

「性能設計概念に基づいた構造物設計コード作成のための原則・指針と用語 (通称「code PLATFORM ver. 1」)」の開発

本城勇介¹ 日下部治² 市川篤司³ 佐藤尚次⁴ 山本修司⁵

香月智⁶ 谷和夫⁷ 山口栄輝⁸ 杉山俊幸⁹ 澤田純男¹⁰

谷村幸裕³ 上東泰¹¹ 佐々木義裕¹²

Development of 'code PLATFORM': Principles, guidelines and terminologies for structural code drafting grounded on performance based design concept

by

Y. Honjo, O. Kusakabe, A. Ichikawa, T. Sato, S. Yamamoto,

S. Katsuki, K. Tani, E. Yamaguchi, T. Sugiyama, S. Sawada,

Y. Tanimura, Y. Kamihigashi and Y. Sasaki

The Ministry of Land and Transportation (MLT) gave a contract research to JSCE (Japanese Civil Engineering Society) to draft a comprehensive structural design code between 2001 and 2003. The outcome of this research activity is 'code PLATFORM ver.1', Principles, guideLines And Terminology for structural codes drafting grounded on the perFORMance based design concept. The code has the following features: (1) Pursuance of an ideal design code to harmonize all major design codes in Japan, (2) It is fully performance based design code. (3) The terminologies to describe three levels of performance requirements are 'objectives - performance requirements - performance criteria'. (4) In defining the performance criteria, frequencies, limit states, importance of structures and time are introduced, (5) Verification approach A and B are also introduced in code PLATFORM ver. 1, (6) The limit state design is emphasized as one of the most appropriate method to realize the performance based design. (7) A glossary of terminologies is edited by evaluating words used in widely accepted international codes such as ISO2394, 13822 and other performance based design codes developed recently in Japan.

Key words: Comprehensive structural design code, Performance based design, Limit state design, Reliability design

1 はじめに

本研究は、平成 13-14 年度に、国土交通省総合政策研究所の委託を受け、(社)土木学会に設定された研究委員会で作成された、「性能設計概念に基づいた構造物設計コード作成のための原則・指針と用語 (通称:「code PLATFORM ver. 1」)」について報告するものである。なお英語名は、「Principles, guidelines and terminologies for structural design code drafting grounded on the performance based design concept」である。

包括設計コード (comprehensive design code) とは、コード策定上の基本的な考え方と手順を示したものであり、個別の設計コードを策定する際にコードライターによって参照されることを意図して作成される。海外ではすでに ISO2394 や Eurocode0 が包括設計コードとして発行されており、日本国内においても事業者・設計者・コードライターの議論に基づいた包括設計コード策定の重要性が認識されてきている。

我が国では、道路、河川、港湾・空港、鉄道そして建築等の個別施設の技術基準は、それぞれの施設が持つ歴史、文化そして目的を担って策定されてきた。そのため、技術基準を相互に見比べると大きな違いが見られる。

ここ数年、「性能設計」という新しいコンセプトの登場により、多くの機関で設計コードの改訂がこのコンセプトのもとに盛んであるが、それも前述のような伝統的な枠組みの中で、見方によってはそれぞれが勝手に用語や書式を決めてコードの改定を行っているのが現状である。このような現状は以下のような観点から見ても極めて憂うべき状況であるといえる。

1. 我が国の優れた土木設計技術を海外に分かりやすく発信する
2. 日本に参入しようとする国外技術者には、非関税障壁と写る
3. 後続の若い技術者に日本の構造物設計の基本的な考え方を体系的かつ分かりやすく伝えていく。

今後は、技術基準を策定する際にコードライターが寄るべき策定の原則や用語は統一されるべきであり、そのようなことにより、上記のような状況は大幅に改善され

+ 原稿受理 2003年 7月 日 Received

1 岐阜大学 工学部 〒501-1193 岐阜市柳戸1-1, Dept. of Civil. Eng., Gifu Univ., 1-1 Yanagido Gifu 501-1193 honjo@cc.gifu-u.ac.jp

2 東京工業大学、3 鉄道総合技術研究所、4 中央大学、5 国交省国総研、6 防衛大学校、7 横浜国立大学、8 九州工業大学

9 山梨大学、10 京都大学防災研究所、11 日本道路公団試験研究所、12 鹿島建設土木設計本部

ると考えられる。

また「性能設計」という新しいコンセプトが台頭してきている現在の状況は、見方によっては上記のような設計コード間の調和を計る絶好の機会であるといえる。

以上のような背景を考慮して、国土交通省総合政策研究所は、本調査を土木学会に委託した。

なお研究委員会の特にドラフトに関わった委員たちの意見として、この包括コード作成を終了した時点で、この作成された文書は「包括設計コード」という名称を避けて（特に「コード」とすると、これも一つの設計基準と見なされてしまうため）、「性能設計概念に基づいた構造物設計コード作成のための原則・指針と用語（ニックネーム「code PLATFORM ver. 1」）」とすることを提案したい。これは包括コードという、すべての上に立つコードという意味よりも、日本においてコードライターが合意した決め事、というこの文書本来の意図を誤解少なく伝えるためには、この名称の方がふさわしいと考えられるためである。

