

The Urban Tree House

セミアクティブ免震技術を用いた近未来の建物・街並みの提案

岡田 直子^{*1}・藤井 俊二^{*2}・渡邊 朗子^{*3}・深尾 仁^{*4}・福山 牧男^{*5}・清水 友理^{*6}

Keywords : semi-active seismic isolation system, skeleton-infill, sustainability, recycling, ecological

セミアクティブ免震, スケルトン-インフィル, サステナビリティ, リサイクル, 環境共生

1. はじめに

免震構造は、耐震安全性や地震後の機能維持性に注目され、多くの建物で採用されており、将来の建物・街並みに対する免震構造の可能性について改めて議論することは、そのさらなる普及の観点からも重要であ

ると考えられる。こうした中、(社)日本免震構造協会は創立 15 周年記念国際アイデアコンペ「免震・制振技術ならでせる、2050 年のこんな建物、こんな街並み、こんな暮らし」を募集し、筆者らは「Urban Tree House」を提案し、優秀賞を得た¹⁾。本報告では、この提案内容について紹介する。



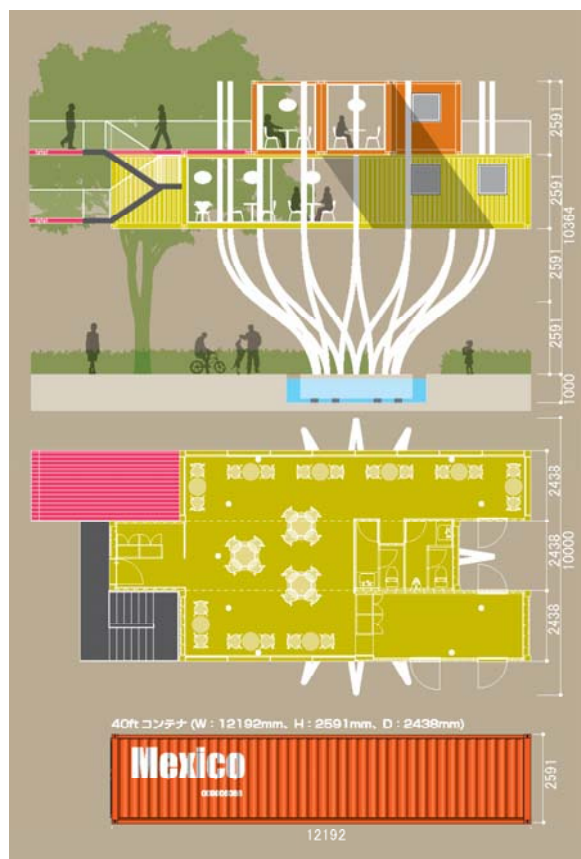
図 - 1 Urban Tree House による複合街区

Fig.1 City block composed of urban tree house

- * 1 技術センター建築技術研究所建築構工法研究室
- * 2 技術センター
- * 3 (株)渡邊建築総合研究所, 慶應義塾先端科学技術研究センター
- * 4 技術センター建築技術研究所
- * 5 技術センター技術企画部企画室
- * 6 技術センター建築技術開発部ニューフロンティア技術開発室

2. 3つのコンセプト

提案した Urban Tree House は、スチール製の幹にコンテナを取り付けた免震構造物で（図－2）、地上レベルを人・緑・水・風に解放し、人工樹上をカフェやオフィスなどにした複合街区を形成する（図－1）。Urban Tree House の3つのコンセプトを以下に示す。



図－2 Urban Tree House の立面図・平面図

Fig.2 Elevation and plan of urban tree house

① 都会の真中にアーバンオアシスを創出

街中で働く人や居住する人の憩いの場、災害時の安心の場、緑と水と風の道によるクールスポットを提供する。地上レベルを人と緑・水・風に解放し、人工の幹上に設置するコンテナ群により Tree House としてカフェやオフィスなどの複合施設を実現させる。

