

近代建築技術を軸としてみた清水建設

林 章二

(技術研究所)

Efforts of Shimizu Considered Based on the Viewpoint of Modern Building Technology

Shoji Hayashi

明治以降、近代建築を形作った技術はそれまでと大きく異なるものであり、当時の建築技術の変革に清水建設は大きく関わってきた。現代の建設技術につながるものとして、近代建設技術への取組みと施工建物との関係を整理するとともに、建物の耐震性に大きな影響を与えた1923年関東地震で実施した被害調査の取組み概要を示した。また、戦後建築の変化の中で生産性の向上、工業化への嚆矢となる建物に着目し、時代変化に対応した施工への取組みを概観し、清水建設が建設技術の発展に果たした役割を示した。

Since the Meiji era, the technology which formed modern building has greatly changed. Shimizu had been heavily involved in the reformation of building technology at the time. We investigated the relationship between modern construction technology and construction buildings, and the outlines of the investigation reports of the 1923 great Kanto Earthquake, which had a great influence on the earthquake resistance of the building. In addition, focusing on buildings of postwar, we outline the efforts to cope with the changing construction technology and showed the role that Shimizu Corporation has played.

1. はじめに

近年、歴史的建造物の保存活用について、環境保全、景観の観点から社会的関心が高い。首都圏をはじめとして、都市部には、明治、大正、昭和、平成とさまざまな時代の建物が混在し、まちの景観を形作っている。東京には、20世紀初頭から戦前にかけて建築された歴史的建造物も数多く残っている。これらは我が国の近代化の歴史を後世に伝える重要な歴史遺産であると共に、今も現役として利用されている建物も多い。戦前に建築された建物はもちろんのこと、1966年以前に建設された建物も50年を経過し、文化財の対象となる歴史的建造物である。これらの建物は、まちづくりの核としての役割を果たすことも求められている、一方で耐震改修を含む保存活用が重要な課題となっている。1995年兵庫県南部地震以後、歴史的建造物の保存活用を検討するうえで、耐震性能を確保することの重要性が広く認識されてきている。本報告では、これらの近代建設技術の導

入経緯と技術を適用した建物を概説するとともに、その後発生した1923年関東地震での被害調査など、当時の清水組（清水建設）が建設業界の中での果たした先駆的な取組みを示す。また、戦後、建物の工業化、生産性に大きく関わった建物についての技術史的側面からの調査結果について示すとともに、新築のみならず近代建築を保存活用するうえで着目されている免震構造(免震レトロフィット)の適用事例を整理し、今後の近代建築保存活用をはかるうえでの基礎資料とすべく検討を行った。

2. 近代建設技術への取組みと施工建物

明治以降、大規模な建物を形作った建築技術は、木造を中心としたそれまでの構造とは大きく異なるものが導入された。以降、現在に至るまで、構造材としての鉄、コンクリートは大きく変わることなく、受け継がれてきている。建設に関わる技術については、建築構造、設備技術、施工技術などに分類し、

技術が適用された建物とともにその年代に沿った系統図として整理している。その中で、明治期から始まる近代建築の技術変革に清水建設は大きくかかわってきたことが確認できる。現代の建設技術につながるものとして、当時の技術と清水建設の関係を考察することは意味あることと考えた。本章では、近代建設技術の導入時期から、大正期に至る時代に焦点をあて概観することとした。特に、鉄筋コンクリート構造、鉄骨構造については、導入時期の建物からその特徴を示す。

鉄筋コンクリート構造が適用された最も初期の建物として清水組設計・施工による渋沢倉庫を挙げることができる(図-1)。鉄筋コンクリート構造は、明治初期からセメント工場が設立されており(官営深川製作寮出張所 1875年(明治8年))、技術としては早くから日本に導入されている。1906年のサンフランシスコ地震における鉄筋コンクリート構造の耐震性の高さが報告されたことにより、積極的な採用の契機となったと言われている。渋沢倉庫は1909年、これまでの煉瓦造倉庫の増改築の際に鉄筋コンクリート構造が採用された。2年の歳月を経て完成している。型枠形状を図-2に示す。高さ3尺、横幅2間で、鉄筋工事は専門職がいないため鍛冶工が加工を担当し、組立配筋は鳶が担当している。この前年1908年に国内最初の鉄筋コンクリート造建物となる東京倉庫が神戸に完成している。

