

大阪大学大学院 工学研究科 地球総合工学専攻 地球空間文化工学講座・空間文化デザイン工学領域



研究室紹介

今井克彦*

Osaka University, The Graduate School of Engineering,
Department of Global Architecture, Human Environment
and Spatial/Construction Engineering

Key Words : FLD, Space Structure, System Identification, Urban Environment

1. はじめに

平成10年度に行われた地球総合工学系改組により、地球総合工学専攻が誕生した。本専攻は、出身母体を船舶海洋、土木、建築、環境工学とする4つの領域から成る専攻であり、ここではその1領域である空間文化デザイン工学領域での研究内容を紹介する。研究分野別には、耐震補強の研究、単層空間構造の研究、各種構法開発及び最近始めた小中径木の利用技術開発を今井が、都市環境及び地域計画を小浦久子助教授が、耐震工学、構造物の動特性同定の研究を古川忠稔助手がそれぞれ担当している。

2. 研究の概要

我々がこれまで手がけてきた代表的な研究をいくつか紹介する。

2.1 耐震補強構法の研究

阪神淡路大震災後、耐震性に問題のある既存不適格建築の補強、改修に特に関心が高まっており、重要度の高い建物から順次実施工事が行われている。しかし、コンクリート建築を中心にこのような建築物は、無数に存在しており遅々として補強、改修工事が進んでいないのが現状である。筆者らは、1990年より耐震性の低い既存建物への負荷を最小限に抑

え、低コストで短期施工が可能かつ建築デザイン的にも配慮した構法開発の研究を行ってきた。その中心をなすのが外部補強工法とFLD部材(Force Limiting Deviceは、圧縮部材に宿命的な座屈現象を除くための一種の構造的ヒューズとも言うべきもので、筆者らが世界で初めて実用化した)と名付けた耐震補強デバイスの開発である(詳しくは本誌'98 Spring参照)。筆者らによって提案された外部補強工法は、建物を使用しながらの「居ながら施工」と大幅な工期短縮を可能にし、低コスト化に大きく貢献してきた。

一方、補強デバイスは接合部型から出発し、2重管型で実用化に成功した。さらに、より低コスト化を目指して現在研究中の単管型へと変遷してきた。2重管型FLD部材は、既に多くの施工実績を持っており(写真1)、本年度の追加予算で認められた基礎工学部の耐震改修にも外部補強工法と組み合わせ

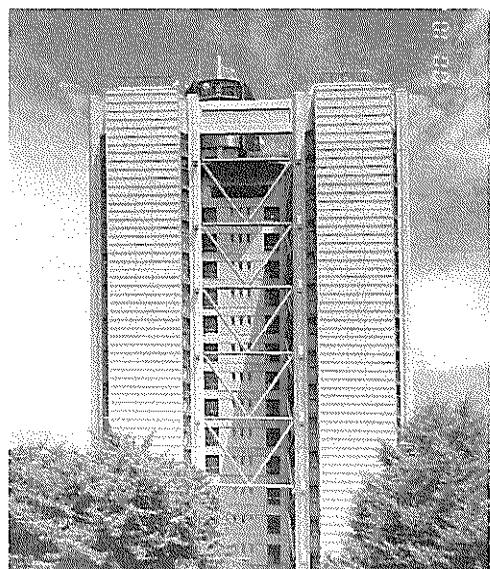


写真1 本構法による実施例(静岡県庁舎)

* Katsuhiko IMAI
1943年3月8日生
1970年大阪大学大学院工学研究科構
築工学専攻修士課程終了
現在、大阪大学大学院・工学研究科・
地球総合工学専攻・地球空間文化工
学講座・空間文化デザイン工学領域、
教授、工学博士、空間構造学、建築
構造学、木構造学
TEL 06-6879-7566
FAX 06-6879-7566
E-Mail karl@ga.eng.osaka-u.ac.jp



て採用されている。現在、施設部と共同で実施設計を進めているところである。今後は、本構法のさらなる改良を行うと共に、従来のレディーメイド型から個々の建物形状に合わせたカスタムメイドな補強デバイス開発へ発展させたいと考えている。

