

2. プロジェクトの概要

2.1 研究組織

本TEDCOMプロジェクトは、神奈川大学工学部建築学科構造システム系教員7名を中心として、学術フロンティアについては学外共同研究者2名、産官学プロジェクトについては7社のもとに、建築学科の教務技術職員および大学院工学研究科建築学専攻の大学院生の協力も得てスタートした。その後、平成12年度より、建築構造設計の実務研究者およびゴム等の物性研究者の計4名の研究者を加えて実施した。以下に、本研究プロジェクトの参加研究者氏名、所属、それぞれの研究課題および役割を示す。

研究テーマ：制振・免震デバイスの性能確認実験および開発

岩田を中心に、鋼製デバイスの実験・開発については小川、竹内と大石が、鉄筋コンクリート系デバイスの実験・開発については島崎が担当。実験の実施・整理は教務技術職員と大学院生が補助。

研究テーマ：デバイスを設置した建物の実挙動観測

強風観測は丸川と下村が、地震観測は荏本と山本が担当し、大学院生がデータ整理、解析を補助。免震デバイスの性状観測は島崎と大石が担当し、大学院生が計測を補助。

研究テーマ：地震・風応答シミュレーションおよび観測結果との比較

荏本を中心に丸川と栗山が担当し、解析シミュレーションについては大熊、下村と内山が、比較検討については常木、梅野が補佐。また、コンピュータ解析は大学院生が補助。

研究テーマ：損傷制御設計法の確立

岩田と島崎を中心に、丸川、常木、梅野、竹内が補佐。

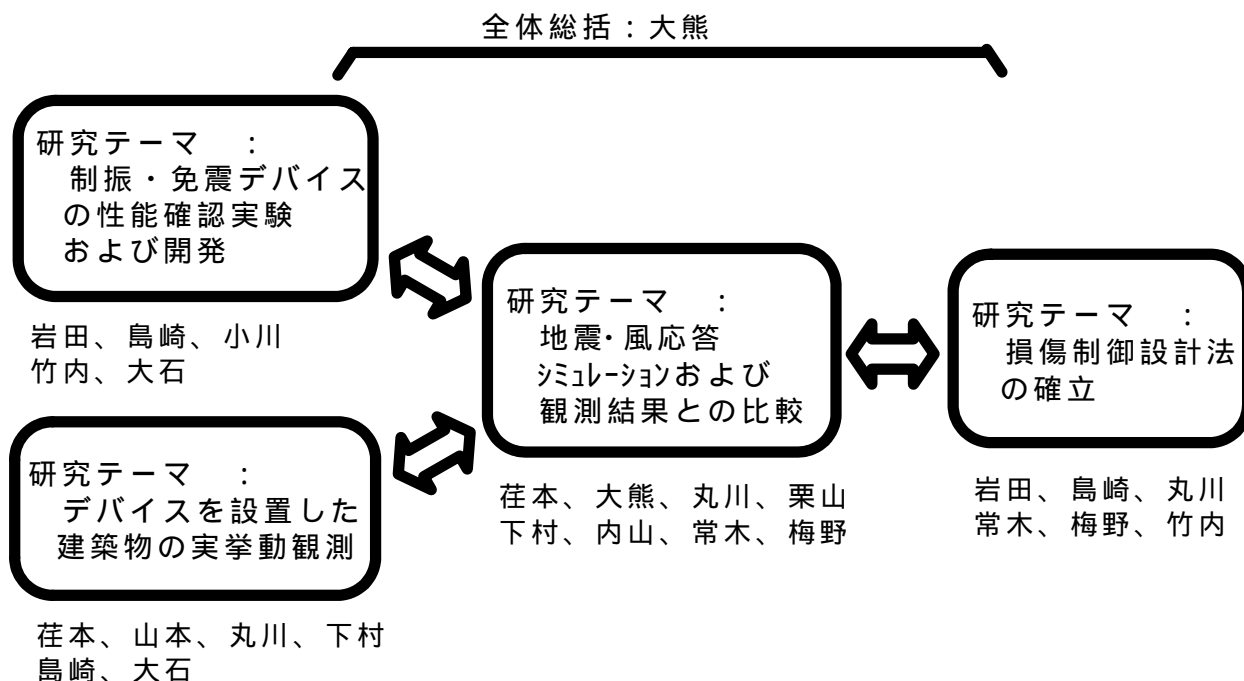


図1 4研究テーマと各研究者の配置

神奈川大学の研究者

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
大熊武司 (代表者)	工学部・教授	実建築物の強風時挙動解析 デバイスの疲労損傷評価 風揺れに対する居住性評価	全体総括、風観測総括 風応答解析まとめ
岩田 衛	工学部・教授	損傷制御設計法の確立 新しいデバイスの開発及び評価	損傷制御設計法総括 デバイス性能確認実験総括
荏本孝久	工学部・助教授	実建築物の地震時挙動解析 地震応答シミュレーション	地震観測総括 地震応答シミュレーション総括
島崎和司	工学部・助教授	損傷制御設計法の応用 デバイスの挙動解析及び評価	RC建物の設計方法担当 RC系デバイス実験担当
小川秀雄	工学部・助手	デバイスの挙動解析	鉄骨系デバイス実験担当
山本俊雄	工学部・助手	実建築物の地震時挙動観測	地震観測担当
下村祥一	工学部・助手	実建築物の台風時挙動観測 地震・風応答シミュレーション	強風観測担当 風・地震解析補佐

