工法が，性能規定を満足しているかどうかの照査方法が必要となり，それらを迅速に議論する仕組みが不可欠である。</li></ul>

## 2. 2 道路構造物における性能規定の記述方法

### (1) 道路構造物の規格に関する各国の組織

道路分野の規格に関しては、国際規格、国家規格、団体規格という階層に分かれる（表 2）。欧州連合（EU）に関しては地域規格と分類される場合もあるが、1つの市場形成を目指しているという点では、国家規格と同じと考え、国家規格として整理している。

また、近年フォーラム規格も注目されている。技術開発の進歩が速い IT 関連は、関心のある会員による提案と投票という形で、スピードを重視した規格づくりも始まっている。これは ISO が国の代表に投票権が付与され、国家間の対立の影響を受けることも意識されたものでもある。

表 2 道路分野の規格に関する各国の組織

国際規格		国際標準化機構（ISO）
国家規格	EU	欧州標準化委員会（CEN）
	米国	米国規格協会（ANSI）
	日本	日本産業標準調査会（JISC）
団体規格	EU	欧州技術評価機構（EOTA）
	米国	米国全州道路・交通行政官協会（AASHTO） 米国土木学会（ASCE） 米国コンクリート工学協会（ACI） 米国鋼構造協会（AISC） 米国溶接協会（AWS） 米国試験材料協会（ASTM） など
	日本	日本道路協会（JARA） 土木学会（JSCE） など
参考） フォーラム規格		米国電気電子技術者協会（IEEE） インターネット技術特別委員会（IETF）

### (2) 理念階層モデル NKB Level System

構造物の設計規格において性能規定の記述方法の原型となっているのは、1976年にノルディック建築基準委員会（NKB）が作成した性能照査型設計の理念階層モデル NKB Level System（図 2）である。NKB は、自国の規格を改定するための準備として、各国の既存の法律に含まれる建築規制上の規格を比較した。その成果を「規制要求規格の内容を理解するための共通の枠組み」として NKB Level System としてとりまとめたものである。

この基準体系では、5つのレベルが設定されており、内容は以下のとおりである。

- レベル1の目的（Goal）とは、構造物を使用する目的である。
- レベル2の機能的要件（Functional Requirements）とは、構造物が使用目的を達成するために不可欠な構造物の機能の要件であり、構造物の安全性、使用性、環境性、施工性、経済性などがある。
- レベル3の性能要件（Operative Requirements）とは、構造物が達成すべき機能ごとの水準に関する規定で、適切な手法で照査可能なように具体的に記述されるものである。
- レベル4の性能照査（Verification）とは、構造物が性能要件を満足しているかを確かめる照査方法に関する規定である。
- レベル5の適合みなし解（Examples of Acceptable Solutions）とは、構造物が性能要件を満足しているとみなされる「解」を例示したもので、性能照査方法を明確に表示できない場合に規定される構造材料や寸法、及び従来の実績から妥当と見なされる現行基準類に指定された解析法、強度予測式等を用いた許容解のことである。

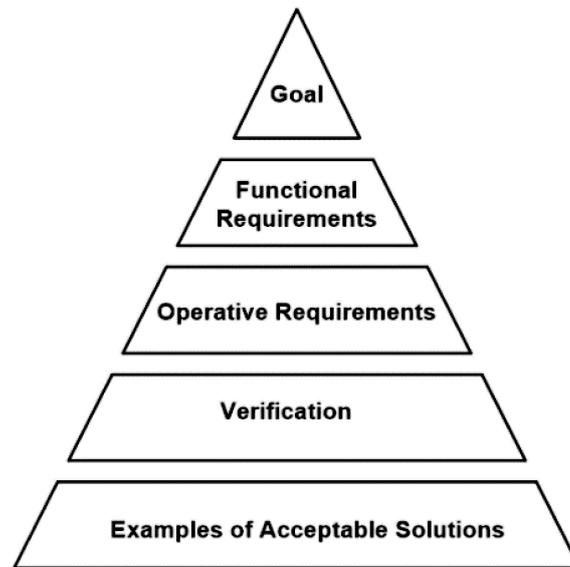


図 2 NKB Level System

### (3) ISO2394

1971年の欧州公共調達指令によって客観的規格の策定が求められ、欧州の構造工学に関する6つの国際団体である国際構造工学会（IABSE）、建築研究国際協議会（CIB）、国際材料構造試験研究機関連合（RILEM）、ヨーロッパ国際コンクリート委員会（CEB）、国際プレストレストコンクリート連盟（FIP）と国際標準化機構（ISO）による欧州における構造安全に関する合同委員会（JCSS: Joint Committee on Structural Safety）が組織され、1986年に『ISO2394：構造物の信頼性に関する一般原則（General Principles on Reliability for Structures）』として発行された。