② 究極の滑り免震で実現する安全と自由度

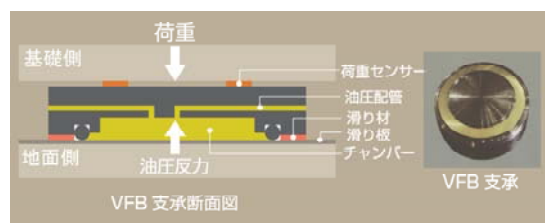
滑り免震支承の内部にシールされた油圧チャンバーを設け、地震発生時には緊急地震速報と連動し加圧して Tree House を浮上させる。地震力はほぼゼロにでき、トップヘビーな樹上施設を安全に実現する。通常時にも加圧することで人力により移動、回転ができ、Tree House の組合せにより、利用空間のニーズに応じた増殖・収縮を可能にする。

③ サステイナブル

スチール製の幹（スケルトン）にコンテナ（インフィル）を差し込む、スケルトン－インフィルにより長寿命建築を実現する。場所は港町横浜を想定し、使用済みコンテナのリサイクル活用とし、地域の資源循環を考えた。Tree House の地下にはバイオマスプラントを設置し、エリアのごみをメタンに変える。また、燃料電池でエネルギーを供給し、CO₂ フリーを実現する。

3. 免震のメカニズム

Tree House の基礎部には、滑り免震支承の内側に油圧チャンバーを設けた Variable Friction Bearing（以後、VFB と呼ぶ；図－3）が設置されている。VFB の外周部はドーナツ形のすべり材で、内部に油圧チャンバーを設けている。地震時にはチャンバー内の油圧を上昇させ、すべり材に作用する鉛直荷重を小さくすることで摩擦力を抑え、地震力を大きく低減する。例えば、滑り面の摩擦係数 0.1 とし、建物の重量の 95%を油圧で受け、残りの 5 %を周辺の滑り面で受けるものとする、入力せん断力係数は 0.005 となり、通常の摩擦係数 0.1 の滑り免震の 1/20 に低減できる。



図－3 可変摩擦免震支承：VFB

Fig.3 Variable Friction Bearing : VFB

VFB 支承の性能実証実験²⁾を行った。VFB 支承に、一定の鉛直荷重をかけて、油圧を変化させながら水平力を加えた。実験の様子を写真－1に、実験により得られた油圧と摩擦力の関係を図－4に示す。チャンバー内の油圧の上昇に比例した摩擦力の低減効果が確認できた。

Tree House の免震システム概念図を図－5に示す。緊急地震速報と地震計で地震発生を感知すると、VFB はおよそ 0.01 秒で構造物を浮上させる。地震継続時には、Tree House に設置された加速度センサー、変位センサー、VFB の油圧値等の測定装置により得られる応答値を入力値として、基礎部に内蔵した制御コンピュータで最適摩擦力を計算し、油圧値を同じく基礎部に内蔵したアクチュエータに指令して油圧をコントロー

