

土木分野における性能規定化に関する基礎的考察

猪熊 明

正会員 工博 建設省 土木研究所 新材料開発研究官 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1)

建築分野においては性能規定の考え方が急速に導入されつつあるが、土木分野においては試行例は出ているものの本格的な検討は始まったばかりである。このため現状では「性能規定」という用語が表わす概念や性能規定化の手順についても人によって異なる。本論文は、こうした事を背景として土木分野に性能規定の考え方を導入するに当たって必要となる性能規定の概念の整理、性能規定化の方法等について基礎的な考察をしたものである。

本研究は、建設省の「品質管理体系の総合技術開発プロジェクト」の一環として行ったが、考察の内容は必ずしも建設省としての考え方を表わすものではない。

Key Words : performance - based method, objective-based method, performance, requirement

1. はじめに

現在公共事業は種々の大きな変革を迫られている。そうした変革の方向の一つに、構造物の性能を明示して発注したり、性能を規定して技術基準とする「性能規定」がある。性能規定が土木分野で注目されるようになった原因の一つは、1995年1月の世界貿易機構(WTO)における「貿易と技術的障害に関する協定(TBT協定)」の締結がある。その中で加盟国は、国内規格の国際整合性を図ることや、性能で規定するのが適当である場合には必ず性能規定を用いることとされている¹⁾。

性能規定の考え方そのものは建築分野が先行し、1963年ノルディック建築基準委員会(Nordiska komitten for byggbestämmelser 以下 NKB という)が北欧5ヶ国の建築基準の調和を図る活動を始めたことに端を発する。NKBは各国の既存の建築規制の調整をするため、規制を比較する「基盤」もしくは「共通の枠組み」を確立する必要性に迫られた。このため「NKBレベルシステム」と呼ばれる性能規定に関する5段階の枠組みが開発された²⁾。また国際標準化機構(ISO)でも、建築における性能規定型基準の作成に関する規格を制定した^{10,11)}。その後、NKBの枠組みは各国で建築規制に関する共通の基盤として扱われ、国連欧州経済委員会(ECE)はそれを受けた研究を進めて1996年「モデル建築基準」を出版した³⁾。前後してイギリス⁴⁾、ニュージーランド⁵⁾、オーストラリア⁶⁾などは建築規制を性能規定的な考え方に基づいて改正している。またカナダにおいても現行の建築基準⁹⁾を性能規定化するため

の検討を進めている。

一方土木分野においては、従来国内の基準類の中に散発的に性能を規定している条文はあるがそれらは他の条文と関係付けられておらず、主要な構造物についてNKBのような性能の枠組みの考え方を念頭に置いて基準を策定することはなかった。海外においても、状況は国内とあまり変わりなく性能に関する試行的な検討はされているが、体系的に性能規定の考え方で基準類の整備が行われているという状況にはない。ただ性能規定化に沿う動きとして、米国における「道路防護柵の安全性能の評価方法」⁷⁾などがある。また米国のプロジェクトの発注でデザインビルド方式の場合自由度の大きい仕様書になっているが、それは性能規定である場合もあるが、性能を規定せず単に自由度を与えた場合も多い。

しかし、建築分野での研究が進むにつれ性能規定の考え方は、単に規制や基準を比較するのに有用なだけでなく、自由度を広げ民間企業の創意工夫を活かせることや基準の策定そのものがより合理的になることなどの可能性が知られるようになり注目されるようになった。この結果、最近性能規定型の技術基準の整備⁸⁾や低騒音舗装の性能規定型発注がなされるようになった。また研究面でも土木学会のコンクリート委員会での活動や道路協会での道路橋示方書における性能規定化の検討などが進められている。建設省でも平成9年度から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」の中で性能規定の研究を始めた。本論文もその研究の一部をまとめたものである。

