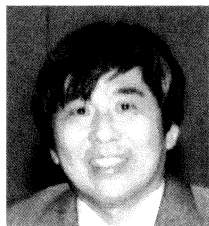


私事「地震応答制御学」事始め

日本大学教授 石丸 辰治



「免震住宅」が最初に誕生してから12年、「AMD 制振構造物」が誕生してから未だ5年しか経過していないにも拘らず、すでに多くの研究者・構造技術者が「応答制御」に関わっている事は、誠に喜ばしい限りであるというのが私の率直な感想である。というのも30年間、この分野の、特に設計論の研究に携わってきた私にとって、昨今の展開は全く驚くべき早さであり、「地震応答制御」という設計論は話題にさえならなかった20年間を経験している私の耳元には、「初心忘れるべからず」というささやきがいつも聞こえてくるのである。

私がこの分野に興味を持ち始めたのは、30数年前の学生時代に、恩師・田治見宏先生の振動工学、特に「固有値解析」の授業の強烈な印象を受けた時からである。現在では日常的に使われているこの計算法に対する私の認識は、「構造物の固有値」即「構造物の個性」の抽出に欠くべからざる解析法であるというものであった。この認識はやがて、「構造物の個性」そのものが全て異なるからこそ「固有値解析」が必要であり、その個性に見合った設計をすべきであるという考え方に変わっていく事になる。そしてこの考え方を反映した最初の論文は「塑性率制御法」と題するものであり、今から20年も前の事である。「構造物の個性」を重視するという考え方が「応答制御」という形にたどりつくのに10年も掛かってしまった事になる。この遅れは、既にその骨子が出来上がっていたにも拘わらず、本論文の提出に5年もの間悩んでしまったところに大きな原因がある。というのは、自然の現象に対して「制御」とはいかにも不遜ではないかという‘おののき’や「制御」という語彙の持つ強さに私自身が押しつぶされるのではないかという不安がいつも頭を持ち上げてきたためであった。それにも拘らず「制御」という語彙を用いた本当のところは、やはり「固有値解析」という言葉のもっている「威力」に負けてしまったからである。構造物には個性があり、その個性の故に地震時の荷重効果が異なるのは自然の理であり、建築計画を阻害せずにより積極的に設

計者が望ましいと思う「慣性力分布」を創生する事こそ、従来の設計の概念を越えた、まさに「制御」ではないかという「思い」が捨てられなかったのである。

その後の10年は私には空白の時間であったが「積層ゴム」という驚異的なデバイスの発明にもなって「免震構造物」が実現した時の衝撃はなんともいいがたいものであった。忘れかけていた「応答制御」の概念を蘇らせてくれたという感謝の気持ちよりも、この分野でたゆまず努力を積み上げている人物の存在に感動したと同時になかばあきらめかけていた自分の怠慢に嫌悪感を抱いたからである。

こうした個人の思惑に関わりなく、この分野は「ハード」の開発を中心に進む事になるが、制振構造物の出現がこれに拍車を掛け、私自身もその渦の中で、制振構造の開発やその効果の研究に関わっているわけである。しかし研究があまりにも「ハード」に偏っていた反省から、最近では「設計哲学」の見直しが必要であり、このテーマこそが私にとっての「地震応答制御学」の本当の始まりにすべきであると痛感している。なぜならば「耐震設計」の「設計哲学」は、「耐震」から「対地震」という多様な設計法を許容するという設計思想の大きな変革期にあると信じているからである。こうした認識に必然性があると信じているのは、「耐震設計の設計哲学の変遷」と「17-18世紀の自然科学史の偉人達の足どり」に大きな共通性を感じるからである。

最初の「耐震設計」の哲学は「荷重効果」という認識論にたっていた事はいうまでもない。私には先人達が導入した「設計震度」の概念は、Newton (1642-1727) 力学にD'Alembert (1717-1785) の原理が持ち込まれ、動力学が「慣性力」の概念により「静力学」的扱いができるという自然科学史上の大きな発見に共通しているように思えるのである。勿論、「柔剛論争」などに見られるように、設計は「力」のみでなされべき

ではなく、これに「変形」を含め、「力×変形」＝「エネルギー」という認識の重要性が説かれていたのも同時期であった。そしてこの流れはコンピュータに代表される科学の進展に助けられ、今日の「弾塑性変形」による「エネルギー吸収能力」を「梁・柱のばね要素」に求めるという「エネルギー論的設計哲学」の基礎を与える事になったといえよう。この事はNewton力学に変分原理やエネルギーの概念を導入したEuler(1707-1783)やLagrange(1736-1813)が、D'Alembertと同時代の人であった事とも符合している。

その後、Hamilton(1805-1865)によりD'Alembertの業績とEuler及びLagrangeの業績を統一して最小作用の原理が最初に定式化されるが、私の偏見によれば「ベクトルの力学」と「変分法的(エネルギー論的)力学」の融合であると認識している。これに対するアナロジーの大きな第一歩を、私は「秋山の式」に感じるのである。すなわち、「振動方程式(力の釣合方程式)」から「エネルギーの釣合方程式」への変換と、「構造物の変形に寄与する総入力エネルギー」という概念の導入は、Hamilton的融合の第一歩であり、ベクトルの力学をエネルギー論の立場から見直したものである。次に成すべきは「地震動特性」や「構造物の非線形特性」等を考慮して、「総入力エネルギー」の「各構造部材へのエネルギー分配法則」を構築する事であろう。

このような設計思想は、免震構造物に代表されるように、構造物本体や積層ゴムなどの「ばね要素」と粘性ダンパー、履歴ダンパー、摩擦ダンパーなどの「減衰要素」という「ふたつの主要素」によって構造物が構成されていると認識しているからである。すなわち、「減衰要素」がまぎれもない「構造部材」であるという認識である。したがってエネルギー論も「減衰要素」に吸収されるエネルギーとその効率により一時的に「ばね要素」に保留しておかなければならないエネルギーをより明確に把握するとともに、多自由度系の場合のエネルギー分配の法則を見つけ出す

事が肝要であろう。勿論、時系列解析は非常に発達しており、応答結果としてエネルギーの分配がどのようになっているかは確認できるが、その逆問題としての定式化こそその目指すところであり、設計者の望む「性能」を構造物に付与する事を可能とする世界の構成が「地震応答制御学」であると思っている。そしてこの学問は、既存の構造物でも「減衰要素」の付与や、柱や壁などの撤去或いは積層ゴムの導入などの「ばね要素」の組み替えなどにより、建築空間の再生や環境保全につながる「建築構造蘇生学」ともいえる世界の構築に貢献できる筈である。今、まさにこの時点こそが、私にとっての「地震応答制御学」事始めなのである。

[附記]

1月17日、危惧していた大震災が神戸地区を襲った。報道される惨たんたるテレビ画像は、私の地震災害に対する認識がいかに浅薄であったかを思い知るに充分以上のものであった。現地に入り、直接に見たその惨状は、防災都市の在り方という視点から構造技術を見ていなかった私自身の怠慢を痛打してやまなかったのである。5,000名を越える死者の霊のご冥福を祈るとともに、改めて「地震応答制御学」を介して「防災都市創生」への努力を胆に銘ずるものである。