

## 招待論文

## 構造設計基準の合理化とその国際標準化

RATIONALIZATION OF DESIGN CODE AND ITS GLOBAL STANDARDIZATION

古田 均<sup>1</sup>・佐藤尚次<sup>2</sup>

Hitoshi FURUTA and Naotsugu SATO

<sup>1</sup> 正会員 工博 関西大学教授 総合情報学部総合情報学科  
(〒 569-1095 大阪府高槻市壺仙寺町 2-1-1)

E-mail : furuta@res.kutc.kansai-u.ac.jp

<sup>2</sup> 正会員 工博 中央大学教授 工学部土木工学科  
(〒 112-8551 東京都文京区春日 1-13-27)

E-mail : sato@civil.chuo-u.ac.jp

**Key Words** : design standard, globalization, performance-based design, rationalization, reliability-based design

本文では、安全性向上・長寿命化を目指すために構造設計はどうあるべきか、またそれを実現するために設計基準はどうあるべきかという問題について考える。そのための方法として、信頼性設計、性能照査型設計を取り上げ、本テーマに対する若干の考察を行い、国際設計標準という観点からいくつかの問題点について述べる。まず、構造設計の合理化に関する歴史を概観し、その後信頼性設計、性能照査型設計に関する若干の考察を行う。その後、本文の主目的である設計標準の国際化に関する実情とその実現に向けての今後の課題について述べる。

## 1. はじめに

構造設計の目的は、いうまでもなく“良い”構造物を造ることである。この“良い”という言葉の中に、“安全で”、“経済的で”、“耐久性があって”、“使い勝手が良くて”、“美しい”等の種々の要因（要求性能）が含まれている。もちろん、これらすべて、あるいはそれ以上の要求を最大限に満たす構造物を造ることが望まれる。ところが、明らかに、これらの要因のいくつかはトレード・オフの関係にあり、すべての要求を最大限満たすことは困難である。この困難な課題をいかに解決し実際的な解を見出すかが、設計者、技術者の腕の見せ所であった。しかしながら、近年このような技術者としての視点からだけでは“良い”設計の実現が困難になってきている。

すなわち、最近の新しい社会潮流として、国際化、IT、高齢化・少子化、バリアフリー、環境にやさしい、等の多くの問題が取り上げられ幾多の議論がなされている。もちろんどの問題も緊急を要するもので、非常に大事なものであり、しかも従来の考え方、方法論では適切な解が得られないものである。その中でも、今日の地球規模のグローバリゼーション、そして世界貿易機構（WTO）による市場開放とTBT協定によるあらゆる分野での国際整合性の要求を考えると、国際化

の問題は火急の速やかに対処しなければならない重大問題の一つである。土木分野では、国際設計標準化の波にどのように対処していき、その中でわが国としてどのような方法を提案していくかが非常に重要な課題である。

今までの日本では、高度経済成長を維持するためにも社会基盤システムの整備が不可欠であるとの認識に立ち、数多くの構造物が短期間の間に建設されてきた。その間、構造物が年を経るにつれ、様々な問題点が指摘されるようになってきている。現在、わが国の経済は右肩上がりから停滞期に入り、社会基盤施設の整備も再検討すべき時にきている。もちろん、従来までの社会基盤システム整備の考え方自体が根本的に間違っていたわけではなく、周りを取り巻く環境変化、特に自然環境、社会環境、経済環境などの変化に伴い構造物の計画、設計、施工、維持管理等を見直すべき時にきている。すなわち、「経済性を損なうことなく、構造物の耐久性を上げ長寿命化を図る」ことが21世紀のキーワードになってきている。

バブル経済がはじけ、経済状態に閉塞感がある今日、公共構造物のあり方に対する議論も活発となっており、また情報公開という立場からも構造設計のあり方、それをスムーズに実現するための設計基準のあり方について議論する必要がある。さらに、わが国固有の条

件を勘案し、設計基準がどうあるべきかについて討議することはもちろん必要であるが、広く世界に目を向け、世界の動向を把握し、世界の中でのわが国の設計基準がどうあるべきかについて考えることも重要であろう。

