

## 分散制震発電システム

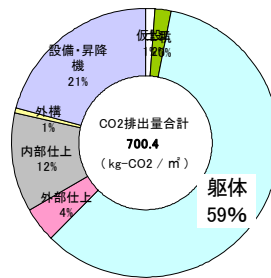
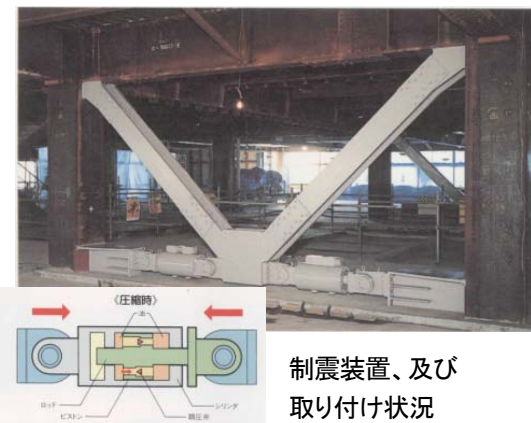
### 背景

建築物の制震システムは各種開発されており、特に大地震対応のものでは構造体の削減まで踏み込んだ装置も実現している。これらの装置は、ブレースなどの構造物の特定の部分に集中的に配置して、地震時のエネルギーを熱に変換することで減衰性能を付与するものが多い。建物の計画に適合した設置場所を準備しやすい大型ビルの場合には良いが、小規模な建物などでは適切な設置場所の確保が困難であったり、建築計画に悪影響を与える。このような観点から、既に存在する構造体の一部で制震を実現することが好ましい。

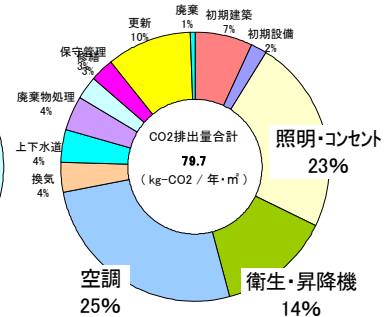
一方、これまでの大地震を対象とした制震装置は、建物供用期間中に数度遭遇する大きさの地震に対して揺れを低減する効果を発揮するものであり、日常的には眠っているに等しい状態である。また、制震装置が吸収したエネルギーは最終的には熱エネルギーとして大気に放出されることになり、有効利用が図られていないのみならず、場合によっては空調負荷としてCO2を増加させる危険性がある。

これは、近年、問題視され、国が将来目標を定めたCO2排出量削減の観点から好ましくないことである。一般的な建築物では、建設時のCO2排出量の60%程度は構造体によるものであり、運用時のCO2排出量の60%以上がコンセント、照明、空調などの電力消費によるものである。これらを削減することは、建物に起因するCO2排出量の抑制に大きく貢献する。

そこで、建物振動に起因する全領域のエネルギーを、CO2削減を主眼としてコントロールすることで制震と発電を同時に行うことができ、しかも、ブレースなどの特別な装備・スペースを要することなく実現する、分散制震発電システムを提案する。



建設時のCO2排出量



運用時のCO2排出量

### 概要

建築物の骨組みは、通常、柱梁で構成されており、建物内に必ず存在する。それらの接合部は何らかの方法で接合される。例えば、鉄骨であればボルト接合や溶接が用いられる。柱梁接合部は、建物内の至るところに存在し、常時振動から大地震まで構造物内で大きな力が集中する部分である。この部分に発生する「力」と「変形」を利用して制震と発電を同時に行うシステムである。

