

# 一人の建築技術者の歩いた道

岩田 衛\*

## The path an architectural engineer walked

Mamoru IWATA\*

### 1. 生まれと勉学時代

18歳の春に、富士山麓の故郷（図1）、静岡県駿東郡小山町から、横浜市のアパートへ父の政雄の助けを借り、トラックで引っ越ししてから半世紀以上経った。道中の桜が満開であったことが今でも思い出される。父は静岡県の土木技術者であった。1956年に竣工した、戦後日本の土木技術史の原点となる、佐久間ダムの建設にも従事していた。ある時、祖父の嘉一から、父が設計した河岸護岸が洪水で流され、滅入っているようだと言われたこともある。祖父は器用な人で、商人、神官から大工仕事まで何でもこなしていた。



図1 富士山麓の故郷

父の影響で土木構造物に興味を持っていたが、大学2年の学科選択の時、東京工業大学では土木学科より建築学科の方が歴史を有し人気も高かったので、建築を選択した。建築でも土木と同じように構造物の設計ができるぐらいの気持ちであった。4年の卒業研究で藤本盛久研究室に所属、博士課程修了までの6年間、藤本先生の御指導を頂いた。藤本先生は鋼構造の権威で、東京工業大学退官後、神奈川大学に在籍し、学長、理事長を歴任された。藤本研究室では良き先輩と後輩に恵まれ、今でも変わらぬ絆が続いている。

学位論文は、「鋼圧縮材の座屈強度の確率論的方法による研究」、確率・統計論に基づく信頼性設計手法の先駆的な研究であり、その後、この分野の研究が進み、現在の限界状態設計法になっている。もし、博士課程修了後も大学で研究を続けていたならば、この分野

の研究者になっていたかもしれない。

27歳で工学博士を取得、新日本製鐵株式会社に入社した。当時の新日本製鐵は日本一の企業で世界一の製鉄会社であった。学位にはこだわらず、研究者よりも実務技術者の道を希望した。研修では三交代勤務、製鉄の現場も経験した。その道何十年の製鉄マンから真夜中に冷えた弁当を食べながら聞いた話が懐かしい。

### 2. 会社員時代

#### 2.1 システムトラスの技術開発と実績

建築事業部配属後すぐに、サウジアラビアのリヤド空港のターミナルビル建設の国際入札があり、それに対応するためのシステムトラスの開発を任された。システムトラスとは、球体接合部（ノード）に1本ボルトにより鋼管部材を結びつけて成り立つ、システム化されたスペースフレーム（図2）である。その国際入札には負けたが、その後、一般化システムとして商品化を図った。

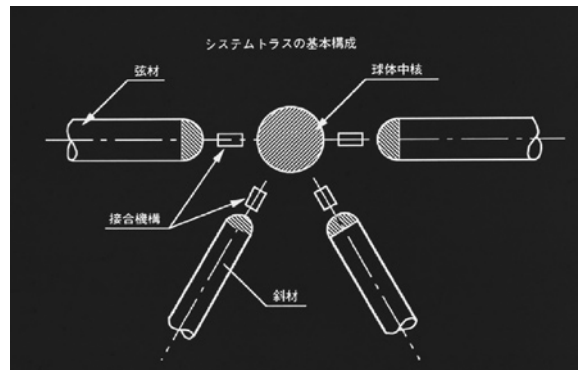


図2 システムトラスの基本構成

システムトラスの最初の適用プロジェクトとして、新宿NSビル大屋根（1982年竣工、設計：日建設計、図3）がある。トリプルレイヤー（3層）トラスで、新宿NSビルのアトリウム上部にあり、今でも空中回廊から近接して見ることができる。その後、システムトラスは多数の国内プロジェクトに適用された。犬山リトルワールドコンコース（1982年竣工、設計：日建設計、図4）、東京ドームコンコース（1988年竣工、設計：日建設計、図5）などがあげられる。

システムトラスは、海外プロジェクトにも展開した。苦勞したもの、インドネシアのジャカルタ GMF ハンガー（1985年竣工、図6）がある。地組（図7）したものを、リフトアップ工法で上部に