ISO2394の目的は、「あらゆる種類の材料及びその組合せによるすべての建築物と土木構造物の使用と建設に関する設計のルールを明らかにするための共通の基礎を定める」ことである。そのため、適用範囲、用語の定義などが明確にされており、関係者が共通の認識を持てるように配慮されている。またその特徴は、構造物に要求される基本事項の明確化、限界状態設計の導入、構造信頼性理論の採用である。特に、信頼性の概念、限界状態の概念、設計法としての確率的方法の提案は、当時としては画期的なものであった。

1998年に第2版、2015年に第3版への改定が行われた。特に第3版は、1997年の京都議定書の締結による地球環境を意識した持続性への配慮、2001年の米国テロによるビルの破壊、自然災害の多発などを受けて、人為的事故や自然災害へ対応するためのリスク概念やロバスト性の導入の必要性、構造設計を広く性能確保のための行為と捉えた設計、建設、維持管理、運用等の方法に関する共通の考え方の必要性を背景とした大規模な改定であった。

要求性能に関しては、「構造物は、その供用期間内に社会的機能を支え、持続可能な社会的発展（安全性、信頼性、環境の質、費用効率、二酸化炭素排出量の最少化、自然資源の消費の最少化、エネルギーの使用の最少化）を促進させるように、計画、設計、施工、運用、維持管理及び撤去されなければならない」と記述されている。特に、構造物は適切な水準のリスクと信頼性をもちながら、①供用期間を通して、考えられる全ての作用下において適切に機能する、②建設中、想定される使用期間中及び撤去中において発生する作用（極大作用、繰返し作用、永続作用）及び

環境暴露に耐える、③ 自然ハザード、事故、人的過誤のような異常で予期できない出来事によって深刻な損傷又は連鎖的破壊を被ることがないようにロバスト性があることが要求されている。

また、目標とされる性能水準の判断には、「リスクに基づく意思決定」が構造物の受容可能なリスク、安全性や信頼性の判断に関する標準として位置づけられ、性能の妥当性の検証として、リスクに基づく方法、信頼性に基づく方法、準確率的方法が位置づけられた。その上で、構造物自体、環境（地盤、水及び空気）、力学的、物理的、化学的、生物的又は人為的な特性間の相互作用を表現する性能モデルを構築し、限界状態（終局、使用、形式的）について検証を行うこととなっている。ISO2394（2015）の構成について表 3 に示す。

表 3 ISO2394（2015）の構成

第 1 章 適用範囲
第 2 章 用語及び定義
第 3 章 記号
第 4 章 基本事項
第 5 章 性能のモデル化
第 6 章 不確定性の表現及びモデル化
第 7 章 リスク情報を活用した意思決定
第 8 章 信頼性に基づく意思決定
第 9 章 準確率的手法
附属書 A 品質マネジメント
附属書 B 構造健全性のライフタイムマネジメント
附属書 C 観測及び実験モデルに基づく設計
附属書 D 地盤構造物の信頼性
附属書 E コードキャリブレーション
附属書 F 構造のロバスト性
附属書 G 人命に対する安全に関する最適化及び規範

#### （4）ユーロコードの事例

1975 年、欧州委員会は、ローマ条約の第 95 条に基づいて、建設分野における行動計画（Action Plan）を決定した。計画の目的は、貿易に対する技術的な障害を取り除くことであり、建設工事の設計のための一連の調和した規格の開発を行い、初期には加盟国の国内規定の代替として機能し、最終的にはそれらを置き換えることを目指した。メンバー国の代表者からなる建設部門常置委員会の支援のもと、ユーロコード（Eurocode）の開発が進められ、1984 年に最初のユーロコードとなる『共通統一規則（Common Unified Rules）』というタイトルで、共通の安全要件と共通の原則及び規則（現在の EN 1990 と EN1991）が定められた。その後、鉄筋コンクリート、鉄鋼、木材などの特定の材料（現在の EN1992, EN 1993, EN 1995 など）に関する規格が検討され、1980 年代に最初のユーロコードが作成された。

1989 年、EU の法律である建設製品指令（CPD）<sup>13)</sup>が制定され、建設製品が満たさなければならない基本的要求事項（ER）が附属書として定義された。また指令では、欧州規格（EN）のステータスを持つため、欧州委員会から CEN に検討の場を移管することとされた。その後、CEN では TC250 を立上げ、開発が続けられた。