2 code PLATFORM の概要

2.1 研究の遂行体制と経緯

本調査では、委託先の土木学会内に「包括設計コード検討／策定基礎調査委員会」を設置し、委員会形式で検討を進めた。特に地盤コード 21 の第 0 章が、研究委託の契機になったことから、委員長：日下部 治（東工大教授）、幹事長：本城 勇介（岐阜大教授）が選ばれた。

包括設計コードの確立には、その法的位置付けの明確化や関係諸機関との調整、施行まで含めると 10 年以上を要する長期的な取組みが必要であるため、現状に配慮するよりも設計コードのあるべき姿を目指すことを策定上の基本方針とした。委員会のメンバーも若手のコー

委員長	日下部 治	東京工業大学
副委員長	市川 篤司	(財)鉄道総合技術研究所
副委員長	佐藤 尚次	中央大学
幹事長	本城 勇介	岐阜大学
委員	秋山 充良	東北大学
委員	足立 幸郎	阪神高速道路公団
委員	香月 智	防衛大学校
委員	勝地 弘	横浜国立大学
委員	上東 泰	日本道路公団試験研究所
委員	木村 吉郎	九州工業大学
委員	澤田 純男	京都大学防災研究
委員	下迫 健一郎 (独)	港湾空港技術研究所
委員	下村 匠	長岡技術科学大学
委員	庄司 学	筑波大学
委員	杉山 俊幸	山梨大学
委員	高橋 徹	千葉大学
委員	田中 和嗣 (独)	土木研究所
委員	長尾 毅	国土交通省国土技術総合研究所
委員	谷 和夫	横浜国立大学
委員	谷村 幸裕	(財)鉄道総合技術研究所
委員	能島 暢呂	岐阜大学
委員	三島 徹也	前田建設工業 (株)
委員	山口 栄輝	九州工業大学
委員	山本 修司	国土交通省国土技術総合研究所
幹事	佐々木 義裕	鹿島建設 (株)

図-1 包括設計コード検討／策定基礎調査委員会名簿

ドライバーが中心となるよう心掛け構成された。委員の専門分野は、コンクリート構造、鋼構造、耐震・耐風・耐波設計、信頼性設計など多岐にわたった。図 1 に、この調査委員会の委員一覧表を示す。

2.2 基本方針

コードを実際書き始める前に、次のような諸点を基本方針として、確認した。

1. 理想を追求する。現状に縛られず、本来あるべき姿を追求する。
2. アジアコードを見据え活動を行う。
3. 作成する包括設計コードの規定は、それぞれの分野の設計の考え方の本質を示し、かつ矛盾せず、将来の枠組みを阻害しないばかりか、新しい技術の進歩を奨励 (encourage) する。
4. ISO2394、13822 等の規準、「土木・建築にかかわる設計の基本」の報告書の尊重。
5. 新しい用語の使用は極力避け、既存の権威ある文書の用語を尊重する。
6. 構造物の要求性能が満たす信頼性のレベルそれ自身は触れない。
7. 新設構造物を対象とした設計コード。（既設構造物の補修・補強コードではない）
8. 一般の汎用的な構造物の設計を主に対象とする。
9. 現存のコード「道示」「港湾」「鉄道設計標準」等の和集合ではない。積集合であるわけでもない。あるべき姿、簡素化されたコンセプトを前面に出す。（普段大切にしている自分の設計コードを、批判的に反省する）。
10. 要求性能を、構造物の状態（あるいは限界状態）、時間、作用とそれらの組み合わせ、重要度の組み合わせで記述する。このとき、構造物の状態を時間の関数として記述することにより、耐久性、劣化の記述を行う。さらには維持管理の思想を当然のものとして設計の中に取り込む。
11. できる限り簡素で、分かりやすい構造にする。利用できるものは、既存の概念をできる限り踏襲する。
12. 国際的に説明することを常に頭に置く。複雑すぎる概念はこのような場合、ほとんど相手に理解されない。
13. 構造物の構造的な設計に関する包括設計コード。他の要素が設計で考慮されるべきである事を強調するか。
14. 修復性限界は、経済的要因で決定されるべきである。
15. 限界状態設計法は、現時点で performance based design を実現するもっともふさわしい設計法である。
16. 照査方法は、地盤コード 21 で提案した 2 種類とする。
17. 社会の制度と設計： 情報伝達のフロー、技術者の資格、倫理をコードに書く。

以上のような方針は、コード作成を終えた現時点でも、概ね遵守されたと理解している。

2.3 code PLATFORM の内容

研究成果として包括設計コードについて紹介する。

図-2 に目次構成を示す

1. 用語の定義 (Definitions of terminologies)
1. 1 一般用語 (General terms)
1. 2 設計に関する用語 (Terms on design methodology)
1. 3 作用・環境的影響に関する用語 (Terms on action and environmental influence)
1. 4 構造物の応答、強度、材料特性、幾何学量に関する用語 (Terms on structural response, resistance, material property and geometrical quantity)
1. 5 既存構造物の性能評価に関する用語 (Terms on performance assessment of existing structures)
2. 一般 (General)
2. 1 適用範囲 (Scope)
2. 2 設計コードの枠組み (Framework of design code)
3. 構造物の目的・要求性能・性能規定 (Performance requirements of structures)
3. 1 目的 (Objectives of structures)
3. 2 要求性能 (Performance requirements)
3. 3 性能規定 (Performance criteria)
3. 3. 1 定義 (Definitions)
3. 3. 2 構造物の限界状態 (Limit states of structures)
3. 3. 3 作用・環境的影響の程度とそれらの組み合わせ (Actions, environmental influences: magnitude and their combinations)
3. 3. 4 時間 (Time)
3. 3. 5 構造物の重要度 (Significance of structures)
4. 照査の方法 (Verification procedures)
4. 1 許容される照査方法 (Allowable verification procedures)
4. 1. 1 一般 (General)
4. 1. 2 設計者 (Designers)
4. 2 照査アプローチ A (Verification approach A)
4. 3 照査アプローチ B (Verification approach B)
5. 構造物設計報告書 (Structural design report)