\*教授 建築学科  
Professor, Dept. of Architecture

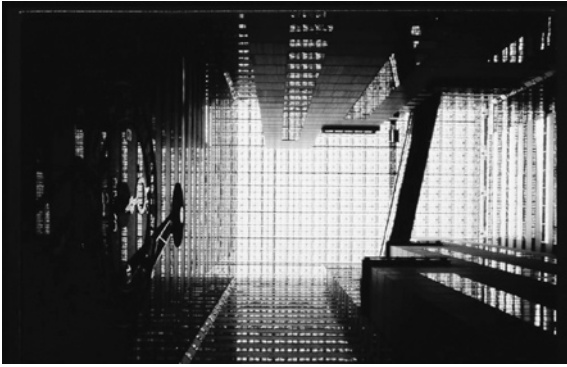


図3 新宿 NS ビル大屋根



図7 地組



図4 犬山リトルワールドコンコース



図8 ニューヨーク・ジャヴィツコンベンションセンター



図5 東京ドームコンコース



図6 ジャカルタ GMF ハンガー



図9 大連タワー



設置する途中で、水素脆性による太径ボルトの遅れ破壊が生じた。製造時の熱処理ミスが原因であると判明するまで、開発者でかつ設計者である私は大変なストレスを受けた。36歳の時である。

GMF ハンガーの問題が解決した頃に、新日本製鐵は関係なかったが、ニューヨーク・ジャヴィッツコンベンションセンター（1986年竣工、図8）のスペースフレームの建設で、同様な破壊が起こった。こちらは高張力鋼ノードの割れである。米国のメーカーでは、この問題への対処ができず、経験ある新日本製鐵が頼まれ、問題点を一番よく知っている私とその担当になった。このジャヴィッツコンベンションセンターはガラスの天井と壁を有する建築物であり、ヒラリー・クリントンが大統領選挙でトランプに負けた日に「ガラスの天井を破ることができなかった」と演説した処である。

中国の大連タワー（1990年竣工、設計：新日鐵、図9）はシステムトラスによる世界最初のタワーである。この頃の中国は日本の先進的技術を求めており、彼らにとっては少々高い買い物であったが、その代わりこの建設を通して確実に日本の技術を学ばれてしまった。シンガポール・インドアスタジアム（1989年竣工、図10）は有名建築家の丹下健三の設計であり、東洋の寺院が設計コンセプトになっている。1964年に彼が設計した名建築の代々木競技場に似ていなくもない。

後年、システムトラスに関する研究の業績により、1998年5月に日本建築学会論文賞を受賞した。

## 2.2 システムトラス以外にしたこと



図10 シンガポール・インドアスタジアム

システムトラスとは対照的な全溶接からなる独創的な Y 型接合角形鋼管トラス（図11）を、松尾橋梁・前田親範氏と発案し、横浜アリーナ（1989年竣工、設計：竹中工務店、図12）に適用した。また、施工オートメーションを前提にして、従来の高力ボルト接合や溶接接合ではない嵌合接合からなるビルシステム（図13）を発案し、広尾 BBKK ビル（1990年竣工、設計：日建設計、図14）に適用した。

1990年代初めは、中国、シンガポール、香港、台湾で多数の超高層鋼構造ビルが建設された。中国の深圳地王ビル（高さ322m、竣工1996年、図15）の耐風設計に際しては、神奈川大学・大熊武司教授の指導を受けた。

41歳の頃、1988年から1989年にかけて米国の MIT に Visiting Engineer として在籍した。昭和から平成へ変わった日をボストン・ビーコンヒルのアパートで迎えた。その頃に MIT に同じく在籍し

