

I-39

性能設計に関する一考察

北海学園大学 正員 杉本博之

1. まえがき

「性能設計 (Performance Based Design)」という言葉が、急に語られるようになり^{1) - 6)}, かつ新しい設計法として具体的な動きになっている。例えば, 土木学会コンクリート委員会では, 2005年に性能照査型の示方書とマニュアルを公表することを目標としている^{1) 2)}し, 1997年3月24日発表の建築審議会答申「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あり方に関する答申」では, 建築基準を性能規定へと見直すべきであるという答申が出され, 建築基準の性能規定化への方針が定まった³⁾。また, 1995年から3ヶ年の予定で総合技術開発プロジェクト「新建築構造体系の開発」が発足し, 耐震性能だけでなく, 性能を基盤とした自由な市場の醸成を可能とする建築構造設計体系の開発を目指している⁴⁾。

土木関係の鋼構造の設計基準は依然として許容応力度設計法を基本とし, 限界状態設計法への移行はなかなか進まない。最近では半ば冗談で, 限界状態設計法を通り越して, それを包含する形の性能設計へ一気に移行するということまで言われるようになってきている。

許容応力度設計法も, 限界状態設計法も, 許容応力あるいは構造物の種々の限界状態における安全率等で極めて単純な形の性能が規定されており, その意味で性能規定型の設計法との区別は必ずしも明確でないが, 仕様規定型の条項が設計を拘束し, また目標性能が明示されておらず, 目標性能を達成する合理的な設計算法が分離されていないという意味で, 性能設計とは一線を画する。別の言い方をすると, 単に限界状態設計法への移行であれば, 現在の構造設計に関わる社会システムで十分対応できるが, 性能設計への移行であれば, 以下に記述する理由により, 何らかの社会システムの変革は伴わざるを得ない, ということになる。

本論文を書く直接の動機は, 関係者, 友人との性能設計に関する議論の中で生じた『提出された設計が, あるいは一連の施工手順が, あるいは完成された構造物が, あるいは構造物の供用期間中の維持管理体制が, 目標性能を達成しているかどうかの「検査」, 「照査」は誰が行うか?』という疑問である。官が行うのか? あるいは, 民 (コンサルタンツ, ジェネコンあるいは橋梁メーカー) に性能保証が要求されるのか?

一方で, 今国内では, ISO2394 (General principles on reliability for structures) に関する議論も活発に行われている。これは, 信頼性理論に基づく構造設計について書かれたものであり, 冒頭部分に,

Reliability is considered in relation to the performance of the structure throughout its design working life.
と記述されているように, 性能設計を基本にしていることが分かる。

また, ISO (International Organization for Standardization) 関係では, 製品の品質管理に関係する ISO9000 シリーズの認証をとることが土木関係の種々の企業でも多数行われている。この ISO の認証は, 国内では JAB (財) 日本適合性認定協会, The Japan Accreditation Board for Quality System Registration から認定された日本海事協会品質システム審査登録部門, 日本品質保証機構のシステム審査本部, 日本規格協会の品質システム審査登録センター等の認証機関から得るものである。これらの認定機関 JAB あるいは認証機関等は, 官ではなく民間の第三者機関であることは, 当事者は当然周知のことであるが, 一般には意外と知られていない。さらに, ISO 方式とは,

「国際的に統一された方式による民間の第三者検査体制」

を意味する⁷⁾ともいわれることがある。これは重要な点と思われるが, 必ずしも十分に認識されているとは思われない。つまり, ISO2394 は性能設計であり, それを受け入れるということは, 原則として民間の第三者検査体制の受け入れを意味することになる。現状では, 対応する機関は存在しないことは明らかであるの

で、性能設計への移行には、何らかの社会システムの変革が必要ではないかということになる。

この関係の議論が必ずしも整理されていないのではないかという観点から、この論文は書かれている。

本文は、性能設計と第三者検査の関係、および第三者検査機関をまず説明する。そして第三者検査機関としての船級協会および日本海事協会について少し詳しく説明し、最後にあとがきでまとめる。