ルする。油圧は基礎に内蔵したアキュムレータに貯蔵しておくため、地震時にポンプと接続する必要はない。また、通常時は油圧を上昇させないため、風で滑ることはない。



写真 - 1 VFB の性能実証実験の様子
Photo 1 Experiment of VFB

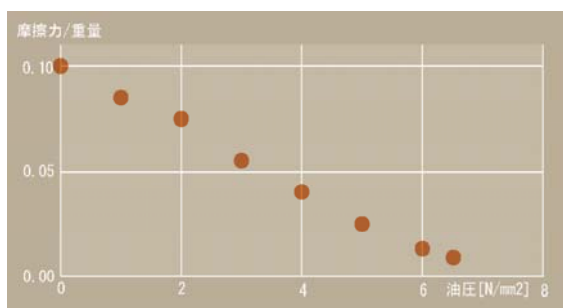


図 - 4 油圧と摩擦力の関係
Fig.4 Oil pressure and reduction in friction

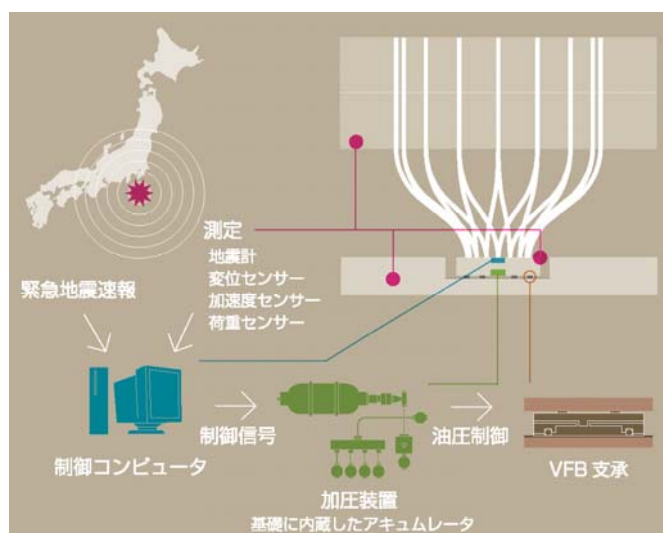


図 - 5 免震システム概念図
Fig.5 Semi-active isolation system

4. 回転・移動・連結

コンテナを外すと、スチール製の幹の質量はおよそ 35×10^3 kg である。躯体のみとなった Tree House を VFB の油圧で上昇させ、質量の 98% を油圧面で受ける

と、Tree House 1 本に作用する摩擦力は 700N となり、人力で容易に回転、移動が可能である（図 - 6）。

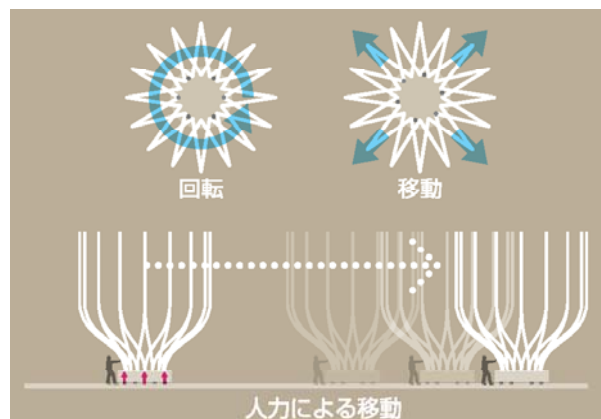


図 - 6 移動・回転のイメージ
Fig.6 Image of movement and rotation

敷地内には、深さ 1m、幅 5m の水路が用意されている。水路底部には、すべり材を設けており、Tree House はこの水路上を移動する。通常時の水路には水をはっており、景観に潤いを与え、環境負荷低減の役割も果たす。

必要に応じて、鉛直方向の人の導線をつなぐ階段やエレベーターを適宜設ける。これらも VFB 支承により支持することで、Tree House の変化に応じて容易に動かすことができ、変化するアプローチ要求に柔軟に対応可能である。

Tree House のエネルギーインフラの概念図を図 - 7 に示す。スチール製の幹の内部は、電気、上水、排水などの設備配管を兼ねており、外観を損なうことなくエネルギーインフラの供給が可能である。また、敷地内に張り巡らされた水路下部には根のように設備配管が用意されており、Tree House の設備配管用の幹と根をフレキシブル配管により接続するシステムとすることで、Tree House の移動にも容易に対応可能である。

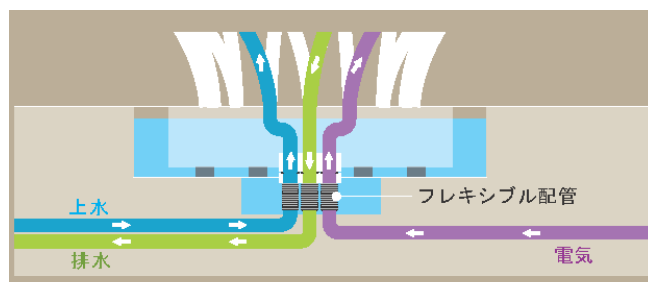


図 - 7 根によるエネルギーインフラ
Fig.7 Infrastructure supplied by roots

Tree House に使われるコンテナには、あらかじめ 18 個のジョイント用の穴を設けており、幹である駆体にその穴を通して上部から差し込むことによって、コンテナを取り付ける（図－8）。コンテナは 22.5° 刻みで回転して取り付けることが可能である。空間の利用ニーズに合わせて複数のコンテナを組み合わせ、増築、減築することができるシステムになっている。また、Tree House は単体としても機能するし、図－9 に示すように、Tree House どうしを移動・連結して、複合的な機能空間を構成することもできる。