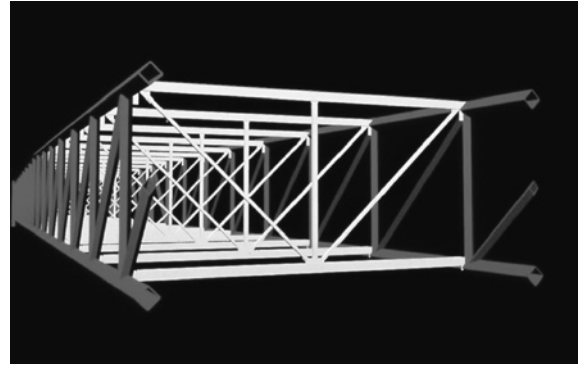


図11 Y型接合角形鋼管トラス



図12 横浜アリーナ



図13 嵌合接合

ていた、東京工業大学・和田章教授、日建設計・川合廣樹氏、そして MIT・J.J.Connor 教授とともに、「損傷制御構造」を議論した。それを1992年に論文としてまとめ、米国での国際会議で発表した。

損傷制御構造（図16）は、構造物は柱と梁からなる主体構造と制振部材の二つの独立な構造システムから構成されると考える。主



図14 広島 BBKK ビル



図17 目黒アイケイビル



図15 深圳地王ビル



図18 阪神大震災

出典： 1995年阪神・淡路大震災スライド集, 日本建築学会編

体構造は常時荷重を支持し、地震時にも弾性挙動する。制振部材のみが地震時にエネルギー吸収する。

目黒アイケイビル（1993年竣工，設計：日建設計，図17）で、

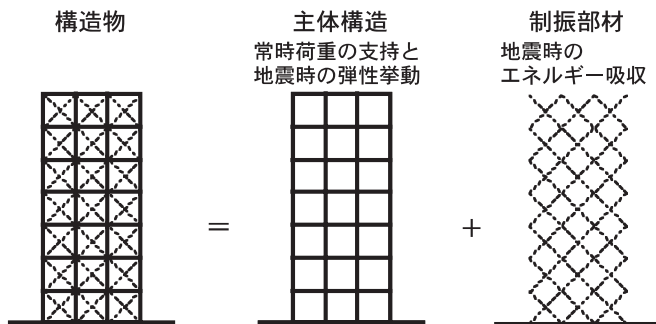


図16 損傷制御構造



図19 芦屋浜高層住宅

今にして思うと荒削りの設計ではあったが、損傷制御構造を初めて実現させた。この考え方は、1995年1月に起こった阪神大震災で、全体崩壊には至らなくとも部分的な損傷（図18）により、結局、建物を取り壊す事例が続出し、その後、世間のニーズが高まり一般的に認知された。

その阪神大震災で忘れられないのが、芦屋浜高層住宅（図19）における柱材の引張破壊（図20）である。原因調査の責任者として、



図20 柱材の引張破壊



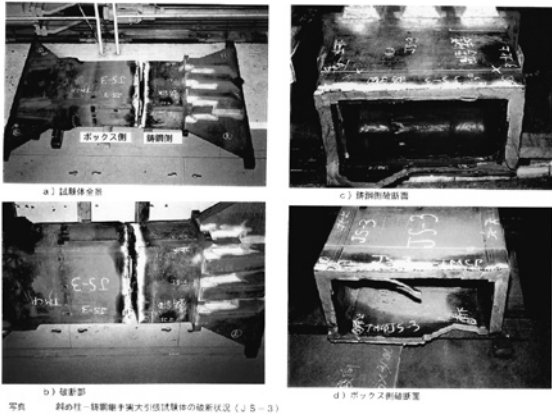


図21 柱材の実大引張試験



図22 サンキョウ渋谷ビル

問題解決に努力した。原因調査結果の詳細は建築主の要望により公表されなかった。残念であるが仕方がない。柱材の実大引張試験(図21)などの研究成果を踏まえ、サンキョウ渋谷ビル(1998年竣工, 設計: プランテック総合計画事務所, 図22)が建設された。このビルは外周柱が斜め格子のチューブ架構からなる。

損傷制御構造の開発は晴海トリトンスクエア(2001年竣工, 設計: 日建設計, 図23)ではほぼ完成し、川合、和田の両氏と共に、2003年5月に日本建築学会技術賞を受賞した。このビルの制振部材である屈曲拘束ブレースには、損傷レベルが検知できる糸を用いた簡易的な最大変形計測センサーが取り付けられている。2011年3月の東北大地震後の損傷レベル把握に役立ったと聞いている。