学術フロンティア共同研究機関・研究者

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
丸川比佐夫	(株)泉創建エンジニアリング所長	実建築物の強風時挙動解析 風応答シミュレーション	強風観測、風洞実験担当 風応答シミュレーション総括
栗山利男	(株)構造計画研究所 解析技術本部	制振・免震デバイスのモデル化 地震応答シミュレーション	地震解析担当

産官学共同研究プロジェクトの参加機関・担当者

(2001年3月現在)

機関名称	担当者	備 考
前田建設工業株式会社技術研究所	部長 池田 武穂	
日本鋼管工事株式会社	技監 野村 博一 技術管理部部長 荒木田 史穂 設計・積算部参与 小林 迪也	
工藤建設株式会社	代表取締役社長 工藤 次郎	
株式会社松尾工務店	代表取締役社長 種村 公	
株式会社紅梅組	代表取締役社長 金泉 隆介	
株式会社千代田アクタス	代表取締役社長 鈴木 茂夫	
株式会社小俣組	代表取締役社長 小俣 務	

平成12年度(2000年度)から参加の研究者

神奈川大学の研究者

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
大石不二夫	理学部・教授	積層ゴムの耐久性検証	デバイス性状観察担当

学術フロンティア共同研究機関・研究者

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
常木康弘	(株)日建設計 構造設計室長	免震建築物の構造設計法	動的解析と構造設計補佐
梅野 岳	(株)久米設計 構造設計部長	建築物の構造設計法	動的解析と構造設計補佐
内山正次	鹿島建設(株)・技術研究所上席研究員	免震建築物の実挙動観測	動的解析補佐
竹内 徹 (平成13年度まで)	新日本製鐵(株)・技術開発グループ・リーダー (現在：東京工業大学助教授)	新しいデバイスの開発及び評価	鉄骨系デバイス実験担当 構造設計補佐

実験協力の神奈川大学職員

氏 名	所属・職名	協力担当部門	
村井正敏	工学部・ 教務技術職員	鋼製デバイスの実験	
五十嵐 泉	工学部・ 教務技術職員	鉄筋コンクリート製デバイスの実験	

2.2 研究設備および装置

本TEDCOMプロジェクトを実施するため、神奈川大学建築学科所有の以下の各実験施設を使用した。

学術フロンティアの研究装置として購入した動的挙動観測用装置は、設置調整を行った後、平成12年度に23号館および1号館の所定位置に設置し、現在も計測を継続している。また、起振機実験および常時微動計測については、専門業者の補助が必要なため、平成12年度研究費にて実施した。