2.2 単層空間構造の研究

より少ない材料で美的な大スパン曲面構造(ドーム, HPシェルなど)開発を目的としてPC鋼棒テンション部材によりプレストレスを導入したハイブリッド単層格子シェルの研究を1995年より行っている。この種構造の施工で問題となる正確な張力導入と形状制御を他に例をみない独特の機構を有するテンション部材の採用により自動化している。省力施工が可能な省資源型構造として今後の展開が期待されている。

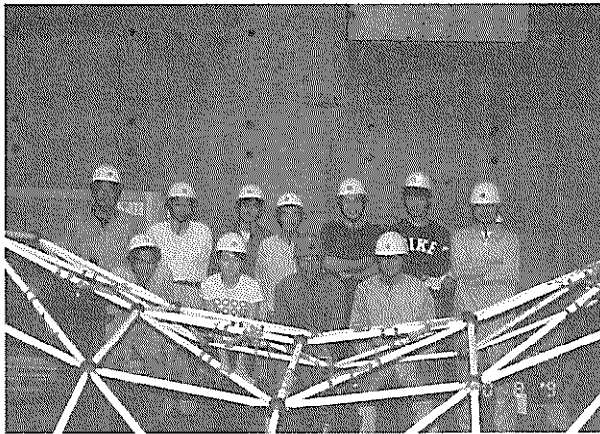


写真2 HPシェル実験風景

2.3 小中径木(杉・檜)の利用技術開発

現在、環境問題の一つとなっている森林荒廃の防止は、国土保全、健全な森林経営ならびに里山での健康増進のためのリクリエーション場所の確保という点からも重要であり、解決が強く求められている。森林荒廃は、若齢材の間伐が経済的理由により十分に行われていないことが大きな原因である。本研究は、小中径木の高付加価値化のための各種利用技術開発により、この現状を打開し、地域経済を活性化することを目的としている(The News of Engineering vol.11 2000, 8参照)。この一手法として現在、小中径木を丸太のまま構造材として利用したスペースフレームの開発を行っている(写真3)。本プロジェクトは、本専攻を中心に外部の3大学、設計事務所、兵庫県森と緑の公社及び県下の山林関係者と共同で推進している。更に、木造船建造技術を応用して曲

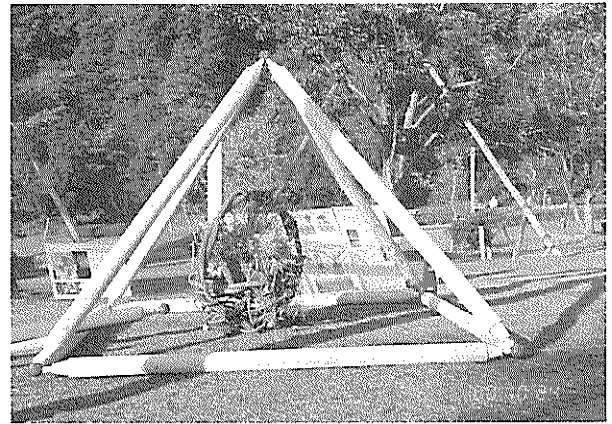


写真3 兵庫県知事訪問時の実大ユニット展示 (県立三木山森林公園)

げ加工した長尺丸太によるグリッドドーム, アーチ構造やプレストレスを導入した大スパン用合わせ梁の開発及びこれらの用途開発を予定している。戦略的な商品化を前提とした研究を目指している。これらの研究は、環境問題も含め、専攻横断形研究へ展開したいと考えている。

2.4 構造物の動特性同定に関する研究

近年では、地震時の構造物応答を積極的に低減する制震(振)構造や、地震力から建物をアイソレートする免震構造の研究と実構造物への適用が盛んになっている。その際には制御対象の適切なモデル化を行うことが、実構造物が所定の性能を発揮するためにこれまで以上に重要な事項となっている。

免震機構を採用した構造物は、一般に積層ゴムや滑り支承などを用いた免震支承と、エネルギー吸収のためのダンパーを構造物と地盤の間に組み込むことで、地震時の応答低減を計っている。したがって、上部構造、免震支承やダンパーの実挙動を再現でき

