

第1章 はじめに

1-1 背景

我が国において、積層ゴムを使用した本格的な免震構造は、1980年代前半から始まる。当初は、日本建築センターにおいて事前に、免震システムに対する研究委員会の審査を受けることが求められた。そののち、高さ60mを超える超高層建築物と同様に、建築物ごとに時刻歴応答解析による耐震安全性の検証を伴う免震評定を受けた後、大臣認定を取得していた。従って、1980年代の免震建築物は、限られた設計事務所と施工会社により設計され、施工会社が技術開発のために設計した自社使用の集合住宅や研究施設が約半数を占めていた。

1990年代に入ると、設計や施工ができる設計事務所や施工会社も増え、銀行や生命保険会社の電算センターなど高い耐震性能を要求される建築物に免震構造が採用される場合が多くなった。

1995年阪神淡路大震災において、震源に比較的近い地域にあった2件の免震建築物の地震観測結果により、その免震性能が実証され、それまでの約10年間で80棟余りの実施例であった免震建築物が、その後は急激に増加した。特に、病院、消防署、防災拠点など、大地震時にも機能を維持しなければならない公共建築や分譲マンションなどの集合住宅に急速に広がり、高い耐震性能を持つ新しい構造形式として認知され普及し始めた。

免震建築物の普及拡大を背景に、2000年の建築基準法改正の際には、免震構造は限界耐力計算と同等以上の安全性を確かめられる計算法として平成12年建設省（現、国土交通省）告示第2009号「免震建築物の構造方法に関する安全上重要な技術的基準を定める等の件」（以下、告示2009号）により規定され、一般の建築物と同様の確認申請により建設できるようになった。同時に、平成12年建設省（現、国土交通省）告示第1446号（以下、告示1446号）により、免震材料の備えるべき性能や品質、それを検証する試験法が規定され、免震構造の設計に際して、積層ゴムやダンパーなどはこの免震材料認定を取得したものを使用することが義務づけられた。2000年以降は、大臣認定を取得した免震建築物と告示2009号による免震建築物が共存するようになり、この告示2009号で規定されるレベルを基準にして、時刻歴応答解析により大きな余裕度を確保した高耐震性能のものまで、様々な耐震レベルの免震構造が存在するようになった。これまでアスペクト比の小さいRC造の建築物に限られていた免震構造も、鉄骨構造やプレストレス構造などの構造種別や60mを超える超高層住宅等にも適用されることとなった。また、積層ゴム、すべり支承、転がり支承、履歴減衰型ダンパー、粘性減衰型ダンパーも様々な仕様の免震部材が開発または改良され、一つの建築物で多種類の免震部材を採用するケースも多く見られるようになり、すべり支承や転がり支承を採用した戸建て免震住宅も多く建設されるようになった。

2003年十勝沖地震の苫小牧でのスロッシング振動による巨大な石油タンク火災を契機として、長周期成分が多く含まれ震源から遠いところでも長周期構造物が長時間揺れる地震動が注目されるようになった。東海・東南海・南海地震などの海溝型巨大地震が発生すると、東京、大阪、名古屋などの大都市では、数秒から十秒程度までの長周期のゆれが数分から十分間程度も続く長周期地震動が発生することが指摘されている。長周期地震動により、免震建築物にはこれまでの想定を超える大きなゆれ

が繰り返し生じる可能性がある。

2011年東北地方太平洋沖地震では、東北・関東地方のみならず震源から700kmほど離れた大阪でも長周期地震動により超高層建築物などに長時間の揺れが観測された。建設地点による振幅の大小はあるものの、免震構造においても免震層の応答変位ならびに上部構造の絶対応答加速度が観測され、免震構造の地震時挙動が明らかとなった。

告示2009号に示された免震建築物の地震時応答を評価する方法には、加速度応答スペクトルに基づいた方法が用いられている。加速度応答スペクトルを利用するために、免震層を含めた上部構造を1自由度系に置換し、等価質量、等価水平剛性、等価粘性減衰定数を用いて、地震時における免震層の応答値等が算定される。免震建築物の場合は、特に上部構造を剛体と仮定し、免震層より上部の全質量を等価質量とし、免震層に用いられた免震部材（告示1446号では、免震材料と呼ぶ）の力学特性に基づき、等価水平剛性、等価粘性減衰定数を算定している。このため、上部構造（免震層より上部の部分）はモデル化されないため、地震時における上部構造の設計用地震層せん断力係数の算定式が提案されている。

