

九州地区における建築構造設計技術者の コンピュータ支援設計システムに関する意識調査

Awareness Survey of Structural Engineers on Computer-assisted Design in Kyushu

○江口 翔* 原田 幸一** 山成 實***
EGUCHI Sho HARADA Kouichi YAMANARI Minoru

ABSTRACT Structural design procedure in Japan is said rather strict and complicated because Japan stands on a typical seismic area in the world. Nowadays, most structural engineers work for structural design with some computer software as useful tools. However, it is concerned that such programs would not be training tools for the beginners on structural design in spite that those have very high performance in the practical design field. The authors conducted to survey on awareness of structural engineers in Kyushu, Japan with respect to their use style, bright side, dark side, and required points of computer assisted programs they usually use. This paper shows the state of the art of computers softwares which structural engineers in Kyushu, Japan and their awareness of the programs.

Keywords: 建築構造設計, 設計システム, アンケート調査
Structural Design, Design System, Enquete Research

1. はじめに

本研究は、九州地区の建築構造設計実務者を対象としたアンケート調査を行い、その調査結果に基づいた設計ツールの現状と構造設計技術者の意識を把握し、それに対する分析並びに考察を行うものである。

2. 研究の背景

1980年代以降、コンピュータ・構造計算プログラムの飛躍的な進歩により、建築構造設計は経験の長短に関わらず誰でも計算可能となったが、数々の問題が指摘されてきた^(1,2)。2005年11月の構造計算書偽装事件を受けて、直ちに2007年6月に建築基準法が、2008年11月には建築士法が半世紀を得て改正された。構造計算書偽装事件の直後には構造技術者をとりまく現状に関するアンケート調査が行われている⁽³⁾。建築基準法改正前後には一般の消費者意識について、建築確認やその対策、それに伴う業務内容の変化に関するアンケート調査が行われている⁽⁴⁻⁹⁾。更に建築

士法改正前後には資格対策や人材育成に関するアンケート調査が行われている⁽¹⁰⁻¹³⁾。既往のアンケート調査の概要を表1に示す。

この事件は遅かれ早かれ起こると予想されたものと考えられる。建築構造設計業務のあり方が問題視されていたことは周知の事実である⁽¹⁴⁾。このことを真摯に受けとめて行政をはじめ、業界において再発防止策が打ち出されて今日に至っている。その一つがコンピュータ利用を前提とした構造計算書作成の過程における、データ改ざん防止が実現できるソフトウェアの開発であり、再発を防止する上で最大の使命となっている。

一方、構造設計者にとってコンピュータ構造計算プログラムは熟練者に対して省力化できる便利な道具であるものの、初学者や初心者に対してはいわゆるブラックボックスとして存在する。構造設計の仕組みを深く理解できていない初学者に対してもソフトは設計解を提供してくれる。また、従来の大匠認定プログラムは開発者と利用者

* 熊本大学大学院自然科学研究科博士前期課程 建築学専攻
(860-8555 熊本市黒髪 2-39-1) 準会員 (学生)
** 熊本大学大学院自然科学研究科博士後期課程 (同上)
*** 工博 熊本大学大学院自然科学研究科 准教授 (同上) 第2種正会員
本論文の一部は日本建築学会大会学術講演梗概集 (構造), 2009 に発表

表 1 既往のアンケート調査の概要

年月日	日経アーキテクチュア記事 アンケート内容	調査対象	文献
2005.11.17	構造計算偽装事件		
2006.2.27	構造技術者の転機 現状	JSCA, 設計事務所 建築会社, 確認検査機関	(3)
2006.4.24	これでいいのか再発防止策 改正案の是非	日経読者	(4)
2006.11.13	偽装事件の発覚から1年 消費者の意識	消費者	(5)
2007.6.20	建築基準法改正		
2007.7.9	視界不良の建基法大改正 実務者の困惑	日経読者	(6)
2007.8.13	動かない建築確認で大混乱 実務者の困惑	日経読者	(7)
2007.9.10	改正法対策待ったなし 生産プロセスの見直し	日経読者	(8)
2007.10.22	建基法不況 滴判制度	JSCA	(9)
2008.7.14	改正建基法の呪縛 萎縮する実務者	日経読者	(10)
2008.9.8	改正土法に備える 人材育成・確保	日経読者	(11)
2008.11.24	早わかり改正建築士法 土法施行後は?	日経読者	(12)
2008.11.28	建築士法改正		
2009.2.23	建築士再強化の船出 インターンシップ制度	設計事務所, 建築会社 大学	(13)