### システム構成

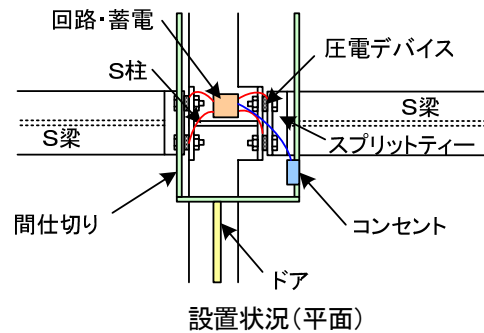
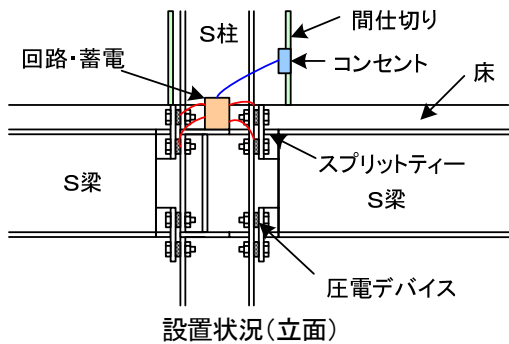
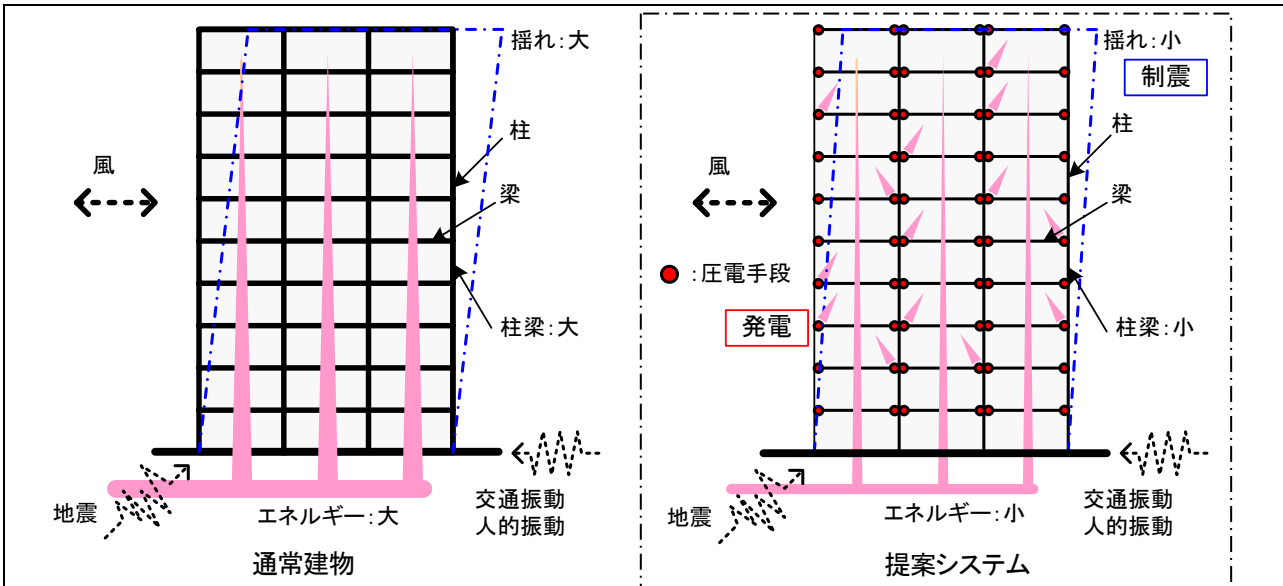
例えば、鉄骨造の場合、柱梁接合部をボルト接合として、大梁に取り付けたスプリットティと柱の間に、圧電デバイスを挟み込んでボルトで接合する。圧電デバイスは、外部共振回路、蓄電機能を組み込んだコントローラに接続され、そこから近傍のコンセントに電力を供給する。圧電デバイスとして、力学-電気エネルギー変換を行うPZTなどの圧電素子を用い、風などの外力により柱梁接合部に生じる大きな繰り返し荷重(力学エネルギー)を吸収して制震を行い、同時に変換されたエネルギーを電力として発電する。適用する柱梁接合部は、柱と大梁を現地で接合する鉄骨造、PC圧着工法などの構造形式に適している。

### 性能試算

高さ100m、25階建て、基準階床面積2500m<sup>2</sup>の鉄骨造の高層建物を対象として、柱梁接合部の圧電デバイスに日常から大地震にわたり生じる振動数0.3~20Hz、荷重0.1~450tをもとに試算した結果、

- ・日常的な発電量は1W/m<sup>2</sup>であり、コンセント使用電力7W/m<sup>2</sup>の15%に相当する
  - ・大地震時のエネルギー吸収量:2000kJ/sは、付加減衰定数5%程度に相当する
- などの性能が発揮されると予測している。

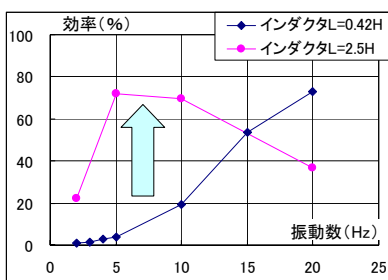
これにより、電気エネルギーの補填と建物の揺れの低減が実現される。



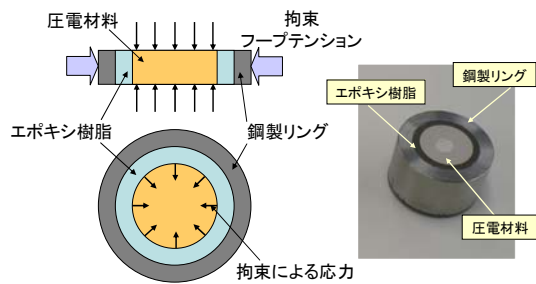
**技術的課題及び見通し**

制震と発電を同時に行うためには、振動により生じる力学エネルギーを電気エネルギーに効率よく変換する必要がある。PZTなどの圧電素子は、この変換を高効率に行うことができるが、建築構造物の柱梁接合部に設置する場合、以下の課題を有しており、その一部は研究済みである(下図参照)。

- ・0.3～20Hzの低い振動数において高い変換効率を実現するための共振回路の開発(下左図は共振の一例)
- ・構造体と同様の耐力と耐久性を確保するためのデバイス化(下右図はデバイス化の一例)
- ・発電量、制震効果に関する解析による定量評価



電気回路による共振が効率に与える影響



デバイス化の例

**効果・特長**

CO2削減をはじめ、コスト、性能、社会・産業への貢献において、以下の効果、特徴を有している。

- ①建設時の柱・梁構造体の削減 25%、運用時のコンセント電力の補填 15%によりCO2を削減
- ②上記に対応した建設時の躯体コストの低減、消費電力量の削減が可能
- ③常時振動から大地震までの揺れを低減
- ④電力が必要な場所の近くで発電できるため配線作業を削減
- ⑤設置のためのスペースや特殊な装備が必要なく、広く一般建築物に適用可能
- ⑥数十年に1回の地震時の「制震」から、常時の「発電」まで、継続的にシステムの有効利用が可能
- ⑦高品質で持続可能な社会インフラの形成に資する「量産化」や「リユース」を促進