(1)動的挙動観測システム

動的挙動観測用装置(学術フロンティア研究装置)

23号館(免震棟)と1号館のそれぞれ5数力所および23号館近傍の地中と地表の2カ所に加速時計を設置し、また、それぞれの建物の屋上に風向、風速計を設置し、全体の集録装置を1号館の地下階に設置して実挙動観測を実施した。

(2)建築学科実験棟構造材料実験室

構造物用動的試験装置(動的75ton、静的100ton)

500ton長軸圧縮試験機

100ton万能試験機

風洞実験装置(免震モデル実験システムは学術フロンティア研究設備)

(3)建築学科振動実験室

構造解析振動実験装置

(4)建築構造演習室

コンピュータシステム(学術フロンティア研究設備)。

(5)横浜市産学共同研究センター実験棟

制振・免震デバイス実験用載荷設備(静的50ton、学術フロンティア研究設備)。

(6)多軸仮動的応答実験システム

多軸仮動的応答実験載荷装置(平成14年度文部科学省大学院教育研究施設整備施設)

($\pm 200\text{kN}$ 2台、 $\pm 700\text{kN}$ 1台)

2.3 研究の概要

本 TEDCOM プロジェクトは関係する分野が非常に幅広いため、下記に示す 4 研究テーマを構築し、各研究テーマが相互に連携をとりつつ総合的成果を目指した。

各研究テーマの研究の概要は以下の通りである。

研究テーマ : 制振・免震デバイスの性能確認実験および開発

(1) 鋼製デバイスの実験および開発

既存の鋼製制振デバイス(軸降伏型履歴ダンパー)のうち、芯材の座屈拘束条件が異なる 4 種代表モデルについて、それぞれの耐震性能を確認するために降伏荷重値等をそろえた同一載荷条件による静的繰返し実験を実施した。

また、両端部ディテールに自由度があり、品質管理を厳しく行え、高歪状態においても安定した復元力特性を示す座屈拘束ブレースを開発するため、鋼モルタル板高さを変化させ拘束力を調整した試験体及び芯材幅厚比を変化させた試験体を数種製作し、デバイス拘束力及び芯材幅厚比の変化が履歴特性に与える影響、累積塑性歪エネルギー、弾塑性性状、補剛性状等を検証するための繰返し軸方向載荷実験を行った。

(2) 鉄筋コンクリート製制振デバイスの開発

鉄筋コンクリート造コアタイプの短スパン梁への適用として、この部分に適した新たな制振機構となる、地震後の修復性が良好でエネルギー吸収能力に優れた高エネルギー吸収 X 型配筋鉄筋コンクリート製梁を、数種の実験をもとに考案した。

X 型配筋梁は、X 型主筋をデボンドとして鉄筋が引張り降伏してもコンクリートに引張り力が伝わらずクラックの少ない梁となっており、また、梁端部のコンクリートにノッチなどを設けて圧縮側の鉄筋が圧縮降伏し、エネルギー吸収能力が増加するようにしたものである。

(3) 粘弾性ダンパーの検討

木造住宅の耐震性向上に利用され始めている粘弾性ダンパーは、台風のように長時間作用する動的外乱に対して温度が上昇し、設計上の性能が発揮されない恐れがあるため、長時間加力実験を行い、粘弾性体の温度上昇量と剛性変化量を示した。また、木造住宅の風応答の試算を行い、その制振効果について検討した。

研究テーマ : デバイスを設置した建築物の実挙動観測

(1) 地震観測

神奈川大学の実挙動観測システムは、同時期に新築された 1 号館(非免震構造)および 23 号館(免震構造)の建物内に各々 5 箇所(各 3 成分)と、両号館の中間に位置するキャンパス内の地盤中に 2 箇所(地表、地中、各 3 成分)に振動計を配置し、強風・強震時の振動計測を行っている。

現在も観測を継続しているが、2003 年 9 月までに観測された地震観測結果から得られた地震時動的挙動による検証、また、地震観測記録と微動観測記録による地盤振動特性の比較を行っている。