図-2 包括設計コード目次

3. コード本文

3.1 用語の定義

1 章では、用語の定義が行われている。これらは、ISO2394、土木鋼構造物の性能設計ガイドライン(2001)、地盤コード 21(2000)、土木・建築にかかる設計の基本(2002)、ISO13822 を参照して作成した。

一般用語、設計に関する用語、作用・環境的影響に関する用語、構造物の応答・強度・材料特性・幾何学量に関する用語、既存構造物の性能評価に関する用語に分類して、103 個の用語の定義が整理されている。

これらの内、本コードで新たに定義を改めたのは 15 個の用語であり、その他はすべてその引用元を明記して、引用した。方針 4 及び 5 を考慮した結果である。

3.2 一般

ここからは、本文(枠書)を示し、その要点を述べる。なお以下に[REQ]は要求事項または定義、[REC]は推薦事項、[POS]は代替案の一つを示すの意味である。

2. 一般 (General)
2. 1 適用範囲 (Scope)
(1) [REQ] 本包括設計コードは、構造物の設計に関して性能設計の考え方を普及することにより合理的な設計と技術の進歩を奨励し、もって優れた構造物を人類の社会資産として形成することを目的とする。
(2) [REQ] 本包括設計コードは、原則として、すべて

の構造物の設計を対象とする。

(3) [REQ] 本包括設計コードは、性能設計の基本的な概念に基づくものであり、わが国の構造物の性能設計コード体系の最上位に位置づけられる。

(4) [REQ] 「性能設計」とは、設計された構造物が、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とする設計の考え方である。

(5) [REQ] 下位に位置づけられる設計コードを作成する際には、以下の規定に従わなければならない。

- 1) 本包括設計コードを必ず参照する。
- 2) 設計コードの作成に関わる国際的な基準・規格類の内容を尊重する。

(6) [REQ] 本包括設計コードの基本的な方針は、以下の 6 点である。

- 1) 性能設計の基本的な考え方と設計コードの枠組み・体系を示す。
- 2) 構造物の設計に関わる人々の間の積極的で円滑な情報交換を促進し、合理的な設計を奨励する。
- 3) 構造物の設計に関する技術の進歩、価値観や環境の変化に対して、柔軟に対応し、技術の進歩を奨励する。
- 4) 性能設計に関する国際的な動向に整合させる。
- 5) 従来の設計の考え方との関係に配慮する。
- 6) 設計に関わる専門技術者に高い倫理観を維持することを奨励する。

(7) [REQ] 本包括設計コードでは、主に以下のことを定める。

- 1) 構造物の要求性能を規定する方法
- 2) 要求性能と、それらの中で照査の対象となる事項(性能規定)の関係
- 3) 許容される照査の方法 (制度を含む)
- 4) 構造物の設計や設計コードに関わる用語の定義
- 5) 設計に関する技術的な情報の取り扱い方法
- 6) 技術者の資格や説明責任

【解説】

(1) 本包括設計コードの目的を定めた。

(2) 本包括設計コードの記述は、対象として新設の構造物を前提とするが、新設のみに適用を限定する必要はない。

なお、本包括設計コードは、安全性や使用性など構造物の構造的な側面に限定されるものではない。構造物の設計は、社会の価値観の変化に従って、構造的な側面以外の性能を積極的に要求される方向にある。その他の性能とは、環境や美観他に関する性能を意味する。

(3) 本包括設計コードに法律的な強制力があるわけではないが、本包括設計コードが我が国のコード体系の最上位に位置することを明示した。本包括設計コードが、土木学会など構造物の設計に関係する技術者の学会でオーソライズされ、我が国の設計コード体系の基礎となり、海外に対する我が国の構造物設計体系の説明性と透明性の向上、次世代技術者への分かりやすい技術の継承等に寄与することが大切であると考え、この規定を定めた。

(4) 本包括設計コードにおける「性能設計」の定義を述べた。従って、本包括設計コードの記述内容としては、①要求性能の導出や記述、②照査の方法 (制度を含む) が重要である。以降、本包括設計コードでは、これらの事項に関する基本的な考え方を必要な範囲で記述する。

(5) 本包括設計コードより下位のコードを作成する場

合、本包括設計コードおよび国際的な基準・規格類に整合しなくてはならないとした。しかし、本包括設計コードと国際的な基準・規格類が齟齬をきたす場合には、本包括設計コードが優先する。ここで、国際的な基準・規格類とは、ISO2394、ISO13822などを指す。