の乖離となり利用者の都合の良い解釈のモデル化が行われているようになっていいると考えられる。それは確認検査機関の審査にも同様の影響があったと考えられる。

また、一貫構造計算プログラムは構造関連の法規や規準を満足することに終始し、構造計算書出力量に代表される膨大な情報は解の適正さの判断を困難なものとしている。これは構造設計者の職能や業務のあり方によると考えられる⁽¹⁴⁾。

3. 研究の展望

少子高齢社会・大量定年時代を迎え、優秀な構造設計技術者の育成が求められている今、設計初学者養成プログラムの開発は必要不可欠である。また、混沌とした構造設計業界において、より熟考された構造設計を行うためにはコンピュータが導きだした解の検討が容易に行えることが求められている。建築設計の専門化による弊害を解決するために計画設計者に理解しやすい提示型プログラムも必要と考えられる。

以上の点から、本研究では初学者の育成に有効な機能を有し、設計解が複数解得られることで、適正解の探索^(15,16)が容易に行え、さらに出力された設計解の計算をたどれ、ブラックボックスを解消するようプログラムに透明性を持たせた、新たな構造設計システムを提案する。ここでの適正

解とは、最適解の評価基準である重量やコストだけでなく、設計者の判断を解の評価に取り入れたものである。近年の鋼構造年次論文集で報告された設計者の意思決定を最適設計に取り入れる方法に共通する考え⁽¹⁷⁾ではあるが、適正解は複数の設計解が出力された後に設計者が判断を下し、決定した解を指しており、従来の最適設計解とは異なる性質をもつ。なお、本研究では、構造設計業務を支援するシステムを設計システムとし、そのシステムの中で用いられる特定のソフトを構造計算ソフトと呼称する。

4. アンケート調査

4.1 調査目的

新人教育は今や構造計算ソフトを用いて行われることから、構造設計初学者の育成に有効な機能を有した新たな構造計算ソフトが必要であると著者等は考えている。しかし、果してそのようなソフトが構造設計実務者の求めるものであるかを示す調査結果は存在しない。そこで、求められているソフトの概要を把握するのがこのアンケート調査であり、設計システムの実態や設計判断の要点、初学者教育に関する意識調査を行うことを目的としている。

4.2 調査対象

このアンケート調査は熊本のNPO法人建築性能情報会議(KPIC)と、社団法人日本建築構造技術者協会(JSCA)九州支部の正会員を対象に行われた。KPICもJSCA九州も豊富な実務経験を有する会員で構成されており、このアンケートの結果は構造設計熟練者の意見を代表しているといえる。また、新人教育に関する項目において、新人の定義を特別行っていないが、アンケートの文脈から、熟練者からの教育を受けている実務者を新人の対象としている。なお、本研究は本来、全国調査を行うものであり、本論文ではその前調査として対象を九州地区に限定している。

4.3 調査方法

本調査では電子メールにてアンケートシート(Excel)を送付依頼し、回答を返信してもらう方法を採用した。予備調査としてKPIC会員へ調査を行い検討した結果、質問項目及び内容が有効であると判断されたのでJSCA九州正会員を対象とした本調査を行った。回答はメールによる返信で受け付けた。回答者からのメールアドレスが判るので実質上、本調査は記名式に属する。

4.4 調査内容

アンケートは 29 の質問項目があり、回答者自身の情報や利用しているソフトに関する質問、次に、新人教育や自己研鑽に関する質問、最後に、設計ツールへの意見や将来の構造設計システムに関する意識調査で構成されている。内容は以下のとおりである。