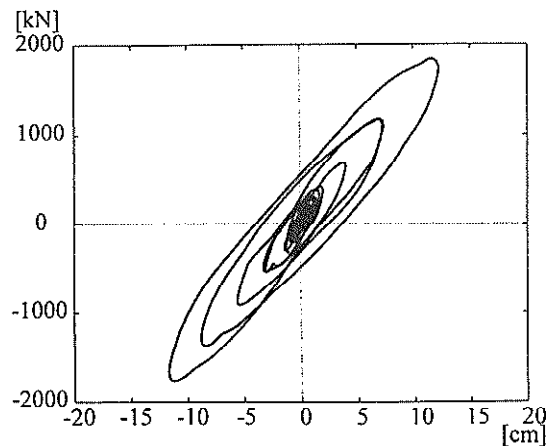


図1 免震層の復元力特性

る適切なモデルを採用して構造設計を行わない場合、実際に建設された免震構造物は、設計時に期待した所定の性能を発揮することができない。

免震層を構成する免震支承やダンパーの荷重変形関係モデルは、通常、比較的単純な繰り返し荷重による実験結果から決定される。しかし地震力のような突如として来襲する強大・非定常な外乱に対して、免震層が実験結果から得られた想定モデル通りの挙動を示すかについては、まだまだ今後の研究が必要であると考えている。

以上のような観点から、本研究では構造物が非常に大きな外力(具体的には地震力)を受けた場合の観測記録をもとに、構造物動特性を同定する試みを行っている。その際には、非線形領域に至る構造物応答の再現可能なモデルを適用できること、さらに入出力データの混入ノイズの影響を受けにくいことに重点を置き、各種同定手法の開発と適用に関する研究を実施している。具体的には、多入力多出力系の表現が容易な非線形状態空間モデルにより対象システムを表現し、これをオンライン状態量推定手法であるカルマンフィルタ系の各手法、たとえばEK-WGI法(Extended Kalman Filter-Weighted Global Iteration)やAdaptive-EKF法(Adaptive Extended Kalman Filter)に適用して構造物動特性を表現するパラメータ同定を行っている。さらにEK-WGI法とAdaptive-EKF法のハイブリッド手法であるAF-AWP手法(Adaptive Filtering and Appropriately Weighted Procedure)を開発し、解析や実験によりその有効性を研究している。加えて、近年ではより実用的なシステム同定手法として、同じく非線形状態空間モデルを用いた予測誤差法を提案・開発し、解析、実験、あるいは実構造物の観測記録に適用してその有効性の検討を行っている。

ここではその一例として、兵庫県南部地震で得られた免震建築物の地震応答観測記録を用い、予測誤差法により同定された免震層の復元力特性を図1に示す。ここでは免震層はMultiple Shear Spring (MSS)モデルから得られた非線形状態空間モデルとして表現され、水平2方向の入力と応答を同時に考慮できる非線形復元力モデルとなっている。さらに同定された復元力モデルを用いて、解析的に得られた免震層上部の時刻歴応答(実線)と、観測記録から直接得られた時刻歴応答(点線)を重ね書きしたものを図2、図3に示す。同図より、解析的に得られ

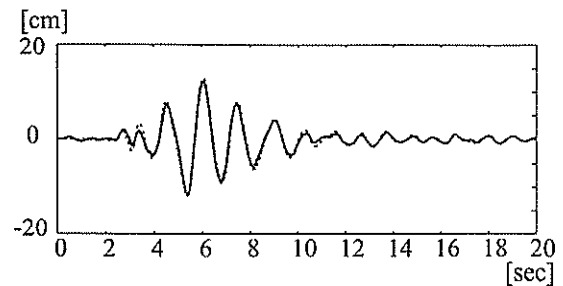


図2 免震層相対変位応答時刻歴波形

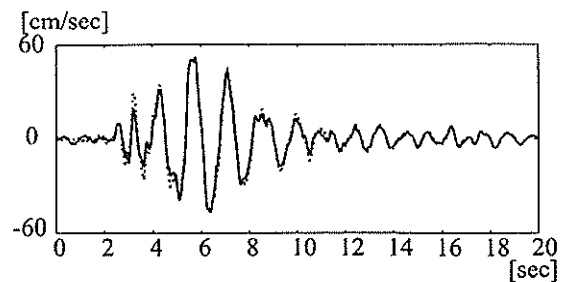


図3 免震層相対速度応答時刻歴波形

た応答は実構造物の応答を精度良く再現しており、同定された復元力モデルは免震層の復元力特性を適切に表現していると考えられる。

2.5 都市に地球環境をみる

新しい専攻である地球総合工学が、何をめざすのか、まだまだ暗中模索を続けている。その中で私たちは、集住環境、地域環境から、人間と環境との関わりを総合的にとらえていくことにより、地球規模の環境問題や都市のあり方を考えていくことをめざしている。