本文では、安全性向上・長寿命化を目指すために構造設計はどうあるべきか、またそれを実現するために設計基準はどうあるべきかという問題について考えてみたい。そのための方法として、信頼性設計、性能照査型設計を取り上げ、本テーマに対する若干の考察を行い、国際設計標準という観点からいくつかの問題点について述べる。今までわが国において「国際化」という言葉はよく使われてきているが、その割には本質的な議論はそれほどされず、枕詞的な使われ方がほとんどであった。日本人のメンタリティーからいって、情緒的な議論が多く、原則論が苦手であったこと、国際化といっても本当の意味でその必要性がなかったこと、などが原因であろう。これに対し、ヨーロッパ諸国では、構造設計の標準化に関する原則の確立に向けて、長期間絶え間ない努力が続けられてきている。すなわち、1947年に結成されたISO（国際標準化機構）の活動がその典型的なものである。国際標準といっても各国には独自の文化、背景があり、簡単に国際標準が制定できるわけではなく、標準化と同時に多様化に関する議論が不可欠である。

まず、構造設計の合理化に関する歴史を概観し、その後信頼性設計、性能照査型設計に関する若干の考察を行う。その後、本文の主目的である設計標準の国際化に関する実情とその実現に向けての今後の課題について述べる。

## 2. 構造設計法の変遷

従前は構造物の設計基準といえば、許容応力度設計法が用いられてきたが、現在各国の設計基準の多くは限界状態設計法に基づいたものとなっている。限界状態設計法とは、「終局限界、使用限界等の構造物にとって危険あるいは好ましくない状態を限界状態という形で明確に定義し、各限界状態に対する安全性がバランスよく達成されることを目指したもの」と定義付けられることが多い<sup>1)</sup>。限界状態設計法は、歴史的にみると、部分安全係数設計法と荷重係数設計法からなっている。以下に、構造設計法の変遷を信頼性設計の観点からまとめてみる<sup>1)</sup>。

限界状態設計法の起源は、Mier-Leibnitzの終局強度設計理論に基づく設計といわれる。1939年旧ソ連で終局強度に着目した設計法に関する研究がコンクリート

および鉄筋コンクリート部材に関して始められた。その後、1950年に限界状態設計法の基準案としてその成果がまとめられた。1954年には西欧諸国に紹介され、1964年、1970年、1976年のCEB/FIPの基準案が出され、今日に至っている。限界状態設計法は、文字通り種々の限界状態に注目し、それらの照査を統一的に行うものであるから、言葉のもつ意味からは、確率論に基盤を置く必要はないが、その歴史的経緯から確率論を切り離すことはできない。限界状態設計法の研究が旧ソ連で始められたとき、すでに確率的な取扱いが検討されていたと言われている。CEB/FIP等の限界状態設計法においては、Torroja (1958)の研究を端緒として確率的方法論の導入が図られている。すなわち、限界状態設計法の初期の段階では、確率論に直接的な基盤を置いてはいなかったが、信頼性理論の発展に伴い確率統計的な考え方を導入してきている。他の限界状態設計法の顕著な特徴の一つとして、単一ではなく複数の安全係数（部分安全係数）が用いられていることが挙げられる。部分安全係数はBasler (1960)の論文から限界状態設計法での使用が検討され、示方書上の規定は複雑になるものの、合理的な設計が可能になると認められて全面的な採用に至っている。このヨーロッパの部分安全係数設計法に対し、アメリカでは荷重係数設計法が提案され、AASHTOを始め、多くの設計基準に取り入れられている。歴史的な過程の違いはあるものの、現在部分安全係数設計法と荷重係数設計法には根本的な違いはなく、それを総称して限界状態設計法ということもできる。

信頼性設計法という観点から整理したが、それでは信頼性設計法とは何かというと、最も他の設計法と異なる所は、構造設計を取り巻く環境下では、不確実性、不確実性が存在することを容認し、それを明確にして合理的な設計法を打ち立てようという点である。もちろん、どの構造設計法でもこの不確実性、不確実性の存在は認識されているが、設計基準に明確に現れていない。この不確実性を前面に出すことによって、経済性の議論をより明確にすることができる。たとえば、信頼性設計として以下の定式化を考えることができる。

$$C_T = C_I + C_F \cdot P_f \Rightarrow \text{MIN} \quad (1)$$

ここで、 $C_T$ は全期待損失費用、 $C_I$ は初期建設費用、 $C_F$ は破壊時損失費用、 $P_f$ は破壊確率である。この全期待損失費用の最小化を図ることにより、構造物の合理性が議論できることになる。いうまでもなく、現実には、これら $C_F$ 、 $P_f$ の評価は非常に困難であり、実際の設計にこの考え方を直接反映させることは容易ではない。そこで、初期建設費を最小にするという次の定式化も考えられている。

$$\begin{aligned} \text{目的関数: } & C_I \Rightarrow \text{MIN} \\ \text{制約条件: } & P_f \leq P_{fa} \end{aligned} \quad (2)$$

