

# 人間環境と構造技術のかかわりに関する研究

## 陶器浩一

### はじめに

技術とは「科学を実地に応用して、自然の事物を改変・加工し、人間生活に利用するわざ」である（広辞苑）。

近年の構造技術の進歩は著しい。コンピューターの発展による解析技術の進歩、材料の高強度・大断面化、施工技術、免制震技術の普及等、技術開発は目覚しく、それに伴って私たちが暮らす空間の自由度・選択肢は大きく広がった。しかしその反面、それらは新たな環境的問題を生み出している。

利便性、効率性、経済性を追求した開発の結果、生活環境、自然環境、地球規模での環境にひずみを生じてきたのが20世紀であった。

何でもできてしまうようになった今こそ、技術者の良識・主体性がますます求められているといえる。

### 「造る」技術から「創る」技術へ

構造技術の発展は巨大な構造物を可能とし、都市を巨大化させた。自然を制御し一見快適かつ便利な生活環境を作り出したかに見えるが、それはひとたびトラブルが起こると破綻する人工環境である。

都市文明をもちや否定することは出来ないが、建築家は、ただ単に個々の建築物単体ではなく、集団としての建築のあり方や周囲を含む環境の設計がますます重要になってきている。それらをトータルに考えてゆかねばならない。しかしながら、技術が高度化するにつれ、専門化・細分化が進み、個々の技術が有効に活かされていないのが現状である。

構造技術は“骨格を構築するための技術”である。建築の骨格は都市の骨格であり、それは、人間生活の場をつくる、生活環境の枠組み、「空間の構成」の創造である。

従来、構造技術は、いかに「安全に」「経済的に」「合理的に」構造物を造るか、に力点が置かれていたが、「人間が健康的で文化的な生活を送るための空間」をいかに創っていくか、を考えなければならない。

すなわち、構造物を「造る」ための技術から、人間環境を「創る」ための技術へのパラダイムシフトが必要であると考える。

「空間の構成」という観点で、地球環境と共存する「持続可能な社会」を構築するための手法、すなわち「人間環境創造のための構造デザイン」について考察するのが本研究の目的である。

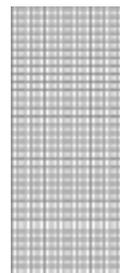
### 「架構の階層化」による環境創出

### 陶

過密化した都市生活では人と自然との接点が希薄になってきている。巨大な都市空間は街並みから光を奪い、人を人工環境の中に押し込めている。人工化された都市空間の中においても自然を肌で感じることのできる環境を創ることは人間生活において必要なことである。

都市環境を考えたとき、周囲の街並みの中での建物のありよう：「外部環境」と、建物の中での人の暮らし：「内部環境」の2つの空間要求がある。建物が大規模になるほどより求められるこれら要求を単一の架構で同時に実現するのは難しい。

それを同時に実現する手法として提案するのが「**架構の階層化**」である。建物を「大枠+小枠」の組み合わせで構成し、大枠で「外」のありようを、小枠で「内」のありようを考える概念である。



単一架構では  
難しい



大枠の中に小枠を  
はめ込む



小枠を載せる

### 「架構の階層化」の概念

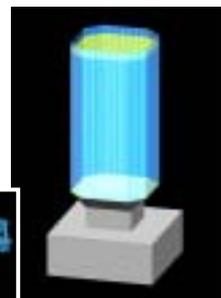
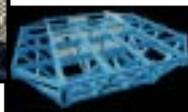
この概念を適用して著者が設計に携わった、外部環境と内部環境の創出を図った事例について考察する。

- 事例1：狭い敷地を街に開放

- 絞込みスーパータラス-



周囲を街に開放



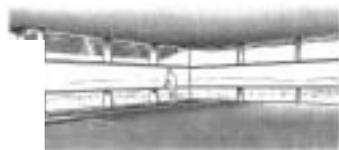
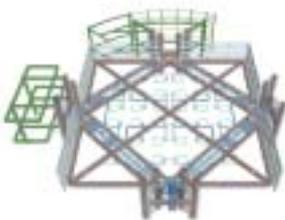
都心に建つ高層ビル。狭い敷地ながら街に開かれたオープンスペースを確保すべく、建物を足元で絞るという計画。足元の柱位置で基準階を構成すると事務室としての機能を大きく損なうので、基準階では窓周りに柱を配置したチューブ架構をオーバーハングしたトラスによる「台」で支えるという計画。