鉄骨造建物は鉄筋コンクリート造とほぼ同時期に採用され始めている。秀英舎印刷工場(写真-1)は最初に構造として鉄骨を採用した最初の建物とされており、1895年(明治28年)東京銀座、数寄屋橋近くに建設された。地上3階、地下1階で、柱はφ386mm、厚さ7mmの鋼管16本、梁は、65mm×65mm×t7mmのアンクルと厚さ7mmのプレートの組立梁で構成され、外壁には煉瓦が積まれている。16年後の火災により焼失した。本格的な純鉄骨組構造としての最初の建物は東京日本橋に建設された丸善本店(1910年)である(写真-2)。設計は構造工学の第一人者の佐野利器、3階建、柱はアンクルによる組立材、梁はI型鋼を用いている(図-3)。外壁は煉瓦造によるもので、鉄骨に対する耐火対策は施されていない。1923年関東地震で地震の揺れには耐えたものの、その後に発生した火災により倒壊している。これら二つの鉄骨造建物も清水組の施工による。

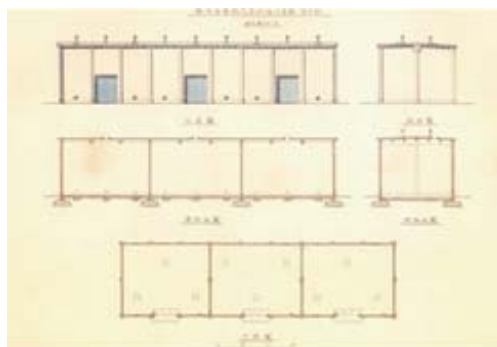


図-1 渋沢倉庫絵図面

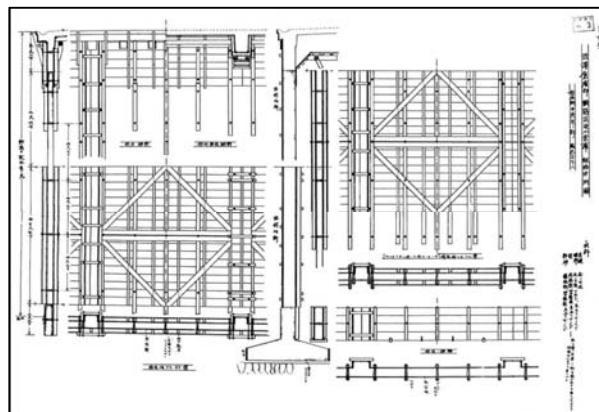


図-2 渋沢倉庫図面



写真-1 秀英舎印刷工場 (大日本印刷蔵)



写真-2 丸善本店



図-3 丸善本店鉄骨図²⁾

3. 1923年関東地震における調査と被害対応

1923年関東地震は我が国史上最悪の犠牲者を出した自然災害である。前章で示した鉄筋コンクリート造、鉄骨造による近代建築のその後の展開に大きな影響を与えた。また、近代建築の中心的な役割を果たしてきた煉瓦造がその耐震性能の低さから終焉を迎えることになった。この地震の建物被害に関しては、震災予防調査会をはじめとして膨大な調査報告がある。震災予防調査会『震災予防調査会 100号(丙)下』³⁾(以下、震災予防調査会報告)が知られている。一方、清水組設計部による「大正十二年九月一日 関東地方大震火災による建物の被害調査」⁴⁾(以下、清水組資料)があり、個別建物の詳細な調査記録となっている。震災の非常時において、一建設会社が詳細な調査図、写真ともに調査を実施、記録したことは他に類のないことである。ここでは、この清水組の調査記録に着目し、その取組とともに代表的な建物被害について概説する。