＜現状把握＞

「Q1 年齢」、「Q2 勤続年数」、「Q3 勤務地」、「Q4 勤務先」、「Q5 従業員数」、「Q6 本人の業務内容」、「Q7 あなたが担当する物件の数(月間平均)」、「Q8 設計した建物の規模(平均値)」、「Q9 利用ソフト」、「Q10 一貫計算ソフト名」、「Q11 構造解析ソフト名」、「Q12 断面計算(二次部材も含む)ソフト名」

＜新人教育＞

「Q13 新人教育に用いるソフトをお答えください。」、「Q14 何年経験させてから物件担当を任せますか。」、「Q15 新人教育で行っていること」、「Q16 新人教育での問題点」、「Q17 自己研鑽の個人的活動」、「Q18 自己研鑽の組織的活動」、「Q19 今利用しているソフトの利点」、「Q20 今利用しているソフトの欠点」

＜設計判断等＞

「Q21 設計判断の要点」、「Q22 ソフトの有用性(設計判断に関して)」、「Q23 ソフトの有害性(設計判断に関して)」、「Q24 一貫計算ソフトに対する不満についてお答えください。(自由記述)」、「Q25 設計解の数について」、「Q26 プロユースとビギナーユースについて」、「Q27 システムをブラックボックスにしないためには」、「Q28 データの透明性について」、「Q29 構造計算あるいは構造設計システムに関して要求される機能や性能(自由記述)」

5. アンケート調査結果

本調査の調査総数、回答数、および回答率を表 2 に示す。回答は単一選択のものと複数選択のものがあり、複数解の結果については全体の回答数に対する割合を示しているため、合計が 100% を超えた表現になっていることに注意したい。

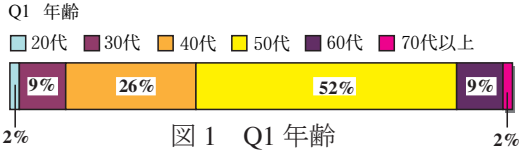
表 2 対象別の調査数及び回答数

対象	調査数	回答数	回答率(%)
KPIC	45	6	13.3
JSCA 九州	330	48	14.5

5.1 基本情報

図 1 にみられるように、回答者の年齢は 4,50

代が多くを占めた。勤務地は福岡県が 45%、勤務先は構造設計事務所が半分以上を占めた。従業員数も 1 ～ 5 人という回答が多かった。担当する物件数(月間平均)は 2 ～ 3 件が 47%、設計した建物の規模は 1,001 ～ 5,000m² が 48% と多く、小規模の建物は少数であった。



利用ソフトはほぼ全員が商用ソフト(93%)を使用しており、その補助として自作ソフト(23%)やフリーソフト(18%)を用いているという結果を得た。図 2~4 にみられるように、商用ソフトは一貫計算ソフトを使用しているという回答が多く、続いて断面計算や任意形状立体構造解析ソフトという回答が多かった。自作ソフト、フリーソフトは共に断面計算ソフトという回答がほとんどであった。商用ソフトにおいて一貫計算ソフト(S1 等と示す)は S1 がもっとも多く使われており、全体の 49% を占めた。構造解析ソフトは様々で

