

関東地震から100年

－これまでの地震対策を振り返り、これからに備える－

技術研究所 安全安心技術センター 福喜多 輝
熊谷 仁志
宮腰 淳一

1. はじめに

2023年は1923年関東地震から100年の節目にあたる。明治以降、日本で1,000人以上の死者・行方不明者を出した地震および気象庁が名称を定めた地震^{1),2)}は表-1に示すように20を超える。その中でも1923年関東地震は、死者・行方不明者が約10万5千人、全壊・半壊の住家がそれぞれ10万棟超、火災で焼失した住家は21万2千棟を超えており、その後の日本における建築関係の法律や技術の発展に大きな影響を与えた地震の1つである。地震から2年後には東京帝国大学に地震研究所が設立され、日本における地震に関する研究の中心として、地震防災、耐震技術などの研究が発展するきっかけとなった。

この機会に関東地震とはどのような地震だったのかを振り返り、その後に取りられてきた日本の耐震技術の変遷について述べる。また、2015年に技術研究所に完成した先端地震防災研究棟とこれを利用して行われた最近の耐震技術に関する研究開発について紹介するとともに、関東地域において将来の発生が懸念される地震の概要とそれへの備えについて述べる。

表-1 明治以降の1,000人以上の死者・行方不明者を出した地震および気象庁が名称を定めた地震

No.	発生年月日	地震名	M	最大震度	死者・負傷者・行方不明者
1	1891年10月28日	濃尾地震	8.0	6	死7,273
2	1896年6月15日	明治三陸地震	8.2	2~3	死21,959
3	1923年9月1日	関東地震	7.9	6	死・不105,000余
4	1927年3月7日	北丹後地震	7.3	6	死2,912
5	1933年3月3日	昭和三陸地震	8.1	5	死・不3,064
6	1943年9月10日	鳥取地震	7.2	6	死1,083
7	1944年12月7日	東南海地震	7.9	6	死・不1,183
8	1945年1月13日	三河地震	6.8	5	死1,961
9	1946年12月21日	南海地震	8.0	5	死・不1,443
10	1948年6月28日	福井地震	7.1	6	死3,769
11	1995年1月17日	兵庫県南部地震	7.3	7	死・不6,437
12	2000年10月6日	鳥取県西部地震	7.3	6強	負182
13	2001年3月24日	芸予地震	6.7	6弱	死2、負288
14	2003年9月26日	十勝沖地震	8.0	6弱	死1、不1、負849
15	2004年10月23日	新潟県中越地震	6.8	7	死68、負4,805
16	2007年3月25日	能登半島地震	6.9	6強	死1、負356
17	2007年7月16日	新潟県中越沖地震	6.8	6強	死15、負2,346
18	2008年6月14日	岩手・宮城内陸地震	7.2	6強	死17、不6、負426
19	2011年3月11日	東北地方太平洋沖地震	9.0	7	死19,729、不2,559、負6,233
20	2016年4月14日	熊本地震	7.3	7	死273、負2,809
21	2018年9月6日	北海道胆振東部地震	6.7	7	死43、負782

M：マグニチュード

2. 1923 年関東地震

(1) 地震の諸元と被害の概要

1923（大正12）年9月1日11時58分に相模湾北部を震源とするM7.9の地震が発生し、東京都と神奈川県を中心に首都圏で甚大な被害となった（関東大震災）。首都圏周辺では、フィリピン海プレートが北米プレートの下に沈み込んでおり、関東地震は2つのプレートの境界で発生した相模トラフ沿いの巨大地震である。この地震による被害³⁾は、死者・行方不明者が約10万5千人、全半潰・焼失・流出・埋没の被害を受けた住家は約37万棟にのぼった。死者・行方不明者数は、記憶に新しい2011年（平成23）東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）よりも多く、国内では最大の被害地震である。その内訳は、火災によるものが9割近くを占め、旧東京市と旧横浜市の大規模火災が最大の原因と考えられる。一方で、住家全潰による死者数も1万人を超え、1891（明治24）年濃尾地震や1995（平成7）年兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）をも上回るものである。図-1に、関東大震災、阪神・淡路大震災、東日本大震災における死因の割合を示す⁴⁾。図より、関東大震災は火災による焼死が、阪神・淡路大震災は建物倒壊による圧死が、東日本大震災は津波による溺死が、それぞれ圧倒的に多く、地震によって被害の特徴が異なることを示している。

