

■ 竹内 崇

助教／構造工学講座 構造性能工学研究室

2018年2月現在、私は国際共同研究のため、アメリカのカリフォルニア大学サンディエゴ校（UCSD）に滞在しており、取り組んでいる内容等について紹介したいと思います。

日本学術振興会の平成29年度「頭脳循環を加速する戦略的国際研究ネットワーク推進プログラム」に、神戸大学のレジリエント構造センターと減災デザインセンターが主体となって応募していたプロジェクト「巨大地震に対する創生型居住環境のレジリエンスに関する研究のグローバル化」が採択されました。このプログラムは、国際共同研究を行い、若手研究者の長期派遣と研究者を招へいする取り組みを支援するというものです。採択されたプロジェクトでは、日本からは神戸大学と防災科学技術研究所兵庫耐震工学研究センターが参加し、海外からはカリフォルニア大学サンディエゴ校、ワシントン大学、南カリフォルニア大学、コネチカット大学、テキサスA&M大学が参加しています。神戸大学から若手研究者が3名長期派遣される計画で、そのトップバッターとして私が2017年12月中頃から2018年2月末までの2か月半の予定でUCSDに派遣されました。

採択されたプロジェクトの中で、私はコンクリート構造を対象とした損傷制御構造の研究に取り組んでいます。損傷制御構造というのは、地震後の建物の損傷を制御し、都市の早期復旧につながる構造を指しています（図1）。従来のコンクリート構造物は、地震に対して、部材を塑性化させることで、変形性能を確保し、安全性を確保しています。一方で、地震後には損傷や変形が残るため、その程度が大きい場合は、建物は取り壊す必要があり、結果、都市の早期復旧の遅れに繋がります。孫先生を主体とした私たちのチームは、その損傷を制御するという点に関して、地震後に損傷や変形がほとんど残らない構造の開発を目指して、超高強度鉄筋を主筋に用いた柱の研究に取り組んでいます。この研究は、ここ10年近く取り組まれているテーマなのですが、今回のプロジェクトでは、アメリカの先生方と共同で研究に取り組むことで、研究をより深化させると共に、国際的に発信していき、設

計方法の確立を目指しています。また情報収集や意見交換を通じて、その他の損傷制御構造についても発見できれば良いと考えています。

上記の流れに関連して、私は現在、損傷制御構造の柱のリアルタイムハイブリット実験に関する検討に取り組んでいます（図2）。今回採択されたプロジェクトの一環で、2018年3月から、防災実験室の高速アクチュエータを用いてリアルタイムハイブリット実験ができるようになる予定です。リアルタイムハイブリット実験では、実験する試験体を含んだ仮想の構造体をPC上に作成し、試験体の実験と、仮想構造体の解析をデータのやり取りをしながら同時に行い、より実際の地震動に近い応答結果が得られるようになります。私の受入研究者となっているUCSDのShing先生は、古くから擬似動的実験に携わっており、リアルタイムハイブリット実験にも取り組まれているので、Shing先生のもとで手法等を学びたく、この研究に取り組みました。一通りの実験の流れを理解し、シミュレーションを実施したので、その結果を元に、2018年度に損傷制御構造の柱のリアルタイムハイブリット実験を行い、実際の地震動により近い状況下で、上記の柱が期待通りの性能を発揮するかを検証する予定です。

またUCSDにて、神戸大学の市民工学専攻の三木先生と、UCSDのShing先生が主催されたMini-symposium on Resilience of Infrastructureに参加しました（写真1）。このシンポジウムでは神戸大学から6名とUCSDから6名の先生方が参加し、インフラのレジリエンスをテーマに、それぞれの最新の研究発表が行われ、その中で私も上記の損傷制御構造に関する発表を行い、貴重な意見を頂きました。またUCSDの先生方の研究は、大型の骨組や構造部材に関する研究の他にも、センシングや火災が絡んだ研究などがあり、大変興味深い話を聞くことができました。

UCSDの大学構内を歩いていると、色々と日本の大学と違う空気を感じるのですが、私が一番興味を持ったのはスケボーを移動手段に使っていることでした。カッコつけようとかじゃなく、純粋に移動のために使っている場合が多くみられ、多分、訪問研究者だろうと思う人もスケボーで大学に移動している姿に興味を惹かれました。私は2019年4月から今度は9か月間、再びUCSDを訪問する予定なのですが、その際はスケボーに乗って大学に通ってみたいなどちょっと考えています。

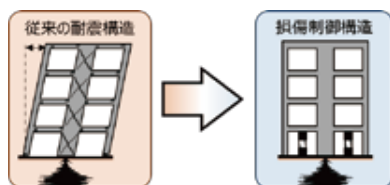


図1 損傷制御構造

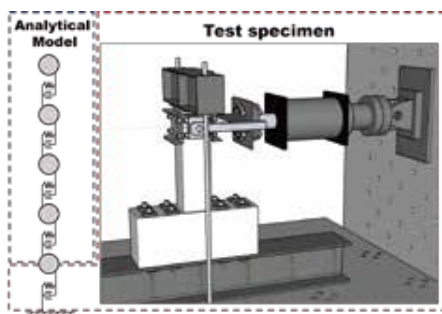


図2 柱のリアルタイムハイブリット実験



写真1 シンポジウムの様子

■ 竹林 英樹

准教授／環境工学講座 都市環境・設備計画研究室

環境省の「CO2 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業」の採択を受けて、2017 年度～2019 年度の3 年間で実施する「人流・気流センサを用いた屋外への開放部を持つ空間の空調制御手法の開発・実証」の内容を紹介します。神戸三宮の地下街「さんちか」を対象として実証を行っています。神戸大学、日建設計総合研究所、創発システム研究所、神戸地下街が共同で実施しています。2017 年度の卒論生の本木健優君と藤本色葉さんが卒業論文として取り組んでいます。既に、温湿度計、CO2 センサー、人流センサー、カメラなどを公共通路の側壁や天井に設置していますので、現地に行く機会があれば探してみてください（図1 参照）。

