

## 目 次

§ 1 . はじめに	
1 - 1 性能設計導入の背景	1
1 - 2 本報告書の概要	2
§ 2 . 各分野における性能設計の現状	4
2 - 1 鋼材	4
2 - 2 塗装	8
2 - 3 支承	14
2 - 4 防護柵	17
2 - 5 床版	19
2 - 6 舗装	21
2 - 7 建築	23
2 - 8 性能設計事例	30
§ 3 . 性能設計における橋梁のあり方	32
3 - 1 性能設計における社会のあり方	32
3 - 2 性能設計における道示のあり方	34
3 - 3 性能設計を導入するにあたっての課題	38

## §1. はじめに

平成 14 年に改定された道路橋示方書・同解説では・疲労の影響の考慮、・鋼床版の製作施工に関する規定の充実等、耐久性の向上を図る見直しがなされている。

また、以前までの「仕様規定型」に変わり「性能規定型」の規定に変更となっている点が重要な改定点である。これを端的に示している箇所が以下の条文である。

### 共通編 1.5 設計の基本理念

- (1)橋の設計にあたっては、使用目的との適合性、構造物の安全性、耐久性、施工品質の確保、維持管理の容易さ、環境との調和、経済性を考慮しなければならない。
- (2)設計は、理論的な妥当性を有する手法、実験等による検証がなされた手法等適切な知見に基づいて行うものとする。

この基本理念に従って、対象物件に要求されている事項を適切な手法に基づいて設計することが性能設計であり、各条文においても、その要求事項と要求事項を満たす従来からの仕様規定が併記されている。

### 1 - 1 性能設計導入の背景

性能設計が提唱され、道路橋示方書において導入された背景としては以下の事項が挙げられる。

#### (1) 技術的な必要性

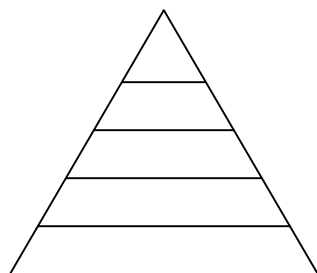
利用者の要求が多様化し、構造形式、造形、景観、環境との調和への対応が不可欠になるとともに、これらを実現するために発注・契約の形態も多様化しつつある。しかし、仕様規定中心の旧示方書が、新技術の導入において障害になっているケースが見られ、技術開発の促進といった観点からも、より柔軟な基準への移行が望まれていた。

#### (2) 社会的な必要性

前述の技術的な必要性よりも社会的な必要性から導入された観が強い。

WTO の発足に伴い、わが国も調印した「TBT 協定」や「政府調達協定」では技術仕様において国際規格が存在するときは、その規格に遵守することが求められている。

これによると団体規格である道路橋示方書および国家規格である JIS よりも上位にある国際規格 ISO に従って公共事業も発注されることになる。



国際規格：ISO

地域規格：EN(欧州規格)等

国家規格：JIS

団体規格：道路橋示方書

社内規格

ここで ISO 規格として制定されている規格には以下のものがある。

ISO 2394 「構造物の信頼性に関する一般原則」

：信頼性レベルに応じた破壊確率の設定により与えられる部分係数を用いた限界状態設計法に基づいた基準。

ISO10721 「材料と設計」「製作と架設」

：建築構造物を主対象としているが、特有の要求事項を付加することにより、橋梁に適用が可能。ISO2394 に準拠。

上記の ISO 規格との整合性を図るためには、仕様規定から性能規定への変換が必要であった。今後、許容応力度設計法から限界状態設計法への移行が急務となる。

平成 14 年 10 月には国土交通省より「土木・建築にかかる設計の基本」が策定され、今後の展望が明らかにされた。以下に現在の国土交通省の技術基準との相違点を挙げる。

- ・ 限界状態設計法の採用
- ・ 設計供用期間の位置づけ
- ・ 信頼性設計の考え方を基礎とする
- ・ 基本的要求性能および性能に及ぼす要因の明示

( 3 ) 経済的な必要性

公共工事のコスト縮減

1 - 2 本報告書の概要

( 1 ) テーマ

鋼橋における性能設計の調査・研究

( 2 ) 活動期間

平成 14 年 7 月 ~ 平成 16 年 4 月

( 3 ) メンバー

会社名	氏名	会社名	氏名
飯田鉄工(株)	池田 然之	東海鋼材工業(株)	平野 忠利
宇野重工(株)	祖父江 智	東網橋梁(株)	豊田 毅
(株)サクラダ	大柳 英之	トピー工業(株)	齋藤 徹
(株)釧路製作所	松原 弘晃	瀧上工業(株)	有富 哲弘
(株)名村造船所	道下 誠司	(株)横河技術情報	大村 武馬
川崎重工業(株)	小出 宣央		

( 順不同 )

#### (4) 目的

近年、構造物の性能を明示し、この性能を満たすべく設計を行う性能設計への流れが活発化している。性能設計とは何かと考えたとき、おぼろげながら、雰囲気は把握しているものの、漠然として内容を理解するまでには至っていない方も多いのではないだろうか。そこで当ワーキンググループは、性能設計に関する文献の調査、問題点の整理を行い、理解を深めることを目的として研究を行った。

#### (5) 活動内容

下記内容に関する資料を分担して収集し、要点・問題点を取りまとめた。

- ・ 性能設計導入の背景
- ・ 橋梁および、他分野の構造物における性能設計の現状
- ・ 性能設計における社会のあり方

## § 2 . 性能設計に関する調査

### 2 - 1 鋼材

#### ( 1 ) 材料に要求される事項

平成 14 年の道路橋示方書改定により、材料に要求される事項が明確となった。

共通編においては、みなし規定を設けながらも以下の通り明記されている。

「鋼材は、強度、伸び、じん性等の機械的性質、化学組成、有害成分の制限、厚さやそり等の形状寸法等の特性や品質が確かなものでなければならない。」

これにより、所要の特性を有することが試験等で確認され、ばらつきのない安定した材料であれば JIS 規格品以外の使用も可能となっている。

また、鋼橋編では溶接構造用耐候性鋼材の標準的な板厚の上限を 100mm に拡大し、その鋼種選定について、特に配慮を要する場合として以下の事例が列挙されている。

- 1) 気温が著しく低下する地方に使用される場合
- 2) 溶接により拘束力を受ける主要部材で板厚方向に主として引張力を受ける場合
- 3) 主要部材において小さな曲げ半径で冷間曲げ加工を行う場合
- 4) 溶接割れ防止の予熱温度を低減して溶接施工を行う場合
- 5) 溶接入熱量の大きい溶接法を適用する場合

共通編同様、上記のような特殊条件下においてもその要求性能を満足すれば、新しい材料の使用も可能となり、設計の自由度も増すこととなる。

#### ( 2 ) 各種高性能鋼<sup>1)</sup>

実際に使用されている高性能鋼材について列挙する。

##### 1) 高強度鋼：JIS 規格外

鋼強度のため、板厚を薄くすることが可能となり、鋼重の軽減に伴い、スパンの長大化、運搬・架設の効率化等が図れる。

表 - 2 - 1 - 1 鋼材の降伏点と引張り強さ

	鋼 種	降伏点 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )
汎用鋼材	SM400	235	400
	SM490	315	490
	SM490Y	355	490
	SM570	450	570
鋼強度鋼	HT690	590	690
	HT780	685	780
	HT950	885	950

##### 2) 降伏点一定鋼：JIS 規格外 鋼材名称”-H”

板厚 40～100mm の鋼材において、降伏点または耐力の下限值が板厚により変化しない鋼材。鋼重低減による経済効果が得られる。

表 - 2 - 1 - 2 許容軸方向引張応力度および許容曲げ引張応力度

	板 厚	SM400	SM490	SM520	SM570
JIS 材	16 < t 40	140	185	210	255
	40 < t 75	125	175	195	245
	75 < t 100	125	175	190	240
降伏点一定鋼	40 < t 100	140	185	210	255

### 3)高じん性鋼：JIS 規格外 鋼材名称"-7L"等

曲げ半径の小さい冷間曲げ加工や低温地域使用に耐えうるべく、じん性を高めた鋼材。JIS Z 2242 に規定するシャルピー衝撃試験結果が以下の条件を満たし、かつ鋼中の窒素が 0.006%を越えない場合、内側曲げ半径を板厚の 7 倍以上または 5 倍以上とすることが可能。

vE 150J 内側曲げ半径 板厚の 7 倍  
vE 200J 内側曲げ半径 板厚の 5 倍

### 4)耐ラメラテア鋼：JIS 規格外 鋼材名称"-Z25S"等

ラメラテアとは、十字継手、T 継手等の板厚方向に引張応力を受ける溶接継手で鋼板表面に平行な割れが発生する現象を言う。発生原因には非金属介在物(主に MnS)を起点とするものの他、ルート割れが起点となるものがあり、その抵抗性を高めた鋼材。性能の確認については JIS G3199 により、板厚方向の引張試験における絞り値と鋼中の S 量の組み合わせで評価する。

### 5)予熱低減鋼

鋼材を溶接する場合、鋼材の合金元素量が多いほど、また板厚が厚いほど溶接割れが生じやすくなるため予熱が必要となる。この予熱作業および付帯作業を低減、省略するため、合金元素の量を減らし溶接割れ感受性組成(Pcm)を低くした鋼材。

### 6)大入熱溶接対策鋼

溶接施工時に入熱量の大きい溶接(エレクトロガス溶接、多電極サブマージアーク溶接等)を採用することにより、パス数が低減され作業の効率化が図れる場合がある。この大入熱に対してもじん性の低下を抑えた鋼材。使用の際には、溶接施工試験による品質の確認が必要である。