土木分野における性能規定の研究はまだ始まったばかり

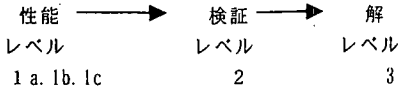


図-1 性能規定システム（レベルは表-1に対応する）

表-1 性能規定システムのNKBレベル²⁾

レベル	内容	強制的 注1)	定性的 注1)
レベル 1a	Overall goals (全体目的)	○	○
レベル 1b	Functional areas (機能領域)	○	
レベル 1c	Operational requirements (機能要求)	○	
レベル 2	Verification (検証, 証明)	△	
レベル 3	Examples of acceptable Solutions (適合する解の例)		

注1) ○は該当することを, △は部分的に該当することを, 空欄は該当しないもしくは記述していないことを示す。

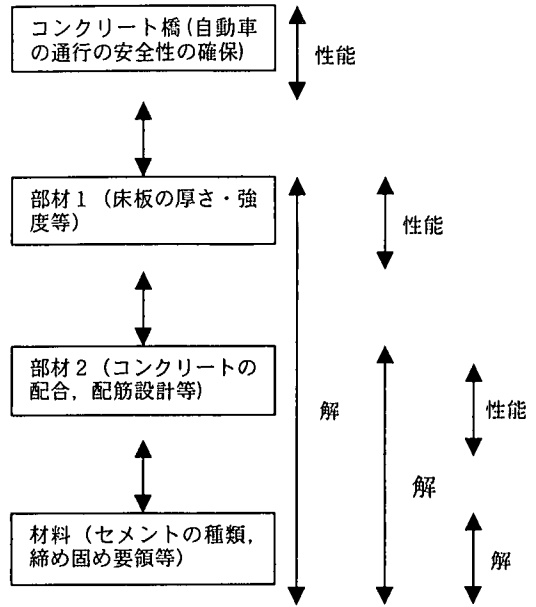


図-2 部材の階層(コンクリート橋の力学的安全性に関する例)

であり性能規定の概念そのものについても工学的にはあいまいなのが現状である。従って本論文はまず性能規定の定義・概念について述べ、次に現行技術文書における性能規定の状況を明らかにし最後に性能規定化の方法論を論じた。これらはすべて性能規定についての一般的な共通認識を深めるための考察であり内容について今後の性能規定化の進展に待つ所も多い。

本論文は多くを総合技術開発プロジェクトでの研究に基づいているが、その内容は著者個人の立場から書かれたもので、必ずしも著者の所属する機関の考えではない。

2. 前提条件

性能規定の考え方の前提条件として考えておかなければならないのは、①性能を規定する対象物の特定と②対象物を用いる使用者の特定である。ISOの性能(Performance)の定義では、「(The) behaviour (of a product) related to use」¹⁰⁾とされている。ここでも「性能」の概念の中に「使用(Use)」という考えが含まれており、使用される対象物と使用する者の特定は性能の議論をする前提になっている。土木構造物は最終的な使用者だけでなく建設段階では種々の立場の多くの人が構造物から部材、材料に至る異なるレベルの対象物に関与している。従来の技術基準は、構造物の発注者も使用者も部材の使用者(通常構造物工事の受注者になる)も同時に念頭に置いて作成される場合が多い。対象物とか使用者が異なると要求される性能は異なるので土木分野で性能規定を適用するに当たっては対象物と使用者という前提条件を特定する必要がある。

3. 性能規定と性能規定システムの概念

(1) 定義

現時点では性能規定の概念は人によって異なる。しかし暫定的にせよ性能規定を定義することは、工学的な検討にも発注など実用上も必要とされている。以下に定義を提案するが今後の技術開発によって必要が生ずれば、その時点で性能規定の再定義をすることが望ましい。

性能規定の定義を考える際、まず性能規定のシステムと性能規定を分けて考える必要がある。NKBなどの提案が従前のものと異なる大きい要点は、図-1のように対象物の設計施工上の属性を決定するのに性能と検証とその解が階層をなすように相対応するシステムを提案したことにある²⁾。このシステムはNKBレベルと呼ばれ表-1のようになる。表-1で「建築の音響」を例にとると、レベル1aは「使用者が快適であるような音響環境」、レベル1bは「建築物内活動が必要とする範囲での不快音の遮音」、レベル1cは「隣室からの音が58db以下」、レベル2は「試験方法」、レベル3は「壁の材料、寸法」などを内容とする。