(6) 本包括設計コードの基本的な方針を示した。

- 1) 本包括設計コードは性能設計に関するコード体系の最上位にあるので、その基本概念・枠組みを規定するのは当然である。下位のコードの作成において遵守されるルールや用語などにも反映される。
- 2) 構造物の設計に関わる人々は、直接に設計作業を実施する技術者（設計者）だけでなく、計画・建設・利用に関わるすべての技術者および一般人を含める。具体的には、事業者（事業主体／所有者／管理者）、調査者、設計者、施工者、建材供給者、利用者などを指す。優れた社会資産の形成は、専門技術を有する一部の人間が独占的に決定することによるよりも、それに関与するすべての人間が積極的に合意形成しながら達成するという考え方を示した。この考え方は、技術情報の取り扱いや用語に反映される。
- 3) 将来の技術の進歩に配慮した。すなわち、本包括設計コードの要求性能や性能規定の設定、また許容される照査の方法に反映される。
- 4) 設計コードは規制の一種である。建設産業のグローバル化と規制緩和への動きを考慮して、国際整合性に配慮した。設計コードの国際整合性としては、我が国のルールを既にある国際的なルールに合わせる受け身の整合性と、我が国のルールを国際ルールとして提案する積極的な整合性がある。性能設計の技術体系についても、積極的な姿勢が望ましい。コードの体系や用語に反映される。
- 5) 既存技術、現行の設計法等との連続性に配慮した。これは、主に許容される照査の方法に反映される。
- 6) 構造物の設計は人類の社会資産を形成し、公衆の安全を確保する重要な活動である。よって、専門技術に関わる判断を委ねられる専門技術者は、高い倫理観を持って、この活動に積極的に関わらなくてはならない。また、この寄与を通じて専門技術者に対する社会的な評価が高まる。

(7) 本包括設計コードの記載内容を示した。

- 1) 構造物の目的／要求性能／性能規定の階層による性能の規定方法について示す。
- 2) 既存のコードや将来の技術進歩に配慮して、許容される照査の方法や照査に関する制度について示す。
- 3) 円滑な情報交換、正確な理解のため、性能設計に関わる基本的な用語を定める。
- 4) 円滑な情報交換を促進し説明責任を果たすため、技術情報の取り扱い方法を定める。技術情報の取り扱い方法とは、標準化、発信者と受信者、伝達手段などを意味する。
- 5) 専門技術者には高い倫理観が求められており、その義務の裏付けとして資格など名称を独占的に使用することが認められている。よって、設計における専門技術者の資格は重要である。また、構造物の設計は公衆の安全と密接に関わるため、専門技術者が負う説明責任を明示的に定める必要がある。

2.2 設計コードの枠組み(Framework of design code)

(1) [REQ] 本包括設計コードは、図-1に示すように、国際的な基準・規格類、我が国の作用指針や構造物種別の包括設計コード、さらにこれらを受けて作成される固有基本設計コードおよび固有設計コードとともに体系化される。

(2) [REQ] 本包括設計コードの規定に基づいて作成される設計コードでは、図-2に示すように、性能記述の階層に従って、構造物の目的を要求性能に書き換え、最終的に、照査することが可能な性能規定を定める。この際、目的から要求性能、性能規定を導出した過程を明らかにしなければならない。

(3) [REQ] 設計者は、性能規定が守られていることを照査において示さなければならない。この際、設計者は、照査方法が広く選択可能な照査アプローチAあるいは固有基本設計コード（または固有設計コード）が指定する照査方法を用いる照査アプローチBのいずれかを選択する。

【解説】

(1) 国内の設計コードが有機的に体系化され、国内の設計が地域固有の文化や技術を尊重しつつ、国際的な標準化に対応できる設計コード体系について述べている。

構造物の性能規定を指定するための作用・環境の影響は、固有設計コードにおいて記述されるべきであるが、固有設計コード間の整合性の確保および国際標準への対応のために、作用・環境の影響の共通根拠を与える包括的な作用指針が必要である。

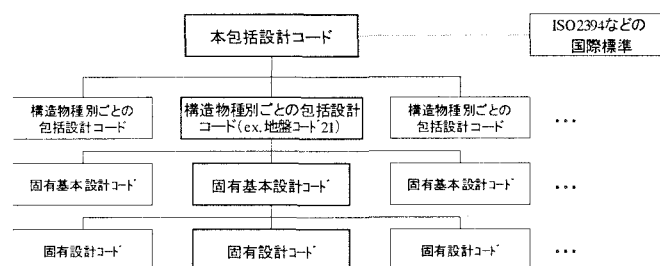


図-1 設計コードの体系化

(2) 性能記述の階層について定めた。階層は、構造物の目的、要求性能、性能規定の3段階である。各段階の詳細については、後章に記述される。

なお、本包括設計コードは、設計体系の枠組みを規定する役割も担っており、固有基本設計コードおよび固有設計コードなどの下位の設計コードを作成するときは、この枠組み〔目次〕を守りながら、それぞれの構造物の構造種別や用途に対応した、より具体的に詳細な内容を記述することになる。

照査アプローチAとBにおいて、性能規定より上位の要求性能にまで遡及できることが必要である。固有基本設計コードまたは固有設計コードの制定者が既存の設計法を暗黙のうちに前提として性能規定を定めてしまった場合、照査方法が極端に限定されたものになることが懸念される。このような状況下でも、時代の変遷や技術の進歩に伴って既存の設計法が想定した以上の新技術が現れた場合に不利益を被らないために、要求性能にまで立ち返って性能規定が整合的に導出されているかを検討できることが重要である。