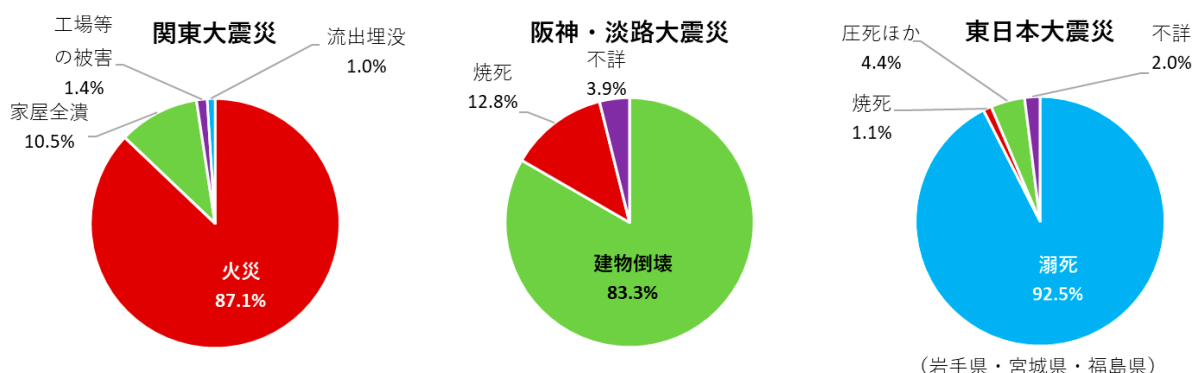


図-1 過去の地震における死因（関東大震災、阪神・淡路大震災、東日本大震災の比較）
（平成23年防災白書⁴⁾より作成）

1923 年関東地震の最大震度は、気象庁によれば東京での震度 6 であるが、その後の住家被害の分析から、震源に近い神奈川県および房総半島南部で震度 7 であったと推定されており、震源域では非常に強い揺れであったと考えられる。この地震の震度 7 の面積は、同じく住家被害等から推定した阪神・淡路大震災の震度 7 の面積よりはるかに広く⁵⁾、揺れによる被害の甚大さを示している。関東地震の当時は、現在とは異なり地震計はわずかしか設置されていなかった。東京では、今村式地震計などの複数の地震計で観測されていたが、いずれも振り切れていたため、一部の記録について復元の検討がなされている⁶⁾。東京での地震動のレベルは、その後の建築物の耐震設計の目安になったとされている。一方、1923 年関東地震の揺れを再現した強震動シミュレーション⁷⁾によれば、東京や横浜では、振幅が大きく長い周期の地震動が長い時間継続する、長周期長時間地震動であることが示された。これは、規模の大きい地震が首都圏に近い距離で発生したうえ、広大で堆積層が厚い関東平野で地震の揺れが広範に伝播したためと考えられる。超高層建物や免震構造物などの長周期構造物が密集する首都圏では、長周期長時間地震動への対策が重要であるといえる。

1923 年関東地震は、本震の規模も大きかったが本震後の余震も多数発生している。地震発生後 1 年間の M6.0 以上の余震の数は、2011 年東北地方太平洋沖地震に次いで多く、地震規模別にみると突出して多いことが指摘されている⁸⁾。とくに、M7 以上の余震が複数発生しており、規模の大きい余震を考慮することの重要性が指摘できる。

(2) 地震後の当社の活動

当社は地震直後から、自社の設計施工建物 190 棟について被害の調査と原因分析を行い、詳細な地震調査報告書としてまとめている⁹⁾。報告書では、建物概要、設計概要、使用材料の他、柱、梁、床などの構造部材や天井などの非構造部材、さらには昇降機、防火扉といった設備などについて、震災による被害と火災による被害のそれぞれについてまとめている。また、付録には建物位置の埋め立て年代との関係や火災の延焼区域との関係についてまとめられている。さらに、関東地域で発生した過去の大地震の整理、図-2 に示す地震時の震度分布など、地震に関する様々な情報もまとめられている。現代でも大きな被害が出た地震では学術調査を行い、報告書にまとめることは珍しくないが、当時から後世に建物の損傷状態とその原因の分析結果を詳細に伝え、知見や技術の伝承を意識していたと思わせる内容である。



図-2 1923 年関東地震の震央、震度および余震分布図⁹⁾

3. 耐震技術の発展の歴史

(1) 関東大震災と耐震技術の萌芽

表-2 に耐震技術の発展の歴史を年表にして示す。大正から昭和初期の耐震技術の発展を語るうえで欠くことができない人物が佐野利器である。1906 年サンフランシスコ地震の被害調査を行った佐野は、1914 年に研究成果を「家屋耐震構造論」¹⁰⁾にまとめ、翌年東京帝国大学から学位を得た。日本初の本格的鉄骨造建築である丸善本店（1910 年竣工、施工は当社の前身である清水組）の設計にも携わり、東京帝国大学教授などを経て、1929 年に清水組の副社長に招聘された。丸善本店は 1923 年に発生した関東地震（関東大震災）の揺れには耐えられたものの、火災の影響によって崩壊している。サンフランシスコ地震や関東大震災の経験から、佐野は耐震性だけでなく耐火性にも優れた鉄筋コンクリート造を推奨した。