- ・事例2：風景を感じる室内と大地の開放
  - ダイアゴナル・ペアフレーム
  - ペアコラムで建物を持ち上げる -

建物中央に柱を集約し、架構軸を建物軸と45度回転させることにより、柱を全く感じさせない視覚的に外部の風景と連続した室内環境を創る。また、この集約柱で建物を持ち上げることによって、「大地」を地域に開放して周囲の環境を建物で分断することなく大規模ビルのもつ威圧感、閉塞感を抑え、また、風の通り道を作ることににより「風害」も抑えている。



“借景” 風景を取りこむ



ダイアゴナル・ペアフレーム



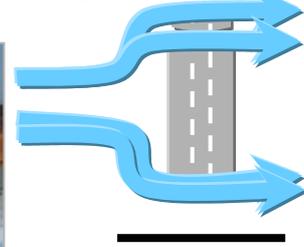
ペアコラムで建物を  
持ち上げる



ひかりの通り抜ける外部空間



象徴的なペアコラム



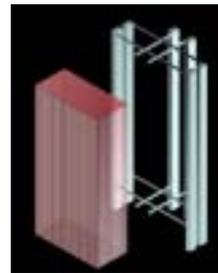
風が通り抜け、風環境も改善

- ・事例3：足元を街区に開放

超高層街区の圧迫感をやわらげるため、「スーパーフレームに箱をはめ込む」という手法で、足元を街区に開放した事例。



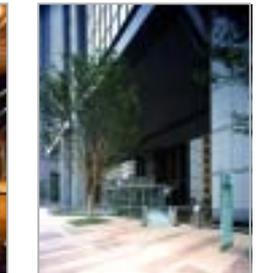
超高層街区の持つ圧迫感を空間の拡がりて緩和



ガラスの箱をはめ込む



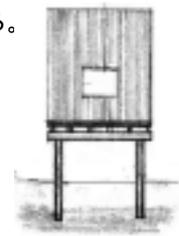
足元を街区に開放



この「架構の階層化による環境創造」という概念を更に追求したものとして著者は「掘立柱架構」を提唱している。

「掘立柱架構」：建築とは所詮、環境の改変であり元には戻らない。土地の改変を如何に少なくするかを追求したのが本計画である。

支持層まで貫入した掘立柱で構成した土台を上空まで持ち上げ、基礎地盤レベルでのつなぎ材は一切設けない。地中に存在するのは掘立柱のみであるので、生物の生態基盤である大地をほとんど改変することなく建物を構築できる、というのが大きな特長である。



### 大地と共生する「掘立柱架構」

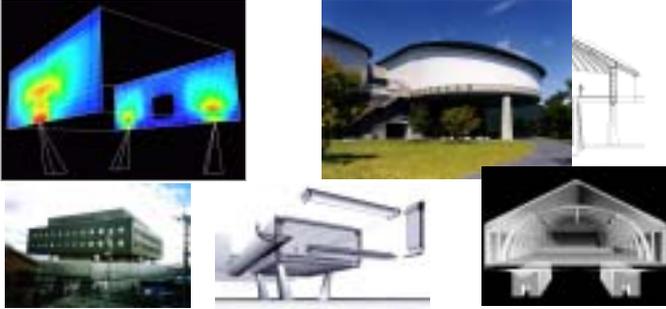
掘立柱架構は大地を護るのみでなく、グランドレベルは視界が通り抜け、都市の圧迫感を回避することが出来る。都市の立体化を考える上でも有効である。

### 素材の特性を活かした架構による空間構成

空間を構成する材料にはそのものが持つ本質的価値がある。ここでは

- ・ 可塑性のある材料であり自由な造形が可能である。
- ・ 部材の組み合わせでなく連続した面としての構造体を構成できる。

という特徴を持つコンクリートを取り上げる。その特性は柱や梁による構成を超えた、面的・連続的な三次元的な構成の中に見ることができる。この特長を生かした架構として著者は「箱構造」を提唱している。「箱構造」とは建物を柱、梁、壁、床、と要素ごとに捉えるのではなく、ひとつの連続体「箱」として捉える概念であり、建物のすべての部分が応力化され、それが空間形および機能と結びついている。