### 7)LP 鋼板：JIS 規格対応

LP 鋼板とは、長手方向に直線的に板厚を変化させた鋼板である。

構造物の断面力が急激に変化する部位に用いることにより、必要断面力に応じた合理的な断面構成が可能となり、鋼重の低減が可能となる。また、接合部の等厚化により、ボルト接合部でのフィラープレートの省略、溶接継手部のテーパ加工が不要となる。

#### 8) 海浜・海岸耐候性鋼<sup>2) 3) 4)</sup>: JIS 規格外 “-MOD”

従来の耐候性橋梁の適用範囲(飛来塩分量 0.05mdd)を越えて適用が可能となった耐候性鋼材。Ni、Ti、Cu、Mo 等の合金元素を添加することにより、高塩分環境においても緻密な安定さびを生成する。また、数%の Cr 添加は腐食量を増大させるため、無添加としている。鋼材の他、溶接材料、高力ボルト等も同様の性能を有するものがある。

#### 9) 塗装用鋼材(ロングライフ塗装用鋼)<sup>3)</sup>: JIS G 3106

塗装橋において、塗膜キズ部やコバからの腐食進行を抑制する機能を高めた鋼材。塗装塗り替え周期の長期化により LCC の低減が可能となる。

#### ( 3 ) 溶融亜鉛めっき処理に用いる鋼材成分の影響<sup>5)</sup>

橋梁の耐久性に影響する要因として鋼材の腐食が考えられるが、その防触方法の一つである溶融亜鉛めっき処理を行う場合に鋼材成分が及ぼす影響について取り上げる。

めっき処理は同一条件で行っても、皮膜厚さ(付着量)、外観(やけ)、密着性等に大きく差を生じることがあるが、これは部材の構造形式や板厚差以外に、主に鋼材中の化学成分に影響されている。一般に鋼材中に含まれる Si、Mn、P などは、その含有量が増加すると合金反応が活発になり、亜鉛付着量を増加させ、やけ現象を生じたり、著しい場合は密着性を低下させ、めっき直後から皮膜に剥離を生じさせることがある。

以下にその合金反応を活発化させる成分について取り上げる。

炭素 C: 0.2%までの含有量では合金反応に影響は少ないが、0.3%以上の増加に伴って合金反応が活発になる傾向を示す。溶接構造用鋼材の場合、JIS 規格内であれば問題ない。

ケイ素 Si: ケイ素は他の元素に比べ、最もめっき皮膜厚さに影響を及ぼすと言われ、以下にその含有量とやけの程度を示す。

0.02%以下	: 問題なし
0.05 ~ 0.12%	: 合金反応が非常に活発となり、やけ易い傾向を示す
0.16 ~ 0.23%	: 合金反応はやや抑制
0.24%以上	: 再び合金反応が活発となる

やけの現象がひどい場合には、めっき表面が黒灰色を呈し、外観を損なうことと

なる。大気暴露試験では腐食速度はほぼ同程度となり耐食性の差はほとんどない。

JIS G3106 では0.35%または0.55%以下と規定されているため、注意が必要である。

マンガン Mn : 1.2%を越えると合金反応が活発となる。

リン P : 含有量が増加すると合金反応が活発となり、ひどい場合にはめっき層に剥離が生じることとなる。また、ケイ素含有量との複合作用が大きく 460 でめっき層の形成を保証する基準として以下の提案がなされている。

$$\text{Si \%} < 0.04\%$$

かつ

$$\text{Si \%} + 0.25 \times \text{P \%} < 0.09\%$$

硫黄 S : JIS 規格内では問題ない。

表 - 2 - 1 - 3 溶接構造用圧延鋼材(JIS G 3106)

		C	Si	Mn	P	S
SM400	A	0.23 以下	-	2.5 × C 以上	0.035 以下	0.035 以下
	B	0.20 以下	0.35 以下	0.60 ~ 1.40	0.035 以下	0.035 以下
	C	0.18 以下	0.35 以下	1.40 以下	0.035 以下	0.035 以下
SM490	A	0.20 以下	0.55 以下	1.60 以下	0.035 以下	0.035 以下
	B	0.18 以下	0.55 以下	1.60 以下	0.035 以下	0.035 以下
	C	0.18 以下	0.55 以下	1.60 以下	0.035 以下	0.035 以下
SM490YA,B		0.20 以下	0.55 以下	1.60 以下	0.035 以下	0.035 以下
SM520C		0.20 以下	0.55 以下	1.60 以下	0.035 以下	0.035 以下
SM570		0.18 以下	0.55 以下	1.60 以下	0.035 以下	0.035 以下

#### 参考資料

- 1 ) 日本鉄鋼連盟 <http://www.jisf.or.jp>
- 2 ) 新日鉄 <http://www.hq.nsc.co.jp>
- 3 ) 神戸製鋼 <http://www.steel.kobelco.co.jp>
- 4 ) NKK <http://www.nkk.co.jp>
- 5 ) 日本鋳業協会 鉛亜鉛需要開発センター <http://www.jlzda.gr.jp>



## 2 - 2 塗装

### (1) 各種防食方法

鉄の防食方法の代表的なものとしては以下のような方法がある。

- ・表面被覆 ; 鋼材の表面を他の材料で被覆することによって腐食環境から遮断する方法。
- ・電気防食 ; 電気防食とは各金属表面全体を陰極として、外部の陽極から電流を流入させ金属の腐食（酸化）を防止する電気化学的法則を利用した方法。
- ・鋼材の改質 ; 鋼材に適当な金属素子を添加することにより鋼全体の腐食反応を抑制する方法。

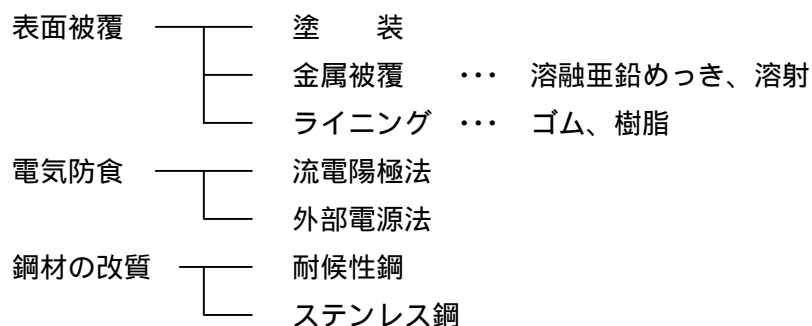


図 - 2 - 2 - 1 各種防食方法

参考資料 (社) 日本橋梁建設協会「橋梁技術者のための塗装ガイドブック」2000年

### (2) 鋼橋塗装の性能規定化

鋼橋の防食方法としては最も一般的な塗装について性能規定化の導入について、体系と課題を記す。

#### 1) 鋼橋塗装における性能規定

鋼橋塗装の性能規定の体系化へのアプローチとして、以下のふたつの手段を検討。

階層別による体系化

実際の作業工程による体系化

#### 2) 階層別による体系化

性能規定として、次のような階層別に体系化を想定。

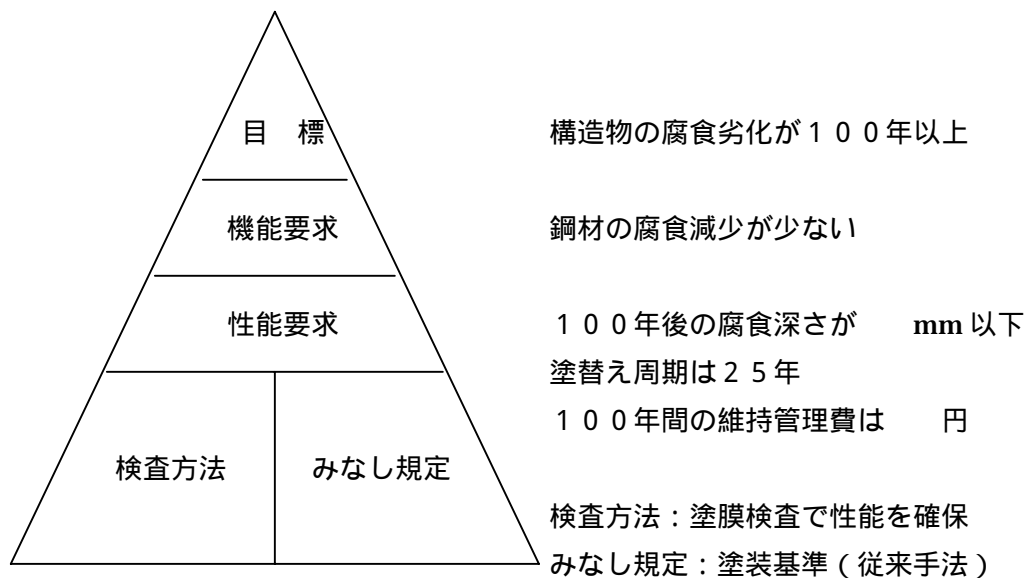


図 - 2 - 2 - 2 性能規定の階層化

・ 目標の設定

性能規定は要求性能を満足することが目的なので、達成すべき目標は明確に設定する必要があると考える。

鋼橋塗装の目的は鋼構造物に耐久性を与えることであるから、目標は構造物を100年以上機能低下のない状態に保つこととする。100年以上ということは、100年経過した時点で腐食が原因となる機能低下がなく供用できること。

・ 機能要求

目標に対する機能要求は、腐食による鋼材の減少が少ないこととする。

・ 性能要求による要求水準

・ 100年後の腐食深さを規定する。

規定値については検討を要す。

・ 塗替え周期は25年とする。

維持管理コストを低減するため塗替え周期を延長する。

現状の塗替え周期は、実績で約13年。

新設塗装では、長期耐久性塗装仕様を適用すれば25年の耐久性が得られるので、塗替え塗装でも同様な施工を行えば25年の耐久性を得ることができる。但し、新設と同じ塗装が現場でも出来るような技術開発が必要。