3.1 1923年関東地震における調査と被害対応

清水組資料は、当時数少ない総合建設業である清水組が、主として自社設計施工建物について技術者による詳細な被害調査と原因の分析を行い、自社の将来のための記録としてまとめたものである。その緒言に、「専ら設計部設計の建物につきてなせる調査に據り作製せしもの」とある。調査建物数は多くはないものの、建物の被害状況について建築技術者の視点で詳細に調査され、的確に記録されている点に大きな特徴がある。

清水組資料の目次を表-1に示す。第一編では各建物の被害が記載されている。第一章では、190棟の建物を鉄骨造・鉄筋コンクリート造・煉瓦造・木骨造・日本家の五部に分け、階数、建坪、位置を記している。さらに、震災による被害、火災による被害、修繕の程度について、記号を用いて3段階に分類している。第二章から第四章にかけては、そのうちの49棟の建物(構造では鉄骨造・鉄筋コンクリート造・煉瓦造)について、各部材の、より詳細な被害や設計概要、周囲の状況などが記されている。第二編、第三編では、清水組の構造技術者によって震火災による被害分析が「研究」という形でまとめられている。第四編、第五編は「作成中」となっており記載がない。第六編は付録となっている。さらに詳細なデータとして、27件の建物については計68枚

表-1 清水組資料⁴⁾の目次

第一編 設計部設計の地震及び火災による被害の調査
第一章 設計部設計建物の被害総覧
第二章 鉄骨造建物の被害の調査
第三章 鉄筋コンクリート造建物の被害の調査
第四章 煉瓦造建物の被害の調査
第二編 地震による建物の被害の研究
第一章 地質及び地勢と建物の震害との関係
第二章 基礎と建物の震害との関係
第三章 建物の形態と震害との関係
第四章 架構建築の構造別による被害の比較
第五章 鉄骨造建物の震害
第六章 鉄筋コンクリート造建物の被害
第七章 煉瓦造建物の被害
第八章 木造建物の被害
第九章 昇降機の被害
第一〇章 防火扉類の被害
第三編 火災による建物の被害の研究
第一章 建物の防火設備と引火原因の実例
第二章 建物の引火原因について
第三章 鉄骨造及び鉄筋コンクリート造建物の被害
第四章 昇降機の被害
第五章 防火扉の被害
第四編 設計部設計以外の建物の調査による災害研究補遺(作製中)
第五編 建物の耐震耐火に関し設計者及び現場監督者の心得べき要項(作製中)
第六編 付録
第一章 地震について
第二章 東京の地質
第三章 建築諸材料の溶融点及び耐火強度

表-2 主な被害調査項目

建物概要	<ul style="list-style-type: none"> ・建物名・構造・種別・位置 ・地質・周囲の状況・竣工・用途
設計概要	<ul style="list-style-type: none"> ・建坪・階数・軒高(尺)・基礎 ・外壁・帳壁・仕上・間壁・床 ・屋根・天井・階段・防火設備 ・その他
使用材料	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄骨・鉄筋・コンクリート ・セメント・砂利・備考
震災に依る被害	<ul style="list-style-type: none"> ・概況・基礎・外壁・間壁・床 ・屋根・天井・階段・造作類 ・防火扉類・昇降機・備考 ・その他
火災に依る被害	<ul style="list-style-type: none"> ・概況・基礎・外壁・間壁・床 ・屋根・天井・階段・造作類 ・防火扉類・昇降機・備考 ・その他

の図面が、57件の建物については計92枚の調査写真が残されている。

被害の様子に関する記述は、表-2に示す項目が網羅され、建築構造学的な視点からもかなり詳細である。これは被害原因を特定するためというよりも、出来る限り多くの被害項目について客観的に詳細な記録を残すことに力点を置き、主に将来のための資料的価値を重んじていると考えられる。また、同一の建設会社により設計された建物であることから、設計理念などについても推察することができる。代表的な調査結果、分析の記述について以下に示す。