本文が、少しでも今後の議論の参考になれば幸いである。

2. 性能設計と第三者検査

性能設計を取り入れるメリットは、「新しい技術の開発を促したり、新製品や新材料を採用しやすくなる」^{4) 6)}、あるいは堺によると²⁾、①設計の自由度を大きくすることができる、②大きな設計枠組みの中で、技術の発展レベルに応じた合理的な設計を可能にする、③新しい技術の適用を容易にする、④構造、耐久性、景観に関する設計および施工計画の検討を統一的に扱うことができる、⑤コストダウンを可能にする。等が指摘されている。これらは、性能設計が定着し、熟成した段階で期待できる事柄であり、ある意味では理想像であるが、現在の設計体制に対するアンチテーゼ的な問題提起でもあり、尊重すべき知見と思われる。

既に発表されている文献²⁾⁴⁾⁶⁾を参考にして性能設計による設計フローを書くと、図-1のような流れが考えられる。左側の流れは、従来の設計の流れと外見上変わる所はないが、最初の部分に「性能規定」の作業が入る点が大きく異なる点である。ここで「要求性能」とは、構造物に要求される機能等の社会条件、外力等の自然条件、および周辺環境条件を考慮して要求される性能であり、「目標性能」は要求性能を満足するために設計に設定される性能と定義される⁴⁾。この中で、従来と大きく異なる点は、構造計画、構造設計、施工管理、竣功時の状態、およびその後の維持管理それぞれにおいて「性能表示」が求められることである。これは、また、性能表示のための種々のツールの開発が伴わなければならないことを意味する。なお、図には一方向のみの流れしか書かれていないが、実際には種々のケースに対応する設計変更等の逆の流れも当然あるべきであるし、それらに対して迅速かつ柔軟なシステム形成が要求される。

さらに、現状と異なるもっとも大きな点は、各段階毎に表示された性能を評価する「性能評価」の内容、および「誰がこれを行うか」という点になる。

この点に関して、土木の関係者と建築の関係者では表現が微妙に異なる。緑川³⁾は、建築確認・検査制度における民間の役割拡大の重要性を指摘し、第三者性に言及している。また、前記した総合技術開発プロジェクト「新建築構造体系の開発」の研究課題は、①目標性能設定のための技術開発、②保有性能を明確に評価するための技術開発、③性能を基盤とした設計法が円滑に機能するための技術者、第三者チェック制度に関する社会システムの提示、となっており⁴⁾、藤谷はさらに社会システムに関する記述の中で第三者による品質管理システムに言及している。このように、建築関係では、第三者検査を意識しながら性能設計の導入が検討されていることが伺える。

一方、土木関係では、第三者検査に対する意識は希薄であり、堺は、それを「照査システム」という表現に止め、上記の総合技術開発プロジェクト「新建築構造体系の開発」の研究課題③の紹介でも社会機構という表現に止め、第三者チェックという言葉は紹介していない²⁾。また他では、性能保証を設計者や施工者に求め、伴うリスクは保証会社が負担するという議論の紹介もある⁶⁾。この時、保証会社に対する性能評価は誰がするのかという議論は紹介されていない。

以上の、建築と土木の「性能評価」に対する表現の差は、扱う対象物が、「民」的なものと「公」的なものである差によるものとも考えられる。この点に関しては、あとがきで簡単に触れる。

土木で扱う構造物が、一般的に公共構造物であり、その意味で第三者検査システムの100%の導入が難しいのではないかという議論は説得力があるが、その前に、性能設計が現状の体制の中に導入された場合、「性能評価」が可能であるかどうか簡単に考察してみる。

「性能評価」は誰が行うことになるにせよ、その結論に至るプロセス、システム、評価ツールには第三者性が要求される。それは、「官」で可能であろうか？「民」で可能であろうか？