ここで性能規定システムを、「使用者が想定される対象物において、対象物が使用目的を達成する水準を明示する性能と当該使用目的を満足させるような対象物の属性を明示する解が、ある合理性を有する検証方法で関係づけられたシステム」と定義して、性能規定を「性能規定システムにおいて性能を定めること(又は定めたもの)」(定義1)と定義することを提案する。

経験的に表-1での要求性能の階層が高い場合、それを満足させる最終的な解は複数個あることが明かであるから、

以下のようにも定義できる。性能規定とは、「施工するために決定しなければならない対象物の属性及び作業法に関して自由度を留保するような方法で、対象物が使用目的を達成する水準を明示すること」(定義2)をいう。

(2) 部材の階層

構造物を構成する部材は、図-2のように階層で構成されている。橋などの構造物を建設するには多くの部材が必要であるが、橋全体を対象として規定された性能と部材を対象として規定された性能は当然異なる。例えば図-2での床版の強度のように、構造物全体を対象としたときの性能規定システムの解の記述が床版自体を対象物と考えたときの性能の記述にもなり得る。これは前提条件である対象物、使用者が異なるので、性能規定の定義と矛盾するものではない。

(3) 仕様規定

性能規定と対比されて「仕様規定」という用語が使われることがある。これは例えば部材厚を10cmとするというように、一般に部材の属性について自由度を持たないような内容で規定することを指すことが多い。元来のNKBシステムには解(Solution)の概念はあるが、仕様規定の概念はない。ISOには性能規定に対して「prescriptive standards(指示基準)」という用語が用いられており¹¹⁾、設計や構成材料を記述する基準とされている。

仕様規定の要件として「自由度を持たない」ことを主体に考えると、仕様規定とは図-2の部材の階層の中で最下層に位置する部材を対象とした性能規定システムの解の記述とも定義できる。しかし、「仕様規定」という用語は、その概念と一般的な「仕様」の概念の間にかい離があるので適切とは思われない。

(4) 施工と性能規定

施工をプロセスと考えるならば、性能規定はできるだけプロセスの自由度を確保しようとする考え方であるから、施工に関してはできるだけ規定をしないということになる。しかし、施工中の環境保全や作業員の安全性の確保など経済的に「外部性」と呼ばれるものなどに関しては「施工における性能」として規定することは考えられる。この観点から性能規定化の検討初期の段階で施工に関する性能規定を考慮の対象からははずすのは望ましくない。

4. 性能規定システムに関する現行の技術文書の状況

(1) 現行の法律、技術基準等の状況に関する分析

現行の公共事業関連の技術文書は系統的に性能規定システムの考え方に基づいて策定されたものではないが、性能

表-2 現行技術文書の性能規定システムに関する記述の割合

文書名	性能に係る記述の割合			性能以外の記述の割合	
	内レベル1a-c	内レベル2-3注2)			
道路法	7	-	-	93	
新建築基準法	14	-	-	86	
河川管理施設構造令 ¹²⁾	本文	81.9	18.8	20.3	18.1
				42.8	
河川砂防技術基準(案)設計編 ¹³⁾	解説	93.4	36.0	40.5	6.6
				16.9	
河川砂防技術基準(案)設計編 ¹³⁾	本文	98.4	61.3	15.1	1.6
				22.0	
設計業務等共通仕様書 ¹⁴⁾	解説	97.1	22.2	57.0	2.9
				17.9	
設計業務等共通仕様書 ¹⁴⁾		0	0	0	100
土木工事共通仕様書 ¹⁵⁾		11	0	11	89

注1) 表中の数字はすべて%である。

注2) 上段にレベル2の割合、下段にレベル3の割合を示す。

に関する記述は多く見られる。今後性能規定システムの導入を検討するのに、現在使われている技術文書の性能規定に関する状況を知っておくことは重要である。このため建設省所管の公共事業関連の法律から通達に至る技術文書について、代表例を選定して性能規定の観点からどのような構成になっているかについて調べた。