丸善本店(写真-3)については、前章で述べたように震害と火害についての調査記録がある。震害について「丸善株式会社は(略)地震に際して殆ど被害なかりき。此の建物の煉瓦帳壁は縦横に鉄筋を以て補強されたることが帳壁をして安全ならしめた一つの原因なる可けれども(略)」「丸善株式会社は斯くの如き帳壁を有し効力を示したる如し。」との記述があり、地震に対して被害がなかったことが確認できる。火害については、「(略)丸善株式会社は床梁内部柱共に木造の被覆なるか或いは全く被覆を欠きたる為床が墜落すると共に外壁をも引き倒して全建物が崩潰の惨状を呈するに至れり」と耐火被覆の不備による倒壊経過が示されている。

東京会館(写真-4、写真-5、図-4 調査図)は大正11年竣工の鉄骨造5階建てで、外部は煉瓦による外壁となっている。柱には米国、ベツレヘム製のH型鋼を初めて用いた建物である。震災による被害について、「鉄骨は第二階上部に於いて殆ど全部西北に屈曲し上下の柱は略垂直なるも其の中心は偏位せり(略)二階帳壁の煉瓦は東側の一部を除き殆ど全部崩壊せり(略)」と建物の変形状の記述から2階に層間変形が集中している状況が把握できる。また鉄骨軸材の被害として、最初のH形鋼を用いた建物として詳しく分析がされており、「(略)東京会館の被害の原因は種々ある可けれどもH形柱を使用せりことも其の一原因にあらざるか(略)組立柱の方がH形柱より製作上強靱なるにあらざるかと思わる」の記述から初めて使用したH型鋼の強度に対して評価が定まらない思いが伝わってくる。

これらの記録は以後の構造対策のみならず、火災対策への貴重な資料となった。



写真-3 丸善本店被害



写真-4 東京会館被害 (外部)



写真-5 東京会館被害 (内部)

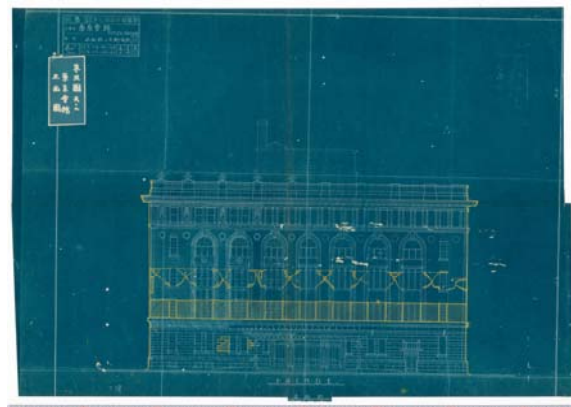


図-4 東京会館被害調査図

4. 現代の建築の基本となる技術への取組み

1923年関東地震を契機として建築構造は大きく変革していく。震災以前からオフィスの需要が増加し、大震災以降もその傾向は続き、建物規模は大きくなると共に耐震性能の向上がはかれるようになっていく。この時期、大規模構造物への対応のため、米国からの導入により施工の機械化が図られていく。丸ビルの建設で用いられたデリッククレーンを清水組は導入し、新たな三井本館での建設工事に用いることになる。その後、積極的に施工の機械化に取り組んでいくことになる。また、コンクリート工事に関わる生産性向上のため「框式堰板型枠」⁵⁾(1924年)が清水組の工事長小島弥三久により考案され実用新案として登録された(図-5)。従来のばら板に対して、堰板に框を回して2尺×6尺の定尺パネルとし型枠工事の効率化を図っている。緊張用具を用いて型枠を固定し、緊張金具を外し容易に解体でき転用が利くよう工夫されている。この実用新案はすぐに公開されたため、ベニヤ材によるコンクリートパネルが普及するまでの約半世紀にわたって標準的な型枠工法として広く普及した。その後、戦時中から終戦にいたるまでの間、技術は停滞し特筆すべき建設技術の変革はみられない。

戦後から高度成長に至るまでの期間、技術の視点からみて着目すべき建物は「旧日本相互銀行本店」と言われ、戦後の初期の段階で、工業化、生産性に着目し、構造、設備、構法、施工のすべてに渡って未知の技術への挑戦が行われた。その後、現在に至るまでの建築に対する技術的アプローチの大きな流れを作った。ここでは「旧日本相互銀行本店」について検証する。

4.1 旧日本相互銀行について

旧日本相互銀行本店建物諸元^{6),7)}(写真-6)