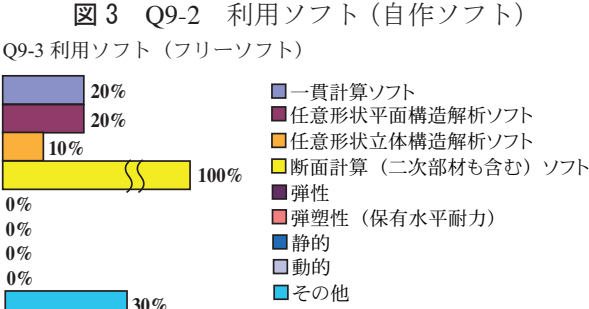
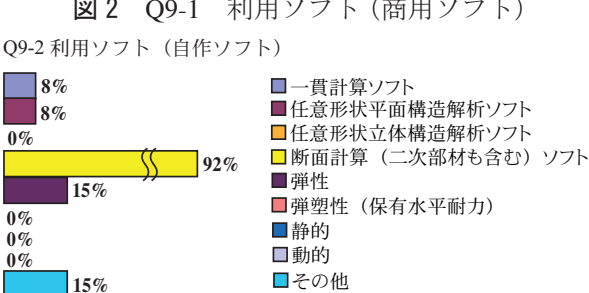
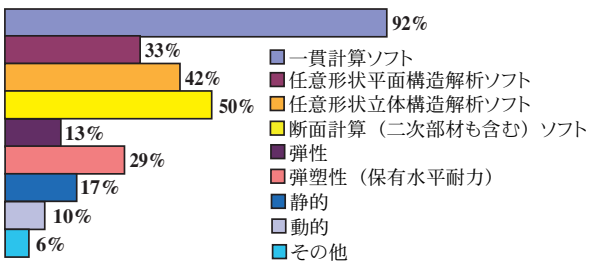


図 4 Q9-3 利用ソフト(フリーソフト)

あった。また断面計算ソフト(D1等と示す)は、D1が77%と圧倒的に多かった。

図5にみられるように、新人教育に用いるソフトは一貫計算ソフトが95%、構造解析ソフトや断面計算ソフトもほぼ同数の回答を得た。これは特定のソフトが主に使われている傾向が見られないことから、今の一貫計算ソフトが必ずしも新人教育に向いているわけではないが、他に新人教育に適したソフトがないことを示している。自作ソフトという回答もあり、新人教育に対するソフトのありかたに様々な意見があると窺える。

Q13 新人教育に用いるソフト

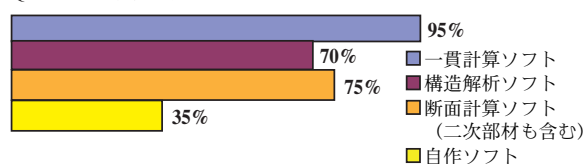


図5 Q13 新人教育に用いるソフト

「何年経験させてから物件担当を任せますか？」に対して1～2年と2～4年という回答が多数だった。新人教育で行っていることは、「設計の模倣」(25%)と「マンツーマン教育」(24%)が最も多く、続いて「講習会に参加」(23%)という回答があった。また、図6にみられるように、新人教育での問題点は、「計算機に頼りすぎる」という回答が多く59%で、そのほかには「自主的に勉強しない」、「手がかかる」、「設計の流れが理解できていない」などの回答があった。

Q16 新人教育での問題点

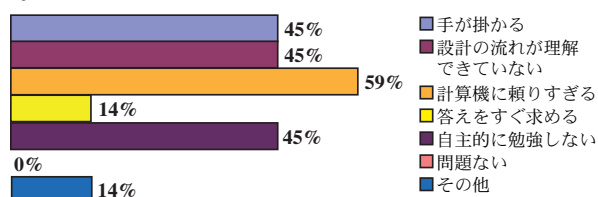


図6 Q16 新人教育での問題点

図7にみられるように、今利用しているソフトの利点として最も多かった回答は「ユーザが多い」であり、他には「サポート体制がよい」、「使い勝手がよい」、「高機能である」がほぼ同数の回答を得た。様々な構造計算ソフトが存在している中で、Q10でのS1の利用率が高い理由がこの設問から分かる。ユーザが多いとする利点の理由は、「ユーザが多いことから安心感を得る」ことや、「疑問や不安がウェブサイトなどでも容易に解消できる」などである。様々な構造計算ソフトがそれぞれ高機能になっていく中で、ユーザは機