(3) 性能の照査が設計者によってなされること、また

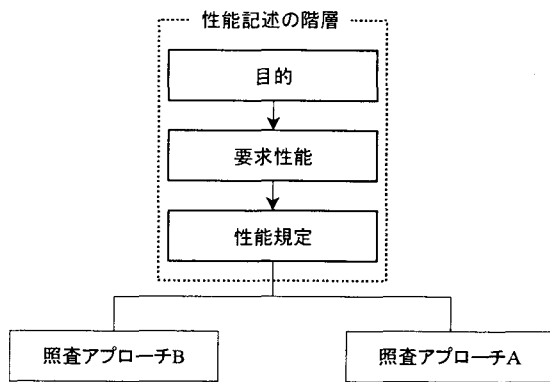


図-2 設計コードのフォーマット概念

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ことを明示した。

また、照査方法が指定されているか否かによって以下の2種類に分類されることを示した。

- ・ 照査方法を指定しないアプローチ（照査アプローチA）：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。要求性能のみが与えられ、これに基づく性能規定も設計者が定め、照査を行う場合も照査アプローチAには含まれる。
- ・ 照査方法を指定するアプローチ（照査アプローチB）：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。この場合、本包括設計コードは、固有設計コード作成のための“a code for code writers”となる。

照査アプローチA及びBの詳細については、後章に記述される。

3.3 構造物の目的・要求性能・性能規定

3. 構造物の目的・要求性能・性能規定 (Performance requirements of structures)

3. 1 構造物の目的 (Objectives of structures)

(1) [REQ] 構造物の目的とは、構造物を必要とする理由を一般的な言葉で表現したものである。

(2) [REC] 構造物の目的は、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。

【解説】

(1) 目的の大まかな分類としては、私用、商用、産業基盤整備、生活基盤整備、国土保全などが考えられる。目的に応じて考慮すべき費用と便益が異なるだけでなく重視される性能が変わるなど、設計の目標が大きく変化するため、目的の明示が必要である。したがって、構造物の目的は、要求性能を導き出す根拠であることを念頭におき、対象とする構造物の設計で考慮する性能を意識したものでなければならない。

また、構造物はより大きな構造物またはネットワークやシステムの一部を構成する場合がある。例えば、道路橋は道路網の一部を構成する。このように構造物の目的は階層的であるが、目的の記述の中にこの階層性を含めてもよい。

(2) 目的は、社会が構造物を建設する目的であるから、事業者や利用者が主語となるのが自然である。

3. 2 要求性能 (Performance requirements)

(1) [REQ] 要求性能は、構造物がその目的を達するために保有が必要な性能を一般的な言葉で表現した

ものである。

(2) [REC] 構造物の要求性能は、構造物を主語として記述されることが望ましい。

(3) [POS] 要求性能は、構造物の目的を達成するために不可欠な基本性能（これを構造物の「機能」と言うことができる。）と、これに加えて与えられる付加要求性能に分けることもできる。

(4) [REC] 構造物の要求性能には、構造物の安全性、使用性、環境性、施工性、経済性などがある。

(5) [REC] 構造物の要求性能は、構造物が供用される期間だけでなく、建設から廃棄あるいは更新等を含む全期間にわたって生じることが予想される状態を考慮して定めることが望ましい。

【解説】

(1) 要求性能は、性能規定を導き出す根拠となるため、対象とする構造物の設計で考慮する性能を意識したものでなければならない。ただし要求性能の時点では、その照査方法等については度外視して規定してよい。

(2) 構造物の目的では、事業者または利用者が主語になるのに対して、要求性能では構造物が主語になることが多い。

(3) 例えば、道路橋の基本性能は、「所与の交通量を通過させること」となる。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）」あるいは「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。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になる。

(4) 安全性とは、崩壊、走行安全、公衆安全、フェイルセーフなどをいう。経済性とは、災害復旧性、ライフ・サイクル・コスト、維持管理性などをいう。使用性として、経済性の他に、乗り心地、外観、水密性、騒音、振動などを含む。環境性とは、地域環境・地球環境に対する配慮、再利用性、リフレッシュ・目的変更が容易か、などをいう。

3. 3 性能規定とその設定 (Performance criteria)

3. 3. 1 定義 (Definitions)

(1) [REQ] 性能規定とは、要求性能の中から選択された性能（あるいは性能群）であり、適切な手法で照査可能なように具体的に記述されなければならない。

(2) [REQ] 個々の性能規定は、「構造物の限界状態」、「作用・環境的影響の程度とそれらの組み合わせ」、「時間」の、3つの要素の組み合わせで、規定される。ただし、性能規定の中には、ある指標の最大化や最小化で表現されるなど必ずしも限界状態で構造物の性能を記述できない場合もある。その場合は限界状態をそのような適当な指標に基づくある状態で置き換えることもできる。

(3) [REC] 性能規定の設定に当たっては、構造物の重要度を考慮することが望ましい。

(4) [REC] 性能規定の設定に当たっては、その性能規定が要求している事項（要求性能）が、できる限り設計者に直接的に理解され、設計に反映させられるような設定の仕方が望ましい。

(5) [REQ] 人的被害を与える可能性のある構造物については、安全性に関する性能規定を必ず記述しなければ

ならない。

(6) [REC] 要求性能として記述されながら性能規定に含まれない性能は、構造物に対する要求として重要でないことを直接意味しない。構造物の設計にあっては、性能規定に含まれない要求性能についても、十分考慮することが望ましい。