建物規模：地上9階地下2階、塔屋3階、
構造：2階以下 鉄骨鉄筋コンクリート造、
3階以上 鉄骨造、

竣工：1952年

設計：前川國男建築事務所、

構造：横山建築構造設計事務所(横山不学)

施工：清水建設

前川國男は徹底した軽量化を図るために2階から下を鉄骨鉄筋コンクリート造、3階から上を全溶接の鉄骨ラーメン構造にしたと言われている。その結果、1階の営業室や上層階のオフィスにおいてスパンの大きい開放的な空間が実現されている。

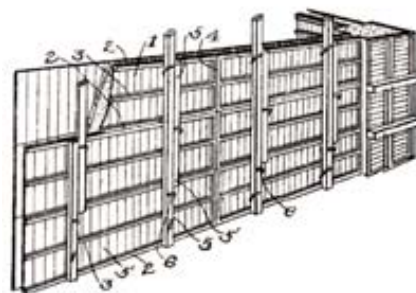


図-5 框式堰板型枠



写真-6 旧日本相互銀行本店・溶接状況



写真-7 切出し鉄骨接合部⁹⁾

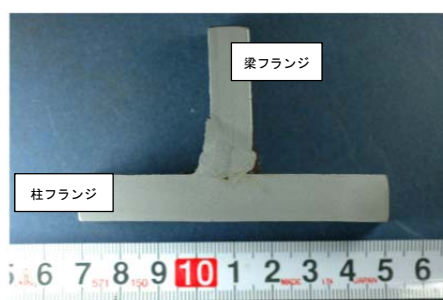
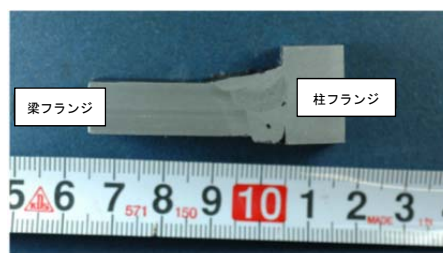


写真-8 切出し鉄骨接合部⁹⁾

全溶接鉄骨構造の先駆けであり、外壁には外部に軽量コンクリート板とグラスウール断熱板を貼り付け、内部にプラスター仕上げとしたカーテンウォール工法を採用し、国産初のアルミサッシとスパンドレルを使用したビルである。

プレキャストコンクリート(以後 PCa コンクリート)については文献 8)に關係する記述がある。建物主要構造部以外の利用例としては、東京女子大礼拝堂(1938年)において、格子状の外壁コンクリートを PCa のブロックで製作している。PCa コンクリートの外壁への取組みは本建物が初めてであり、試行錯誤がうかがえる納まりとなっている。工場製作された内側リブ補強したパネルをスタット柱に溶接で取り付け、内側に岩綿成形板を張り断熱材として、内部壁をリブラス下地のプラスター仕上げとしている。目地はモルタルを充填し化粧押さえであった。

溶接工法を採用したことによる経済性についても言及されており⁹⁾、「この工事に関しては十分に満足できる結果ではなかった」とある。一方で、「リベットの場合に比して鋼材を2割程度節約することは溶接工法の性質上それ程困難ではないと思われる」と将来に向けての展望が示されている。また施工の側面からも「溶接工法の有望な将来性を指摘し得る」⁷⁾と述べられている。

この建物は2008年解体するに至り、建物の技術史的価値の高さから、先駆的技術を記録として残すため解体工事の記録、採取保存部位の調査を行った。調査結果から、実施されたさまざまな技術的取組のうち、外壁プレキャストパネル、アルミカーテンウォールおよび全溶接構造の取組みが重要であるとの点から、これらの調査結果について示す^{9),10)}。

PCa パネルではモルタル目地部がひび割れて漏水が起り、その後モルタルを撤去して油性コーキング材を充填する改修を行っている。パネルのジョイント目地がスタット柱の位置となっているため、パネルを止めつけてある山形鋼が漏水により錆びてしまうなど数々の設計上の納まりの不具合が露呈した。