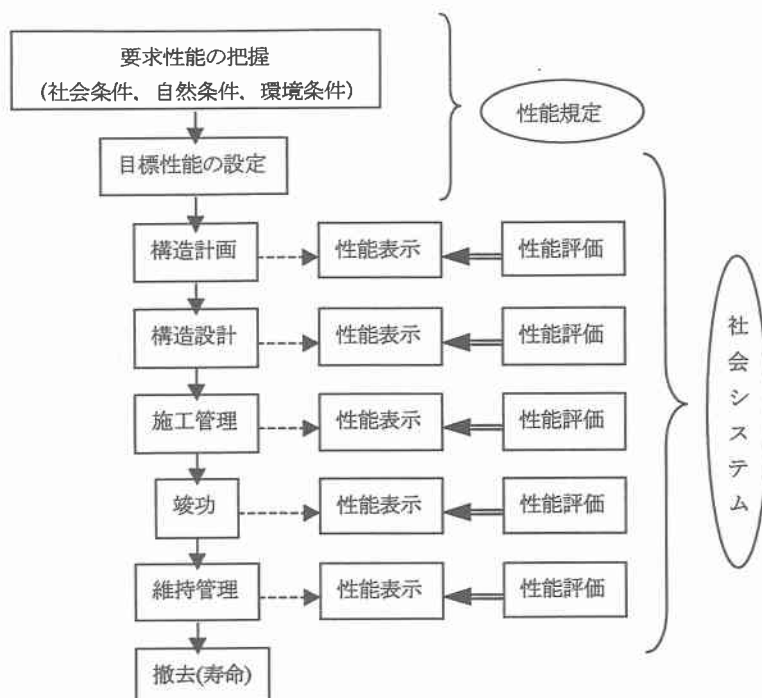


図-1 性能設計による設計フロー

性能設計が社会に定着した時、性能の評価をする機関には、その時代の最先端の「技術の蓄積」と、その技術力を駆使できる質量共に優れた「技術者集団」、かつきわめて高い「第三者性」が要求されると思われる。

行政の専門技術性において、行政機関がその優位をもっとも主張しうるのは、「個別的な法令の適用における判断にとどまらない政策的行政的判断の基礎となるような専門知識」という側面であり、「各分野毎の専門的知識、技術的知識そのもの」は非法的専門知識というものであり、民間において蓄積され、必ずしも行政の独占物ではない、と行政法学の分野では考えられている⁸⁾。

土木分野における現状を見ても、一部の専門分野で「学」において先端技術が保持されている以外、かなりの部分は「民」に先端技術が蓄積されているといっても過言でないであろう。現状の「官」の体制は、上記の定義に関わる優秀な行政官の育成を目的とし、必ずしも優秀な技術者の育成は目的とはしていない。

一部に公的な研究所等に高い技術の蓄積がなされているが、少なくとも性能照査の主体機関としての「量」が十分とは到底考えられない。「官」の第三者性については後記する。

では、一部に議論されているような、目標性能の達成の義務を設計者や施工者に負わせ、そのリスクを保証会社が支払う⁹⁾というシステムはどうであろうか。この場合、リスク回避のため設計が極めて保守的になる可能性が強く、性能設計導入の本来の理念が失われる可能性を否定できない。そのためにも、性能照査は設計者や施工者から独立した第三者機関が望ましいと考えられる。さらに、保証会社のリスク代替を認めた場合、保証会社に対する性能の保証はどこが行うのであろうか？これは、後記するLR(Lloyd's Register)の歴史からも明かなように、やはり第三者検査機関にならざるを得ないのではないだろうか。