2000年に施行された告示2009号の検討の際、免震部材は天然ゴム系積層ゴム、鉛プラグ入り積層ゴム、高減衰積層ゴムが主に使われており、またダンパーとしては、鋼材、鉛およびオイルダンパー等が使われていた。また上部構造の剛性を比較的大きくする設計が行われていたことから、1次モードが卓越する振動モードを想定した免震建築物を対象に、上部構造の設計用地震層せん断力係数の算定式は作成された。

近年、比較的剛性の小さな上部構造が設計される場合が多くなるとともに、地震時の上部構造の加速度応答の低減を図るために、免震建築物の免震周期を長くする設計（免震層の2次剛性を小さくする）が行われるようになり、免震建築物の上部構造の応答に1次モードに加え、2次モードの影響を検討することが必要となった。このような状況に鑑み、免震層と上部構造の幅広い力学特性に対する免震建築物の上部構造の応答性状を確認し、層せん断力の高さ方向の分布係数の検討を行うことが必要となった。

1-2 目的

本検討では、告示2009号第6の規定に基づく免震建築物の上部構造の設計用地震層せん断力係数評価方法について、建築物の地震時応答性状を踏まえ、高次の振動モードの影響を考慮したより適切な評価方法による算定法を提案することとした。

層せん断力係数に関しては、まず免震建築物の設計と免震材料に関する実情を調査した上で、適切な各種パラメータ値を用いた免震建築物モデルの地震応答解析を行う。この結果の分析を通して免震建築物の合理的な層せん断力係数の評価を試みる。

1-3 検討体制

本研究は、平成 20 年および平成 21 年度建築基準整備促進事業に基づく調査事項に係る共同研究として、同事業の事業主体 3 者と共同で実施したものであり、その体制は、図 1.3-1 に示すとおりである。建築研究所は、調査研究の計画策定、研究の成果のとりまとめにおいて、主たる役割を果たしたほか、その他の項目について、各事業主体とともに研究を行った。

共同研究の検討体制は、「建築基準整備促進事業 12 免震建築物の基準の整備に資する検討 本委員会」を設け、平成 20 年度では、本委員会の下に 3 つの検討課題 (SC1、SC2、SC3) に対して計 5 つの WG を設置し、事業を推進した。平成 21 年度においても本委員会の下に 3 つの検討課題に対してそれぞれ WG (免震せん断力 WG、WG1、WG2) を設置した。また WG1、WG2 については、さらに検討課題を分類整理し、計 5 つの SWG を設け、検討を推進した。共同研究の組織図を図 1.3-2 および図 1.3-3 に、研究体制を表 1.3-1 および表 1.3-2 にそれぞれ示す。本資料は、図 1.3-2 に示す SC1：免震建築物の設計用せん断力に関する調査 (平成 20 年度)、図 1.3-3 に示す免震せん断力 WG (平成 21 年度) における検討結果、ならびに平成 24 年に実施した追加検討をとりまとめたものである。