これらの知見は、その後の外壁の納まりの設計に活かされている。

アルミカーテンウォールに用いられたアルミ型材は、日本軽金属の地金を神戸製鋼所が押し出し成型したもので、アルミ素材は S25 規格相当のものとされる。肉厚は 4 mm 部分が多く確認された。

鉄骨部材(写真-7)を採取し物性試験を含めた各種調査を行っている。引張試験(材料強度の把握)、シャルピー衝撃試験(材料の靱性の把握)、ビッカ-

ス硬さ試験(溶接部近傍の硬さ分布の把握など)、化学成分(合金元素などの把握)、溶接部断面マクロ、ミクロ組織観察、現場溶接接合部引張試験(現場溶接部の強度確認)を実施している。溶接断面のマクロ試験体を写真-8に示す。溶接金属内部に融合不良やブローホールなどの不具合が確認された。当時、まだ超音波探傷技術は確立されていない。溶接構造は同じく1950年代に実用化が始まった高力ボルト^{注1)}とともにその後の建築鉄骨の接合技術として非常に大きな役割を担っている。本建物で実施された新たな工法は、建築鉄骨のその後の進歩をより進め、技術の到達度を高めた可能性も示唆している。

5. 歴史的建造物活用にむけた構造補強(免震レトロフィット)

明治以降、昭和の時代まで建設されてきた近代建築はその建物が持つ機能を維持、向上を図りつつ耐震性を確保し、保存活用することが必須の課題である。このような状況の中で、さまざまな補強、補修方法が提案されてきた¹¹⁾。1980年代後半の免震

表-3 歴史的建物の免震レトロフィット^{13),14),15)}

建物名	改修年	竣工年	用途	構造	文化財
立教学院諸聖徒礼拝堂	1999	1920	教会	煉瓦造	東京都選定歴史的建造物
大阪市中央公会堂 ^{*)}	2002	1919	集会所	煉瓦造	重要文化財 2002
国立国会図書館 国際子ども図書館	2002	1906 1929	図書館	煉瓦造	東京都選定歴史的建造物
東京駅丸の内駅舎 ^{*)}	2012	1906 1929	図書館	煉瓦造	重要文化財 2002
開東閣(本館)	2001	1908	迎賓館	煉瓦造	
網町三井倶楽部 ^{*)}	2006	1913	迎賓館	煉瓦造	
国立西洋美術館 ^{*)}	1998	1959	美術館	RC造	世界文化遺産 2016
鹿児島旧県庁舎玄関部	1999	1925	庁舎	RC造	
日本工業倶楽部会館 ^{*)}	2001	1920	会館 事務所	RC造	登録有形文化財
京都大学100周年 時計台記念館 ^{*)}	2003	1925	学校	RC造	
栃木県庁舎本館	2007	1938	庁舎	RC造	
名古屋市役所本庁舎	2007	1933	庁舎	RC造	重要文化財 2014
某邸 ^{*)}	2005	1929	庁舎	RC造	
三越本店本館 ^{*)}	2008	1914~ 1964	百貨店	RC造	重要文化財 2016
日本銀行本店営業所2・3号館 ^{*)}	2009	1929	銀行	RC造	
愛知県庁舎	2009	1936	庁舎	RC造	重要文化財 2014
明治屋 ^{*)}	2015	1933	店舗	RC造	区指定文化財
旧神戸居留地十五番館 ^{**)}	1995	1880	住居	木骨煉瓦造	重要文化財 1989
製粉記念館 ^{*)}	2012	1910	記念館	木造	

*)清水建設施工

**)レトロフィットではなく、復元工事の際に免震採用

構法の登場は歴史的建造物の保存修復、特に耐震性能確保に大きな可能性が生まれた。特に着目されたのが免震レトロフィット構法である。耐震性能確保のため既存建物に免震構法がアメリカで1989年にソルトレイクの市庁舎¹⁶⁾(組積造歴史的建物)に適用された事例を嚆矢として、ニュージーランド、イタリアにおいても、歴史的建造物へ免震構法の適用が1990年代に行われている。