(2) 強風観測結果

免震構造は、強震や台風などの外乱に遭遇した事例が少なく、その情報も乏しいため、神奈川大学 23 号館を対象として常時微動測定、地震および風外乱に対する実挙動観測を行い、捩れ振動特性、固有振動数、減衰特性、振動モード、免震層の復元力特性等について検討した。

研究テーマ 地震・風応答シミュレーションおよび観測結果との比較

(1) 地震応答シミュレーション

23 号館の設計資料に基づいてモデル化した多質点等価せん断型モデルに、観測された地震記録を入力とした地震応答解析を行い、観測記録との比較を行なった。次に、振動実験結果および地震観測結果に基づいて微小振幅レベルにおける免震層の復元力特性を検討し、検討した復元力特性を用いて地震応答解析を行ない、観測記録との比較を行った。

また、本建物は地下 2 階を有しており、基礎床付けレベルは設計 GL - 16m 程度の深い埋め込みを有することから、建物周辺地盤の影響を考慮した地盤 - 建物連成系モデルにより地震応答解析を行った。

(2) 風応答シミュレーション

免震建物は風による影響を受けやすく、居住性を大きく損なう恐れがある。免震部材を適正に設計し配置するためには、風に対する挙動を精度良く把握しなければならない。

このため、小規模軽量免震建築物を対象に、弾性応答時の風方向最大変位に対する免震層の降伏点変位の比 β と風方向変動風力に対する風直角方向変動風力の比 γ を解析パラメータとして、風方向風力と風直角方向風力の二方向入力による弾塑性風応答解析を行った。

また、免震建物では、通常の建築物に比べて固有振動数が低く、並進と捩れの固有振動数が接近しており、通常の建築物に比べて空力不安定振動が生じる可能性が高いと考えられるため、中低層免震建物を対象に、免震層の復元力特性を取り入れた風洞実験用多自由度弾塑性モデルを開発し、基本性能および応答性状を確認した。

さらに、免震建物の風応答解析においては、免震部材の復元力特性を精度良く表現できるモデルが必要であり、加えて捩れ振動を表現できる解析モデルを用いることも同時に重要であるため、鉛をデバイスとして使用した免震建物に着目し、微小な振幅から弾塑性挙動を示す復元力特性モデルとクリープ変形を考慮した時刻歴風応答解析方法を提案した。

研究テーマ 損傷制御設計法の確立

(1) 鋼製建物について

損傷制御構造のエネルギー吸収機構として座屈拘束ブレースが用いられているが、座屈拘束ブレースが実際の建物に組み込まれたときにどの程度その性能を発揮するかについては不明確な点が多いこと等を解消するため、最も標準的と考える損傷制御構造モデルを対象に、精度の高い骨組み解析理論に基づいた数値解析を行い、各レベルの地震動を入力し、座屈拘束ブレースに要求される性能を明らかにした。また、性能評価式に基づいた座屈拘束ブレースの設計法を提案した。

(2) 鉄筋コンクリート製建物について

耐震設計の基本として性能設計が指向されるようになり、また、阪神大震災以降、大地震後でも建物を使えるという要求が強くなってきていることを考慮し、部材の性能を高め、地震後の補修が容易な構造形式、構造部材の開発をめざし、水平力をもっぱらコアで負担し、それ以外の部材は鉛直力のみを負担させる RC 壁コアと CFT + フラットプレート構造を組み合わせたハイブリッド (HB) 構造の設計手法と、損傷評価について検討した。

(3) 強風時の疲労損傷評価

強風特性のモデル化の違いが疲労損傷評価に及ぼす影響について検討するため、日本付近を通過する台風の統計的性質を取りまとめ、モンテカルロ法によって日本全域に渡る台風シミュレーションを可能にした。続いて、台風シミュレーションによって推定される平均風速の見掛け上の評価時間を推定した。さらに、強風の強さの評価法として観測記録に基づいた場合、台風シミュレーションによる場合等について 1 建物を事例に疲労損傷度を検討した。