1998 年、CPD の規定に基づき、欧州暫定規格（ENV: European Pre-Standards）から欧州規格（EN）への規格の格上げ行われた。その際、ENV Eurocode 1 の構造の設計と作用の基礎を 2

つのドキュメントとして分け、さらにすべての材料に依存しない条項も EN1990 に集約された(図 3)。

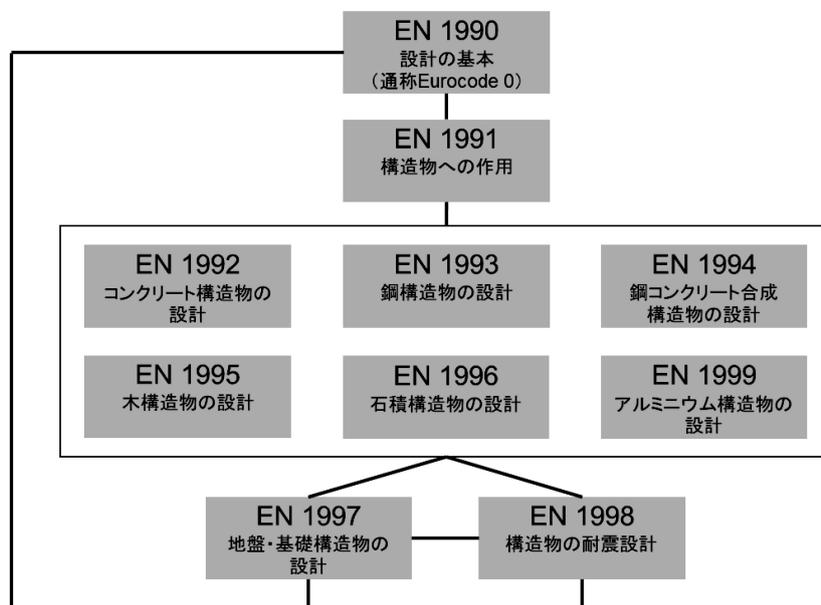


図 3 ユーロコードの構成図

2007年、CEN から 10 編 58 パーツの約 5,000 頁からなるユーロコード全編の発行が終了し、それまでの EU 各国の規格との併存期間がスタートした。ユーロコードと矛盾する各国規格が廃止されて本格的な適用が始まったのは、2010年3月末である。

ユーロコードの役割は、一つは、2011年に制定された EU の法律である建設製品規則 (CPR)<sup>14)</sup>の基本的要求事項 (BRCW) に適合していることを証明する手段としての役割がある。もう一つは、1971年の公共調達指令<sup>15)</sup>に基づく公共調達での技術仕様を決定する手段としての役割である。

特徴としてあげられるのは、最新の研究や経験を取り込んだ新しい規格としての一貫性を持っていることである。複数の規格を関連付けて体系化しているため、原則が明確で技術者の理解が得やすく、EU 域外への普及も容易であるとされている。もう一つの特徴は、基本的考え方を示したユーロコード 0 (表 4) の存在である。

要求性能に関しては、「構造物は、施工・設計耐用期間中に生じると考えられる全ての作用や影響に耐え、使用目的と整合し、十分な信頼性と経済性を有するように、設計・施工される」と記述されている。設計寿命に関しても、交換構造の場合は 25 年、建築他一般構造の場合は 50 年、記念建築・橋等の土木構造物の場合は 100 年が定められている。また、部分係数法による限界状態設計法が採用されており、終局限界状態、使用限界状態が定められている。

表 4 ユーロコード 0 の構成

第 1 章	一般
第 2 章	要求条件
第 3 章	限界状態設計の原則
第 4 章	基礎変数
第 5 章	構造解析と試験を援用した設計
第 6 章	部分係数法による検証
附属書 A1	建築物への適用
附属書 A2	橋梁への適用
附属書 B	建設工事のための構造的信頼性の管理
附属書 C	部分係数法と信頼性分析の基礎
附属書 D	試験を援用した設計

ユーロコードに関しては、EU 各国の設計規格からユーロコードへの移行が行われる中、2012 年に新たな規格化計画を作成することを求める欧州委員会の標準化要求 (M/515) <sup>16)</sup> が CEN に対して出され、次世代のユーロコードに関する以下のような議論が行われている。

- 日常の計算方法のためのユーロコードの実用性向上
- 各国決定パラメータ削減による調和性の向上
- 既存の構造物の評価、再利用及び修復
- 強靭性（ロバストネス）に関する現行ルール of 拡張
- 構造用ガラスの設計法
- 構造物の着氷や波の作用などの規格への取り込み
- FRP の膜構造や構造物に関するユーロコード開発