【解説】

(1) 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。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（このことを照査と呼ぶ）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。性能規定は、技術的な用語で表現されるべきである。

設計コードは、構造物の「作り方」を示したものでなく、法律的・社会的要請から、構造物が最低限満たさなくてはならない性能や信頼性を示したものである。この点で、設計コードは設計者の自由度を制限するものとなる。一方、性能設計の主旨からいって、設計コードの策定にあたっては、できるだけ設計者に自由度を与えるよう十分な配慮が必要となる。このような二つの相反する要請の狭間で、性能規定は、結果的に、設計者の自由と、社会的要請による制限とのバランスを規定するものとなる。

(2) 本包括設計コードの大きな特徴の一つは、性能規定を「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である。これらの項目については次節以下でそれぞれ説明される。

構造物の性能を規定（あるいは明示）する方法として、「作用の頻度と程度」と「構造物の限界状態」を組み合わせる表示する、いわゆる性能マトリックスの考え方がよく知られている。本設計コードではこれを一步進めて、この2要素に加えて、構造物の性能の時間的な変化（例えば劣化等）も考慮した3要素で表すことを提案している。すなわち、構造物が、建設当初ばかりでなく、その規定された時間を通じて所定の性能規定を満足することを要求している。従って、作用や環境的影響、これに伴う構造物の性能の変化がすべて時間の関数として記述されるような照査を行うことを理想とする。設計に考慮する時間によって、作用や環境的影響の程度が変化するほか、構造物の強度などの性能も時間と共に変化する。性能規定を設定する上で、時間を明示することは絶対に必要である。

ところで従来の設計法は、限界状態設計法がその基本にあり、それぞれの要求性能に対して、性能規定として、ある限界状態を引き当てる場合がほとんどであった。しかしながら、性能規定の指標が力学的な値ではなく、例えば経済的指標や環境的指標である場合には、特定の限界状態で表現することができない場合がある。本包括コードでは、限界状態を構造物の構造的な性能以外の性能についても拡張することを提案している。

(6) 要求性能に対して、対応する性能規定が存在しないからと言って、その要求性能を設計において完全に無視してよいわけではない。要求性能は依然として存在するが、それが何らかの理由で、照査の対象となる性能規定化されなかったと考えるべきである。そのような場合、できる範囲において要求性能を尊重した設計が望まれ

る。たとえば、「地球環境負荷をできる限り低減する」と言った、環境性に関する要求性能があるにも関わらず、それが性能規定化されていない場合でも、設計において環境負荷をできる限り低減できる代替案を選ぶべきである。

3. 3. 2 構造物の限界状態 (Limit States of structures)

(1) [REQ] 構造物の限界状態とは、それぞれの性能規定に対応した、構造物の意図した状態と、意図しない状態を区別する、ある状態である。

(2) [REC] 限界状態は、構造物の性能に関する定量的な記述により与えられることが望ましい。

(3) [POS] 性能規定の中には、限界状態で記述することが、適当でないものもあることに留意する。

【解説】

(1) 従来の限界状態設計法で言われる「限界状態」は、構造物の構造的な性質に関するものである。終局限界状態、使用限界状態等が、その典型的なものである。

(3) 本包括設計コードでは、この限界状態の概念を、構造物の構造的な性質、すなわち安全性、使用性等から拡張し、構造的な性質以外の性質、すなわち環境性、施工性、経済性などにも適用することを提案する。

3. 3. 3 作用・環境的影響の程度とそれらの組合せ (Actions and environmental influences: magnitude and their combinations)

(1) [REQ] 作用は、考慮する期間中の平均値に対する時間的変動の特性によって、永続作用、変動作用、偶発作用に分類される。

(2) [REQ] 種々の性能規定について照査するにあたっては、作用と環境的影響の程度と、それらの組合せを適切に考慮しなければならない。

(3) [REQ] 作用や環境的影響の大きさが、時間的に変化する場合、および作用の繰り返しが構造物の性能に影響を及ぼす場合、これらを考慮して照査しなければならない。

【解説】

(1) 作用は、考慮する期間中の平均値に対する時間的変動の特性によって、次のように分類する：

永続作用：その大きさの時間的変動がほとんどないか、変動が平均値に比較して無視できるほど小さいもの。

変動作用：その大きさの時間的変動が頻繁に生じ、変動が平均値に比較して無視できないほど大きいもの。

偶発作用：考慮する期間中に生じる確率は小さいが、構造物に重大な影響を及ぼすもの。

作用の分類は、作用の原因だけでなく想定するその大きさも考慮しなければならない。例えば、地震の影響は、想定する大きさによって、偶発作用または変動作用と分類される場合がある。

(2) 安全性に関わる性能の照査は、考慮する期間中に生じるすべての作用に対して行わなければならない。したがって、考慮する期間中に、構造物の安全性に最大の影響を及ぼす作用の組合せに対して照査することになる。すなわち、構造物に働く作用は、単一の現象に起因することは少なく、複数の現象を考慮するのが一般的である。しかし、同時に生じる変動作用であっても、最大値の期待値が同時に起きる可能性は一般的に小さいと考えられるので、複数の変動作用を組合せる場合は、考慮する作用の組合せに応じてその大きさを調整することが合理的と考えられる。そこで、安全性の照査においては、変動作用を「主たる」と「従たる」に分け、主た