ここで、 $P_{fa}$  は許容破壊確率である。ただし、 $P_f$  に破壊確率という言葉を用いているが、破壊とは必ずしも物理的な破壊のみではなく、ある限界状態をさすもので、使用限界状態も含まれる。

現在のわが国の経済状況を考えると、構造物の安全性の向上と長寿命化が望まれる。もちろん、これらは経済性に基づいた合理的なものでなければならない。性能設計はこの合理性に基づく安全性向上と長寿命化に有効であると考えられる。たとえば、構造物の長寿命化には、最初に多くの費用をつぎ込み耐久性の高い構造物を造ることは有効であるが、維持管理を当初から設計に考慮しておき、維持管理をしっかり行うことにより構造物の寿命を延ばすことも考えられる。最近よく聞かれるライフサイクルコストを考慮した設計である。このとき、設計問題は以下のように定式化される。

$$LCC = C_I + C_F \cdot P_f + C_M + C_R \Rightarrow \text{MIN} \quad (3)$$

ここに、 $LCC$  はライフサイクルコスト、 $C_M$  は維持管理費用、 $C_R$  は取替えの費用である。このことは、長寿命化を目指した設計法では、狭義の設計に維持管理の考え方を導入する必要があることを示している。ところが、維持管理は、時間が経たないと本当の意味がわからないため、長寿命化には点検、検査、維持管理技術とその効果の評価が必要不可欠となる。

### 3. 性能照査型設計法

式(2)の定式化に従えば、問題は制約条件をどのように規定するかということになる。この制約条件は、要求条件、要求性能とも考えられ、昨今注目されている性能照査型設計法に通じるものである。性能照査型設計法の統一的な定義はまだ確立されていないので、厳密な議論はここでは避けるが、「性能設計とは、与えられた外的条件（荷重）に対して、規定された目標性能を満足するように行われる設計行為である」<sup>2)</sup> とすると、上述の限界状態設計さらには信頼性設計法は性能照査型設計法ということもできる。

わが国では、阪神淡路大震災の後、特に耐震基準の性能設計化ということで多くの議論がなされているが、性能設計の歴史は古く、特に建築分野では1930年に英国建築研究所(BRS)が要求性能に基づいて健康と安全とを検討すべきであると提案している。ISOは1970年に性能概念の規格への適用検討を開始し、1980年に建築性能に関する最初のISO規格を制定している。わが

国では、1963年に雑誌「新建築」に建築の性能評価の連載がされ、1970年から建設省を中心に性能設計に関する種々の試みがなされている。1973年建設省は総プロ「住宅性能総合評価システムの開発」を開始し、1978年にも同総プロを実施し、1994年性能を基盤とした建設省総プロ「新建築構造体系の開発」を開始している。1998年建築基準法が性能規定化で改定され、1999年には「住宅の品質確保の促進に関する法律」が制定されている。

もちろん、これら建築分野における性能設計への一連の動きは注目に値するが、土木構造物と建築構造物の違いを十分認識して議論する必要があることはいうまでもない。前述したように、土木分野ではこの性能設計については耐震設計基準と維持管理問題について盛んに議論されている。この背景には、わが国を取り巻く国外からの社会要請（後で詳述する）もあるが、阪神淡路大震災時の被害状況からこれまでの設計地震力および設計手順の詳細を規定した仕様設計基準では、設計された構造物が設計荷重以上の荷重に対してどの程度耐えうるかという疑問に答えられないことがある<sup>3)</sup>。これに対し、構造物の耐力は、地震の発生頻度や構造物の重要度を基に決定されるべきであるとし、その要求性能を明確にすべきであると考え、性能設計が望まれることになる。SEAOCのVision 2000では、地震荷重と構造物ごとに、まず目標性能を設定し、これを満足するように設計を進めるのが性能設計と定義されている<sup>3)</sup>。さらに、設計が目標性能を満足するかどうかを立証するために、許容される基準の定量化が必要であるとされている。いずれにしても構造物の要求性能を明確にし、それを満たすものの中で最も経済性に富むものが望まれるわけである。