屋外への開放部を持つ地下街や駅、空港等は、一般の建物と比較して冷暖房負荷が大きく、人の行動特性が複雑なため、効率的な冷暖房や換気の方法が十分に確立されていません。近年のIoT 技術の進展等により、これまで収集できなかった詳細なデータにもとづく新たな空調制御を行うことで、CO2 排出削減の新たな可能性が指摘されています。

この研究では、出入口の空気の流入を季節や時間帯によってコントロールすると共に、人流・気流センサを用いて地下街の環境状態（人の行動や特徴、温熱環境データなど）を把握・予測します。その結果に基づいて空調を制御し、冷暖房のエネルギー消費を最小化することを目標としています。

従来の空調では空間全体を均一に冷暖房しますが、本研究で開発する技術は、人の居る場所を予測し、各場所に必要最小限の熱量を供給することで、無駄なエネルギー消費を削減します。具体的な技術としては、足元のやや快適な空気を利用して扇風機効果を誘起するマルチダクトや、開口部からの外気流入を抑制する渦流エアカーテンなどを開発、実証します。

近年は、家庭、オフィス、学校、交通機関などの我々が生活するすべての施設で、省エネルギーや省CO2 の取り組みは実施されており、設定温度の緩和、照明のLED 化、断熱改修などの方策は一般にも浸透しています。しかし、実際のさんちかの電力消費量を見ると、照明・コンセントや冷凍機・ボイラの他に、ファン、ポンプなどの冷暖房をサポートする機器の消費量も比較的多くを占めています（図2 参照）。より効果的な省エネルギーを実践するには、これらの特徴を踏まえて、適材適所の省エネ技術を選定する必要があります。

空調システムにおける省エネルギー（省CO2）検討の考え方に示すように（図3 参照）、我々が目に見える空間での省エネルギー方策は冷暖房負荷の削減（設定温度の緩和、照明のLED 化、断熱改修など）ですが、実際のエネルギーは熱源、空調機でも使用されており、冷熱、温熱はそれらの間を水や空気を介して搬送されるため、搬送用のポンプやファンでも使用されています。従って、設備の技術者は、これらの全ての要素を考慮して省エネルギー方策を検討しています。

さんちかでは数台の冷凍機を使って冷房をしていますが、全ての冷凍機が最大の能力で稼働するのは夏の最も暑い数日のみです。他の日は一部の冷凍機のみが稼働したり、半分程度の能力で稼働したりしています。一般にどのような機器でもその能力に見合った仕事をする際に最も効率良く仕事ができるように設計されています。つまり、各機器を最も効率の良い状態で運転すると、少ないエネルギーで最大の仕事ができるわけです。この研究では、仕事（冷暖房）を行う時間をずらすことで高効率の運転を実現し、省エネルギーを図ります。

さんちかでは店舗部分はしっかりと冷暖房する必要がありますが、公共通路は若干温度が変化しても許容されると想定されます。そこで、公共通路の冷暖房の実施時間を前後にずらすことで機器を高効率で運転し、省エネルギーを実現します。蓄熱槽を用いた空調では実施されている方法ですが、公共通路を活用した熱のデマンドコントロールという考え方で。

卒論生の本木君と藤本さんは大学院に進学し、上述の省エネルギーの実現に向けた種々の課題に取り組む予定です。修士論文では省エネルギー効果が検証される予定ですので、成果を期待して下さい。

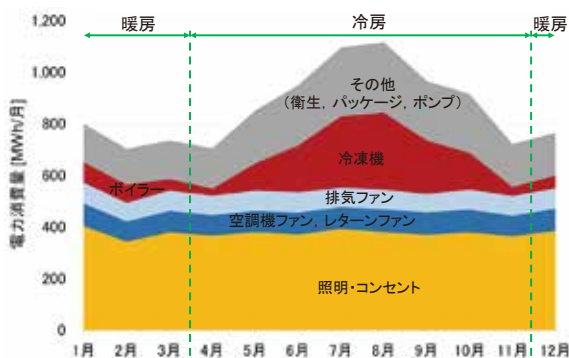


図2. さんちかでの電力消費量の内訳 (2013 年)

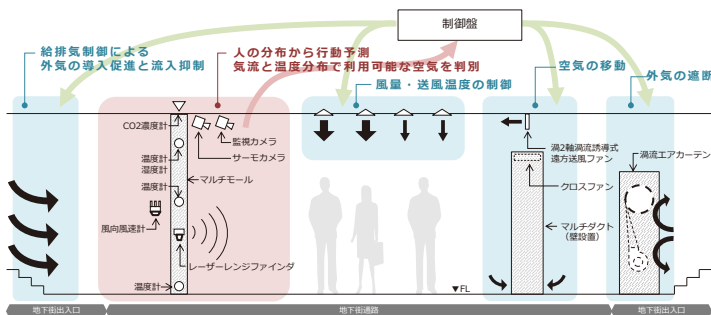


図1. さんちか公共通路での人流・気流センシングと気流制御のイメージ

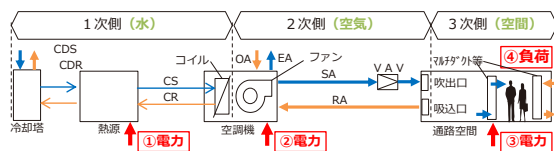


図3. 空調システムにおける省エネルギー（省CO2）検討の考え方