国内では国立西洋美術館での免震レトロフィット適用(1998年)以後、この構法の適用が増加し、これに続いて免震レトロフィットを適用した建物では2002年に大阪市中央公会堂(煉瓦造)が重要文化財に指定されたことが注目される。その後、文化財レベルの価値ある歴史的建造物に、免震構法を適用することが積極的に検討されるようになった。近代建築は現状用途のまま活用されることも多く、その適用事例が増加している。表-3に免震レトロフィットが適用された歴史的建造物について整理する。地震入力低減により上部構造物を保存する上で非常に有効な構法であり、上部建屋への補強量を格段に

減少でき、外観、内観への補強工事による影響を非常に小さくすることができることから文化財に適した構法といえる。大規模な基礎工事を必要とすることから、工期、コストは通常の耐震補強構法に比べ増大することになる。文化財保存の観点からみれば外観、内観を保存することが容易となる一方で、基礎構造形式が当初とまったく異なることにもなる。

耐震性能確保のため既存建物に免震構法がアメリカで1989年にソルトレイクの市庁舎¹⁶⁾(組積造歴史的建物)に適用された事例を嚆矢として、ニュージーランド、イタリアにおいても、歴史的建造物へ免震構法の適用が1990年代に行われている。

免震構法適用事例の構造補強方針を表-4に整理する。検討した建物は、竣工後50年以上の鉄筋コンクリート造建物6件を選択した。各建物の設計検討諸元値を整理する。設計用せん断力係数(ベースシェア)で0.07~0.24となっている。耐震性能目標値は、レベル1の場合、ほとんどが短期許容応力度以内であり、1件が弾性限耐力以内である。層間変形角は、1/4000~1/500に設定されている。レベル2

表-4 免震レトロフィット改修設計方針¹⁵⁾

建物名称	国立西洋美術館	鹿児島旧県庁舎 玄関部	京都大学100周年時計 台記念館	栃木県庁舎本館	名古屋市庁舎本庁舎	愛知県庁舎本庁舎
当初竣工年	1959	1925	1925	1938	1933	1938
T g sec	0.36	0.66	0.24~0.26	0.14	0.62	
上部構造 設計用固有周期	0.293	0.21	0.338			
長辺						
短辺	0.293	0.216	0.334			
設計用せん断力係数	0.2(各階)	0.17(各階)	0.15(最下階) 基準階0.187~0.465 最上階0.731	0.094(最下階) 基準階0.101 最上階0.157	0.07(最下階) 基準階0.10 最上階0.30	
耐震性能目標 (上部構造) レベル1 (25cm/s)	短期許容応力度以内	短期許容応力度以内	弾性限耐力以内 層間変形角 1/500以下	短期許容応力度以内 層間変形角 1/4000以下	短期許容応力度以内 層間変形角 1/1000以下	短期許容応力度以内 層間変形角 1/1000以下
レベル2 (50cm/s)	弾性限耐力以内 せん断力係数0.2以下	弾性限耐力以内	弾性限耐力以内 層間変形角 1/500以下	弾性限耐力以内 層間変形角 1/2000以下	弾性限耐力以内 層間変形角 1/500以下	弾性限耐力の 1.1倍以内 層間変形角 1/500以下
頂部応答最大加速度 レベル1 x	86	84.8	280.3	92	111.6	
レベル1 y	75	84.8	294.2	90	109.6	
レベル2 x	129	163.3	391.0	144	200.0	
レベル2 y	131	163.3	469.2	133	198.8	
最下階最大応答 層せん断力係数 レベル1 x	0.082	0.086	0.084	0.085	0.062	安全余裕度の 検討地震動に対して (レベル2の 1.5倍相当) 0.14
レベル1 y	0.076	0.086	0.087	0.084	0.062	
レベル2 x	0.127	0.166	0.142	0.134	0.112	
レベル2 y	0.127	0.166	0.142	0.132	0.115	
最大層間変形角 レベル1 x	1/8204	1/9196	1/2176	1/8936	1/5043	
レベル1 y	1/10579	1/9035	1/2424	1/9333	1/5441	
レベル2 x	1/5583	1/4768	1/1423	1/5526	1/2684	
レベル2 y	1/6700	1/4186	1/1386	1/6000	1/2978	