能性よりも安心感をソフトに求めていることが推察できる。

Q19 今利用しているソフトの利点

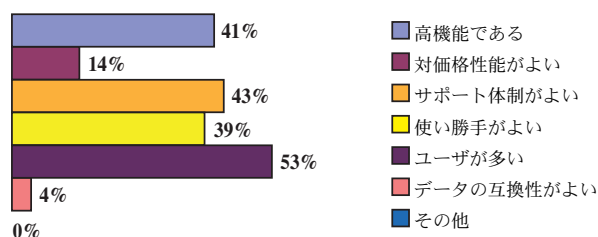


図7 Q19 今利用しているソフトの利点

図8にみられるように、ソフトの欠点として最も多かった回答は「設計者を育てない」であり、他には、「設計解を出すまでの情報が多すぎる」などの回答が多く見られた。多くの設計者が初学者の教育に関して、現状のソフトを用いた新人教育のあり方に疑問を持っていることが分かる。

Q20 今利用しているソフトの欠点

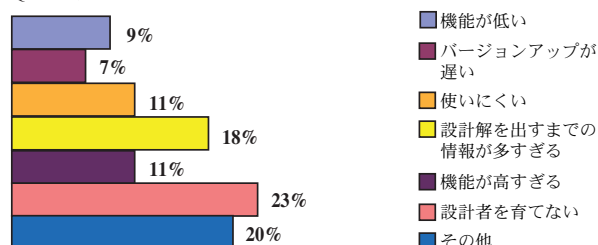


図8 Q20 今利用しているソフトの欠点

図9にみられるように、設計判断の要点に対してすべての回答者が「構造物の安全性」と回答していた。他には「経済性」や「施工性」といった回答も多く見られた。

Q21 設計判断の要点

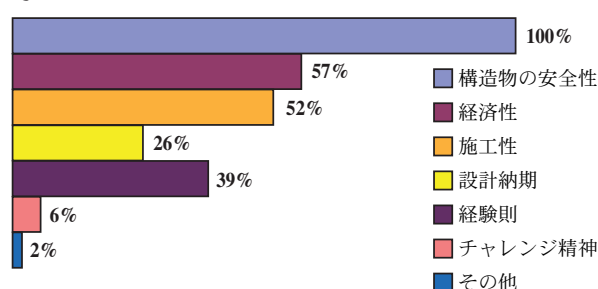


図9 Q21 設計判断の要点

図10にみられるように、ソフトの有用性に関する回答は「作業時間の短縮による設計検討の余裕」と「設計変更が容易である」の2つが多くを占めた。ソフト有用性は多くの利用者が共感しており、構造設計に構造計算ソフトが多く使われている理由もこの設問から明らかである。

図11にみられるように、ソフトの有害性として多かった回答は「ソフトに依存する」(76%)

Q22 ソフトの有用性（設計判断に関して）

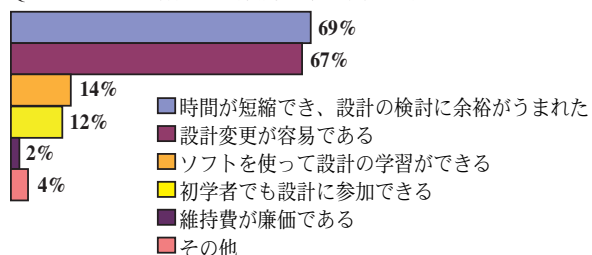


図 10 Q22 ソフトの有用性（設計判断に関して）と「ブラックボックスである」（73%）の 2 つだった。便利ではあるが、それだけで構造設計を学んだ初学者はそのソフトに依存するしかなくなり、新人教育のあり方としてはあまり有効なものではない。またブラックボックスであることが有害であるという回答が多いことから、システムに透明性を求めるという提案は、構造設計者に求められているものであることが分かる。