国内最初の建築物に関する法律として、東京、横浜、名古屋、京都、大阪、神戸の 6 大都市を対象区域とする市街地建築物法が 1919 年に公布されていたが、この時点では耐震に関する規定は無かった。関東大震災の教訓を受けて 1924 年に市街地建築物法施行規則が改正され、家屋耐震構造論において佐野が提唱した水平震度 0.1 が採用された。法令に地震力が定められたのは世界初と言われている。当時の地震観測手法によれば、地震動の周期は主に 1~2 秒と考えられていた。建物を鉄筋コンクリート造にして剛強にすれば固有周期は 1 秒よりも短くなり、建物における振動増幅も少ないため、地震動の最大加速度に相当する静的水平力で設計すれば良いというのが剛構造の考え方である¹¹⁾。これに異を唱えたのが真島健三郎（当時、海軍省建築局長）である。建物の動

表-2 耐震技術の発展の歴史（年表）^{14),15)}

地震の発生	建築関連の法律制定など	耐震技術に関連した当社の活動
	1914 佐野利器「家屋耐震構造論」 1919 市街地建築物法公布	1910 日本初の本格的鉄骨構造建築である丸善本店ビルが竣工
1923 大正関東地震 (関東大震災)	1924 市街地建築物施行規則の改正 佐野利器が提唱した「設計震度」 が採用される	1923 関東大震災の被害調査・復興活動を行う 1929 佐野利器が副社長に就任
1933 昭和三陸地震		
1944 東南海地震 1946 南海地震		1944 設計部に建設業界初の研究課を創設
	1950 建築基準法制定	1959 日本初の商業用原子力発電所建設工事を受注
1968 十勝沖地震	1963 建築基準法改正 (高さ制限の解除)	1960 研究部を研究所に改称
1978 宮城県沖地震	1971 建築基準法施行令改正 (柱のせん断補強筋規定)	1971 当社初の超高層朝日東海ビルが竣工
	1981 建築基準法施行令改正 (新耐震設計法)	1982 大崎順彦が副社長に就任 1986 技術研究所に振動実験棟が完成
1995 兵庫県南部地震	1995 耐震改修促進法制定	1991 技術研究所に制振実験棟が完成 1996 国立西洋美術館に日本初の免震レトロフィットを適用 1998 炭素繊維を用いた既存建築物の耐震補強工法の開発 (SR-CF 工法)
2004 新潟県中越地震	2000 建築基準法改正 (性能規定化)	
2011 東北地方太平洋沖地震 2016 熊本地震		2015 技術研究所に先端地震防災研究棟が完成

的挙動を評価すべきであり、鉄筋コンクリート造建物であっても劣化によって固有周期が長くなれば、共振現象によって倒壊する危険性があるとした（当時は材料や施工の品質が現在よりも悪く、鉄筋腐食による劣化が顕著だった）。したがって、共振を避けるために固有周期が2秒よりも長い柔構造にすべきであると主張した¹²⁾。この頃には建物の基礎にローラーやスプリングを敷いた免震構造も提案されている¹¹⁾。1935年には棚橋諒（当時、京都帝国大学助教授）が現在の新耐震設計法にもつながるポテンシャルエネルギーに基づいた設計法を提唱している¹³⁾。耐震技術の黎明期には建築材料、構造解析技術、地震観測技術が不十分であったため、彼らの理想とした建築の実現性は乏しかったが、耐震工学の理論的な体系はすでに出来上がっていたと言える。

(2) 新耐震設計法と耐震技術の発展

1950年に建築基準法が制定され、同時に市街地建築物法は廃止されて耐震基準が日本全国に適用されるようになった。建築基準法では水平震度が0.2に変更されたが、許容応力度も変更されたため、建物の耐震性能としては大きな変化はなかった。1968年に発生した十勝沖地震では、鉄筋コンクリート造建物の約1割に被害が生じ、一部の学校建築では腰壁付き柱がせん断破壊した。鉄筋コンクリート造の高い耐震性を信頼していた研究者は衝撃を受け、産官学協力で柱のせん断破壊に関する研究が進められた。1971年には建築基準法施行令が改正されて柱のせん断補強筋の規定などが追加され、日本建築学会でも鉄筋コンクリート構造計算基準を改定してせん断に対する設計法を示した。さらに建設省は1972年から5年間にわたって「新耐震設計法の開発」という総合技術開発プロジェクトを立ち上げ、1980年にはこの成果を反映して建築基準法施工令が大幅に改正された。このいわゆる新耐震設計法では、低層から超高層まで建物の固有周期に応じた地震力が設定され、許容応力度設計に加えて保有水平耐力の確認が求められるようになった。