・ 100年間の維持管理費を試算して、明らかにする。

・ 検査方法

実橋に塗装された塗膜を検査して性能を判定する。

内容に見合った検査方法は検討を要す。

・みなし仕様

実橋塗膜の検査だけで性能を判定することは困難なので、必要最小限の塗料材料規格と施工基準を設定して、これにより目標性能が確保されたものとみなす。この場合、塗料規格は材料別の規格としないで、塗装系としての塗膜性能規格として新材料の採用を容易にする。

表 - 2 - 2 - 1 階層別による体系化のまとめ

項目	内容	必要な技術開発
目標	鋼橋は100年以上機能低下が無い 100年後にも架け替えコストが発生しない	劣化の無いことを立証する条件とその方法の開発
施工条件	新設塗装と塗替え塗装でともに25年の耐久性を確保する	塗替えで25年の耐久性を得る施工技術の開発 現場での水洗、ブラスト、スプレー塗装の実施 金属溶射との併用 塗膜性能規格により新規塗料の採用を容易にする
検査	25年周期で塗装して100年間機能低下のないことを検査する。	実橋の塗装検査により性能を確認する検査方法技術の開発 長期経過した鋼橋の実橋調査による確認
保証	検査の制度不足を保証で補償する	保証条件を確立する 判定者、判定基準、保証限度の設定 保証期間の設定とその時点での性能評価保証体制をつくる 施工者による保証、団体（専門会等）による保証、保険制度導入

3) 実際の作業工程による体系化

鋼橋塗装は表 - 2 - 2 - 2 のような工程で実施されている。

性能規定は、なるべく最終状態の品質検査で行うことが望ましい。これが技術的に困難であれば、必要最小限の塗料材料規格や施工基準を設定して、これにより目標性能が確保されたものとみなす必要がある。

表 - 2 - 2 - 2

工 程	管理項目	管理内容
塗装仕様の選定	塗料の種類	塗料の種類と品質の選定
	塗装回数	各塗料の塗装回数の設定
	塗装間隔	塗装間隔の下限と上限の設定
	塗付量	塗付量の設定
	膜厚	目標膜厚の設定
塗料の品質	塗料規格	塗料の品質の検査
素地調整	調整方法	工法の設定
	調整程度	調整結果の程度の設定と検査
塗装作業	塗料の混合	塗料を均一な状態にする
	塗料の希釈	希釈の範囲の設定
	塗装方法	塗装方法の設定
	塗付量	塗付量の確認
	作業場の環境	温度と湿度の範囲の設定と確認
	膜厚	膜厚の検査
	塗膜状態	塗膜状態の検査
維持	耐久性	経年後の塗膜状態の検査
保証	瑕疵	初期欠陥に対する保証
	長期保証	耐用期間中の保証

#### 4) 性能規定における責任の所在

性能規定は、受注者の提案により発注者が承認して決定し実施される。受注者には提案した結果に対する責任が生ずるが、発注者にも提案を評価する能力と責任が求められることになる。

実際には、目標（鋼橋塗装では100年の機能保持、または25年の塗替え周期）に対する検査方法ができて、客観的に判定できるようにすることが必要と考えられる。

#### (3) 品質規定化のための技術的課題

鋼橋塗装の品質を規定化するためには多くの技術的課題がある。鋼橋塗装の性能規定化構想では、塗装の塗替え周期の目標を25年と設定した。

新設橋梁ではこの目標は達成されているが、塗替え塗装の耐久性は新設塗装に比べ短いとされている。その大きな理由に現場塗装作業ではいろいろな制約条件があって、次のような現状があるからである。

- 1) 長期間で付着した海塩粒子や酸性の車両排気物等が完全に除去できないまま塗装されている。
- 2) 除錆がサンダー等の動力工具で行われ凹部の錆が除去できない。
- 3) 塗装が刷毛やローラーで行われるので厚膜塗装ができない。

逆にこれらの課題を解決すれば、塗替え塗装であっても、新設塗装と同じ耐久性にすることができる。

#### (4) 検査と評価技術の開発

性能規定を適用するためには、検査と評価技術の開発も必要である。

##### 1) 構造物の診断

構造物が腐食による機能低下をきたさないことを判定する基準が必要となる。

##### 2) 塗膜検査方法の開発

性能規定の評価を最終段階で一括して実施するには、実橋の仕上がりを塗膜検査で判定する必要がある。

仕様規定では、塗膜検査は膜厚検査と外観検査で行われるが、性能規定のための検査では次のことの確認が必要である。

- ・膜厚の確認
  - ・施工欠陥の有無
  - ・長期耐久性を満足する塗膜性能の確認
- 細かな実施手段については検討を要す。

#### (5) 保証体制の検討

受注者からの提案に対して発注者の評価判定の時間的制約や、性能規定化に伴う塗膜性能の確認の精度不足を補うために保証制度についても検討する必要がある。

保証制度については次のような問題がある。

- ・保証期間の設定
- ・保証の判定機関の設定
- ・保証受託者
- ・保険制度の導入

表 - 2 - 2 - 3

項 目	ビジョン
保証期間	耐久性の目標は25年であるが、長期間の保証は管理上問題があるので、技術的に判定できる最低期間を検討し設定する 10年以内が目標
保証の判定機関	問題が発生した場合、保証に該当するかを中立的に判定するものとして必要 保証に該当した場合、どの程度の修復を行うかについても判定
保証受託者	受注施工者が行うが、場合によっては加盟団体（橋塗協等）による総合保障についても検討
保険制度	その可能性から検討が必要

参考資料（社）日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会 福島 稔 氏  
「第3回技術発表大会予稿集（平成12年）」

（6）まとめ

前述の（2）～（5）では、国際整合化を見据えた鋼橋塗装専門機関としての性能規定化への取り組みの現状を紹介した。その中では触れられてはいないが、塗装は自由に色調が選択できるという他の防食手段には無い特徴を持っている。橋は地域のランドマークになることも多く、橋を利用する人に配慮し、地域環境と調和した色彩を提案することも重要な要素となるのではなかろうか。そこで性能規定として色、光沢等のデザインも加えてみても良いのではないかと考える。

## 2 - 3 支承

### ( 1 ) 支承に要求される事項

平成 14 年の道路橋示方書改定により、支承に求める性能を明確化し、要求性能にそった設計が可能となるよう性能照査基準をめざした大幅な見直しが行われた。

支承は単なる付属物ではなく、橋梁の全体系を左右する重要な部材である。そこでそれらの安全性の確保と耐久性の向上のために、要求事項を明示しその設計が可能となる最小限の事項として、移動量、作用力、構造細目等を記述している。

支承部の要求事項は以下の通りである。

- 1 ) 上部構造から伝達される荷重を確実に下部構造に伝達する。
- 2 ) 荷重、温度変化等による上部構造の伸縮や回転に追随し、上部構造と下部構造の相対的な変位を吸収するものとする。
- 3 ) 塵埃、水の滞留等の劣化要因に対する耐久性を有する。
- 4 ) 施工、維持管理および補修の容易さに配慮する。

### ( 2 ) 支承に求められる機能

支承部に求められる機能を整理すると、図 - 2 - 3 - 1 となる。基本的な機能としては荷重伝達

機能と変位追従機能があり、また振動に対する付加的な機能として減衰機能、アイソレート機能、制振機能が単独あるいは複合的に必要となる。

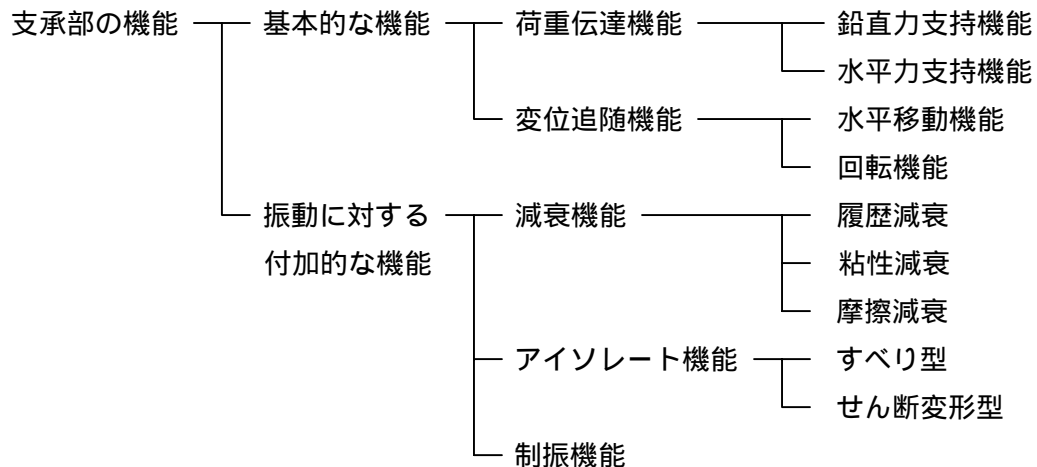


図 - 2 - 3 - 1 支承部の機能分類

#### 1 ) 基本的な機能

##### 荷重伝達機能

支承部には、上部構造に作用する荷重を確実に下部構造へ伝達する機能が必要

である。支承部への作用力は、荷重の種類や支承条件などで種々変化するが、鉛直と水平方向の軸方向力とモーメント成分に分解して検討することが多い。

荷重伝達機能を分類すると、鉛直支持機能と水平支持機能となる。

- ・鉛直支持機能

常時、暴風時および地震時等の鉛直方向力を支持し、路面の平坦性を確保するために必要な機能。

- ・水平力支持機能

常時、暴風時および地震時等の水平方向力を支持することで、路面の平面線形を保持するために必要な機能。

  - 変位追従機能

変位追従機能は、上部構造の移動や回転などの変位に追従し、上部と下部構造の相対変位を吸収する機能であり、鉛直と水平方向の軸方向変位と回転変位の成分に分解して検討することが多い。供用後の支承部においては、上部構造が水平移動や回転変位する際、支承部の部材に錆等で想定していない摩擦力が発生し、変位を拘束する場合がある。このため計画にあたっては錆の生じにくい品質の安定した材料や、可動しやすい支承構造の選定に十分注意を払う必要がある。