る変動作用の特性値は最大値の期待値とし、従たる変動作用の特性値は主たる変動作用または偶発作用との組合せに応じて適切な値を定めるのも一つの方法である。偶発作用に対しては、永続作用のみを組合せ、他の変動作用との組合せは通常考慮しない。

安全性以外の性能に関する照査では、構造物の重要度等にもよるが、一般的には、しばしば生じる程度の大きさの作用に対して照査すればよい場合が多い。

(3) 構造物が変動作用の影響を繰り返し受けると、疲労破壊を生じる場合がある。このような恐れがある場合は、作用の大きさだけでなくその繰り返しの影響も考慮しなければならない。

3.3.4 時間 (Time)

(1) [REQ] 構造物の性能を照査するにあたっては、考慮する一定の期間を定めなければならない。

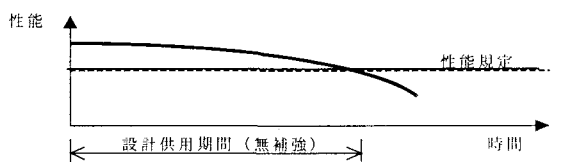
(2) [REQ] 構造物の性能の照査では、考慮する期間中において、作用・環境的影響の特性や構造物の特性の、時間による変化を考慮しなければならない。

(3) [REC] 考慮する期間中における構造物の点検、補修、補強など維持管理の方法やその頻度について、明示することが望ましい。

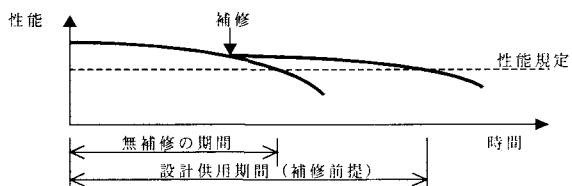
【解説】

(1) 構造物の性能の照査は、一定の期間中に所要の性能を満足するか否かを確認する行為である。したがって、構造物の性能照査を行う場合には、その期間の長さを定めなければならない。

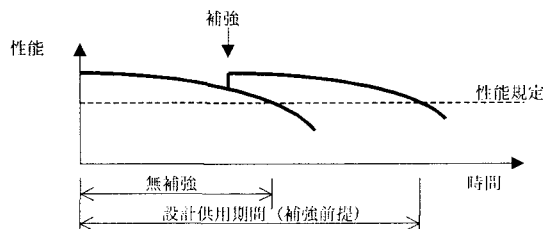
(2) 照査で考慮する期間中における構造物の特性の時間による変化とは、例えば、環境的影響による材料劣化に起因するものや、偶発作用等による構造物の損傷に起因するものがある。このような構造物の特性の変化が想定される場合は、この影響を考慮しておく必要がある。



(a) 設計供用期間中に補修補強を行わない



(b) 設計供用期間中に補修を前提とする場合



(c) 設計供用期間中に補強を前提とする場合

図-3 時間と構造物の性能の関係

(3) ここで、補修とは、経時変化による構造物の性能低下に対する抵抗性を改善する行為であり、いわゆる延命対策をいう。また、補強とは、構造物の力学的性能を現状よりも向上させるための対策を講ずる行為をいう。

時間と構造物の性能の関係を図-3 に示す。図-3 では、照査に考慮する期間として、設計供用期間を設定している。

3.3.5 構造物の重要度 (Significance of structures)

(1) [REQ] 構造物の重要度は、建設費用や、構造物の便益の大きさ、緊急時の必要性、代替施設の有無などに応じて決められなければならない。

3.4 照査の方法

4. 照査の方法 (Verification procedures)

4.1 許容される照査方法 (Allowable verification procedures)

4.1.1 一般 (General)

(1) [REQ] 照査では、構造物が3章で示した性能規定を満たすことを示さなくてはならない。

(2) [REQ] 照査は4.2節に定める照査アプローチAまたは4.3節に定める照査アプローチBのいずれかの方法で行わなければならない。

【解説】

(2) 照査方法は2通りであることを明記している。設計に際して、照査アプローチA、Bのいずれを採用するかは、設計者の判断による場合が多いと考えられるが、事業者が指定する場合もあり得る。また、事業者が照査法を指定した場合でも、設計者が別の照査アプローチを提案することもある。本包括設計コードでは、どちらの照査アプローチを採用するかについては規定しないが、採用する照査アプローチが定めれば、4.2節または4.3節の規定を遵守しなければならない。

4.1.2 設計者 (Designers)

(1) [REQ] 設計者は、当該構造物の設計に関する分野の専門技術に精通した者でなければならない。

(2) [REC] 設計者は、適切な公的機関が認定した当該分野の専門技術者資格の保有者であることが望ましい。

【解説】

(2) 照査アプローチBで使用する固有基本設計コード（または固有設計コード）では、必要に応じて、特定の専門技術者資格を明確に指定するのがよい。

4.2 照査アプローチA (Verification approach A)

(1) [REQ] 構造物の性能照査に用いる方法に制限はないが、設計者は当該構造物が本包括設計コード3章に定められた性能規定を一定のある適当な信頼性で満足することを証明しなければならない。