性能規定の判定は3(1)の定義によった。法律を含む技術文書には、構造物などの性能に係わる記述だけでなく、関係者の権利・義務に関する記述、用語の定義などの記述がある。これらは性能以外の記述として整理した。概ね1条文、1解説を1単位として判断したが、1単位の内に異なるレベルの記述が混在する時は、より「解」に近いレベルに分類した。また、その他の記述と性能の記述が混在する場合には両方の性質を持つものとして重複して処理した。

調査結果を表-2に示す。法律の場合道路法、新建築基準法ともに「権利・義務」等の条文が多い。技術文書を性能規定化する時、法律にまでさかのぼって改正する必要性は法律によって異なる。建築基準法の場合法律で家屋等の具体の規制をしているので、性能規定化の際改正された。道路法の場合性能の記述が少なくその多くがレベル1aの性能を規定していることなどから性能規定化に関して直接法改正の必要はあまり考えられない。ただし一部道路標識等に関してレベル3の記述があるので標識等の下位技術文書を性能規定化する場合には注意を要する。「河川管理施設

表-4 性能規定化のパターン

パターン		性能			検証	解
		レベル1a	レベル1b	レベル1c	レベル2	レベル3
A型 (ボトムアップ型)	A1型 検証方法が不明					
	A2型 検証方法が明らか					
	強制力	○	○	○	△	
B型 (トップダウン型)	B1型 検証方法が不明					
	B2型 検証方法が明らか					
	強制力	○	○	○	△	

- 注) 1. 当該性能規定化に当たって既知の規定。
 2. 当該性能規定化で検討策定する規定。
 3. 検討・作業の流れ。
 4. ○は「強制力が在る」を、△は「部分的に強制力が在る」を示す。

構造令などの政令や技術基準などの通達は性能規定に関する記述が多いことで共通している。概ね通達本文で性能(レベル1a~1c)または解(レベル3)を記述し、解説でその証明法(レベル2)を記述している。共通仕様書に関しては、性能規定の記述が少ないことが共通しており、ともに性能に関しては技術基準類を引用する形になっている。ここで注意する点は、共通仕様書で技術基準を用いる際の拘束力についてである。「~の基準によらなければならない」と引用すると、基準の解説が本文と同等の拘束力を持ちかねない。今後技術基準を体系的に性能規定化しようとする場合には、共通仕様書も含めた拘束力の持たせ方を検討する必要がある。一律に基準類に拘束力を与えると「解説」までが強い拘束力を持ち一般に設計施工の自由度は下がる。

表-3 性能規定の主な長所と短所

長所	1. 設計施工法に関して自由度が増し現場の条件等により合った構造物を建設できる
	2. 基準を性能規定で整理することにより、各条文の目的・位置付け等の関係を明らかにできる
短所	1. 解を決めるための設計に費用、時間、技術力を要する(受注側)
	2. 設計に対する評価、選定に費用等を要する(発注側)

(2) 建築基準法の改正

建築分野においては土木分野より早く性能規定システムが導入されており、性能規定化を含む改正建築基準法も平成10年6月12日に公布された。この改正についての状況を調査した。

全文で103条ある法律を条文で性能規定の観点から整理すると表-2の通り14%が性能を規定している。ただしここでいう「性能」は対象物の性能に関する条文を指し、性能規定を実施する際の社会システムに関する例えば「型式適合認定」等の条文は含まない。この性能を規定している14%の条文で新設されたものはなく、旧法のままであるか性能規定化された条文のように旧法の条文を改訂した

ものである。したがって今回の建築基準法の改正は、旧法の「部材の解」による規定に対して対応する性能を示すという見直しであることがわかる。

5. 性能規定化の方法

(1) 性能規定の長所、短所とその適用領域

性能規定の長所と短所を表-3に整理した。性能規定の短所を補うため、海外の建築分野では性能規定の解の例を性能に適合したものと見なす解として明示している場合が多い⁴⁾⁵⁾⁶⁾。

表-3から性能規定の適用が好ましくない場合として以

下の①-③が考えられる。

- ①「(設計等による費用増の期待値+審査による費用増の期待値) > (性能規定化による費用減の期待値)」である場合 (これは通常比較的小規模の工事であろうと考えられる)
- ②非常口案内のような共通化することによって利益のある場合
- ③安全性に関わる非常に重要な規制など設計とその評価が失敗した場合の損失リスクの大きい場合