### 4. 設計標準の国際化

#### (1) 国際化について

現在情報の分野では、インターネット等の驚異的な発展により、真の意味でボーダーレスとなっている。情報といういわゆるソフトウェアに属するものだけでなく、自動車、船、コンピュータ本体等のハードウェアに関わるものもボーダーレスに近い状態になっている。すなわち、自動車は日本、米国、ヨーロッパ、あるいはアジア諸国で生産されており、各国の規制等の事情に若干の相違はあるものの、世界基準に近い形で標準的な製品基準が形成されている。これに対し、われわれの対象とする公共構造物（インフラストラクチャー）は基本的には単品・注文生産であるので、自動車のような形で世界に通用する基準が形成されるこ

とは困難である。公共構造物が基本的には、その場所、土地に根ざし、移動せず、しかも耐用年数が非常に長く、その土地の文化・伝統に影響されることを考えると、設計全体が統一的な一つの基準に統合されるとは考えがたい。

とはいうものの、設計の要因の中でも客観的な部分に関しては、ある意味でのコンセンサスを得ることはできると思われるし、また必要なことであろう。たとえば、構造物の安全性については、その基本コンセプト、実現方法、評価法等について、一つの標準を示すことができるのではないだろうか。設計・施工基準の国際標準化について真剣に取り組むことが痛感されるところである。

現在、経済活動のグローバリゼーションは避けられないところである。10年前には国際競争は日米欧のみで10億人しか関与していなかったが、現在はアジア諸国の参加もあり、地球人口の3分の2である40億人が関与している<sup>4)</sup>。これらの経済活動のグローバリゼーションの中にあつて、貿易の自由化と拡大の問題が米国等を中心に議論され、わが国もWTO（世界貿易機関）により問題の解決が迫られている。このような国際化においてわれわれの分野でも、欧米各国は軍事から経済に視点を移し、技術規格、技術者資格、技術評価の問題で先鞭を付けようとしている。ところが、冷戦構造の中で日本は一人繁栄を謳歌していたため、世界に目を向けず、対応が非常に遅れている。特に、土木業界では、海外進出は威信、ポーズあるいはやむにやまねず義理で行われた部分も否めず、利益を上げなくても大きな損失を被らなければよい、利潤は国内の仕事からで十分であるという風潮があつたように思われる。

## (2) 国際設計標準

国際標準が対象としている分野は、

- 1) 材料規格、試験法、検査法といった、「モノ」に直接関係する分野
- 2) 品質管理の手順、設計において確保すべき安全性の水準やその確保法といった、「考え方」に関わりが大きい分野

に分けて考えることができる。1)には、鋼材規格とか、溶接の規格、粒状体のふるい目の寸法、地盤の支持力試験法などが含まれる。こうした分野における国際標準の策定には、各国のデファクトスタンダードのせめぎ合いという側面がある。日本も従来から一定の関心を持って、しかるべき対応をしてきたといえる。ある日突然公共工事の地盤調査にN値が使えなくなる、といった状況を放置しておけば大変なことになるので、

積極的な対応が行われるのは当然のことであろう。これに対し2)では、具体的にモノをどうするかということではなく、多分に「手順」、「考え方」をどうするかという規格化の話であり、従前十分な対処がされてこなかった分野である。設計した構造物を何年間使うつもりか、要求性能は何か、そのための条件は何か、というような具体的な設計条件に入る前の基礎となる条件設定の方針の決め方に関するものである。

国際規格として、ISO (International Standard Organization : 国際標準化機構) 規格が有名である。ISOとは、物質およびサービスの国際交流を容易にし、知的、科学的、技術的および経済的活動の分野の協力を助長させるために、世界的な標準化およびその関連活動を発展、開発を図ることを目的に、1947年2月23日に発足した非政府間国際機関である。