大都市への経済機能や人口の集中を受け、超高層建物の建設が求められるようになり、1963年には31m（百尺）の高さ制限が撤廃となった。超高層建物は「柔構造」であるが、鋼材やコンクリートの高強度化・高性能化、地震応答解析など構造解析技術の開発が進められたことで、実現が可能になった。1971年には当社初の超高層建築である朝日東海ビル（鉄骨造、地上29階、高さ110m）を建設している。また1982年には地盤工学・地震工学の第一人者であり東京大学教授を退官した大崎順彦が当社の副社長に就任し、構造解析技術のさらなる高度化を進め、その成果は超高層建物の設計だけでなく、原子力発電施設的设计などにも活用されている。

(3) 兵庫県南部地震とその教訓

1995年に発生した兵庫県南部地震では、10万棟を超える建物が全壊するという未曾有の被害をもたらし、震度7の地域では鉄筋コンクリート造（非充腹鉄骨鉄筋コンクリート造を含む）や鉄骨造建物でも倒壊に至るものが見られた。日本建築学会近畿支部の調査によれば、震度7の地域における新耐震設計法施行以後に建設された建物については、中破以上の被害は全体の6%程度であり、それに比べて新耐震設計法施行以前に建設された建物の被害率が高いことが明らかになった。このような状況を鑑みて、建築物の耐震改修の促進に関する法律（いわゆる耐震改修促進法）が1995年のうちに施行された。耐震改修促進法では、不特定多数の人が集まる建物や避難路沿道の建物については、耐震診断を行い、必要があれば耐震改修を行うことが義務付けられた。

耐震改修促進法の施行によって建物を使用しながら耐震改修を行うニーズが高まり、当社では炭素繊維シートを用いた耐震補強工法（SR-CF工法）を開発し、多くの建物に適用している。また、文化財レベルの価値がある歴史的建造物については、外観・内観を損なわずに耐震改修して地震から守り、保存することが重要である。当社では、免震レトロフィット工法の開発を進め、1996年に国内で初めて国立西洋美術館（1959年竣工、ル・コルビュジェ設計）に適用している。

兵庫県南部地震以降、地震観測網が整備され、センサを設置して構造ヘルスマモニタリングを行う建物も増えてきている。2011年東北地方太平洋沖地震では、震度7に相当する激しい地震動が観測され、長周期地震動による建物の揺れも観測されている。2016年熊本地震では、地震断層近傍に特徴的な地震動も観測されている。新耐震設計法施行から40年以上が経過し、今でもその有効性は確認されているが、蓄積されてきた知見や観測データをもとに、想定外に備えた技術開発を進めていくことが求められている。

4. 先端地震防災研究棟と最近の研究開発

(1) 先端地震防災研究棟

2011年の東北地方太平洋沖地震では、新耐震設計法以降に設計された建物には顕著な構造的被害は見られなかったものの、天井崩落のような非構造部材の被害が多数発生した。また、震源から離れた首都圏や大阪でも長周期地震動により超高層建物が大きく揺れ、内装材や設備機器等の被害が発生した。これらの被害を再現し、対策技術の効果を検証するため、大型振動台と大振幅振動台の2基を備えた研究棟（先端地震防災研究棟）を建設することとなった（図-3）。



図-3 先端地震防災研究棟と2つの振動台

◆大型振動台（E-Beetle）

テーブルの大きさは7m×7m、最大搭載重量は70tonであり、水平方向4台および鉛直方向4台のアクチュエータが取り付けられている。限られたスペースに振動台を設置するため、水平アクチュエータをV字対向式に配置しているのが特徴である。海溝型、内陸直下型など、国内外で過去に観測された様々な地震の揺れを再現でき、

大地震で構造物や非構造物が崩壊するまでの挙動を把握することができる。最大変位は水平 $\pm 80\text{cm}$ ／上下 $\pm 40\text{cm}$ 、最大速度は水平 200cm/s ／上下 100cm/s 、 35ton 搭載時の転倒モーメントを考慮した最大加速度は水平 $2,700\text{cm/s}^2$ ／上下 $2,200\text{cm/s}^2$ である。大型振動台が高い加振能力を有している一方、周辺の精密実験施設への振動伝搬を低減する必要がある。そこで、建物基礎とは独立した重量約 $3,000\text{ton}$ の振動台基礎（アイソレーションマス）を設置し、加振試験時にはこれを空気ばねと粘性ダンパーで支持する構造となっている。