次に第三者検査機関について、簡単に説明する。

3. 第三者検査機関

ISOの定義によれば、第三者(third party)とは次のように定義される⁷⁾。

「当該問題に関して、当事者と無関係であると認められる人または組織体。」

ここで、当事者は、供給者（第一者、first party）及び購入者（第二者、second party）である。

また、この第三者検査機関が行う認証と認定の関係は以下になる⁷⁾。

認定が最高の行為であり、認定された諸機関（第三者機関）とその要員によって認証が達成されて、第三者機関は適合の活動を客観的に評価し、証明書を出して認証し、要すれば、認証された状態が継続されていることを監視する。

性能設計が定着した場合の性能評価をする機関の要件として、「技術の蓄積」、「技術者集団」及び「第三者性」の三つをあげ前二者について「官」、「民」の適合性について、前節で検討した。

最後の「第三者性」について、「民」が適合しないことは明らかである。しかし「官」はどうであろうか。行政府そのものは、自己保存、自己拡大の本質を持っていることは昔からいわれている。また、中央官庁および地方行政府の、最近明らかになった一連の不祥事件をみると、その「動機」、「動機を達成するための過程」、「不祥事が明らかになった場合の事後処理」どれを見ても、少なくとも報道されている範囲において、これらの「官」的な組織が、少なくとも国民の側に立った中立性を保っているとは考えづらい。

以上より、現在土木・建築でいわれている性能設計のための性能照査の資格を備えた機関は、現状では存在しない、と考えざるを得ない。

ところで現在、第三者機関として国際的に活動している船級協会、および日本の船級協会である日本海事協会という組織がある。この組織は、今後の性能設計のための社会システムを検討する時に多に参考になると思われるので、以下にその内容を紹介し、今後の議論の参考としたい。

4. 船級協会と日本海事協会⁹⁾

船級協会と日本海事協会について以下に簡単に紹介する。書かれた内容は、日本海事協会研修所長荒井宏範氏との面談（1998年9月1日）、及び氏より提供を受けた文献⁹⁾等によっているものである。

4. 1 LR (Lloyd's Register) 協会と世界の船級協会

LR 協会の出現は、14 世紀から隆盛を極めた海運業のための海上保険業と密接な関係がある。

1688 年にロンドンに開店したといわれる Lloyd's Coffee House には海運業関係の人が多数集まり、情報交換の場となっていた。店主の Edward Lloyd(1648-1713) は、Coffee House の経営のかたわら開運関係の情報を集め、それを Ship's List という名で客に情報を提供していた。

その後、この店に出入りしていた海上保険業者は組合を結成し、Corporation of Lloyd's と名付け、1760 年には関係者で委員会を設立し、Register of Shipping という船名録を作成した。この年をもって、LR 協会の創立の年としている。

その後、世界の船級協会の中心として発達して来て世界船腹の 20% は LR 協会に登録されている。

船級協会は 1 国 1 船級協会の体制をとっているが、LR (英国)、NK (日本)、ABS (アメリカ)、DnV (ノルウェー) が主要な船級協会で、世界船腹の 70% 強はこれらの船級協会に登録されている。

各海事協会は、各国の政府から検査の代行権限を与えられており、一つの船級協会への登録はそれらの国でもそのまま有効となる（これを、One-stop certification という）。

4. 2 船級協会の業務内容

船級協会の主要な業務は、検査とその結果によって等級を付けることであるが、登録検査を受ける船舶の製造者は、工事の着手に先立ち、必要な図面および書類を提出し承認を受ける必要がある。

船級協会の業務内容を説明すると以下ようになる。

- 1) 船級検査業務：船級協会の業務の主要な部分であるので、少し詳しく引用すると以下ようになる。
 - イ) 船舶の安全性を維持させるための規則を制定し、これを公表すること。
 - ロ) 公表された規則に基づいて、船体の構造および機装、機関の構造および設備、ならびに電気設備について検査を行い、これらに適合していると認められれば船舶の資格を示す符号（船級符号）を与