(2) 技術基準の性能規定化のパターン

日本ではほとんどの土木構造物について既に技術基準が整備されているので、ここでは、基準の性能規定化を考えるのに既存の基準があることを前提として考察する。

現行の基準類に対する対応により基本的な性能規定化の方法として表-4に示すようなA型とB型が考えられる。A型は現行基準を基にボトムアップ的に性能規定を作成する方法で、現規定である部材の解から逆解析的にそれが実現している性能を明らかにする方法である。一方B型は「安全」など根源的な目的からトップダウン的に性能規定を作成する方法である。B型のトップダウン的に性能を明示する場合、現実には設計に必要な解を得るための検証方法を新しく見出すのは困難なことが多い。

従って、通常現行基準がある場合はまずA型による性能規定化が考えられる。建築基準法の改正もA型と考えられる。例えば64条にある「防火設備」という記述について、旧法では単に「防火設備」とだけ記述されていたが、新法では「防火設備 (その構造が準遮炎性能 (建築物の周囲において発生する通常の火災時における火災を有効に遮るために防火設備に必要とされる性能をいう。)) に関して政令で定める技術的基準に適合するもので、建設大臣が定めた構造方法を用いるもの又は建設大臣の認定を受けたものに限り」というように要求性能が明らかになるように記述を改めている。一方英国、ECE等の建築の基準は概ね表-4のB型のように全体的目的を整理した形で記述されている。

性能規定システム作成には、検証法 (レベル2) の解明が重要であると考え、表-4ではその解明の可否でA1~B2までに分類した。完全な性能規定システムは最終的にはB2の形態で得られる。既存の基準を基にA型のボトムアップ方式で性能規定化を始めるとすると、既存の異なる解から全体的目的 (レベル1 a)、機能領域 (レベル1 b) が共通で機能要求 (レベル1 c) のレベルが異なるケースが発生し得る。それらの複数のケースを全体的目的別、機能領域別に整理し適切な機能要求のレベルを設定する必要がある。そして従来の基準で足らない全体的目的、機能領域を補足した後、B型のトップダウンの作業を行いB2のような形にまとめる。従って完全な性能システムを作成するにはいずれかの時点でA型からB型への移行が必要とな

る。B型にはB1とB2があり、B1の場合解 (レベル3) に適合みなし規定として従来の基準を導入することになるが、検証が明かでないB2への移行には技術的困難がある。

A型で性能規定化を始めてB型へ移行するか否かを決するには、その得失を検討する必要がある。B型で全体的目的 (レベル1) に基づいて基準の条文を整理し構成し直すと、基準の構成が既存のものとは大きく異なる場合がある。目的別に整理する事により性能のレベル1 b、1 cなどの整合状況はわかり易くなるが、対象が構造物全体であるなど多くの部材を含み既に細部まで規定している基準の場合構成の組替えには多大な作業を要する。一方対象が限定された部材などで既存の規定が多くなければ、全体的目的 (レベル1 a) に基づいて基準の構成を改めるのは容易である。

完全な性能規定システム (B2) を作成するには、検証法 (レベル2) を明らかにすることが必要不可欠である。検証法には、大別して、試験 (実験)、解析、経験に基づく三方法がある。従来前二者の検証方法による設計がなされている場合には、性能規定システムは性能を定量的に特定することにより比較的簡単に作成できる。しかし、従来経験に基づいた設計がなされている場合には、性能を定量的に特定することは困難な場合が多い。経験によって検証されている解に対する機能要求 (レベル1 c) を定量的に明らかにするには、試験もしくは解析による検証方法を探求する必要がある。現実の問題として、短期間でレベル2の検証方法をすべて解明するのは困難である。従って結果的に、A型ではA1、A2が、B型ではB1、B2が混在する状況で当面の性能規定化の作業を終了することが予想される。技術基準全体をB2の形にまとめるのは、検証法 (レベル2) を明らかにするという通常行われている研究の成果を待つ必要がある。