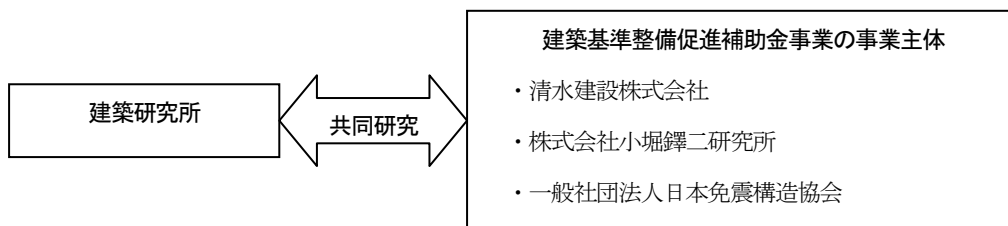


図 1.3-1 共同研究の実施体制

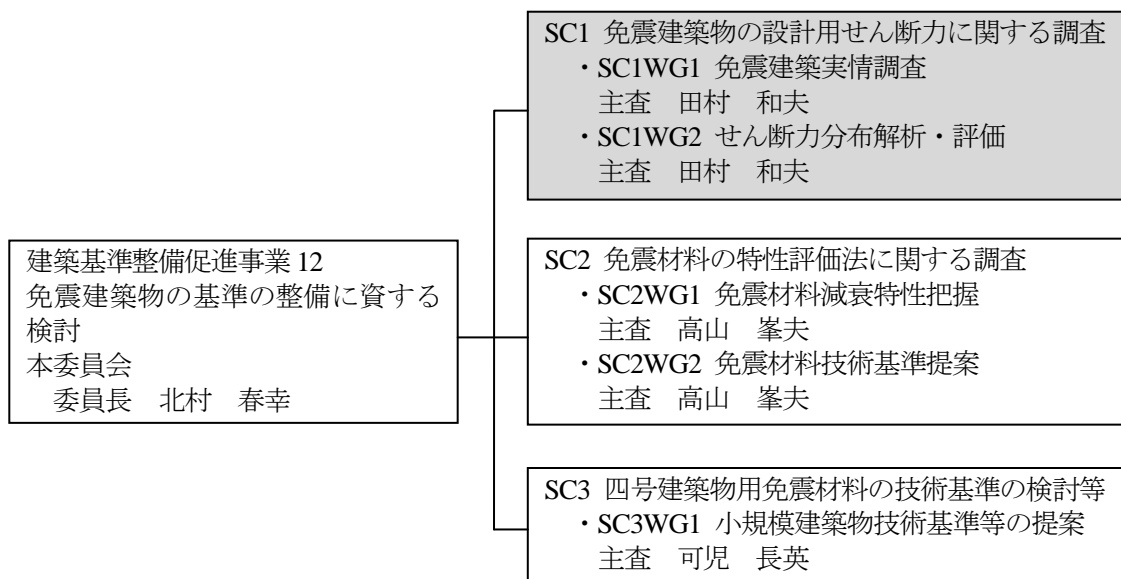


図 1.3-2 平成 20 年建築基準整備促進事業（12 免震建築物の基準の整備に資する検討）

研究体制組織図

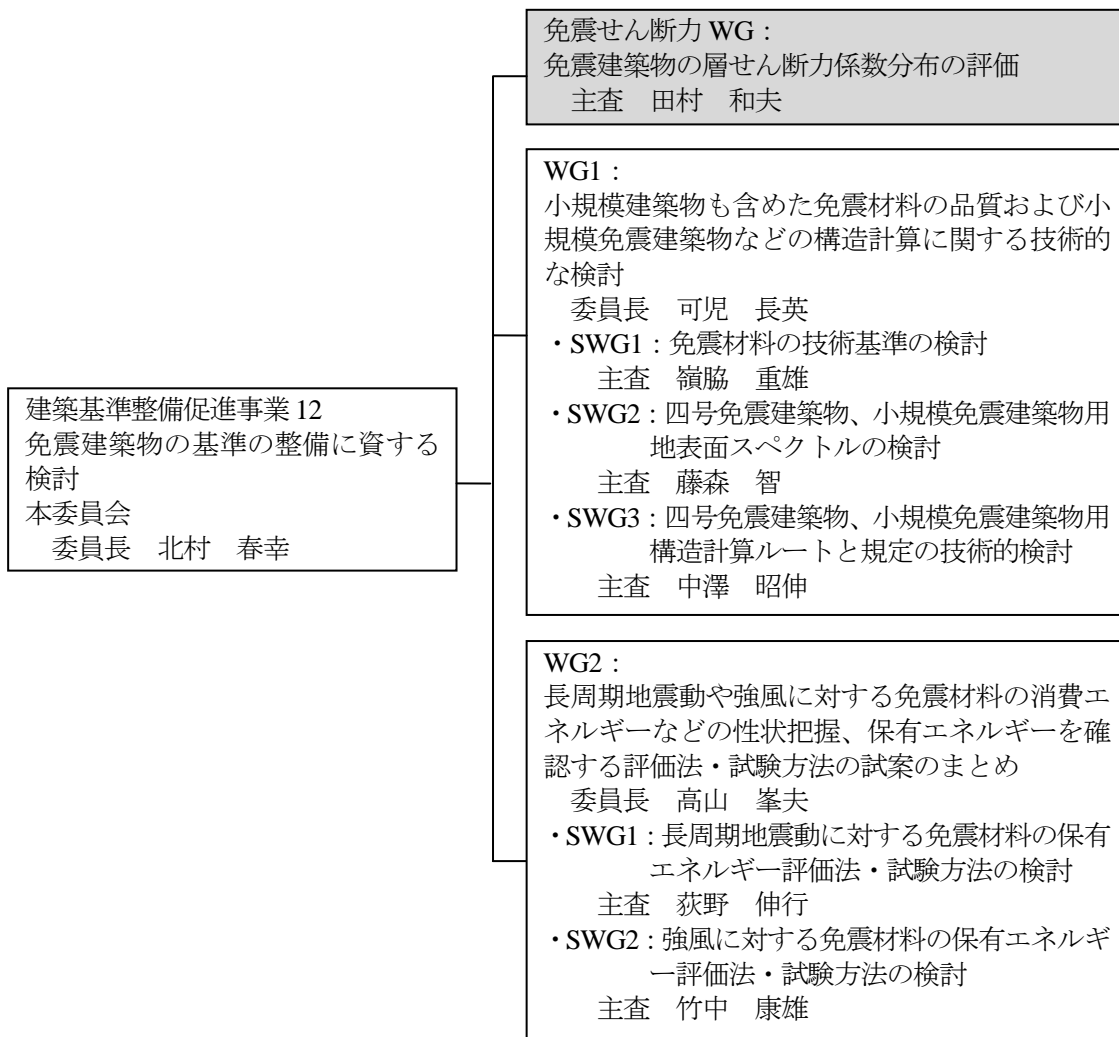


図 1.3-3 平成 21 年建築基準整備促進事業 (12 免震建築物の基準の整備に資する検討)

研究体制組織図

表 1.3-1 平成 20 年度検討体制

(所属、肩書は平成 21 年 3 月末現在のものである)

建築基準整備促進事業・12 免震建築物の基準の整備に資する検討 本委員会

委員長	北村 春幸	東京理科大学
委員	井上 範夫	東北大学
委員	川口 健一	東京大学
委員	菊地 優	北海道大学
委員	小林 正人	明治大学
委員	高山 峯夫	福岡大学
委員	北村 佳久	清水建設
委員	猿田 正明	清水建設
委員	竹中 康雄	鹿島建設
委員	中澤 昭伸	織本構造設計
委員	長谷川 豊	オイレス工業
委員	速水 浩	日本建築センター
委員	藤森 智	松田平田設計
委員	吉江 慶祐	日建設計
委員	田村 和夫	清水建設
委員	可児 長英	日本免震構造協会
共同研究委員	飯場 正紀	建築研究所
共同研究委員	斉藤 大樹	建築研究所
共同研究委員	大川 出	建築研究所
協力委員	井上 波彦	国土交通省 国土技術政策総合研究所
協力委員	小豆畑 達哉	国土交通省 国土技術政策総合研究所

SC1：免震建築物の設計用せん断力に関する調査

SC1WG1：一免震建築実情調査一

主 査	田村 和夫	清水建設
委員	可児 長英	日本免震構造協会
委員	北村 佳久	清水建設
委員	猿田 正明	清水建設
委員	西村 拓也	清水建設