昨今、ISO 9000、ISO 14000等の言葉をいたるところで聞く。ところが、品質管理における国際規格は1980年頃から世界的関心を集めたが、当時わが国ではTQCが花盛りで、ISOに対してあまり関心が持たれなかった。土木学会においても、ISOに対する対応はあまりなされておらず、TC (Technical Committee) の審議団体にもなっていなかった。それで、構造物関係のISO対応は、日本建築学会、日本コンクリート協会、地盤工学会、日本鋼構造協会等に窓口が設けられて対応していた。

こうした状況への危機感から、土木学会においても、1996年に長瀧重義新潟大学教授(当時)を委員長として「ISO調査検討委員会」が設置され、翌年「ISO対応特別委員会」が設けられ、各分野における対応状況の情報収集と、対応策の協議が可能な態勢を整えるに至った。特に「設計の基本」に関連するTC98については、建築・住宅国際機構におかれた国内委員会(主査:石山裕二北大教授)に土木関係の委員がほとんど参画していない状況であつたが、やはり1997年頃から徐々に参加が増え、現在では、信頼性・耐震・風・波浪など多岐にわたる専門家が活発に作業を行うに至っている<sup>5)</sup>。

### a) ISO/TC98の活動

ISO組織の中で、実際の規格を検討するのが、TMB(技術管理評議会)の下にあるTC(専門委員会)である。ISOの専門業務はTCにより行われる。TCを設置するための決定はTMBが行い、その活動範囲も承認する。各TCでは、その中の種々の業務を扱うSC(分科会)およびWG(作業部会)を設置できる。

TCのメンバー国はTCごとに異なるが、土木の重要な分野のTCの多くは欧州諸国がメンバーの過半数を占めている。欧州では統合に向けてCENがEurocodes

の制定を進めており、CENとISOとの重複を避けるためにCENで規格案を作成しているものはISOでの作業を行わないという協定を結んでいる。

その中でISO/TC98は、材料に関係なく、構造物の設計の基本規格化を目的としている。用語と記号、荷重、力、作用および変形の限界も含まれている。全体として構造に関わる基本的な信頼性要求の研究および調整を行い、関連したTCと連携して信頼性に対する共通の取り組みの準備のために必要な材料(鋼、石、コンクリート、木など)を含む検討を行っている。TC98の現状の組織は、SC1(用語と記号:幹事国フランス)、SC2(構造物の信頼性の原則:幹事国ポーランド)、SC3(荷重、力、作用:幹事国イギリス)の3つに分かれている。なお、例外的にTC98直轄としてWG1、WG2がある。これに対してわが国では、TC98国内分科会、TC98/WG1(構造物への地震作用)、TC98/SC2/WG6(既存構造物の評価)の国内検討委員会が建築・住宅国際機構で開催されている。

#### b) ISO 2394

上記ISO/TC98を代表する国際標準が、構造物の信頼性に関する一般原則(General Principles on Reliability for Structures)を記したISO 2394である。このまえがきに、その目的として「本国際標準は、あらゆる種類の材料およ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ている」と謳っている。もちろん、各国の事情を勘案し、「本国際標準は、各国において定まった使用条件下での耐用期間中の材料の特性および構造物の性質とタイプを考慮した技術的および経済的条件に従って、国の基準、コードを作成する責任を持つ委員会にとっての基礎として利用されることを意図したものである」というように各国の事情も考慮している。

本基準の構成は、第1章範囲、第2章定義、第3章記号、第4章要求条件および概念、第5章限界状態設計の原則、第6章基本変数、第7章解析モデル、第8章設計の原則、第9章部分係数による設計法、第10章既存構造物の評価、付録からなっている。内容は、Code for code writersであって、前述したように概念の話が多く、実設計に直接関わるものではない。しかしながら、共通の認識を持つために、適用範囲、用語の定義などが明確にされている。さらに、構造物の安全性、信頼性の概念、そしてその確保に要求される条件が、建設中、供用中すべてを網羅する形で言及されており、信頼性のレベルの明確化、設計での対応策ならびにリスクの低減法等についても触れられている。第5章以降では、限界状態設計に焦点を絞り、限界状態の定義、計