3. 大学教員時代

1999年、51歳の時、新日本製鐵から神奈川大学に転職した。母の春子は長年小学校の教員を勤めていた。私が大学教員になった時には既に他界していたが、同じ教員になったことに母もきっと喜んでくれたと思う。やっとな親の遺伝子(技術者と教員)を公に受け継ぐことができ、嬉しかった。

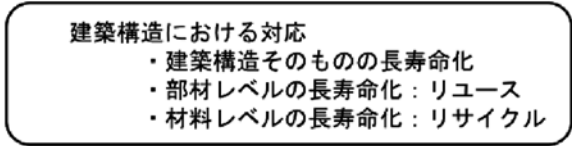
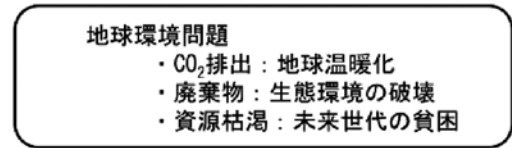


図24 サステナブル構造



図23 晴海トリトンスクエア



図25 アイアンブリッジ

神奈川県においてサステナブル構造研究室を立ち上げ、幾つかのテーマで研究を行った。サステナビリティ（持続性）を建築構造的に解釈すると、第一に構造物の長寿命化であり、それが叶わない時は、部材のリユースである（図24）。錆に弱い鉄であっても英国のアイアンブリッジ（1779年建設、図25）は200年以上使用されている。また、木構造でも、奈良の薬師寺東塔（730年建設、図26）の木材には、幾多の再建を通してリユースを繰り返し、一千年以上使用されているものもある（図27）。

3.1 研究テーマ



図26 薬師寺東塔



図27 1000年使用材

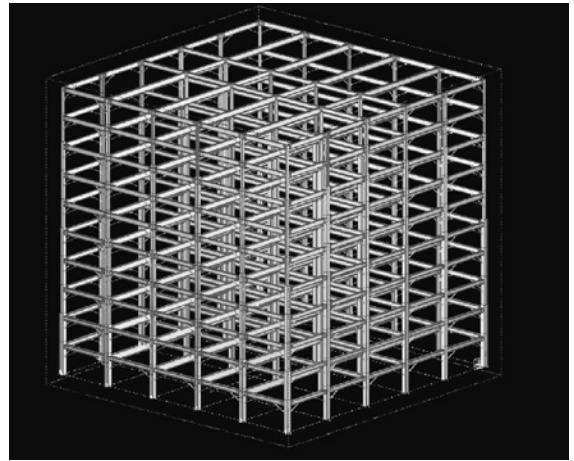


図28 サステナブルビル構造システム

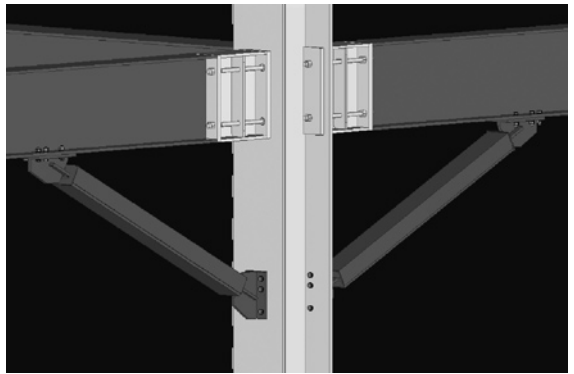


図29 柱梁接合部

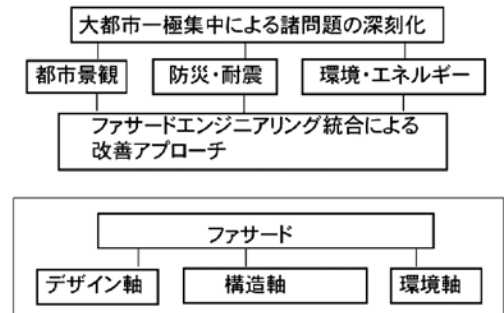


図30 統合ファサードシステム

1) サステナブルビル構造システム

長寿命化，容易な解体，リユースを可能とし，且つ，損傷制御構造の考え方を満たす「サステナブルビル構造システム（図28）」を，東京工業大学・山田哲教授と共同研究した。この構造システムは，梁端部に接合部ユニットから柱のフランジ部に鋼棒を通した柱梁接合部を有し，地震エネルギーは方杖状に設置した制振部材としての座屈拘束ブレースのみによって吸収する（図29）。