建築基準では、英国、オーストラリア、ニュージーランドにおいては、建築物全体の性能を示しているが部材以下の詳細な規定は、概ね性能を満たすと認められた部材の解の例示によっており拘束力を持つ基準とはなっていない。従ってこれらの基準は概ねB1型のパターンによる性能規定化基準と考えられる。

6. おわりに

本論文は、性能規定の定義・概念の整理をし、性能規定の適用の現状を明らかにし、最後に性能規定化の方法論とその適用の見通しを示した。

性能規定の概念については性能規定システムの考え方が重要であることを示し、「自由度」と「使用目的の達成水準」という2つの要件により「性能規定」を定義することを提案した。現行の土木分野での法令を含む技術文書の条文が、性能規定システムにおいてどのような位置付けになるのか

を調査し、今後性能規定を検討する際の留意点を示した。また性能規定化における方法論としてボトムアップ方式とトップダウン方式があることを提示し、ボトムアップ方式は既存の技術基準の体系を大幅に変えることなく性能規定化できるのに対して、トップダウン方式は、構造物全体の使用目的を明確にすることができることを示した。

性能規定を公共事業に本格的に導入する試みは世界でもあまり例はなく、日本でも始まったばかりである。土木研究所では平成9年度から総プロで研究を開始したが、今後の検討に待つ所も多い。

終わりに、本研究を進めるに当ってご指導ご協力頂いた、建設事業の品質管理体系に関する検討委員会（委員長、西野文雄政策研究大学院大学教授）、建設省建築研究所五條渉氏、平野吉信氏をはじめとする関係者に深く感謝し上げる。

参考文献

- 1) World Trade Organization, Agreement on Technical Barriers to Trade, Article 2, 2. 8, 1995.
- 2) Den nordiske komite for bygnings bestemmelser : Strukturering av Byggregler (Structure for Building Regulations), NKB report No 34, 1978.
- 3) Economic Commission for Europe: Ece Compendium of Model Provisions for Building Regulations, United Nations Publication Sales No.E.96.II.E.4, 1996.
- 4) Michael Heseltine : Building and Buildings, the Building Regulations 1991, HMSO publications 1991 No.2768, 1991.
- 5) Building Industry Authority: New Zealand Building Code; New Zealand Building Code Handbook 2nd, pp105-173, Standards New Zealand, 1995.
- 6) Australian Building Codes Board: Building Code of Australia, CCH Australia limited , 1996.
- 7) Ross E. JR, Sicking D.L, Zimmer R.A. and Michie J.D, National Research Council : Recommended Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features , National Cooperative Highway Research Program Report350, National Academy Press Washington, D.C., 1993.
- 8) 日本道路協会：防護柵の設置基準・同解説，日本道路協会，1998.
- 9) National Research Council of Canada, National Building Code of Canada, 1995.
- 10) ISO: Performance standards in building – Contents and presentation , ISO6240-1980 (E) , 1980.
- 11) ISO Performance standards in building – Principles for their preparation and factors to be considered , ISO6241- 1984 (E) , 1984.
- 12) 河川管理施設等構造令研究会編：解説・河川管理施設等構造令，山海堂，1978.
- 13) 日本河川協会編：建設省河川砂防技術基準（案）同解説設計編，山海堂，1985.
- 14) 関東建設弘済会：測量・調査・設計業務必携，関東建設弘済会，1995.
- 15) 関東建設弘済会：土木工事必携，関東建設弘済会，1998.

(1999. 9. 8 受付)

BASIC STUDY ON PERFORMANCE – BASED SYSTEM IN CIVIL ENGINEERING

Akira INOKUMA

Recently the concept of performance – based system has been rapidly introduced in building engineering. But in civil engineering only a few attempts of this system have just begun . On this background this paper presents the basic study on the concept of performance – based system and some patterns of introducing this new system which are all vitally necessary to be clarified when the new system gets to prevail in civil engineering . Although this study comes from one of the Technology Development Projects of Ministry of Construction, the contents of this paper is attributed not to the Ministry but to the author himself