では弾性限耐力以内であり、層間変形角は、1/4000～1/500に設定されており、レベル1とレベル2で設定された値に大きな違いはない。応答解析結果は、最下階の応答せん断力係数は、レベル2で、0.127～0.205であり、栃木県庁舎では、設計検討値0.094に対して解析結果は0.134となっている。層間変形角は、京都大学記念館において塔部分の変形が大きく、レベル2で1/1386の結果であるが、設計層間変形角1/500を大きく下回っている。その他の建物では1/5000を下回り、ほとんど損傷が生じない結果となっている。

歴史的建造物は上部構造の靱性能が劣っており、さらに、外装、内装など歴史的価値の高い仕上材(漆喰仕上)の損傷を防ぐための層間変形角を抑制できる免震構法のメリットは大きい。各事例の評価結果からも、歴史的建造物の耐震補強構法として非常に有効な構法であることが確認できる。

6. おわりに

明治以降、新たな建築技術として導入された鉄筋コンクリート造、鉄骨造の技術変遷とともに適用した建物を概観するとともに、1923年関東地震時に清水組が実施した被害調査など、当時の清水組が果たした役割について整理した。戦後、現在に続く先駆けとなる建設技術歴史的に価値ある建物の解体に際し実施した調査記録をもとに、現在における当時の技術の位置付け、課題を確認した。歴史的建造物を保存活用するうえで採用される免震レトロフィット構法の適用性を検討し、その有効性を確認した。

歴史的建造物の価値を示すものとして、意匠、材料、技法であるとの観点からみると、漆喰など仕上材の経年劣化に伴う性能評価は今後の課題である。

謝辞

本報告にあたり、各プロジェクトの成果を基にまとめることができました。末筆ながら、参画された関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

<参考文献>

- 1) 清水建設(株)技術研究所：“建設技術歴史展示室 建設技術歴史年表”，2004.
- 2) 日本建築学会：“巻末附図説明 丸善株式会社新築構造説明”，建築雑誌，第285号，1910.
- 3) 永田念郎：“鉄筋コンクリート造被害調査報告，震災予防調査会報告”，第100号(丙)下，1924.

- 4) 合資会社清水組設計部：“大正十二年九月一日 関東地方大震災による建物の被害調査”，1924.
- 5) 小島弥三久：“框式混凝土堰樁”，実用新案，第1342号，1924.
- 6) 横山不学：“全熔接工法による鋼構造骨組の設計について—日本無尽ビルの場合—”，建築雑誌，pp.9-15，1951.
- 7) 森丘四郎：“熔接構造の建築施工(日本無盡新築工事の電弧熔接について構造の施工上の問題について)”，建築雑誌，pp.16-20，1951.
- 8) プレコンシステム協会：“PCカーテンウォール技術史”，pp.24-27，1994
- 9) 清水建設技術研究所：“旧日本相互銀行本店解体調査に伴う鉄骨調査報告書”，2009.
- 10) さくら呉服橋ビル記録図書作成WG：“さくら呉服橋ビル(旧・日本相互銀行本店)の記録”，2009.
- 11) 林章二，牧原慎一郎，福和伸夫，飛田潤：建物被害調査資料に基づく1923年関東地震における鉄筋コンクリート造建物の被害に関する研究，日本建築学会構造系論文集，第75巻，第648号，pp.251-260，2010.2
- 12) (社)日本建築構造技術者協会：構造レトロフィット，建築技術，2001.6
- 13) 日本建築学会東海支部構造委員会：歴史的建造物のレトロフィット事例集，1998.3
- 14) 林章二，福和伸夫，松波秀子：歴史的建造物の保存改修事例に基づく保存方針と耐震補強方法の対応関係の分析，構造工学論文集，Vol.57B，pp.653-664，2011.3
- 15) 日本免震構造協会：米国免震構造調査報告 免震とレトロフィット，pp.94-95，1996.6

注1) 高力ボルト摩擦接合は1958年清水建設施工によるブリヂストンビルディングにおいて全面的に採用された。