

## 中国における共同実験と中低層建物調査を目的とした渡航

工学研究科 修士課程 2年  
佐々木 雄河  
中国

2018年9月15日～2018年10月5日

### 計画の概要

私は耐震補強の観点から建築物の防災に貢献するため実験や数値解析に取り組んでいます。近い将来首都直下型地震や南海トラフ巨大地震の発生が危惧されており、耐震性能が不足する中低層建物に対し耐震補強を施すことは喫緊の課題です。一方で、補強工事に火器や重機を必要とするため、補強工事中の事業継続性が低下することにより建物の耐震化が進まないことが現状です。現在は簡易施工の観点からこれらの問題に対し積極的な回答を与える新しい耐震補強の開発・実用化を目指し、修士研究として以下の2点に取り組んでいます。1点目は提案する耐震補強と既存の様々な耐震補強を、骨組の倒壊に関する補強効果の観点から比較することで、提案する機構の長所を定量的に評価することです。そのために、今年8月に京都大学で、提案する機構の補強実験を行います。9月には渡航先の清華大学で、研究室が開発した補強機構の共同実験を実施することを予定しています。2点目は日本だけでなく他国の耐震性能が不足する建物に対しての適用性、補強の妥当性を検証することです。帰国後に倒壊を想定した骨組解析を行うため、地震による骨組の倒壊事例が数多く報告される中国で耐震補強が必要な建物を調査し、中低層建物の損傷状態に関するデータを収集します。収集したデータを基に倒壊解析を得意とする Peng Pan 教授にモデル構築に関する指導を受けます。

### 成果

#### 1. 清華大学における実験の実施

現地の学生と協力して、清華大学の実験設備で柱梁接合部の挙動を検証する実験を行いました。試験体は2体あり、1体目は補強前、2体目は補強後とし、結果を比較して補強効果を検討しました。実験は、試験体1体につき4日間を試験体設置と器具の取り付け、載荷に費やしたため、計8日で終了しました。補強前の試験体は早期に梁端部のコンクリートがひび割れし、そこから生じた亀裂が進展したため、載荷時にスリップ挙動やギャップが確認されるなどの不安定な挙動を示しました。載荷終了時には内部鉄筋の露出が見られ

ました。しかし、補強後の試験体は一番大きな損傷が梁端部の接続を担保する接着剤の剥離に留まり、載荷終了時にわずかにひび割れが確認されましたが、終始安定した挙動を示しました。補強により、荷重変形関係におけるエネルギーの消費が2.5倍増大し、期待した補強効果を得ることができました。今後は得られた実験データと知見の整理が課題となります。

## 2. 倒壊を想定した骨組の解析モデルの構築

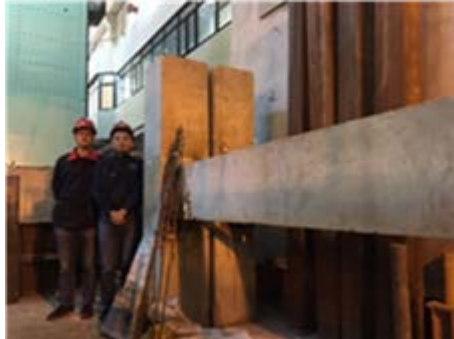
汎用解析ソフト OpenSees を用いて倒壊を想定した骨組モデル（4層4スパン鉄骨鉄筋コンクリート造）の構築手法を指導していただきました。これまでは bi-linear 型の簡易なモデルで解析を行っていましたが、最大耐力に達した後の劣化挙動の表現を弾塑性ばねに新たに組み入れ、適当な数値を与えることによって負の剛性を持つ挙動の再現が可能となりました。現在は次の3で収集した低層建物のデータを基に骨組モデルの構築に取り組んでいます。

## 3. 中低層建物を見学し、データを収集

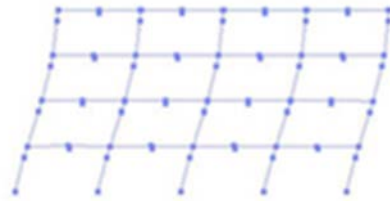
解体間近の低層建物を1棟見学し、主要梁、柱の寸法・スパン等のデータを収集しました。鉄筋コンクリート造の建物は中国でよく用いられているので、この建物を代表例として骨組解析を実施します。さらに、耐震補強を施してどの程度性能が向上するか検証し、適用性、妥当性を把握することも今後の課題です。見学では、柱梁接合部の損傷の様子（クラック、亀裂の進展）を確認することができました。これを基に、建物の材料特性の変化をパラメーターとして各損傷状態の確率を表現したフラジリティ曲線の構築を現在進めています。

## 4. 空港の建設現場と振動台の見学

国家工学耐震振動低減技術会議に参加し、2019年から営業予定の北京首都第二空港の建設現場を見学しました。巨大な内部空間を実現するために、特殊な形をした鉄骨造C形の柱を採用し、内部の柱の数を大幅に低減していました。また、その少ない柱が湾曲した天井を支えるために、天井を全て鉄骨で覆うのではなく、エコを意識したガラスにし、自重を軽減するなどの工夫が見られました。建設後はこのような現場の最新技術は壁等で見えなくなってしまうため、建設中に見学することができ、とても貴重な機会となりました。さらにこの空港には最新の耐震装置を1000個以上設置しているそうで、地下には巨大な積層ゴムを持つ免震装置を設置していました。この会議では建設中の振動台施設も見学しました。振動台は長スパンの橋の縮小実験を行うことができるスペースを有し、3次元6自由度の載荷を実現しています。この規模の振動台の建設工程を見る機会は初めてで興味深かったです。



実験後の記念撮影



作成した骨組モデル



低層建物外観



空港現場見学



振動台建設現場