この「箱構造」による異なる空間要求を持つ建物の環境創りについて考察する。

・事例：堀の中の美術館

建設地は、城跡の公園の中、豊かな緑にまつまれた静かな環境である。建物が建つことで豊かな自然環境を分断されることを避けるため、自然の中に点在する、緑の中に浮いたような印象の建物とすることを計画した。



ところで美術館の機能として最も重要なことのひとつは美術品の保護がある。熱・日射・湿気などの自然環境から中の美術品をまもるため、建物の外周である床や壁を二重に囲い“蔵”のような環境をつくることとした。

この周囲に向かって「開かれ」、機能的に「閉じた」空間要求を「閉じた箱を3本足で持ち上げる」という架構によって実現させることを計画した。

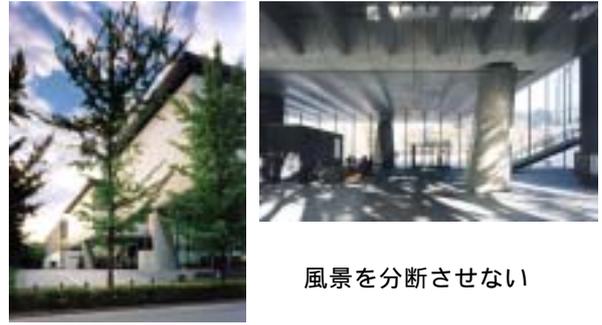
美術品を護るための“二重の箱”を連続体の「箱」として構造体を構成した。



美術品を護る“蔵”      プレキャスト部材で構成

箱の構築は、アルカリガス対策、工事時の周辺環境保全のためプレキャスト構造として構築した。連続体としての“箱”は高剛性であり、その特徴により独立柱で浮

かせるということが可能となった。プレキャストの「箱構造」により、周囲の自然環境との融合を図りつつ美術館としての機能を高めた計画が可能となった。



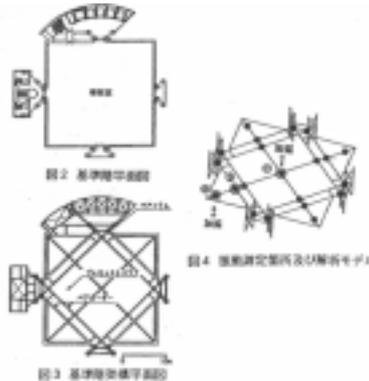
風景を分断させない

### コンセプト実現のための課題とその解決

技術の進歩は空間の可能性を大きく広げたが、建築の巨大化・複合化は、技術的課題のみならず、新たな人間環境的・自然環境的課題を生み出している。ここでは建物の巨大化に伴って生じた新たな課題および、解析、実験、実測、施工試験を通じてのその解決および知見について考察する。

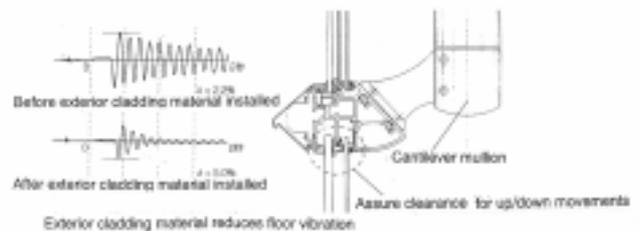
・床の振動障害

居室の大スパン化は、日常時の床の鉛直振動という居住性能に対する新たな課題を生み出した。先述の“ダイアゴナル・ペア・フレーム”による建物はペアフレームとそこから持ち出された片持ち梁によって床が支えられている。跳ね出し長さが大きく、かつ複合された床構造であるため、振動性状が簡単に把握できない。解析・実測を通じてその居住環境を確認していった。床構造の1次周期は 2.85 Hz と柔らかいがフロアの床全体で振動するモードで有効質量が大きく、人の歩行に対しては大きな問題とはならない。