えて船級の登録を行うこと。船級協会の主な収入源は、この検査手数料収入による。

ハ) 船級の登録を受けた船舶を、その船級が維持される間、公表された規則に基づいて検査すること。

ニ) 船級の登録を受けようとする船舶および船級の登録を受けた船舶に使用される材料、機器、艤装品などを公表された規則に基づいて検査すること。また、これらの検査を行うための材料試験機の検査を行うこと。

ホ) 船級検査の結果をもとにして、船級船の船級符号等を記載した船名録を定期的に発行すること。

2) 設備検査業務

3) 国際条約等に関する業務：国際条約に関する検査および証書の発行業務等。例えば満水喫水線条約(タイタニックの事故を契機に制定された。1912年)等。

4) その他の技術サービス：受託計算サービス等。ISO9000 シリーズの認証業務はここに含まれる。

4. 3 日本海事協会

明治維新後、政府は海運業および造船業が極めて弱体であり、国の近代化のためには、これらの産業の充実が必須であることを痛感し、1899年帝国海事協会を創立した。LR協会の例に取るまでもなく、他国の船級協会が民間の第三者機関として発達してきたのとは大きく異なる点である。

その後、第2次世界大戦の敗戦後現在の日本海事協会と改名され、現在に至っている。その間、1934年に日本の船級協会として認められ、1936年に社団法人から財団法人に改められている。

日本海事協会の行う船級検査は、船舶安全法(1923年)及び海洋汚染および海上災害の防止に関する法律(1970年)により、国の検査と同等とみなされる。これは、日本海事協会が国の検査業務を代行するのではなく、立法者が、日本海事協会の行う船級検査が国のなすべき検査と同等と判断していることを意味する。

日本海事協会の職員数は、1996年10月1日現在、本部・研修所309名(内検査員161名)、研究センター62名(内検査員36名)、国内支部262名(内検査員179名)、海外事務所・出張所234名(内検査員132名)、合計867名(内検査員508名)である。

検査員は大きく船舶検査員と専門検査員に分けられ、船舶検査員は船舶すべての検査、専門検査員は、電気、原子力、材料、溶接、材料試験機の6つの専門分野を担当する。検査員のための特に公的な資格はなく、協会内部の検査員選任規則に基づいて選任される。各職員の大学での高度の専門教育、入会後の教育、経験により協会の高度な技術力が保持されていると考えられる。

検査員には、公正な第三者として船舶を検査し、船主、その他の関係者の便宜を図る要となる立場に立つことが要求されている。

4. 4 船級取得の意味

船級検査は任意検査である。にもかかわらず、世界中の航洋船舶の殆ど全てがいずれかの船級協会の検査を受けて船級を取得しているのは、以下の理由による。

1) 商船にとっては海上保険が必要不可欠のものであり、一方、保険業者は一流の船級協会の船級を取得している船舶に対して保険上優遇措置をとっていること。

2) 商船の検査に関しては、船級協会は歴史が古く、多年にわたる経験と実績を政府も認めて、範囲に制限はあるが、船級協会が行った検査に合格すれば政府検査を省略していること。

3) 船舶所有者が造船業者に船舶の建造を発注する際、一定水準以上の安全性のある船舶を入手するため、船級の取得を要求すること。

4) 船級を取得している船舶は、そうでない船舶と比べて交換価値が高いこと。

4. 5 技術規則の基本的な考え方と鋼船規則

技術規則の基本的な考え方は、次のように説明されている。

船体や強度に関する規定については、まず、構造部材あるいは構造部品の力学的な挙動を把握し、波浪外力や慣性力等の想定(実例、統計解析等)を行い、その構造応答に解析(理論計算、実験検証等)、さらに強