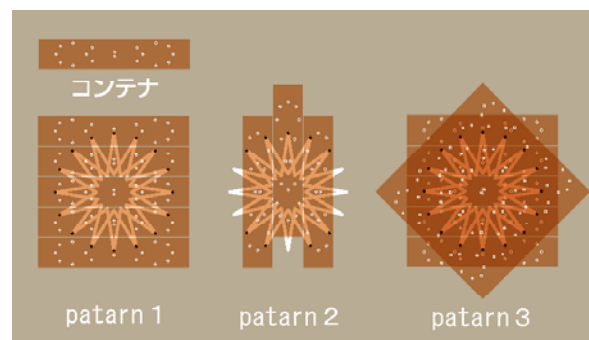
5. 環境共生・循環

Tree House によるアーバンオアシス（図－10）は、地域との植栽ネットワークを築き、そこに生息する鳥を呼び込む。夏は豊かな緑による木陰と木々の間を流れる風、さらに水辺により周囲のオフィス街に比べて気温を 1°C 程度下げる。冬は地上レベルに光と陽だまりを提供する。

都市型地下バイオマスエネルギープラントを設置してバイオマス燃料を製造する。製造したメタンガスを水素に変換して、燃料電池から電気と熱を供給する。これにより従来のエネルギー供給方式に比べて、二酸化炭素の排出量を大幅に削減する。

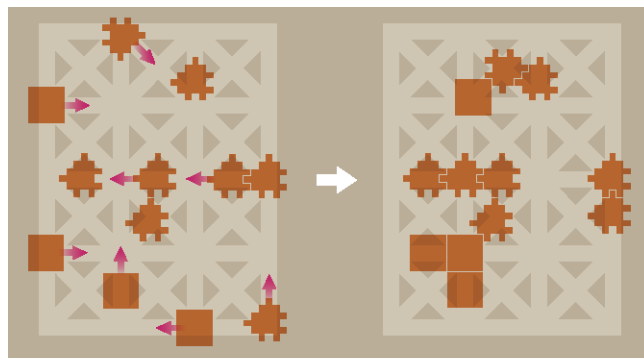
6. まとめ

豊かな街並み・建物の要件として、安全性、楽しさや快適性、自然とのふれあい、サステナビリティなどがある。免震技術は安全性の確保が第一の目的であるが、トップヘビーなピロティー構造を可能にして快適性や自然とのふれあいを可能にしたり、可動性やフレキシビリティを考慮することによりサステナブルな空間を可能にするなど、将来の豊かな街並み・建物の創造に応える技術としての可能性を示した。



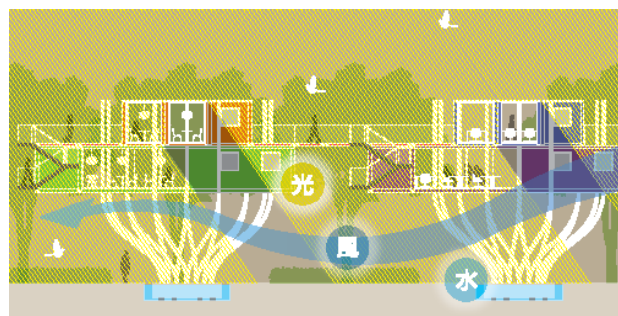
図－8 Tree House のコンテナの組合せパターン

Fig.8 Combination pattern of containers



図－9 Tree House どうしの移動・連結

Fig.9 Movement and connection of tree house



図－10 Tree House によるアーバンオアシス

Fig.10 Urban oasis

参考文献

- 1) (社)日本免震構造協会：MENSIN, No.64, 2009.5
- 2) 河村壮一，篠塚正宜，藤井俊二，長島一郎：摩擦制御型滑り支承を用いたセミアクティブ制振に関する研究(その1 システムの概要)，日本建築学会学術講演梗概集，pp.1117-1118, 1991.9