算に用いる基本変数、解析モデルについて述べている。確率に基づく設計法、部分安全係数法について概略を示し、さらに既存構造物の評価にも言及している。本文では、概念、考え方について述べ、もう少し具体的な説明、参考となるデータ、数値などは付録に示されている。たとえば、破壊確率の計算法、荷重の組合せ、部分係数決定のためのキャリブレーションの方法等が具体的に記述されている。

当然のことながら、これらの内容に目新しいものはなく、ここ20年ぐらいの研究成果がまとめられている。しかし、内容は多年の議論、推敲を経たものである。記述されている内容にはかなりの統一性がみられ、個々の手法も現段階で最も妥当と思われるものを採用している。

筆者のうち古田が委員長となり、1998年から2000年にかけて、土木学会構造工学委員会の中に「構造設計国際標準研究小委員会」を組織し、信頼性分野のみならず、鋼・コンクリート・地盤・耐震等の各分野において指導的立場にある専門家にも声をかけて、主としてこのISO 2394の内容検討と、設計法や安全性・信頼性の問題についての、今後の対応戦略について議論を行う機会を得た。この小委員会活動の成果は、「例題を含むISO/TC98およびISO 2394の内容紹介」と「土木構造物荷重指針作成に向けての枠組みとガイドライン」の2部構成から成る報告書<sup>6)</sup>にまとめられ、2000年夏に東京と大阪で報告会を実施した。また、この分野についての関心が今後高まることを想定し、報告書は十分な部数を作成した(お問合せは筆者の佐藤までお願い致します)。委員会のメンバー構成の守備範囲を広げたのは、各分野のISO規定がこのISO 2394準拠で書かれることになるため、多くの方に内容を知っていただくことに意味があるという、ある意味では啓蒙的な意味合いもあったのだが、結果的には分野横断的な作戦会議の機能ももつことができ、その後のISO対応特別委員会をはじめとする各方面での議論に対して、よいきっかけを作ることができたと考えている。

#### c) Eurocodes

ISO 2394は概念、精神規定で法律的な規制は持たないが、Eurocodesは実際の設計に適用するために作成されている。もちろん、両者には密接な関係がある。Eurocodesは、建築・土木構造物の構造物、基礎の設計標準を集めたものである。さらに、品質、施工性に関わるものも含んでいる。Eurocodes作成の目的は、「Eurocodesは、共通の建築物と土木構造物設計に関する一連の規則を作成することにより、現在はメンバー国間で異なっているこれらの規則を最終的に置き換えることである」。

表-1 Eurocodes

Eurocode 1	Basis of design and actions on structures
Eurocode 2	Design of concrete structures
Eurocode 3	Design of steel structures
Eurocode 4	Design of composite steel and concrete structures
Eurocode 5	Design of timber structures
Eurocode 6	Design of masonry structures
Eurocode 7	Geotechnical design
Eurocode 8	Earthquake resistant design of structures
Eurocode 9	Design of aluminum alloy structures

Eurocodes は Eurocode 1 から Eurocode 9 までからなっており、Eurocode 2 から Eurocode 9 は構造物の材料、荷重のタイプ別の規定を決めようというものである。その詳細を表-1 に示す。

これに対し、Eurocode 1 は各構造物共通の一般原則に関する事項を扱っている。

Eurocode 1 は設計の基本 (Basis of Design) について記してあり、安全性、使用性、耐久性に関する原理、要求条件について述べている<sup>7)</sup>。読者として、設計者、施工者以外に、コード作成者、施主、規制・法律作成者も視野に入れている。Eurocode 1 の内容は、第 1 章一般事項、第 2 章要求条件、第 3 章限界状態、第 4 章外的作用、第 5 章材料特性、第 6 章幾何データ、第 7 章解析モデル、第 8 章実験に基づく設計、第 9 章部分安全係数による保証、それに A から D の 4 つの付録からなっている。Eurocodes 作成は実に息長く進められており、その完成にはまだ 10 年ぐらいは必要であると見込まれている。