度判定（降伏，変形，座屈，疲労，破壊等に対する安全率，損傷確率あるいは信頼性評価等）の手順にしたがって強度の検討を行う。

また，規定が改定され，既存の船舶では対応できていない場合は，新しい規定は溯って適用され，年限を限って補強が義務づけられる。

鋼船規則は，鋼船の船級を登録するための規定で A 編から V 編まで別れている。関係のある部分だけ簡単に紹介する。B 編は船級検査に関する規定で，イ）製造中登録検査，ロ）製造後の登録検査，ハ）船級維持検査（年次検査，中間検査，定期検査，船底検査，ボイラ検査，プロペラ軸および船尾管軸の検査，機関計画検査）についての規則が記述されている。K 編は材料に関する規格が定められている（JIS 規格は適用されない）。P 編は，貨物の輸送を主目的とはせず，特定の作業に従事する鋼製の浮遊式構造物または特定の海域において長期間または半永久的に保留される鋼製の浮遊式構造物に関する規定である。浮体空港，メガフロート，深海掘削船等が該当する。

以上，説明，紹介した船級協会は，土木・建築の性能設計のための照査機関として，あるいは一つの社会システムとして，全てそのまま受け入れ得るものではないが，第三者機関として十分に機能しているということ，またその業務内容のかなりの部分は非常に参考になると思われる。

5. まとめ

性能設計が定着した場合，性能の評価は誰が行うのか，という点に関し関連の資料を参考にしながら検討を加えた。それは，性能評価を行う機関には，「最先端の技術の蓄積」，「質量共に優れた技術者集団」，および「第三者性」が要求され，現状では該当する機関は存在しないと考えられるからである。

そこで，ISO 方式との関連で第三者機関について説明し，現在機能している船級協会，日本海事協会について言及した。船級協会は，海運業における保険が大きな動機になっている機関であり，必ずしも我々が対象とする公共事業とはなじまないかもしれないが，商船の設計を事前から完成後の維持管理まで完全に検査し，掌握している業務内容は，大いに参考になると考えられるからである。また，公共事業においても保証会社によるリスク負担が議論される⁹⁾ 今日であるから，船級協会の紹介は必ずしも外的外れとは思わない。

しかし，安全に関する第三者検査に関しては，官民の機能分担への配慮が必要であり，「最小限の安全の確保は国家，とりわけ行政機関の責任においてなされなければならない。したがって，重大事故の起きる可能性のある領域については，許可制度ないし行政上の検査制度による事前のコントロールが不可欠であろう。」という議論もある⁹⁾ ように，上記の三条件を考慮した上での官民の機能分担，協力関係の確立の議論も必要であろう。その場合も，ISO 方式を受け入れている現状では，民間の第三者機関に関する議論は避けて通れない重大な点であろうと考えられる。そのために，本文が何らかの議論の参考になれば幸いである。

本文作成に当たり，多くの方との議論が参考になった。特に本文中にも書いた日本海事協会研修所長荒井宏範氏には，ご多忙中長時間を割いていただき，資料をいただいた。末筆ではあるが，謝意を表したい。

参考文献

- 1) 岡村甫：性能照査型基準について－耐震設計－，コンクリート工学，Vol. 35，No11，pp. 6-7，1997.
- 2) 堺孝司：性能照査型設計法の行方，橋梁と基礎，97-8，pp. 73-83，1997.
- 3) 緑川光正：建築構造基準の性能規定化とは，鉄鋼技術(STRUTEC)，1998-2，pp. 56-61，1998.
- 4) 藤谷秀雄：性能を基盤とした新構造設計体系，土木学会誌，Vol. 83，pp. 36-39，1998.
- 5) 岡田恒男：建築における性能設計，コンクリート工学，Vol. 35，No11，pp. 4-5，1997.
- 6) 何でも一問一答(技術基準)，NIKKEI CONSTRUCTION 1997. 4. 25，pp. 132-133，1997.
- 7) 石谷清幹：第三者検査機構の意義と我が国の動向 前編－認証の基本概念と発端－，日本船用機関学会誌，第32巻，第7号，pp. 463-466，1997.
- 8) 小野寺眞作，稲垣道夫編著：第三者検査－転換期における我が国の行動指針－，産報出版，1997.
- 9) 日本海事協会：本会業務の概要，日本海事協会研修所，1997.