変位追従機能を分類すると、水平移動機能と回転機能となる。

- ・水平移動機能

水平移動機能は、常時、暴風時、地震時に上部と下部構造の間に生じる水平変位に追従するための機能。

- ・回転機能

上部構造は荷重の載荷によってたわみやねじれ変形が生じ、支点部に回転変位が生じる。回転機能は、この回転変位に追従し吸収するための機能。

## 2) 振動に対する付加的な機能

支承部は、基本的な機能の他に、エネルギー吸収や力の絶縁を求められる場合がある。これらの機能は、減衰機能、アイソレート機能、制振機能に分類できる。

  - 減衰機能

減衰機能は、材料の力学的非線形性を利用した履歴減衰(鉛材料や高減衰ゴム材料等)、部材間の摩擦を利用した摩擦減衰、粘性材料を利用した粘性減衰などにより振動エネルギーを吸収する機能。

  - アイソレート機能

アイソレート機能は、支承部において水平抵抗をやわらげ、地震時慣性力の伝達を低減する機能。

  - 制振機能

上部構造と下部構造の間には橋の振動を制御する目的で、支承とは別に制振装置を設ける場合がある。粘性ダンパーや摩擦ダンパーなどのエネルギー吸収装置



が代表的で、例えば交通振動の低減に使用される。

### (3) 支承の分類

支承を適用別に分類すると図 - 2 - 3 - 2 となる。

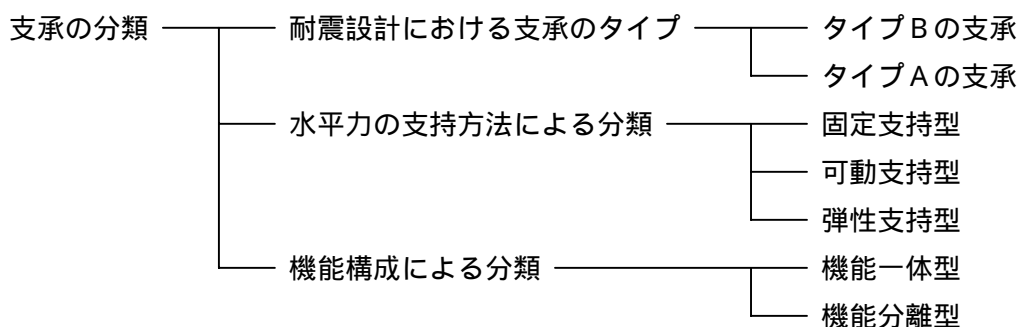


図 - 2 - 3 - 2 支承の分類

#### 1) 耐震設計における支承のタイプ

支承には地震の際、支承部を通じて上部構造の慣性力が下部構造に伝達されるため、確実な荷重伝達機能と変位追従機能を有すること、橋の重要度により橋の機能を速やかに回復できることが求められる。

#### 2) 水平力の支持方法による分類

支承を水平力の支持方法別に分類すると、固定支持型、可動支持型、ゴム支承のせん断変形を利用する弾性支持型に整理できる。

#### 3) 機能構成による分類

支承には複数の機能が求められるが、これまでは機能を集約した機能一体型の構造が多く採用されてきた。しかし単一の部材で同時に複数の機能を保持しようとすると構造が複雑になることや、一部の局所的な損傷や耐久性の低下による機能損失が他の機能も影響を与えることがある。このため橋の規模や形式に応じて単一機能を有する支承を複数組み合わせるなど、機能を明確に分離した機能分離型の支承部構造の採用について検討することも重要である。

#### 参考資料

- 1) 道路橋示方書・同解説 H14.3 (社)日本道路協会
- 2) 道路橋支承便覧 H3.7 (社)日本道路協会
- 3) 道路 H14.4

## 2 - 4 防護柵

### ( 1 ) 防護柵設計基準の改定

平成 10 年 11 月 5 日に建設省から防護柵の有する性能を規定した「防護柵の設置基準」が策定された。本基準は、国際化に対応した車両の大型化（大型貨物車の最大重量：20 t から 25 t へ）など道路交通環境が変化しており、また、地域特性や景観に配慮した防護柵の設置、技術開発の成果の活用などを踏まえたものになっている。

### ( 2 ) 車両用防護柵の性能

車両用防護柵の性能規定は以下の通りである。

#### 車両の逸脱防止性能

種別に応じた衝撃度による衝突で、防護柵が突破されないこと。

衝突時の車両進入工程が、種別に応じて規定値以下であること。

#### 乗員の安全性能

衝突時の乗員安全性が確保される加速度の範囲内となるよう、性能規定を設定。人体に与える衝突加速度（瞬間値）が衝突速度の区別に評価基準未満であること。

#### 車両の復元誘導性能

衝突後、車両は横転などをせず、車両の離脱速度、離脱角度が規定値を満たすこと。

#### 構成部材の飛散防止性能

衝突時に防護柵の構成部材が大きく飛散しないこと。

### ( 3 ) 防護柵性能確認

性能確認は実車衝突試験により行うが、これまでに実車衝突試験により検証されている防護柵は、標準仕様として提示することができる。

(4) 防護柵の選定

道路管理者が現地の状況により防護柵のランクを判別する。

表 - 2 - 4 - 1 防護柵のランク

道路の区分	設計速度	一般区間	重大な被害が発生するおそれのある区間	新幹線などと交差または近接する区間
高速自動車国道 自動車専用道路	80km/h 以上	A、Am (A)	SB、SBm	SS(S)
	60km/h 以下		SC、SCm	SA(A)
その他の道路	60km/h 以上	B、Bm、Bp (B)	A、Am、Ap	SB、SBp(S)
	50km/h 以下	C、Cm、Cp(C)	B、Bm、Bp	

注：( ) 内は旧基準の適用種別を示す。

(5) 車両用防護柵の性能設計の現状

防護柵の性能設計は、基準に性能や設計手法が明確化され、評価方法も確立している。しかし、防護柵の場合は発注が性能ではなく、道路条件などによるランクで指定される場合が多く、仕様規定に近い感じを受ける。実際に性能確認試験を通じて新たに開発された防護柵は3例程度に止まっているとの報告もある。

## 2 - 5 床 版

### ( 1 ) 床版の性能照査型設計の現状

現在の床版は、各種基準に従い設計されているため、仕様規定型設計と考えられる。

しかし、道路橋示方書において、性能照査型設計への移行が進められている。また、各種構造や材料に着目し、性能照査型設計を実務として取り入れるための提案・指針が作成されている。

### ( 2 ) 性能照査型の書式で書かれた床版に関する設計指針

#### ・「道路橋床版の性能照査型設計指針(案)」土木学会 鋼橋床版調査研究小委員会 H12.10

内容：鋼橋の床版を対象に、これまで道示に明確にされていなかった床版の要求性能、照査方法を明確に規定している。

また、床版の種別ごとに性能項目が規定されており、RC床版の設計計算の例が示されているが、すべての性能項目に対して適用方法が示されていない。

#### ・「土木鋼構造物の性能設計ガイドライン」JSSC テクニカルレポート H13.10

内容：性能照査型設計の背景や諸外国の調査も掲載され、同設計法の特徴や得失についてもまとめられている。

しかし、実務設計を行うには、理論的な記述はあっても、具体的な計算手法が述べられておらず、すぐに適用できる部分は少ない。

### ( 3 ) 道路橋床版の性能照査型設計における問題点

#### ・実用性への対応

性能照査方法などについて、実際の設計での適用性を高めるため、マニュアルやみなし適合仕様、設計計算例の整備が必要である。

#### ・要求レベルの具体化

橋梁の重要度や供用される環境などを考慮した要求レベルの設定が不可欠である。

#### ・損傷事例と性能照査方法

道路橋床版の疲労耐久性については、設計手法の確立を目指し、試験が行われている。これらの結果に対し、規定する要求性能が損傷を防ぐものとして適切であるかなどの検証が必要である。

#### ・既設構造物の要求性能

新設とは別に、既存構造物の補修補強に対する要求性能の定義付けが必要である。

#### (4) 従来の床版

従来の床版の保有する性能とレベルを明確にし、性能照査型設計の要求レベルを設定することが有効である。

##### 道路橋示方書（H14.3）における床版の保有レベル

###### R C 床版

- ・ 設計荷重に対して 3.5 倍以上の耐荷力
- ・ 適切な防水層が施工されることを前提として 40 年以上の疲労耐久性

###### P C 床版

- ・ 設計輪荷重に対して 8.7 倍の耐荷力
- ・ 十分な疲労耐久性
- ・ 長期な材料耐久性

##### 床版の性能照査型設計における要求性能と要求レベル（案）

###### 要求性能

基本性能としては下記項目が挙げられるが、設計の実務を行う上では具体的な性能として表現する必要がある。

安全性

使用性

社会・環境適合性

###### 要求レベル

床版の疲労耐久性照査を例にとると、要求レベルとして以下 3 種類に分けることが考えられる。

道路橋示方書における規定などのこれまで用いられてきた仕様によるレベル

それ以上の性能が必要となるもの

機能が限定的であるもの

#### 参考資料

- 1) 「性能照査型設計の現状分析と道路床版への応用に関する考察」  
第三回道路橋床版シンポジウム講演論文集 H15.6
- 2) 「道路橋床版の性能照査型設計指針(案)」土木学会 鋼橋床版調査研究小委員会 H12.10
- 3) 「土木鋼構造物の性能設計ガイドライン」 JSSC テクニカルレポート H13.10