### (3) 国際化における今後の課題

現在、わが国は真の意味で国際化を必要としている。国際化という言葉は過去何回もキーワードとして用いられ、現に大学にも「国際」という言葉をもつ学部が多く新設されている。それ以前でも、歴史的に見て国際化はわが国の常時取り組むべき課題であった。わが国の歴史あるいは国民性を見てみると、日本人は国際化とってはきているが、本当に国際化を望んでいたのかと考えてみると、どうもそうではないように思える。事実、そう分析している人もいる。すなわち、日本の歴史を振り返ってみると、日本国内で何か問題が生じると、その打開策として目を海外に向ける、そして国内の問題がある程度解決すると、鎖国あるいはそれに近い状態になってしまう。そして、鎖国状態の方がより好ましく、独自の文化も発展するという具合である。このことは、江戸時代の鎖国、あるいは戦後のわが国の諸外国への対応および関係を見ると、ある程

度了解できるのではないだろうか。

構造設計の国際化あるいは国際標準という問題を考えると、同様の状況が背景にあるように思える。国内市場の逼塞感により、外圧を利用した市場経済システムの合理化、改変を目指し、新たな市場開拓としての海外進出をせざるを得ない状況ではないだろうか。つまり、国内では外国企業と価格、技術面でわたりあわなくてはならず、海外で利益を上げることが必要とされているのである。ここで注意しなくてはならないのは、将来国内の景気が良くなれば、また鎖国状態に戻れるのかということである。現在の情報伝達のソフト、ハードの進歩を考えると、それは不可能であると思われる。そうであるならば、今度こそ本腰を入れてこの国際化の問題に取り組まなければならない。

そのためには、構造設計の本質にもどり、その基礎を明確にし、概念・手法が国際的に通用する指針、基準を持つことが必要不可欠である。土木業界を見ると、この認識がまだ希薄であると言わざるをえない。今まで述べてきた ISO への対応もしかりである。

まず、国際設計標準ということからは、ISO への対応を十分に行い、国際規格にわが国の意見が十分取り入れられ、わが国の技術体系が国際的に認知され、存続できるようにすることが重要である。そのためには、ISO の TC 委員会等に積極的に参加、貢献することが必要である。また、そのためのわが国の対応組織の整備も必要である。わが国の風潮として、外国の基準を取り入れてそれに適応していけばよいという考えがあるが、この考え方では現在われわれが直面している問題を解決することは不可能である。ISO 9000, ISO 14000 等への各企業の取り組み方から、もう二度と ISO という言葉は聞きたくないということも理解できるが、いまわが国が置かれている立場をよく認識し、真の国際化への取り組みを行わなければならない。

## 5. おわりに

現在のわが国を取り巻く社会、経済、自然環境を考えると、構造物の安全性向上・長寿命化を実現させることが肝要である。そのためには、信頼性理論に基づく性能照査型設計が有力な手段と考えられる。長寿命化という観点からは、初期の設計に維持管理の効果、役割を積極的に考慮することが必要不可欠である。すなわち、合理的な維持管理を達成するには、性能照査型設計が有効である。つまり、維持管理においては、同じ状況、状態が全く存在せず、また実物があるだけに合理性、経済性に裏づけられた説明能力が必要となる。

以上のことから、性能照査型設計が今後の設計基準として一つの有力な手段を提供することは疑うべきもないが、実際の設計基準制定には、誰がどのような形で性能を規定するのか、誰がどのような方法で照査するのか等の課題がある。しかも、契約、発注体系とともに保険との関わりも考慮しなくてはならない、さらに、新たな設計基準は国際的に通用する考え方に基づいた設計基準でなければならない。このようにグローバルな視点が必要ではあるが同時に日本の示方書として日本固有の文化、風土、環境条件を十分に反映させていることが望まれる。

構造技術者の目的は、「良い構造物」を作ることである。それには、その「基本概念」を明確にし、誰にでもきちんとした形で説明できなければならない。そうしてこそ国際的に認知されることになる。もちろん、わが国独自の設計基準が確立でき、それが国際的に認められればそれに越したことはない。しかしながら、現在のヨーロッパ諸国つまり EU の動きを見れば、時期を逸していると言わざるを得ない。現実的な対応としては、何回も言ってきたように、ISO の TC に意見を反映させることが急務であり、それと同時に APEC 諸国における地域規格、すなわち CEN (Comite Europeen de Normalization) 並のもの確立を目指すことも考えられる。事実、APEC 諸国での鋼構造協会が後援する組織の設立も試みられている。もちろん、米国の動向にも注意を払うべきことはいままでもない。