2) 統合ファサードシステム

建物の外壁面を構成するファサードは，都市景観を形成する重要な要素の一つであるとともに，建物内部を外的環境から保護し，消費エネルギー効率にも影響を与える。「統合ファサードシステム



図31 東工大緑ヶ丘1号館耐震補強

(図30)は、建築意匠と環境要素に防災・耐震性能の要素を加え、ファサードに関するエンジニアリングを統合することにより、都市問題を解決する一つの方策である。東京工業大学・竹内徹教授、神奈川大学・岩本静男教授らと共同研究した。東工大緑ヶ丘1号館耐震補強(2006年、設計：安田&竹内教授、図31)で実現された。

3) 建築鋼構造リユースシステム

現在の鋼材の流通では、使用された部材を電炉で溶解させ、再度、鋼材にするシステムが確立している。しかしながら、サステナビリティの観点から見ると、溶解の都度発生するCO<sub>2</sub>を無視することができない。「建築鋼構造リユースシステム」は、溶解せず、最低限の加工によりリユースするという鋼材の新しい流通システムである。リユースデータベースとしてインターネットを利用する(図32)。山口大学・藤田正則教授と共同研究した。

4) 鋼木質複合構造；CSTS

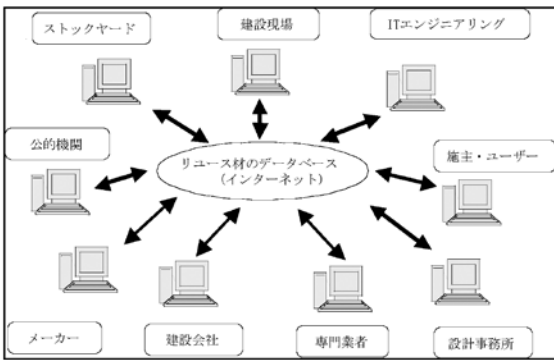


図32 リユースデータベース

従来の木質構造では、耐荷性能、耐震性能の問題から、4階建て以上に適用することに難がある。木質材料を中高層規模の建物に適用することを目指したものが、「鋼木質複合構造；CSTS (Composite Steel Timber Structure) (図33)」である。山口大学・藤田正則教授と共同研究した。CSTSの柱と梁は、鋼の周囲に木質材料を取り付けた複合部材で構成される。純ラーメン構造に適用する場合、鋼と木質材料の一体化の程度が異なるため、柱梁接合部を剛接合都することが困難である。これに対応するため、CSTSでもサステナブルビル構造システムと同様に、制振部材として方杖状に座屈拘束ブレースを配置している。

これら研究と振興の業績により、2011年4月に藤田教授と共に文部科学大臣表彰科学技術賞を受賞した。

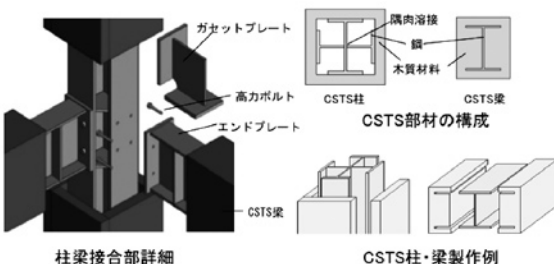


図33 鋼木質複合構造；CSTS

3.2 鋼モルタル板を用いた座屈拘束ブレース；BRBSMの研究開発

前述した構造システム研究のキーテクノロジーとして「鋼モルタル板を用いた座屈拘束ブレース；BRBSM (Buckling-Restrained Brace using Steel Mortar planks)」の研究開発を、北海道大学の緑川光正教授、信州大学・中込忠男教授らと共に長年に亘り行ってきた。神奈川大学・村井正敏主任技術員と小谷野一尚助手には、多大な協力を得た。