## 2 - 6 舗装

### ( 1 ) 性能設計導入の背景

我が国の舗装は、これまでアスファルト舗装やセメントコンクリート舗装の要綱などにに基づき設計や施工がなされてきた。このため、舗装工事の発注では舗装構成や使用する材料、施工方法などでは仕様で一律に規定されてきた。しかし、こうした仕様規定による発注方式では、舗装を構築する上で技術的な自由度に欠けるため、新技術の採用や普及は阻害されやすく、技術開発の促進が妨げられるということが問題として挙げられていた。このため、コスト縮減や新技術の導入を推進しやすい発注方式に移行すべく、平成 10 年度に、舗装の必要性能だけを規定し、舗装構成、材料、施工方法に関しては受注者の技術提案を受け入れるといった性能発注方式が初めて試行的に行われることになった。その後、平成 13 年 4 月の「道路構造令」の改正と同年 6 月の「舗装の構造に関する技術基準」の策定を経て、舗装の性能規定化が正式に定められるようになり、それ以降は性能規定方式や、総合評価落札方式の発注が急激に増大してきているのが現状である。

### ( 2 ) 舗装の構造に関する技術基準の主旨

#### 1 ) 性能規定の導入

設計方法を限定せず、設計や施工の自由度を拡大することにより、コスト縮減および新技術の開発・導入を促進する。

#### 2 ) 設計期間にライフサイクルコストの考えを導入

設計期間を限定しないことで、耐久性向上、コスト縮減、( 修繕工事にかかる ) 渋滞コストの軽減を図る。

#### 3 ) 性能指標を設定

疲労破壊輪数、塑性変形輪数、平坦性、浸透水量といった、舗装の性能に係わる基本的な項目を規定値として定量的に設定している。尚、必要に応じ騒音値、すべり抵抗値なども指標に挙げられる場合もある。

### ( 3 ) 発注方式

性能設計を行う場合適用される主な発注方式

#### 1 ) 性能規定発注

完成系の性能を性能指標により規定し、各層の品質・施工方法・設計方法は問わない。( 場合によっては、各層の品質・施工方法・設計方法を規定することもある。 )

#### 2 ) 総合評価落札方式

新技術の導入は、初期の段階ではコスト高となる場合が多いため、性能指標の提案値と工事価格の両面から落札者を決定する方式。

### ( 4 ) 性能規定・総合評価落札方式発注の実施状況

国土交通省では、平成 10 年度の関東地方建設局における取り組み以降、全国の地方整

備局で年度を追うごとに発注量も増加している。平成10年度には2件の試行のみであったが、平成14年度においては198件にまで増加している。特に、総合評価落札方式の割合が急激に増加しており、平成14年度には全体の4割近い76件が総合評価落札方式となった。

#### (5) 海外の状況

##### 1) 発注方式

###### Performance Specification

舗装に関する要求事項や管理目標値が具体的に示された仕様。

例：ラフネス、すべり抵抗、わだち掘れ等の項目について規格値を設定。

###### Performance-based Specification

性能を予測することの可能な要因の試験結果を用いる仕様。

例：試験で確認された、年平均日交通量毎の値を規格値として設定。

###### Performance-related Specification

舗装の供用性に関連する舗装性能と材料の品質特性に基づいて作成される仕様。

例：舗装性能の1つ、わだち掘れを、アスファルト量や空隙率で規定。

##### 2) 報奨金と違約金 (Bonus & Penalty)

スウェーデンにおいて試行的に実施されている契約。例えば、ある期間経過した後の性能が規格値内にあれば報奨金を、規格値外は違約金を支払う契約。要求性能の達成度により金額も変動。

##### 3) 舗装性能に関する要求事項

要求事項は、具体的な数値を示す方法と具体的な数値は示されていないものの、品質管理項目について示す方法がある。

#### (6) 課題

- ・実績が多く、性能確認が容易な工法にシフトし、必ずしも新しい工法の適用へのインセンティブが十分には働いていない場合がある。
- ・今後性能規定による発注が自治体レベルへ拡大していく中、気象条件・交通量など現地の条件に合わせた材料・工法の選定をよりの確に行う必要がある。
- ・発注者側は、性能を正しく評価するための技術水準が要求される。
- ・発注形態毎の評価方法の確立。(例えば、結果的に価格競争で決まる事も多いため、技術力に対する評点のアップなど)

#### 参考文献

「土木・建築における技術基準の動向と展望 性能設計導入へのアプローチ - 道路関連基準の場合 - 」

国土交通省国土技術政策総合研究所 企画部評価研究官 西川 和廣  
舗装 2003、Vol38、No10 特集 性能規定発注

## 2 - 7 建築

### ( 1 ) 歴史<sup>1)</sup>

- ・ 1963 年 雑誌「新建築」における建築の性能評価の連載
- ・ 1973 年 建設省「工業化住宅性能認定制度」の創設
- ・ 1978 年 総プロ「住宅性能総合評価システムの開発」
- ・ 1980 年 「住宅性能保証制度」スタート（北海道）
- ・ 1982 年 （財）性能保証住宅登録機構設立
- ・ 1994 年 PL法（製造物管理責任法）制定
- ・ 1997 年 建築審議会答申「21世紀を展望し、経済社会の変化に対応した新たな建築行政の在り方について」（建築生産部会）「住宅産業ビジョン」
- ・ 1998 年 建築基準法改正（性能規定化）
- ・ 1999 年 「住宅の品質確保の促進に関する法律」制定

### ( 2 ) 性能に関する問題点<sup>2)</sup>

#### 1) 部分の性能と全体の性能の相違

発注者が期待する住宅の性能は、各部分の性能の総和ではない。素材の組み合わせによる各部分の性能が一義的に建物の部位の性能を表すとは思えない。

#### 2) 性能の表現可能性と実現可能性

発注者の要望を的確に把握し、それを満足する性能を考え、それを満足させることができる設計を行うことが可能であるかどうか。( 要望把握の技術と性能を実現できる材料や工法の選定技術 )

#### 3) 設計仕様に従い要求性能を実現すべき建築技術

建設担当者の技術によっては、現実可能な確率の低い場合、要求される性能実現が広範囲にばらつく場合がある。使い方や維持保全のやり方によっては期待される性能が発揮できない場合もある。建物の性能を建設前に評価し、保証する必要がある場合でも、設計図書の段階での評価には必然的に多くの推定事項が含まれる。

### ( 3 ) 性能を実現する上での制約条件<sup>3)</sup>

#### 1) 性能や機能相互の矛盾

建物の設計において、発注者から要望される機能や性能で相互に矛盾するものがある。

#### 2) コストによる制約

建物を実現するためにかけることのできるコストや環境条件などの制約の中で設計される。建設コストと性能の関係を明確に示すことがどこまで可能か。



#### (4) 建築基準の性能規定化

##### 1) 背景・意義<sup>4)</sup>

- ・仕様規定は利用可能な仕様を固定化する傾向が高く、建築物の意匠・工法や材料・設備などの自由選択の障壁となる、新技術等の導入を困難にし、建築生産の高コスト構造の一因となるなどの指摘があった。
- ・性能規定は多様な材料・設備・構造方法を採用でき、設計の自由度が高まる。性能基準が明確化することで、新技術や新材料の円滑な導入、海外の基準・規格との整合性の向上による海外資材等の導入促進が期待される。

##### 2) ポイント<sup>5)</sup>

- ・材料、工法、寸法などを具体的に規定する使用規定から、建築物が満たすべき性能項目・性能水準を示す性能規定に改正。
- ・性能項目を法令上明示すると共に、性能基準として検証するための試験方法や計算方法を提示する。
- ・従来の仕様規定は、性能基準を満たす例示仕様として、政令・告示で位置づけられるものと見込まれる。
- ・型式適合認定と型式部材製造者認証の2制度を追加。この認定・認証を受ければ、建築確認時の個別技術基準に照らした審査等が不要となる。
- ・型式適合認定は、建築物の部分における型式(標準設計仕様など)が構造・防火・避難等の技術基準に関する規定に適合しているかどうか認定するもの。
- ・型式部材等製造者認証は、型式適合認定を受けた型式について一定の技術的生産条件を満たす製造者を認証するもの。
- ・上記の認定・認証は、高度な技術審査能力と公正中立な審査体制を有する機関として、建設大臣の指定・承認を受けた国内外の民間機関(指定認定機関等)が行うことができる。

##### 3) 問題点<sup>6)</sup>

- ・トータルなシステムによって生み出された性能について規定を受けるため、その性能を生み出すための仕組みそのものについては問われない可能性がある。
- ・型式適合認定により、建築部材や住宅の規格化が可能な用途の建物のプレハブ化が一層促進される可能性がある。
- ・建築部材の性能確保の意味から、建築部品の工業化がより促進される。
- ・工業化建築物、プレハブ住宅の占有率が一層高まり、木造住宅等の伝統工法が衰退する可能性がある。

## (5) 住宅性能表示制度

### 1) 概要<sup>7)</sup>

新築住宅の性能を客観的な指標で示し、誰もが認識できるように表示する。その表示項目は9項目で、それぞれ評価の基準が設けられている。

1. 構造の安定(地震や風などに対する強さ)
2. 火災に対する安全性(燃えにくさと避難のしやすさ)
3. 耐久性(木材の腐食や鉄材の錆防止など)
4. 維持管理への配慮(給排水管, ガス管の点検・補修のしやすさ)
5. 温熱環境(省エネのための断熱性, 気密性, 日射制御など)
6. 空気環境(換気, 内装材のホルムアルデヒド放出量)
7. 光・視環境(開口部面積量)
8. 音環境(サッシの遮音性能など)
9. 高齢者等への配慮(段差解消, 手摺設置, 通路幅, 階段の安全性など)

住宅需用者(消費者)が性能評価を希望した場合に、住宅建設者(メーカー, 工務店など)は判定可能な資料を提出し、指定住宅性能評価機関がそれを評価してランク付けを行う。さらに、建設中および竣工時に計4回現場での検査を行う。