公共構造物の安全性の基本理念、概念を明確にすることは重要であるが、このためには、技術的な観点からだけではなく、経済性、社会性を考慮した総合的な観点からの議論が必要である。経済性、社会性（その国の文化、歴史）を考えると、構造物の安全性もその国の独自性が反映される必要があろう。

本文は、もともと 4.(2) で紹介した、構造工学委員会構造設計国際標準研究小委員会の活動報告として企画されたものであったが、著者らの身近なところで状況が刻々変化していることに比して、存外にもその重要性が十分認知されていないのではないかという意識もあり、このようなまとめ方をした。最後に、この小委員会で今後検討すべきと考えている課題を紹介して、ここでのまとめとする。本小委員会の目的は、国際設計標準の重要性の宣伝普及と新しい設計基準の模索であったが、このためのテーマとして、安全性の哲学、限界状態、要求性能、ISO 2394 の理解、教宣、ISO に基づく設計手順の例示集の作成、土木建築統一基準の可能性、荷重指針（地震荷重、荷重の組合せ）、地震と劣化、耐久性、各種データベースの整備などが挙げられている。また、これに関連した活動として、地震工学委員

会の国際委員会の動きや、ISO 特別委員会を軸とした耐震設計法の国際標準化の動き、また、地盤関係を中心に提案されてきた包括設計コード（日下部治東工大教授・本城勇介岐阜大教授を中心としたメンバー）の概念を、各分野に対しても適用性をさぐる動きなどが注目される。さらに、国土交通省では、建設省時代の 3 年ほど前から、ISO 2394・Eurocode 0 対応と、分野間の整合化を意図して「土木・建築にかかる設計の基本」が検討されてきたが、2002 年 3 月に最終報告がまとまっている。この草案をまとめる幹事会には、上記国際標準委員会との重複も多く、問題意識は同一線上にあるといつてよいであろう。

なお、本報告では、構造関係のみに焦点を当てているが、地盤工学関係、コンクリート工学関係については参考文献の 8) から 11) 等を参照されたい。

**謝辞：**本文は、土木学会構造工学委員会構造設計国際標準研究小委員会での活動成果を基に著者の意見を述べたものである。ここに同小委員会各委員に対して深甚なる謝意を表す。

#### 参考文献

- 1) 土木学会関西支部：限界状態設計法，昭和 62 年度講習会テキスト，1987。
- 2) 家村浩和：極限地震動に対する要求性能と設計法のあり方—耐震設計から先端技術を応用した免振・制振設計へ—，土木学会論文報告集，No.623/VI-43，pp.1-8，1999.6。
- 3) 大塚久哲：耐震基準の性能設計化の現状と今後の課題，橋梁と基礎，Vol.33，No.6，pp.39-43，1999.6。
- 4) 池田駿介：土木学会が危ない，土木学会誌，Vol.83，pp.17-20，1998。
- 5) 佐藤尚次：特集・橋梁技術の国際展開；設計法の国際標準に向けてどう対応していくべきか，橋梁と基礎，Vol.34，No.8，pp.71-74，2000.8。（なお、この特集全体も本文の参考文献として推奨するにふさわしい）
- 6) 活動成果報告書：国際標準に基づく構造物の設計法，土木学会構造工学委員会構造設計国際標準研究小委員会，2000.8。
- 7) Gulvanessian, H. and Holicky, M.: *Designers' Handbook to Eurocode 1*, Thomas Telford, 1997.  
（注：Eurocode 1 は、同書出版後、「設計の基本」の 0 と「構造物への作用」の 1 に分割された）
- 8) 活動成果報告書：In Search of Excellence for World Compatible Consulting, 土木学会建設コンサルタンツ委員会構造設計の国際化対応に関する研究小委員会，2000.7。
- 9) 本城勇介：限界状態設計法による基礎構造物モデル設計コードの提案，平成 11 年度科学研究費補助金最終報告書，2000.3。
- 10) 本城勇介：欧州における基礎構造物・地盤構造物設計コードに関する調査，2001.10。
- 11) 田辺忠顕，六郷恵哲：国際標準化機構第 71 専門委員会第 7 回総会報告，コンクリート工学，Vol.36，No.12，pp.42-46，1998.12。

(2002.5.23 受付)