BRBSMは、軸方向力を伝達するブレース(芯材)が座屈しないように鋼モルタル板を用いて補剛したものである(図34)。BRBSMは高歪状態においても安定した復元力特性を有し、品質管理を厳しく行え、両端部ディテールの設計自由度が高い。多くの実験(図35)により、BRBSMの弾塑性性状、補剛性状、累積塑性歪エネルギーなどが明らかになった。

BRBSMの実績；

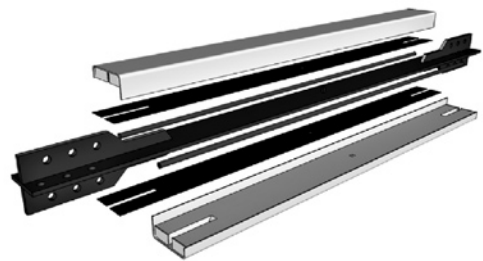


図34 鋼モルタル板を用いた座屈拘束ブレース；BRBSMの構成



図35 実験

BRBSMは多くの建築物に適用されている。例えば、衆議院議員会館(2010年竣工、設計：三菱地所設計、図36)、ふじのくに千本松フォーラム(プラサヴェルデ)(2014年竣工、設計：長谷川逸子・建築計画工房、図37)、DPL川崎夜光物流施設(2017年竣工、設計：大和ハウス工業、図38)、また、中部電力通信鉄塔の耐震補強(2007年竣工、設計：中電不動産、図39)などがある。

4. 今後の展開

近年に経験した地震において、建築物の機能が損なわれるような重大な損傷が多くみられ、安全性に加えて建築物の機能維持性能(財産性、継続性、修復性)が必要であるとの認識が増えてきている。しかし、現在の建築基準法は安全性のみを考慮した最低基準であり、今後必要とされる性能との間に隔りがある。

損傷をBRBSMに集約した構造であれば、BRBSMのみに歪み計





図36 衆議院議員会館



図37 ふじのくに千本松フォーラム（プラサヴェルデ）



図39 中部電力通信鉄塔の耐震補強



図38 DPL 川崎夜光物流施設



図40 神奈川大学横浜キャンパス3号館

を設置することにより、簡易に建築物の現状、損傷レベル、余震あるいは後震に備えた残存性能をモニタリングすることができる。継続的モニタリングによりライフサイクルにおける建築物の健全性の評価を行うことができる。既に、神奈川大学横浜キャンパス3号館（2014年竣工，設計：横浜市建築設計協同組合，図40）で、建築物ヘルスマニタリングが先進的に試行されている（図41）。

BRBSM 付き建築物は、大地震後も主体構造の継続利用が可能であるため、長寿命化と財産保護につながる。防災拠点としての役割



図41 建築物ヘルスマニタリング



も期待できる。また、建物解体の頻度が少なくなり、建築廃材およびCO<sub>2</sub>排出量を抑制でき、サステナブルな地球環境づくりに貢献できる。

更に、BRBSM 付き建築物の所有者は、BRBSM の損傷コストの期待値に基づき、そのリスクを自分自身で保有し、補修費用を予め用意しておくことができる。現在の地震保険は、損傷額が大きくなることが予想される建築物に対しては、保険金額が膨大になるため保険料も高くなる。BRBSM 付き建築物ならば、この問題解決の糸口となり、安い保険料の設定が可能になると考える。

半世紀も建築技術者をやっていて、飽きないかと言われている。70歳になっても、建築技術は好きだし楽しい。他に特別な趣味もなく、ずっとこれからもやり続けるつもりだ。40歳後半から20年以上研究開発してきた BRBSM を特殊な建築物だけでなく、一般の建築物まで広く普及させるという社会的使命もあると勝手に思い込んでいる。

実は、もう一つ今後やりたいことがある。日本建築学会の副会長の時（2012年～2014年）、気候変化による災害防止に関する特別調査委員会の委員長として、気候災害（水害、土砂災害、風害、雪害、暑熱化等）防止対策の体系的整理、現段階での対策と今後の課題をまとめた。近年、気候災害は増加の傾向にあり、これに対処するため、日本建築学会としての具体的な行動を起こしたいと考えている。