◆大振幅振動台（E-Spider）

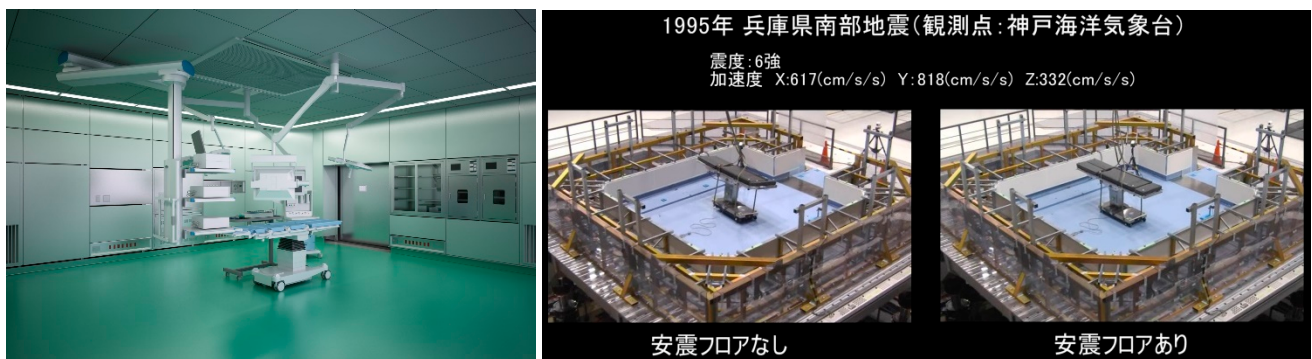
試験体を搭載するプラットフォーム（テーブル部： $4\text{m} \times 4\text{m}$ ＋バルコニー部： $4\text{m} \times 0.6\text{m}$ ）に、駆動脚となる 6 本の電動アクチュエータが取り付けられ、さらに 3 本の空圧シリンダでテーブルを支える機構となっている。加振限界性能は、水平方向で最大変位 $\pm 150\text{cm}$ 、最大速度 200cm/s 、最大加速度 $1,000\text{cm/s}^2$ 、上下方向で最大変位 $-70\text{cm} \sim +90\text{cm}$ 、最大速度 100cm/s 、最大加速度 900cm/s^2 である。各軸について 20° 程度の回転加振能力があり、曲げ変形による床の傾斜も含めた超高層建物上階での地震応答を再現可能である。また、プラットフォーム上に部屋を模したキャビンを設置することで、地震体験に利用することができる。キャビンは外寸法 $4\text{m} \times 4\text{m}$ 、天井高さ 2.5m の空間であり、入出時にはバルコニー前面にブリッジが上昇して搭乗通路となる。内部には、座席と立席が用意されており、最大 9 名まで搭乗できる。搭乗者の前面には、120 インチの大型スクリーンがあり、VR 映像、効果音、照明制御を利用した地震体験空間を実現している。

(2) 先端地震防災研究棟を活用した研究開発

前述のように先端地震防災研究棟に設置された 2 つの振動台は、それぞれ特徴を持った振動台であり、これまでは振動台の性能の制約からできなかった実験ができるようになった。大きな地震動を入力でき、大型の試験体を搭載できる E-Beetle、および超高層建物が長周期地震動を受けた際の長周期成分を多く含んだ揺れを再現できる E-Spider で行われた振動台実験のうち、主なものについて述べる。

◆安震フロア

新築、既存の両方に適用可能な手術室向けのローコストな免震床として開発したのが図-4 に示す安震フロアである。2011 年東北地方太平洋沖地震は 14:46 頃に発生し、手術中だった病院が少なかった。様々な制約から病院の建物全体の免震化が難しい場合においても、手術室だけでも免震化することができれば人命を救い、医療機器の損傷を防ぐことができる。エンボス加工した鉄板の上で平板を滑らし、定荷重ばねにより残留変位を抑制する安震フロアは、薄さ約 5mm で施工可能であり、この免震性能を E-Beetle で検証した。また、安震フロアの免震効果の検証として、E-Beetle での実験で得られた安震フロア上の揺れのデータを E-Spider で再現し、人が実際に体験するような実験も行った。2 つの振動台の特徴を活かした活用事例である。



(a) 安震フロアを適用した手術室（CG）

(b) E-Beetle における実験の様子

図-4 安震フロアの機構と実験時の写真

◆耐震天井

2011年東北地方太平洋沖地震では、天井や間仕切り壁などの非構造材の被害が顕在化した。当社では、図-5に示すように振動台を用いた加振実験を行い、標準的な在来鋼製下地天井の改良を行うとともに、平成25年国土交通省告示第771号他の規定を受ける「特定天井」に対応した耐震天井構法「リニアブレース」を開発した。その後も、先端地震防災研究棟の大型振動台を用いて、傾斜を持つ天井の耐震構法、気密性を要するクリーンルーム向けの天井構法、工場などに多用される軽量鉄骨下地乾式間仕切り壁の耐震性に関する研究などを行っている。振動台を用いれば、油圧ジャッキによる静的载荷実験とは異なり、面的な広がりを持つ地震時慣性力を試験部位に与えることができる。今後も大型振動台によるリアルな地震力を駆使して、非構造材を含めた建物の総合的な耐震性の向上を目指した研究開発を継続する。