歴史的・文化的環境から環境共生を

人間環境は、物的構成に還元し、工学的また科学的に分析できる対象ではあるが、同時に歴史的、文化的な存在であり、豊かな地域性をもつ。そのため、工学的、科学的に分析し抽象化された知見のみでは、必ずしも望ましい環境をデザインすることはできない。それは、人間が生きる環境は、多様で文化的、地域的な存在であるため、人間環境には、それぞれの地域や文化に応じて多くの解答が同時にあり得るという異なる地域への想像力と、それぞれの地域における総合化への構想力が求められる。

地球環境の問題は、人間と自然との関わり方に寄るところが大きく、それは、どのようなライフスタイルや集住環境を構想するのか、どのような土地利用や都市構造を計画していくのかによって、環境へ

の負荷が変わる。環境共生とは、単なる環境技術の問題ではなく、それぞれの場所に根ざした生活と空間、環境との関係をどのようにとらえていくかが重要である。

ローカルな現場から

このような問題意識から、主に集住環境、都市環境のデザインに関わる空間分析と都市整備のしくみ、その背景にあるコミュニティや都市活動と都市環境との関わりを研究課題としている。そのとき、できるだけローカルな現場からの発想を大事にしていきたいと考えている。また、できるだけ地域との連携や共同研究を進めていければと考えている。

現在、実施している主な調査研究は、今後の都市再編の核になると考えられる都心居住に関する調査、市街地更新のなかで保全すべき環境や地域性に関する検討、生活風景や地域の使い方などをおして生活と空間の関係をとらえる中から環境デザインと都市構造の再編を考えることである。

都心の調査では、機会に恵まれて、京阪神3都心で調査をしている。京都では、景観調査の基礎調査として、建物と空地の実態調査を実施した。都市景観に見られる都市の空間構成の変化は、都心居住や都市活動の変化を反映しており、生活と空間の関係から総合的に都心環境を考える基礎データを得られることが期待できる。大阪では、都心マンション利用者についてアンケート調査を行った。昨年度調査では、都心マンションの立体的用途混在が確認され、新しいライフスタイルであるマルチハビテーション志向が若い世代に見られた。都心マンションは、都心で供給されにくい低コストで小規模な仕事空間、仕事と居住を混在させる空間としても利用されている。今年度も継続して都心環境の実態調査を実施しており、これまでの建築タイプとは異なる都市型の空間装置により、生活と仕事が総合化するような環境をつくることで、都市環境の再編のしくみを考えていきたい。また、神戸では、今年度から大阪と同

じような都心マンション調査を始めている。

生活と空間・環境の相互性

こうした都心における住まい方、働き方の変化は、空間利用を変えるだけでなく、都市構造の再編にも関わる。技術やシステムだけでは、都市構造や環境を再編することはできない。神戸では、コンパクトタウンという考え方を模索している。これはこれまでのような拡大成長型の都市整備を前提とするのではなく、ある地域性を共有する環境的まとまりのある地域ごとに、地域ごとの選択によるまちづくりを行い、自立した地域が連携する都市構造へと変えていこうとするものである。都心環境のあり方もこうした都市構造の再編との関わりをなかで考えていく必要がある。

市街地更新における保全の問題は、建物が更新しても持続する緑の環境のあり方がテーマである。また、生活と空間の関係は、震災後の景観変化や生活環境の使い方の調査から、調査研究している。景観や生活環境を単なる物的要素に分解して分析するのではなく、それをもう一度総合化する作業がデザインには必要である。環境を客体化してとらえるのではなく、人間の生活、都市活動などとの関係性のなかでとらえることで、その集合作用として地球環境との関わりが見えてくるのではないだろうか。

3. 終わりに

我々の研究は、人間活動のあらゆる分野と関係しており、建築計画、構法計画、構造、都市環境、地域計画と極めて広い範囲を対象としている。これに環境問題への取り組みや地域経済活性化のための政策提言、新規事業創出などが新しいテーマとして加わると考えている。少ないスタッフによる対応には限界があるので、今後、工学研究科内はもちろん学内の他部局、他大学、官民の研究機関、地方自治体及び民間企業とも連携をさらに強めていきたいと考えている。