(2) [REC] 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。

(3) [REC] 構造物設計報告書は、本包括設計コード5章を参照して作成されることが望ましい。

(4) [REC] 審査機関は、適切な手順に従い、提出された構造物設計報告書に基づき、構造物が性能規定を満足しているかどうかを評価および判定することが望ましい。

(5) [REC] 審査機関は、審査のために作成された全ての文書を、当該構造物の供用期間中保管することが望ましい。

【解説】

(1) ここでは照査アプローチAを定義しているが、こ

れまで行われてきた設計方法とかなり異なっている。そのため、審査機関の設置やその役割などの体制等については未知の部分が多い。本節では、現時点で考え得るひとつの照査手順を示したに過ぎない。この他にも、「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」といった手順が考えられる。本節(2)以降の規定をすべて[REC]としたのは、こうした不確定要素に配慮した結果である。

(2)「適切な審査機関」とは、事業者、設計者の両方から独立し、中立な立場にある第三者機関のことである。

4. 3 照査アプローチB (Verification approach B)

(1) [REQ] 設計者は、当該構造物の事業者が指定する下位の設計コード(固有基本設計コード(または固有設計コード))に基づいて性能を照査しなければならない。

(2) [REQ] 固有基本設計コード(または固有設計コード)は、本包括設計コードに基づいて適切な手順に従って作成されなければならない。

(3) [REC] 固有基本設計コード(または固有設計コード)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。

(4) [POS] 固有基本設計コード(または固有設計コード)では、構造解析、載荷試験、実験モデルをはじめ、モニタリング、情報化設計・施工、適合見なし規定など、多面的な設計方法を考慮して照査法を定めることができる。

(5) [REC] 固有基本設計コード(または固有設計コード)で適合見なし規定を採用する場合、個々の規定が達成しようとする性能についても記述することが望ましい。

(6) [REC] 固有基本設計コード(または固有設計コード)の作成では、「部分係数による設計法」に基づいた書式を採用することが望ましい。

(7) [REQ] 部分係数による設計法により、固有基本設計コード(または固有設計コード)を策定するときは、ISO2394の規定に従わなければならない。

【解説】

(1) 照査アプローチBでは、固有基本設計コード(または固有設計コード)に基づいて設計が行われる。この節では、これら下位の設計コードが備えるべき要件を規定している。

(2)「適切な手順」とは、例えば、事業者、設計者のいずれとも利害関係を有さない、当該構造物の設計に関する分野の専門技術に精通した者からなる委員会を組織することなどが該当する。

(3)「構造物」のみならず、「部位・部材」にまで言及している。これは、基本的に固有基本設計コード、固有設計コードが従来の設計法に近く、部位・部材の照査を行うことで構造物の照査に替える場合も多いと考えられることに起因している。

(6)部分係数による設計法は、国際標準であるISO2394、土木・建築にかかる設計の基本が推奨している設計法である。

(7)ISO2394の規定とは、第3版(1998)の「第9章 部分係数による設計法(Partial factors format)」に該当する箇所を指す。部分係数による設計法を適用するとき必要な、基本変数、解析モデル、確率論に基づく設計の原則については、ISO2394第3版「第6章 基本変数(Basic variables)」「第7章 解析モデル(Models)」「第8章 確率に基づく設計の原則(Principles of

probability-based design)」に該当する部分を参照しなければならない。また、経験モデルに基づく方法、信頼性に基づく設計の原則、作用の組合せと作用値の評価については、ISO2394第3版の「付属書D 実験モデルに基づく設計(Design based on experimental models)」「付属書E 信頼性に基づく設計の原則(Principles of reliability-based design)」「付属書F 作用の組合せと作用値の評価(Combination of actions and estimation of action values)」に該当する部分を参考にすることが望ましい。

3.5 構造物設計報告書

5. 構造物設計報告書 (Structural design report)

(1) [REQ] 設計者は構造物設計報告書を作成し、発注者/所有者に設計の結果について報告しなければならない。

(2) [REQ] 構造物設計報告書には、設計上重要な事項を記録しなければならない。

(3) [REC] 設計上重要な事項には、設計に関連した主要な情報の要約、構造物の目的、要求性能と性能規定、限界状態、設計上の仮定、作用・外部環境の条件、材料・地盤パラメータの特性値およびその時間変化、構造形式の妥当性、設計計算モデルと設計手順、および各性能規定の照査方法と結果、設計者の氏名と資格などが含まれる。

(4) [REC] 構造物設計報告書は、当該構造物の規模や重要度に応じて、その内容の詳細の程度は異なる。

(5) [REQ] 構造物設計報告書は、当該構造物の供用期間中は、発注者/所有者により保管されなければならない。

4. むすび

2003年5月に完成したcode PLARFOM ver.1について紹介した。特に作用・環境の影響やそれらの組み合わせに関する項など、不十分な記述も目に付く。「ver.1」ということは、これが手始めで、今後多くの人々の協力を得ながら、改定を加えることを意味している。大方のご協力を心よりお願いする次第である。

参考文献

- 1) ISO:ISO2394 General principles on reliability for structure 3rd edition, 1998.6.
- 2) 日本鋼構造協会:土木鋼構造物の性能設計ガイドライン, 2001.10.
- 3) 地盤工学会:包括基礎構造物設計コード 地盤コード2.1 ver.1, 2000.3.
- 4) 国土交通省:土木・建築にかかる設計の基本, 2002.10.
- 5) ISO:ISO13822 Bases for design of structures - Assessment of existing structures, 1st edition, 2001.12.
- 6) 福井次郎:道路橋基礎の性能設計, 基礎工 Vol.29-No.8 pp.17-20, 2001.8.