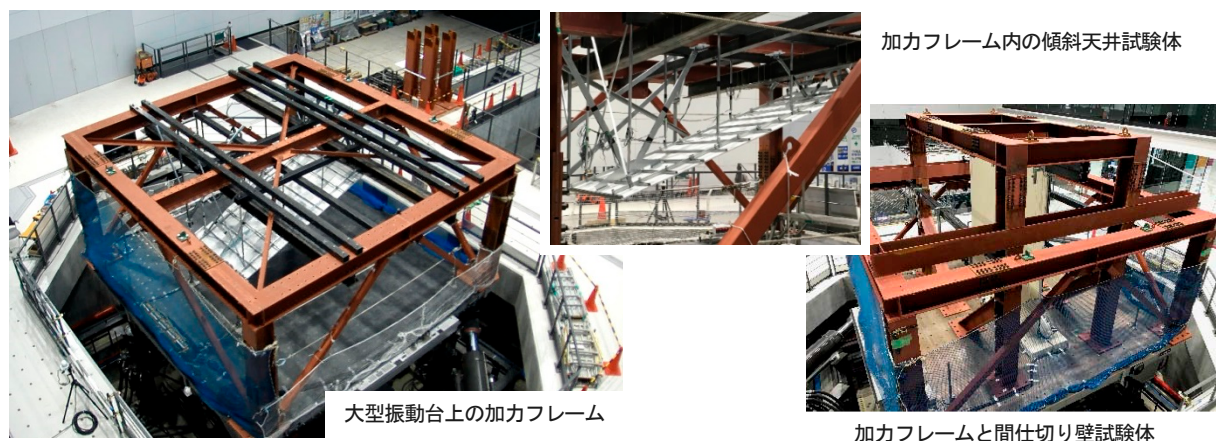


図-5 耐震天井と間仕切り壁の実験時の様子

◆BILMUS (ビルマス)

BILMUSは図-6に示すように、建物を上層階と下層階に分け、それをつなぐ連結部に積層ゴムとオイルダンパーを設置して、建物全体の制振効果を発揮させる技術である。これは従来からある、ばねで支持された錘を建物と同調させて動かすことで建物の揺れを低減させるTMD (Tuned Mass Damper) をヒントにしたものである。TMDでは錘の重さを大きくするほど制振効果を発揮できるが、錘を設置できるスペースの制約などから錘の質量は限定的となるため、地震よりも制振力が小さくて済む風に対する対策として主に採用されてきた。これに対して、BILMUSでは建物上層部を錘として利用することで大きな質量を確保でき、連結部に設置する積層ゴムやダンパーのパラメータを適切に調整することで、建物の上層階と下層階の全体の揺れを低減することができるため、風だけではなく地震に対する制振として期待される。特に、超高層建物においては有効な長周期地震動対策の1つである。

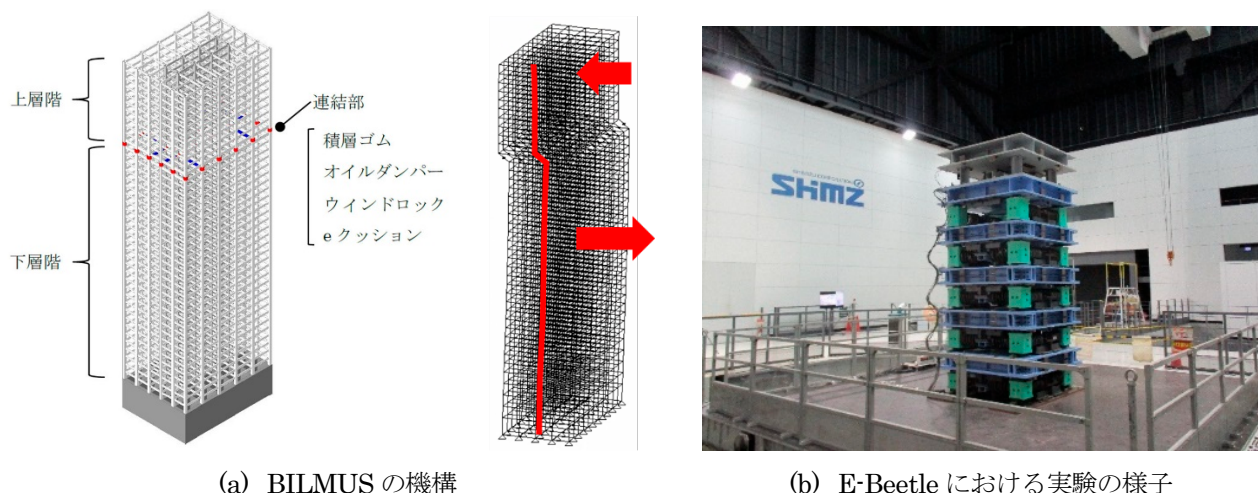
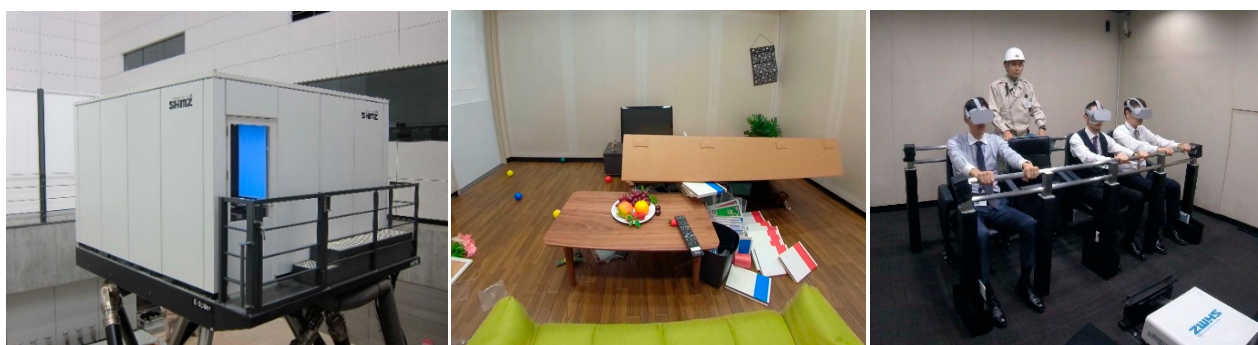