委員	森川 和彦	清水建設
共同研究委員	飯場 正紀	建築研究所

SC1WG2：一せん断力分布解析・評価一

主 査	田村 和夫	清水建設
委員	可児 長英	日本免震構造協会
委員	北村 春幸	東京理科大学

委員	北村 佳久	清水建設
委員	小林 正人	明治大学
委員	猿田 正明	清水建設
委員	高濱 亮太	清水建設
委員	竹中 康雄	鹿島建設
委員	西村 拓也	清水建設
委員	森川 和彦	清水建設
共同研究委員	飯場 正紀	建築研究所

表 1.3-2 平成 21 年度検討体制

(所属、肩書は平成 22 年 3 月末現在のものである)

建築基準整備促進事業・12 免震建築物の基準の整備に資する検討 本委員会

委員長	北村 春幸	東京理科大学
委員	井上 範夫	東北大学
委員	大熊 武司	神奈川大学
委員	荻野 伸行	熊谷組
委員	可児 長英	日本免震構造協会
委員	菊地 優	北海道大学
委員	北村 佳久	清水建設
委員	小林 正人	明治大学
委員	猿田 正明	清水建設
委員	高山 峯夫	福岡大学
委員	竹中 康雄	小堀鐸二研究所
委員	田村 和夫	清水建設
委員	中澤 昭伸	織本構造設計
委員	長谷川 豊	オイレス工業
委員	速水 浩	日本建築センター
委員	藤森 智	松田平田設計
委員	吉江 慶祐	日建設計
共同研究委員	飯場 正紀	建築研究所
共同研究委員	大川 出	建築研究所
共同研究委員	斉藤 大樹	建築研究所
協力委員	小豆畑 達哉	国土技術政策総合研究所
協力委員	石原 直	国土技術政策総合研究所
協力委員	井上 波彦	国土技術政策総合研究所

免震せん断力 WG：免震建築物の層せん断力係数分布の評価

主 査	田村 和夫	清水建設
委員	北村 佳久	清水建設
委員	猿田 正明	清水建設
委員	西村 拓也	清水建設
委員	森川 和彦	清水建設
協力委員	石原 直	国土技術政策総合研究所
共同研究委員	飯場 正紀	建築研究所