### 2) 住宅性能評価の一般的な手順(請負契約の場合)<sup>8)</sup>

#### 設計(工務店等と住宅取得者)

住宅性能表示制度を利用する意向がある場合には、工務店等は評価方法基準を意識して設計を行う必要がある。というのも、一つの性能項目に対して複数のチェックポイントがある場合が多く、どれか一つ欠けてもその性能項目が低い評価になることがあるためである。注文住宅の場合には、じっくりと住宅取得者と話し合いながら設計を行う事が大切である。

#### 申請(工務店等又は住宅取得者 性能評価機関)

住宅の新築に関して制度の利用を希望する人は、設計図書等を申請書に添付して評価料金とともに指定住宅性能評価機関に申請する。(評価料金は指定住宅性能評価機関が独自に定める。)

#### 設計住宅性能評価書の交付(性能評価機関 申請者)

指定住宅性能評価機関は、提出された設計図書に関して住宅の設計評価を評価方法基準に従って行い、その結果を設計住宅性能評価書に記載し申請者に交付する。

#### 請負契約の締結(工務店等と施主)

工務店等と施主は、設計住宅性能評価書を確認した上で請負契約を締結する。設計住宅性能評価書を契約書に添付したり渡した場合には、工務店等は評価書に記載された性能の住宅を完成させる事を約束した事になる。

#### 施工と検査（工務店等 性能評価機関）

指定住宅性能評価機関は、原則として施工段階における3回の検査と完成時における検査の4回の現場検査を行う。

建設住宅性能評価書の交付（性能評価機関 申請者）評価方法基準に従って住宅の建設評価を行い、その結果を建設住宅性能評価書に記載し、建築基準法に基づく検査済証が発行されている事を確認した後に、申請者に交付する（完了検査の不要な地域では必要なし）。

#### 引き渡し（工務店等 住宅取得者）

### 3）性能表示の注意点<sup>8)</sup>

性能表示の各項目の等級において、全ての等級が高いものが良いわけではなく、中には相反関係にあるものがある。例)の様な場合では、バランスを取るという考え方も必要になる。

例)「7 .」の光・視環境の等級を上げるために大きな窓を沢山設置すると、  
「1 .」の構造の安定の等級が下がってくる。

### 4）性能表示制度に関する反対意見<sup>9)</sup>

- ・多様な日本の住宅において、住宅性能の共通尺度を定めることは不可能。
- ・住宅の性能は時間と共に変化する。性能の変化が予測できない限り、表示はすべきではない。
- ・住宅の性能を語ることは難しく、それを消費者に理解させることは不可能。性能を判りやすく表現しようとする誤解のもととなる。
- ・住宅の良さは性能のみではなく、数値指標だけでは計れない。デザインや住み心地、伝統、文化といった観点を欠く評価は不適。

### 5）上記反対意見に対する見解<sup>10)</sup>

- ・性能評価、表示方法は、現状において対応可能な方法を取るべきものと考え、技術的に不可能な基準や、可能であっても一握りの者のみに対応できる基準であることは避けねばならない。
- ・性能評価、表示方法は、消費者のニーズを完全に満足するものではないかもしれないが、現状の技術水準からみて最善の対応の結果であることに理解を求めていくべきであろう。
- ・消費者への情報開示とその理解増進に関して、官民が最大限努力すべき。

( 6 ) 総合環境性能表示 <sup>11)</sup>

(ア) 概要

持続可能な社会の構築のために、より良い環境品質・性能の建築物をより少ない環境負荷で実現するため、日本標準として国土交通省の支援のもとに産官学共同プロジェクトで開発されてきたものを建築物総合環境性能評価システム CASBEE ( Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency ) という。

(イ) 経緯

1990 年に英国建築研究所で「建物の品質を確保しつつ環境への負荷の少ない良好な建築資産の形成を促すための評価システム ( BREEAM : Building Research Establishment Environmental Assessment Method )」が開発・公表され、イギリス、オーストラリア、カナダ、香港などに急速に広まっている。

1997 年に公表された米国の LEED ( Leadership in Energy and Environment Design ) は、米国、カナダや世界へと広まりつつある。

国際的な取り組みの GB Tool ( Green Building Tool ) は、各国が国際的に通用する自国の評価手法開発推進の原動力の役目を果たしてきた。

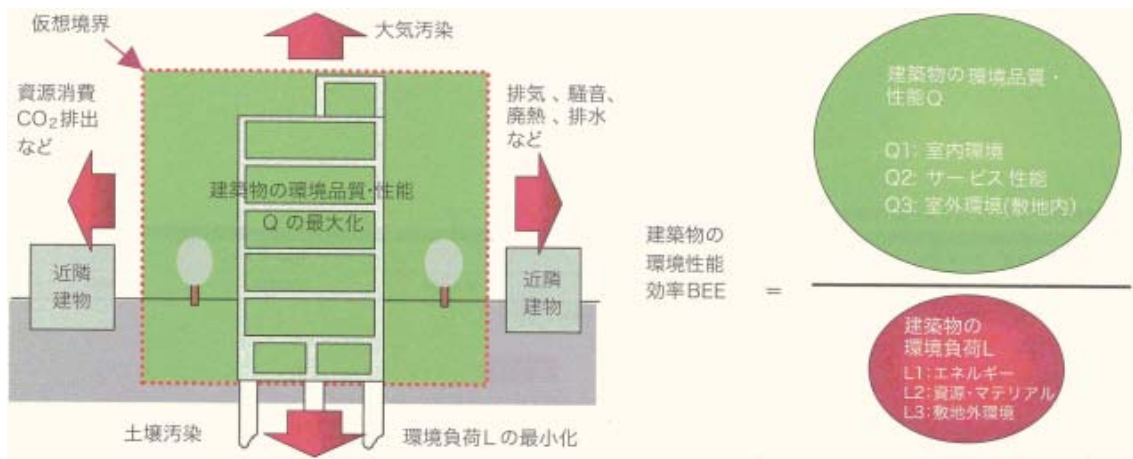
以上のような各国の取り組みを背景として、国際標準化機構 ISO の TC59/SC17 ( Sustainability in Building Construction ) において、建築物の環境影響評価手法の国際規格化作業が進められており、国際規格に適合した日本標準となる評価システムの開発が求められてきた。

(ウ) 性能の表示内容

- ・環境品質，性能：居住者や利用者にとっての機能性やアメニティを向上させるといった私的環境に関する性能。
- ・環境負荷：建築物が存在することで否応なく敷地境界（仮想境界）を越えて外部（公的環境）に及ぼす環境負荷を如何に低減できるかといった性能。
- ・環境性能効率：より環境品質，性能の良い建築を、より少ない環境負荷で実現するための指標。（BEE：Building Environmental Efficiency）

$$\text{建築物の環境性能効率 ( BEE )} = \frac{\text{建築物の環境品質・性能 } Q}{\text{建築物の環境負荷 } L}$$

- ・ Q は「 Q - 1 室内環境」「 Q - 2 サービス性能」「 Q - 3 室外環境（敷地内）」に、L は「 L - 1 エネルギー」「 L - 2 資源・マテリアル」「 L - 3 敷地外環境」に大別される。



( a ) 仮想境界の内側 Q と外側 L の概念図 ( b ) 建築物の環境性能効率の定義  
 図 - 2 - 6 - 1 建築物の環境性能・品質 Q の最大化と建築物の環境負荷 L の最小化

( 7 ) 保証制度<sup>12)</sup>

1 ) 住宅品質確保促進法

- ・平成 12 年 4 月 1 日に施行。
- ・工務店や住宅販売者は新築住宅引き渡しから 10 年間、基礎や柱などの骨組み部分と雨漏り防止部分に「瑕疵（欠陥）」があった場合に無料で補修するか、損害賠償に応じなければならない。

2 ) 住宅検査・保証制度

- ・専門の検査員による 2 回の現場検査を実施し、検査に合格した住宅に保証書が発行される制度。

( 8 ) 建築士賠償責任補償制度<sup>13)</sup>

- ・設計，監理業務のミスで建築物や人に被害を与えた際に備える賠償保険として、1998 年 4 月に発足。
- ・補償内容には「電気設備または空気調和設備機能担保特約」と「建築物に滅失またはき損の発生しない身体障害担保特約」がある。
- ・は 500 万円を限度に補償。は法律上の賠償責任を負担することによる損害を補償。

参考資料

- 1) 建築雑誌 / Vol.114 , No 1441 / 1999 年 7 月号
- 2) 建築雑誌 / Vol.114 , No 1441 / 1999 年 7 月号
- 3) 建築雑誌 / Vol.114 , No 1441 / 1999 年 7 月号
- 4) 建築雑誌 / Vol.114 , No 1444 / 建築年報 1999
- 5) 建築雑誌 / Vol.114 , No 1444 / 建築年報 1999
- 6) 建築士 / 2000 年 4 月号
- 7) 建築雑誌 / Vol.115 , No 1458 / 2000 年 8 月号
- 8) 大吉建設株式会社 ( 奈良県 ) /

<http://www.daiyoshikensetsu.com/hourei/hinkaku.html>

- 9) 建築雑誌 / Vol.115 , No 1460 / 建築年報 2000
- 10) 建築雑誌 / Vol.115 , No 1460 / 建築年報 2000
- 11) 建築雑誌 / Vol.118 , No 1505 / 2003 年 5 月号
- 12) 建築士 / 2002 年 4 月号
- 13) 建築士 / 2001 年 5 月号

## 2 - 8 性能設計実例～第三者としての設計照査機関設置例

性能設計移行には、発注者、受注者（請負者）に加えて、認証機関という存在の議論が不可欠となる。ここで取り上げる那智勝浦道路木ノ川高架橋では、PC箱桁のウェブ部分を鋼管トラス斜材とし、鋼管と床版の結合部には請負者が独自に開発した構造が初めて採用された。注目すべきは、請負者とは別のアメリカのコンサルタント会社が設計照査を行なったことである。これは、性能設計における認証機関の存在と主旨を同じくし、大変興味深い例である。