図-6 BILMUSの機構と実験時の様子

◆地震の揺れが人に与える影響を評価する被験者実験

大振幅振動台では、これまでに設備機器の耐震性能を把握するための実験や、地震の揺れが人に与える影響を定量化するための被験者実験を実施した。被験者実験は、2011年東北地方太平洋沖地震において高層建物が長時間揺れ続け、高層階では不安や恐怖を感じた人が少なくなかったことから、人が不安を感じたり、立ってられないと感じたりする揺れのレベルを定量化することを目的として行った。実験では、図-7(a)に示すように、振動台上に部屋を設置して、その中で被験者に大きさ、卓越周期、継続時間を変えた揺れを体験してもらい、それぞれの揺れに対する不安度や行動難度を調査した。また、図-7(b)のような地震時の様子を撮影した映像を、図-7(c)に示すようにヘッドマウントディスプレイで見せたり、揺れの大きさや揺れに対する注意喚起を事前に与えたりして、視覚や地震情報が揺れに対する感覚にどう影響するかを調査した。



(a) 大振幅振動台に設置した部屋

(b) 地震時の室内映像
(リビングルームの場合)

(c) 被験者実験の様子

図-7 被験者実験

5. 将来への備え

(1) 関東地域における将来の地震の想定

地震調査研究推進本部地震調査委員会¹⁶⁾では、相模トラフで沈み込むフィリピン海プレートと北米プレートの境界付近で発生する M8 クラスの地震と、南関東地域の直下でプレートの沈み込みに伴い発生する M7 程度の地震について、地震発生の可能性と震源域の形態等を評価している。それによれば、相模トラフ沿いの M8 クラスの地震の震源域は、地形の特徴、構造探査結果、地震活動等に基づいて、最大クラスの地震の震源域を推定し、今後発生する地震はその一部または全体が破壊するとしている。その地震規模は、1923 年関東地震を最小とし、M8.6 まであり得るとしている。一方、地震発生の可能性について、地形・地質データ、歴史記録、測地データの三つの手法により推定された平均発生間隔は 180~590 年であり、それと最新活動時期(1923 年関東地震)からの経過時間が 90 年を用いて推定された今後 50 年以内の地震発生確率は「ほぼ 0~10%」としている。また、長周期構造物が密集する首都圏において長周期長時間地震動の推定が重要であることから、相模トラフ沿いの M8 クラスの地震のうち、1923 年関東地震を念頭においた震源モデルを 120 ケース設定し、三次元有限差分法を用いて長周期長時間地震動(周期 3 秒程度以上)を計算し、その結果が公表されている¹⁷⁾。

一方、中央防災会議¹⁸⁾では、首都直下で発生する地震の防災対策の策定のために今後発生すると考えられる地震として、首都直下で発生する M7 クラスの地震と相模トラフ沿いで発生する M8 クラスの地震を想定し、それらの地震に対する震度と津波を評価したうえで、被害想定を行っている。そこでは、M8 クラスの地震として、1923 年関東地震タイプの地震だけでなく、M8.7 の最大クラスの地震も対象としている。また、長周期長時間地震動に対して、最新の科学的知見を幅広く整理および分析し、防災の観点から検討するために、「相模トラフ沿いの巨大地震等による長周期地震動検討会」を設置して、現在検討中である。