Q23 ソフトの有害性（設計判断に関して）

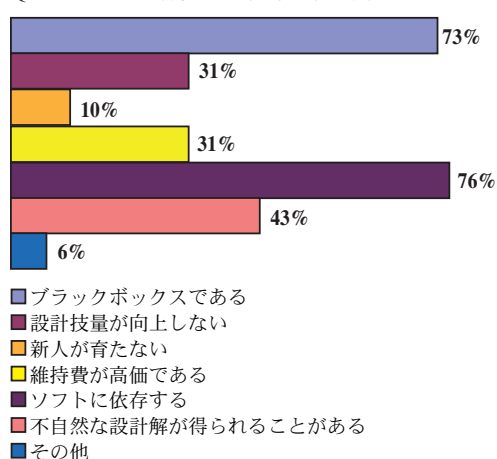


図 11 Q23 ソフトの有害性（設計判断に関して）

5.2 意識調査

図 12 に見られるように設計解の数について「唯一解の出力で満足である」（38%）という回答に対し、「複数解の出力が望ましい」（62%）という回答が多く得られた。設計初学者にとって設計判断は経験の不足と知識の少なさから、非常に難解なものである。しかし、一貫計算ソフトが出力する解は設計可・不可の判定のみであり、単一でしか出力されない解が適正であるのか、初学者の設計判断能力では判別しがたい。出力される設計解が複数になることで、設計者は導きだした解を検討することが可能になり、結果、設計者の設計判断能力が養われることになる。よって設計判断能力を育てるためにも、複数解の出力は有効な手段であり、またそれが多くの実務者が求めていることがこの設問から分かった。

Q25 設計解の数について



■唯一解の出力で満足である

■複数解出力が望ましい

図 12 Q25 設計解の数について

図 13 に見られるように、プロユースとビギナーユースについて、「どちらにも対応できる方がいい」（62%）という回答が、「それぞれに対応する」（38%）という回答よりも多く得られた。ビギナーが利用しやすいソフトということは、それだけデータの出所や計算式が辿れやすく、設計解の検討が行い易いということであり、それらの機能をもつビギナーユースのソフトが結果として熟練した実務者にとっても有効なソフトであることがこの設問から窺える。

Q26 プロユースとビギナーユースについて



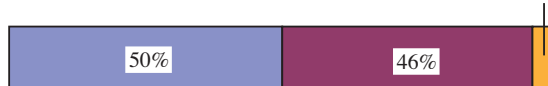
■どちらにも対応できる

■それぞれに対応する

図 13 Q26 プロユースとビギナーユースについて

図 14 に見られるように、システムをブラックボックスにしないために「プログラム記述ができる」機能を求めている回答者が多く 50%を占めていたが、「機能選択ができる」と答えた回答者も 46%になった。

Q27 システムをブラックボックスにしないためには



■プログラム記述ができる

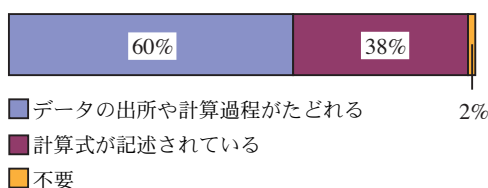
■機能選択ができる

■不要

図 14 Q27 システムをブラックボックスにしないためには

図 15 に見られるように、データの透明性は不要であると回答したのはごく一部（2%）であり、ほとんどの回答者がデータの透明性は必要であると回答していた。透明性は解の検討を行う上で有効な機能であり、設計システムに組み込まれるべき機能であることがこの設問から窺える。

Q28 データの透明性について



■データの出所や計算過程がたどれる

■計算式が記述されている

■不要

図 15 Q28 データの透明性について

6. 分析

新人教育に一貫計算ソフトを用いると答えた回答者の多くが、構造解析ソフトや断面計算ソフトを併用していたので、一貫計算ソフトの仕様の有無を中心とした他の設問とのクロス集計を行って分析する。この設問ではソフト利用を前提としており、一貫計算ソフト以外という項目は構造解析ソフトや断面計算ソフトの利用を指す。

表3は全回答の中で新人教育に関して回答されたものをもとにしている。表3によれば一貫計算ソフトを用いているという回答の中で、新人教育での問題点を「計算機に頼りすぎている」としているものは大半を占めていた。その他にも「答えをすぐ求める」や「設計の流れが理解できていない」という回答が複数解を得ていた。一方、一貫計算ソフト以外を用いているという回答の中では、それらを問題点としているものは一つも見られなかった。ここから見てくる、新人教育という面での一貫計算ソフトの問題点を考察する。