### （１）本橋工事の特徴

入札にあたり、以下の条件が付記された。

- ・ 技術検討委員会の設置
- ・ トラス格点構造に対する実大モデルによる疲労試験および静的載荷試験による安全性の検証
- ・ このような新しい橋梁構造に精通した内外のコンサルタントの設計照査を受けること。

### （２）Design/Build における設計責任

アメリカでは、詳細設計は施工業者が委託するコンサルタントが実施し、その設計照査は別のコンサルタントが実施することが一般的である。コンサルタントは発注者に対して中立的な立場から技術サポートを行う機関として機能している。本件では、請負者とは別コンサルタント会社が照査を行ったが、その報告は請負者に対して行う。

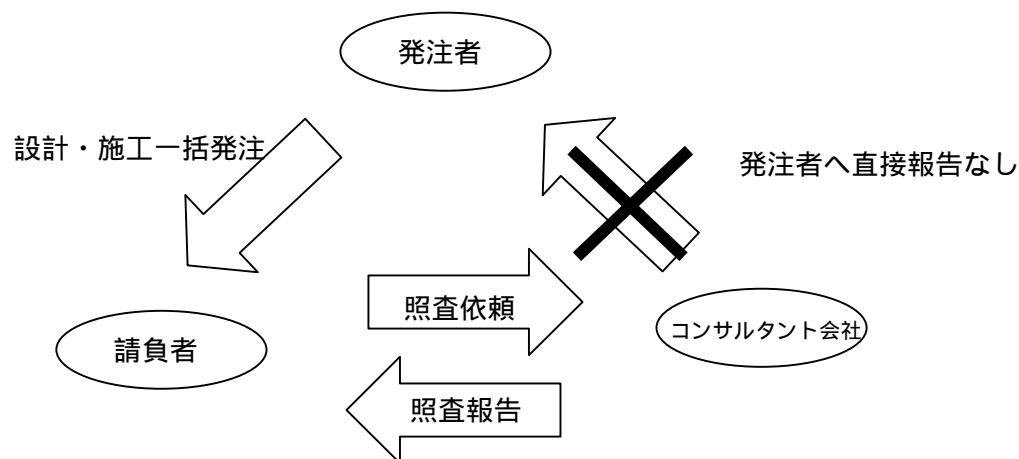


図 - 2 - 8 - 1 那智勝浦道路木ノ川高架橋の発注

出典：土木学会誌 vol.88 no.5 p.40「わが国初の鋼管トラスウェブ PC 橋」

## わが国初の鋼管トラスウェブPC橋

那智勝浦道路木ノ川高架橋

三木千壽

MIKI Chitoshi

フェロー会員 工博

東京工業大学大学院教授 理工学研究科 土木工学専攻

那智勝浦道路は一般国道42号の和歌山県新宮市・那智勝浦町間の交通混雑解消を目的として計画された自動車専用道路であり、木ノ川高架橋は、この那智勝浦道路の一部として新宮市内に建設された橋長268mの高架橋である(写真-1、図-1)。

本橋は、国土交通省の橋梁としては初めて、上・下部工一体で「設計・施工一括発注方式 Design/Build」が適用され、一般競争入札として発注された。今回の入札では、橋長、道路規格、有効幅員、活荷重等の基本性能のみが規定され、コンクリート系の橋梁であれば形式や径間割などが任意で設計できるなど、幅広い技術提案が可能とされていた。発注時に企業者から提示された参考案はPC箱桁橋である。

この新しい入札方式に対する技術提案のひとつに、コンクリート上下床版と鋼管トラスウェブを組み合わせた「鋼・コンクリート複合トラス橋」(以後、複合トラス橋)があり、入札の結果、わが国初の構造形式の橋が実現することになった。筆者は、後述する技術検討委員会の委員長として、この橋梁形式が提案され、委員会の審議を経て設計から実現に至るまで、このプロジェクトに関わってきた。木ノ川高架橋が完成した機会に、この橋のどこが新しい技術なのか、また、設計・施工一括発注方式を実施してみてもの感想などを紹介したい。

### 複合トラス橋とは

木ノ川高架橋で採用された複合トラス橋は、PC箱桁橋のウェブ部分を鋼トラス斜材に置き換えた構造であり、上下のPC床版を鋼管トラスで一体とした複合構造橋梁といえる。類似の事例はフランスに数橋あるが、鋼管と床版と

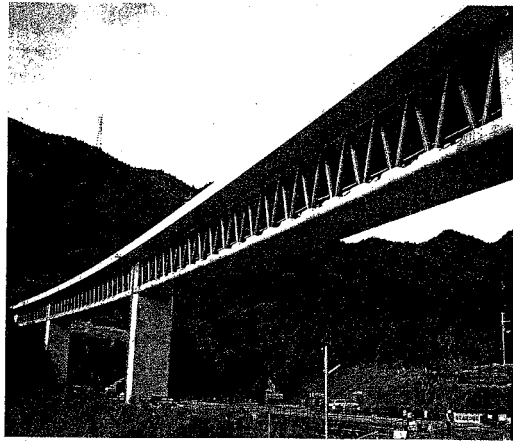


写真-1 木ノ川高架橋

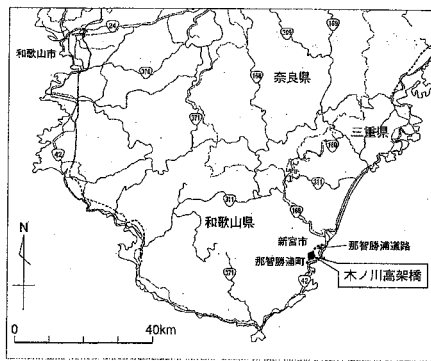


図-1 木ノ川高架橋位置図



### § 3 . 性能設計における橋梁のあり方

#### 3 - 1 性能設計における社会のあり方

社会情勢の変化や新たな社会的ニーズの発生にともない、国際化への対応や、より経済的で品質のよい社会資本の整備、コスト縮減等を目指した技術開発の促進が求められている。

従来はいわゆる仕様規定であり、仕様規定では、仕様に合わない外国製品や新たに技術開発されたより安価で、品質、性能の良い製品を受け入れにくい傾向がある。そのため、目的物に求める性能を明確に示し、これを満足しているかどうかの照査はある程度設計者にゆだねる形をとるいわゆる性能設計(性能照査型設計)へ移行する必要がある。

ここで、性能照査型設計に適合した社会機構体系について、土木学会 鋼構造委員会 鋼構造物の性能照査型設計法に関する調査特別小委員会 「鋼構造物の性能照査型設計体系の構築に向けて 2003年4月」にて述べられているので引用する。

##### (1) 性能照査型設計に適合した社会機構体系の例

現在の社会機構体系は、発注機関が提示する「仕様」に則り構造物の設計・施工を忠実に実行するに適合したものである。一方、受注者にとって設計・施工の自由度が増加する性能照査型設計の導入を考えた場合、現行の社会機構体系はいくつかの課題がある。ここでは、その課題を踏まえ、性能照査型設計に適合した社会機構体系の例を図 - 3 - 1 - 1 に示す。ここで、それぞれの関係は、以下のとおりである。なお、破線は、発注機関のインハウスエンジニアが認定行為を行う場合を意味する。

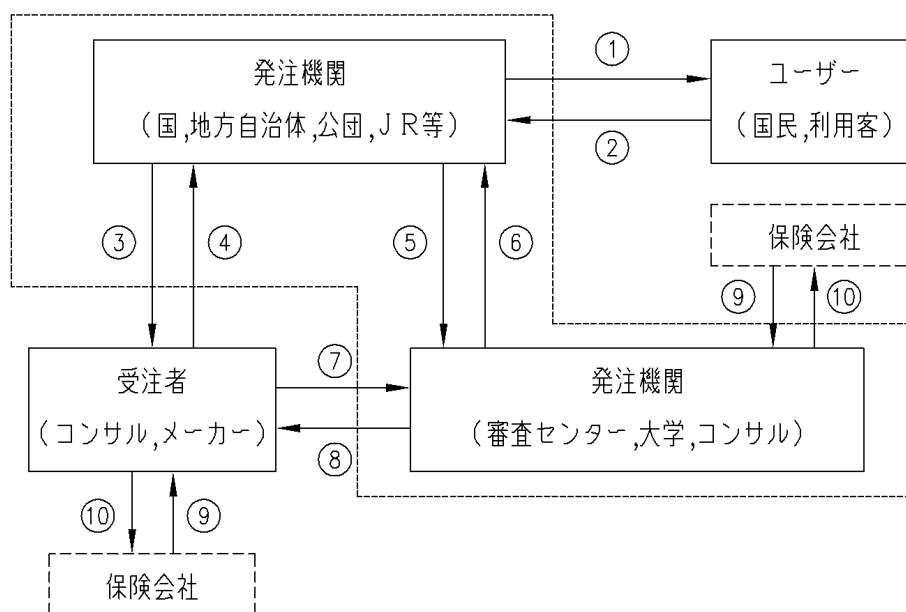


図 - 3 - 1 - 1 性能照査型設計に適合した社会機構体系の例 (概念)

説明責任

事業の目的、国民の需要、要求性能、ライフサイクルコストを前提とした費用便益分析等の情報公開

費用負担、事業情報の開示要求

目標性能の明示

VE 制度、総合評価制度、機能回復措置（保険制度）

みなし仕様、または目標性能の達成技術の提案

VE 提案

設計審査、施工検査の代行の依頼

認定技術の提示

新技術の審査

要求性能の妥当性の確認

新技術の認定

新技術の審査、認定

リスクの評価

リスクの分散（保険により発注機関や受注者が自らのリスクを分散させる場合もある）

#### 参考文献

1) 鋼構造物の性能照査型設計体系の構築に向けて 2003年4月

土木学会 鋼構造委員会 鋼構造物の性能照査型設計法に関する調査特別小委員会

### 3 - 2 性能設計における道示のあり方

現道示は「みなし仕様」といわれるように、完全な性能設計を考慮した道示に移行する過程段階であると考えられる。ここで、道示に性能設計を考慮するプロセスについて、国土交通省国土技術政策研究所・西川和広氏が興味深い意見を述べられているので引用する。