(2) 東京都の被害想定

2022年5月25日に東京都は首都直下地震等による東京の新たな被害想定を公表した¹⁹⁾。前回の被害想定は2012年の首都直下地震等による東京の被害想定と2013年の南海トラフ巨大地震等による東京の被害想定との2つがあり、約10年間にこの2つの被害想定に基づいて防災対策を進めていた。今回の想定では、約10年間の対策の進展や地震環境に関する最新の知見も取り入れ、首都直下地震等発生時の被害の全体像を明確化し、今後の防災対策の立案の基礎とすることを目的としている。想定される地震は表-3に示す8つの地震¹⁹⁾であり、これらに対して、物的被害や人的被害の数字を公表している。また、首都直下地震が発生した直後から1ヵ月後程度の間の身の回りで起こりうる災害シナリオ被害の様相を時系列で整理している。さらに防災・減災対策による被害軽減効果についてもまとめ、各種の対策を推進することで被害を大幅に軽減することが可能としている。

表-3 東京都被害想定で検討対象とした想定地震¹⁹⁾

想定地震	規模	発生確率
都心南部直下地震 都心東部直下地震 都心西部直下地震 多摩東部直下地震 多摩西部直下地震	M7.3	今後30年以内 70% (南関東地域におけるM7クラスの確率)
立川断層帯地震	M7.4	今後30年以内 0.5~2%
大正関東地震	M8クラス	今後30年以内 0~6% (180年から590年の発生間隔)
南海トラフ巨大地震	M9クラス	今後30年以内 70~80% (南海トラフの地震M8~M9クラスの確率)

6. まとめ

1923年の関東地震から来年で100年となる機会に、関東地震の概要、地震以降の耐震技術の発展の経過を振り返るとともに、先端地震防災研究棟で実施されてきた最近の研究開発事例を紹介した。また、将来への備えを考えるきっかけとするため、相模トラフ沿いの地震や首都直下地震に関する国の想定と2022年に公表された東京都の被害想定について述べた。

関東地域に影響を及ぼす地震がひとたび発生すると、様々な被害が予想され、被害の程度が大きい場合は日本全体の社会活動の停滞が起こる可能性が大きい。2011年東北地方太平洋沖地震のように東京から数百km離れた場所で発生した地震であっても、地震の規模が大きい場合は、関東地域では長周期の揺れが長時間続くことになる。このような地震による被害を軽減するため、長周期長時間地震動への対策を含めた様々な研究開発を今後も継続していく。

<参考文献>

- 1) 気象庁ホームページ：<https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/higai/higai-1995.html>
- 2) 気象庁ホームページ：<https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/higai/higai1996-new.html>
- 3) 中央防災会議：1923年関東大震災報告書－第1編－，災害教訓の継承に関する専門調査会，平成18年7月，2006.7
- 4) 内閣府：平成23年版防災白書，平成23年7月，2011.7
- 5) 武村雅之・諸井孝文・八代和彦：明治以後の内陸先発地震の被害から見た強震動の特徴－震度VIIの生成条件－，地震，第2輯，50巻，4号，pp.485-505，1998.3
- 6) 横田治彦・片岡俊一・田中貞二・吉沢静代：1923年関東地震のやや長周期地震動 今村式二倍強震計記録の推定，日本建築学会構造系論文集，第401号，pp.35-45，1989
- 7) 佐藤俊明・壇一男：関東地震による首都圏の広帯域強震動予測，免震構造設計指針，第3版，pp.263-272，2001.9
- 8) 宮岡一樹・吉田明夫：日本周辺の巨大地震に伴った大きな余震，神奈川県温泉地学研究所報告，第45号，pp.9-16，2013.
- 9) 合資会社 清水組設計部：大正十二年九月一日 関東地方大震災火災による建物の被害調査，1924.11
- 10) 佐野利器：家屋耐震構造要便，建築雑誌，1915年5月から8月に連載
- 11) 佐野利器：耐震構造上の諸説，建築雑誌，pp.39-66，1927.1
- 12) 真島健三郎：佐野博士の耐震構造上の諸説（評論）を読む，建築雑誌，pp.257-263，1927.4
- 13) 棚橋諒：地震の破壊力と建築物の耐震力に関する私見，建築雑誌，pp.578-587，1935.10
- 14) 小谷俊介：建築構造の耐震基準の変遷，コンクリート工学，pp.11-16，2003.5
- 15) 林章二：近代建築技術を軸としてみた清水建設，清水建設研究報告，pp.17-24，2017.1
- 16) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：相模トラフ沿いの地震活動の長期評価（第二版）について，平成26年4月25日，2014.4
- 17) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：長周期地震動評価 2016年試作版－相模トラフ巨大地震－，平成28年10月，2016.10
- 18) 中央防災会議：首都直下のM7クラスの地震及び相模トラフ沿いのM8クラスの地震等の震源断層モデルと震度分布・津波高等に関する報告書，平成25年12月，2013.12
- 19) 東京都防災会議：首都直下地震等による東京の被害想定報告書，2022.5