複雑な床の振動性状

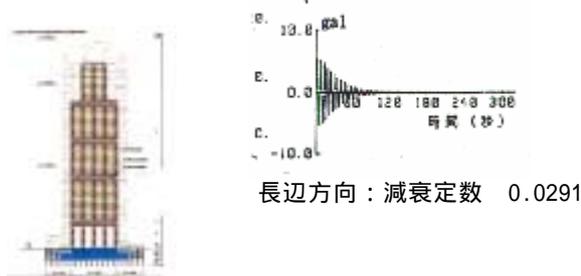
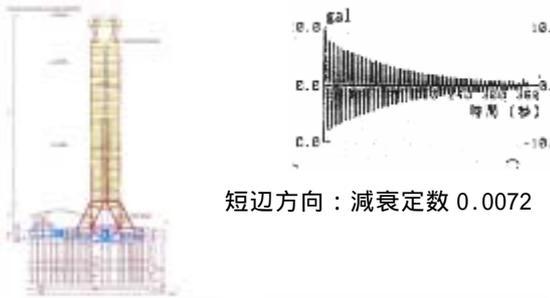
コーナーウィンドウが揺れを抑える



さらに、跳ね出したコーナーウインドウのガスケットが減衰・剛性に大きく寄与し、床の振動を抑える効果が大きいことを確認した。常時の微振動の検討に際しては、外装材の効果は十分期待できる。

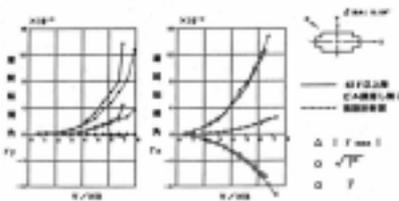
・建物のプロポーションと振動性状

高さ 256mのスレンダーな超高層建築を設計した際に、建物の振動性状を実測した。建物の短辺と長辺では塔状比がかなり違うが、構造減衰は短辺方向では 0.72%、長辺方向では 2.91%と大きく異なる結果となった。建物も超高層化シタワーのようなプロポーションになると、構造減衰を適切に設定しないと危険側の評価を与えることになるので注意が必要である。



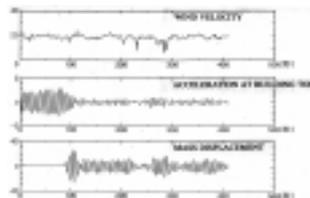
・風の振動

建物が高層化すると風による振動が大きく、地震による振動より大きくなることもある。上部に隅切りを設けると渦が分散され揺れが小さくなることを風洞実験により確認した。また、風揺れによる居住性能確保が大きな課題となる。本計画では居住性向上のため、頂部に制振装置を設置した。



隅切りが振動を抑える

制振装置で揺れを制御



時代の変化の流される「やわらか建築」  
持続可能な構造体、とは

持続可能な社会の実現にむけて、様々な取り組みがなされている。

大量消費時代への反省として、「建築物は、世代を超えて使い続けられる良好なストックでなければならない。」ということが提言されている。建物の構造体を永年にわたって存続させ続けることは勿論重要なことではあるが、建物を「ひとが生活するための覆い」と捉えればスケルトン自体も時代時代の要求に応じて変化してゆく「やわらか建築」が、持続可能な建築の一手法ではないかと考える。

恒久的に固定的なものとして建築をとらえるのではなく、あえて「フロー」と捉え、自在に変化させてゆくかという発想もあるのではないかと考える。

社会的ストックとして必要な構築物も当然あるが、建物自体を「移ろいゆくもの」として捉える概念は今後の持続可能な建築を考えていく上での一案ではないかと考える。「可動・やわらか建築」のデザインは、時代の技術を駆使して、生活の楽しみを引き出す創造ともいえる。



おわりに

以上、「架構の階層化」による環境創出とその展開としての「掘立柱架構」、素材の特性を活かした架構による空間構成、および持続的構造デザインとしての「やわらか建築」を提唱した。

都市・建築の巨大化・複合化は技術的課題のみならず、新たな人間環境的・自然環境的問題を生み出している。複雑化した問題を解決し、持続可能な人間環境を創造してゆくためには、

- ・細分化・専門化が進む**技術の総合化**
- ・自分のフィールドの既成概念にとらわれない**自由な発想**

が必要であると考えます。