#### 4 . 道路橋示方書の性能規定化

##### 4.1 改訂の経緯と背景

道路橋示方書はこれまでに何度もメンテナンス改訂を重ねてきているが、平成 14 年 4 月から施行された最新改訂版は、「性能規定」への以降を基本理念としており、主な背景は以下の 4 項目に集約される。

##### 国際化への対応

国際化といえば外国企業の参入とわが国の技術者が海外で活動することを視野に入れなければならないが、わが国の技術基準は仕様書的な色彩が強く、新たな技術提案を受け入れにくい印象を与え、技術者の国際競争力の強化を阻んできた嫌いがある。一方、外国からみると、経験則に基づいた使用規定の占める割合が多く、不透明な印象を与え、非関税障壁との誤解を生むおそれがある。

さらに、ISO における技術基準の国際統一化の動き（SI 単位への移行を含む）もひとつの背景である。

##### 構造等の多様化への対応

利用者の要求が多様化し、構造形式、造形、景観、環境との調和等への対応が不可欠になるとともに、これらを実現するために発注・契約の形態も多様化しつつある。しかし、使用規定中心の旧示方書が、新技術の導入において障害となっているケースがみられ、より柔軟な基準への移行が望まれていた。

##### 維持管理、耐久性の重視

維持管理の時代といわれるようになってから久しく、旧示方書にも「耐久性に考慮して」、「維持管理に便利な」等の表現はあるが、大半が精神論的で、具体性にかけることが耐久性のある橋づくりが進まない要因となっていた。耐久性に関係する規定は、その妥協性の確認に長期間を要すること、施行や維持管理の良否に左右されることなど難しい点があるが、たとえ不十分でも、具体性のある規定を設けることで、今後設計、建設される橋がよりよい方向にシフトするのも期待できる。

##### コスト縮減等の成果の早期導入

近年のコスト縮減努力の結果、従来とは発想の異なった橋梁構造や設計の考え方が出てきている。しかし、安易に見かけだけ真似をすると耐久性に問題がでるおそれがあるものがある。同時に、優れた構造でありながら、示方書に位置づけられていないというだけの理由で、せ

っかくの技術が活かされないという問題も存在している。

#### 4.2 二段階改訂の必要性

改訂作業にはスピードが重要な意味を持つ。しかし、経済構造や制度が複雑に絡み合った中で、混乱を最小限に押さえ、新しい規定の考え方が円滑に導入されることも必須の条件である。そこで採用することにしたのが以下に述べる二段階の改訂スケジュールである。

第一段階は、短期間に示方書の性格を性能規定の方向に向けることを最重点と考え、「みなし適合仕様」という概念の活用することとした。すなわち、旧示方書の条件及び解説（場合によっては行間）の中から、それぞれの条項における要求事項を探り出して冒頭に記述し、それまでの規定をみなし適合仕様としてそのまま残そうというものである。この際表現などの不完全さは許容することにした。

このことにより、示方書の性質は、「この通りにしなければならない」から「この通りでもよい」へ 180 度変わることになると同時に、これにより大半を占める中小事業に対する混乱を回避することが可能となった。

第二段階（今後）では、性能照査型の規定としてより完全な形への移行を目指すことになるが、これにはかなりの時間を要することになる。ここではそれらについての詳細を述べる余裕はないので、主な項目を列挙するにとどめたい。

- ・ 道路橋示方書の法令上の明確化、局長通達から省令へ、基準と標準仕様の分離
- ・ 編構成の再考、橋としての要求性能・検証方法を規定する編と、部材設計に関する規定との分離など。
- ・ 委員会の再構成（検証方法、みなし適合仕様の認証機関として）
- ・ 書式の変更、国際共通語になりつつある部分安全係数設計法の書式へ

#### 4.3 各編の改訂概要

以下に性能規定に関する各編の改訂概要を列挙する。

##### 共通編

- ・ 設計の理念を明示

使用目的との適合性、構造物の安全性、耐久性、施工品質の確保、維持管理の容易さ、環境との調和、経済性

とくに耐久性については、供用期間 100 年を設計の目安とし、経済性にはライフサイクルコストを含むものとした。

- ・ 付属物として扱われていた支承、伸縮装置を別条項とし、要求性能を明示。
- ・ 示方書各条項の要求性能を可能な限り明示するとともに、既往の条文を「みなし仕様」とする基本方針を提示

##### 鋼橋編

- ・ 耐久性についての章を新設、疲労と腐食について記述

「道路橋疲労設計指針」(社)日本道路協会)の適用可能

防食の要求性能、塗装以外の手法を併記

- ・ RC 以外の各種床版をまとめて規定

PC 床版、合成床版、鋼床版

輪荷重走行試験機による標準疲労試験法を例示

- ・ 部材精度と架設完了後の精度を規定し、仮組立の位置づけを明確化  
仮組立は最終精度を確保するために必要ならば行う。

- ・ 50mm を超える極厚板の溶接部非破壊検査の充実

コンクリート橋編、 下部構造編

- ・ 耐久性の検討の章を新設

死荷重作用時の鉄筋の許容応力度(ひび割れ防止)

別指針であった「塩害対策」を強化して導入

ポステン PC 橋のグラウト材料に関する規定を改訂

- ・ 要求性能の明記

コンクリートとの付着、腐食防止、火災からの保護

耐震設計編

- ・ 設計の対象とする地震動と耐震性能を明示

レベル1、レベル2 - I (プレート境界型)、 - (直下型)

(1)健全性を失わない、(2)損傷が限定的で速やかに復旧、(3)致命的とならない

各部材の限界状態を具体的に記述

- ・ 動的設計法の適用範囲の拡大

- 複雑な挙動をする橋、鋼製橋脚など静的設計が限定

- ・ 上部構造に対する耐震性照査法を新規に規定

#### 4.4 実務への適用

基準が性能規定化したからといって、橋の設計にすぐに大きな変化を生じることは始めから想定していない。昨今、総合評価を促進しているが、示方書における高い自由度とより明確な要求性能の表記により、その方針を後押ししているものと考えている。

#### 5 . 性能設計導入の現状と課題

一般に国際化への対応よりも、以下のような内的な要求が基準改訂の後押しをしているように見受けられる。

要求の多様化(景観、環境、耐久性、材料 etc)

コスト(発注形態、過大な仕様レベル、ローカルルール)

新技術の活用促進(画一的な異様規定による縛り、実績主義 etc)

また、より複雑な構造や高度に発展した解析ツールの活用を念頭に置いた、より高度な設計法への指向、すなわち、信頼性設計、限界状態設計、部分安全係数法 etc への指向も、基準改訂への即新緑となっている。

一方、性能発注、性能設計、性能規定は以下の関係にあるものと考えている。

性能      性能設計      性能規定

性能規定（基準）と性能発注（仕様）は決まり事であり、その間において技術が腕を振るうのが性能規定ということになる。性能発注と性能規定の隙間が極端に狭いのが標準設計であるが、現在この隙間をできる限り開いて、本来技術者の持つ能力を最大限引き出し、設計本来の目的を達成しようとするのが求められている。

いずれにしても性能規定化の目的とすることは、環境負荷や維持管理負担の軽減など、国民の多様な要求への対応を可能とすることであり、手段であって目的ではないことをわすれてはならない。

このためには、民間技術者の技術向上の努力が重要であるが、発注者側の審査能力を高めることが新技術の導入に対するハードルを低くし、最終的なコスト負担の軽減に資することになることも同程度に重要であり、官における業務形態の転換も視野に入れておくべきであろう。

### 3 - 3 性能設計を導入するにあたっての課題

#### ( 1 ) 設計技術力の向上

性能設計の導入に伴い、技術の多様化や高度化が考えられる。そのため、民間技術者の技術力の向上はもとより、発注者側の審査能力を高めることも重要である。

#### ( 2 ) 受注者に対する責任の増大

性能規定化による設計の自由度の高まりとともに、供用後からある一定期間の間に損傷や不具合が出た場合には、製造者責任を問われる可能性がある。これらに対する法律や社会システムの在り方の整備が必要である。

#### ( 3 ) 指針類の性能規定化

##### 必要性能項目の選定

ある構造物の有すべき要求性能を決定し、それらに対し性能項目を挙げる。これらの各項目に関して、要求レベル、照査方法が規定されている。

##### 項目毎の必要性能レベルの設定

橋梁の重要度や供用される環境などを考慮した上での要求レベルの設定が必要である。

##### 必要性能が満足されているかの証明（設計法の選定と照査）

実際の設計での適用性を高めるため、マニュアルやみなし適合仕様、設計計算例の整備が必要である。

##### 必要性能が満足されているかの検査

性能設計に対する検査の技術的な対応と品質保証システムの確立が必要である。

#### ( 4 ) 既存構造物の補修・補強に関する性能設計

既存構造物のストック数の増大に伴い、補修・補強設計の需要はきわめて高い。そのため、これらに対する要求性能を新設とは異なった観点から定義し、損傷を受けた構造物の耐荷性、耐久性の評価、その程度に見合う工法を選択し、期待する寿命を発揮させなければならない。

#### ( 5 ) 性能規定化の導入規模

性能規定化は、設計・材料選定・施工が一貫したような工事かつ、ある程度の規模があるようなものでは有効であるが、小規模で設計・施工が分離したような工事ではかえってコスト増となるなど、あまり有効性を発揮できないと思われる。そのため、ある程度の規模以上のものから性能規定化を導入するなどの使い分けが必要である。