表3 一貫計算ソフトと新人教育

	一貫計算ソフト	一貫計算ソフト以外
新人教育に用いている	16	3
計算機に頼りすぎている	13	0
答えをすぐ求める	3	0
設計の流れが理解できていない	7	0

一貫計算ソフトは設計の手間を大きく省き、スムーズに構造設計を行うことができるソフトであり、今日の構造設計を支えているツールの1つである。しかし、システムがブラックボックスになっていることや、データの出所がたどれないことから、初学者にとっては答えを出すだけのソフトにすぎず、初学者教育に適しているとはいえない。それはアンケートの結果からも窺える。一貫計算ソフトを新人教育に用いている場合、「計算機に頼りすぎている」や「設計の流れが理解できていない」などが挙げられているが、一貫計算ソフト以外で新人教育を行っているところではそういった問題点はあげられなかった。これは、新人教育に一貫計算ソフトを利用しなかった場合、一般的に新人教育の際に問題点として挙げられるような問題は発生せず、一貫計算ソフトを用いた新人教育と比較して、より優れた新人教育が行

えていると推測できる。

構造設計者に求められる役割が大きくなってきている今、同表、および図15、16の結果から初学者教育機能を持つソフトの開発が求められていることが推察される。

7. おわりに

上記の調査は、著者等が開発している新しい概念を具備した建築構造設計システムに関する研究^(15, 16)のニーズについて熟練技術者の意識を調べたものである。九州地区における調査の結果を以下に結論する。

- 1) 殆どの設計技術者は一貫計算ソフトを使用しており、その周辺のソフトを複数利用している。
- 2) 設計初学者のための教育支援ソフトが求められており、それは設計の仕組みが分かり、データのトレーサビリティ機能をもつソフトを指す。ここでのトレーサビリティとは、計算結果として出力される計算過程だけでなく、計算機使用時にリアルタイムでトレース可能な機能を指す。
- 3) 設計解の複数出力及びトレーサビリティは、初学者教育の視点だけでなく、構造設計熟練者にとっても有効な機能であり、その機能を多くの構造設計実務者が求めている。

参考文献

- (1) 新谷真人：建築雑誌，構造設計における空間構想とコンピュータの力，pp.17-18, 2004.4
- (2) 柳澤貴巳：建築雑誌，構造解析プログラムの現況、問題点、開発の方向性について，pp. 19-20, 2004.4
- (3) 日経BP社，日経アーキテクチュア，pp.20-25, 2006.2.27
- (4) 日経BP社，日経アーキテクチュア，pp.8-27, 2006.4.24
- (5) 日経BP社，日経アーキテクチュア，pp.60-63, 2006.11.13
- (6) 日経BP社，日経アーキテクチュア，pp.12-15, 2007.7.9
- (7) 日経BP社，日経アーキテクチュア，pp.12-15, 2007.8.13
- (8) 日経BP社，日経アーキテクチュア，pp.12-25, 2007.9.10
- (9) 日経BP社，日経アーキテクチュア，pp.24-45, 2007.10.22
- (10) 日経BP社，日経アーキテクチュア，pp.12-25, 2008.7.14
- (11) 日経BP社，日経アーキテクチュア，pp.24-41, 2008.9.8
- (12) 日経BP社，日経アーキテクチュア，pp.16-33, 2008.11.24
- (13) 日経BP社，日経アーキテクチュア，pp.40-55, 2009.2.23
- (14) 和田章，他4名：建築技術，改正建築基準法と構造設計者の自立，pp.102-115, 2008.5
- (15) 山浦秀行，山成實：建築鋼骨組の構造設計における設計可能空間の取得法に関する研究，第23回情報・システム・利用・技術・シンポジウム論文集，pp.193-198, 2000.12
- (16) M.Yamanari, H.Tanaka: Acquisition of designable space for planar steel frames, Digital Architecture and Construction, WIT Press, pp.77-84, 2006.9
- (17) 永野康行，安部貴則，李有震，鋼構造建築物の実務設計者による設計解と最適設計解，鋼構造年次論文報告集第16巻，pp.445-452, 2008.11