#### (5) 土木学会包括設計コード

土木学会の包括設計コードにも、性能記述の階層が定められている。図 4 に示すように、階層は、構造物の目的、要求性能、性能規定の 3 段階である。

- 目的 (objective) とは、構造物を建設する理由を一般的な言葉で表現したものであり、事業者または利用者 (供用者) が主語として記述されることが望ましいとされている。
- 要求性能 (performance requirement) とは、構造物がその目的を達成するために保有する必要がある性能を一般的な言葉で表現したものである。
- 性能規定 (performance criterion) とは、性能照査を具体的に行えるように、要求性能を具体的に記述したものであり、構造物の限界状態、作用・環境的影響および時間の組み合わせによって定義されるとしている。

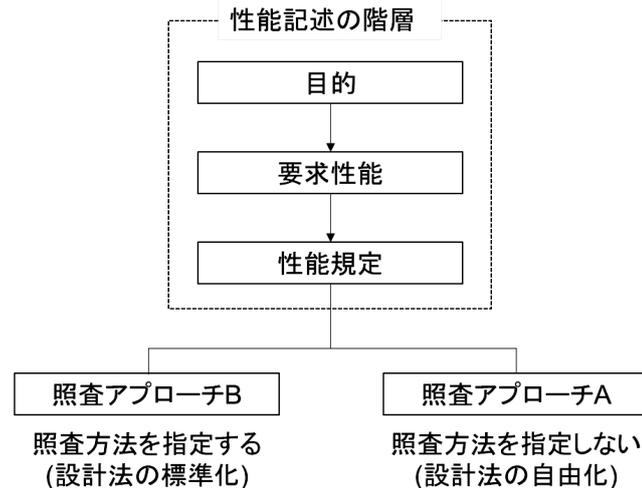


図 4 土木学会包括設計コードのフォーマット概念<sup>10)</sup>

各項目の解説と具体的事例のポイントを以下に示す。

目的の例として道路橋の場合が示されており、道路橋の目的は、「道路ネットワークの一部を構成することにより、地域経済を発展させる。また、災害時に緊急救命活動を支援することによって公共の福祉を向上させる」などがあるとしている。

要求性能の例として、道路橋の場合は、「所与の交通量を通過させること」となるとしている。これに加えて、「利用者が不快と感じるほどの変形を生じさせないこと(使用性)」「所与の供用期間中に、その期間に通常考えられる災害時も含めて、基本性能を経済的に維持できること(使用性)」「大変まれな災害時においても人的被害を生じさせないこと(安全性)」「大変まれな災害時においても、緊急救命活動に支障をきたさないように、最低限の交通の通過させること(安全性)」などが付加されるとしている。また、要求性能は、構造物の必要最低限な性能を挙げるだけでなく、付加的な性能も挙げることでとしている。構造物の要求性能を高めたり増やしたりすれば、当然建設コストも増加するが、構造物の付加価値も増加する。したがって要求性能の設定にあたっては、費用便益分析等が必要となることもあるとしている。

性能規定に関しては、「性能規定は構造物の計画と、実際の構造物設計の接点を規定するものであり、目的、要求性能、性能規定の階層構造の中から導き出されるものであり、照査法につながる規定でなければならない」としている。すなわち性能規定は適切な方法によって性能規定を満足することが証明(照査)できる内容でなければならない、したがって、「構造物に期待される性能であっても、照査できない性能は性能規定に含めることはできない」としている。また、性能規定は「構造物の限界状態」「作用・環境的影響の程度と組み合わせ」「時間」の3つの要素の組み合わせで規定することを提案している点が本コードの特徴であるとされている。

そのうえで照査とは、「目的・要求性能から導出された性能規定が守られていることを証明する行為であるとして、照査アプローチAとして照査方法を指定しないアプローチ、照査アプローチBとして照査方法を指定するアプローチがある」としている。

照査アプローチAの場合は、設計者は性能規定が満足されることを適切な方法で証明することが求められる。推奨事項として、設計者は、構造物設計報告書を作成し、適切な審査機関に提出

して審査を受けることが望ましいとされている。これについては未知の部分が多いとし、「照査アプローチAが許可される機関を認定し、その機関による照査アプローチAの設計は無審査にする」といった手順についても提案がなされている。

照査アプローチBの場合は、設計者は事業者が指定した下位の設計コード（固有基本設計コードあるいは固有設計コード）に従って性能の照査を行うことになる。この場合、固有基本設計コードでは、構造物あるいは部位・部材の照査を直ちに実施できるよう具体的かつ定量的な規定を定めることが望ましいとされている。また、部分係数による場合は、ISO2394の規定に従わなければならないとされている。