

開発途上国の建築物の地震被害軽減戦略に関する基礎的研究 ＜日本の近代建築技術導入の経験からの教訓＞

Basic Study on Strategies for Earthquake Disaster Mitigation on Buildings in
Developing Countries

-Lessons from Experience of Introduction of Modern Building Technologies in Japan-

○榎府龍雄¹, 亀村幸泰², 木村麗³, 白川和司⁴, 木下真², 石塚正士²

Tatsuo NARAFU¹, Yukiyasu KAMEMURA², Urara KIMURA³,
Kazushi SHIRAKARA⁴, Makoto KINOSHITA², Masashi ISHIDUKA²

¹ 独立行政法人国際協力機構

Japan International Cooperation Agency (JICA)

² 国土交通省

Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT)

³ 一般財団法人建材試験センター

Japan Testing Center for Construction Materials (JTCCM)

⁴ 一般社団法人公共建築協会

Public Building Association (PBA)

Mitigation of damage by earthquakes is a keen issue in developing countries. The authors conduct study on history of introduction of modern building technologies in Japan and analysis on current socio-economic conditions of developing countries. Through them several implications for developing countries on effective introduction of building technologies are induced.

Keywords: earthquake disaster, developing countries, experience of Japan, introduction of modern technology

1. 背景, 目的

開発途上国では、2015年4月25日にネパールで発生した地震にも見るとおり、大規模地震の度に甚大な被害を被ってきている。特に、建物被害が著しく、死傷者も圧死等の建物被害に起因していることが多い。その原因の一つに、建築物の耐震性が十分ではないことがあり、その対策として先進国で普及している耐震構造に関する技術の移転が検討されることが多い。このうち、よく採用されている方法として、耐震構造基準を整備し、それを主に建築許可制度により社会に定着させようというアプローチである。しかしながらこのアプローチはうまく機能していないことが多い。この点については、第3回国連防災世界会議において採択された「Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030」(2015年3月18日)にも記述されている。

そこで、本稿では、このアプローチの含めて、日本が明治維新以降、急速に西洋近代技術の導入をした際の経験をレビューすることにより、日本にそれまで存在していなかった技術を導入するためにどういう取組をしたか、また、耐震構造基準と建築許可をどのように導入したかの検討を行う。一方、現在の開発途上国を取り巻く状況は、日本が近代建築技術を導入した時期とは大きく異なることから、それらに関する考察を行ったうえ、今後の開発途上国における実効性のある耐震技術の導入に関する示唆を得ることを目的とする。

2. 日本の近代建築技術導入の概観

(1) 黎明期の取り組み

鎖国を行っていた江戸時代は、西洋の近代技術が日本

に伝わることは稀であり、建築技術もほとんどが木造を中心とした伝統的な技術であった。1868年に明治維新を迎え、急速に近代技術の導入を進め国力を高めることが国家としての喫緊の課題となった。そうした中、建築技術についても、急速な導入が図られた。そのための主要な活動は以下のとおりである。

① お雇い外国人

近代化が急務となっている種々の分野について、近代技術、技能を有する外国人を西洋諸国から雇い入れることにより技術の導入を図った。建築分野でも同様の取り組みが行われ、行政、産業などの基盤施設として緊急性の高い建築物を早急に建設するために、多くの外国人が雇用された。大審院(官庁施設)、官営富岡製糸所(産業基盤施設)、鹿鳴館(迎賓施設)などが代表的なものである。この時期には、近代建築物の存在、景観により日本が近代国家であることを象徴的にアピールしようという狙いもあった。首都東京の中心部の外国人の往来の多い目貫通りに近代的な街並みを創り出そうという銀座煉瓦街建設はその典型例の一つと考えられる。

② 近代建築技術に関する高等教育

指導的な人材を育成するため高等教育に熱心に取り組んだことも大きな特徴である。1870年に工部省が設置され、翌年にはそこに教育機関である工部学校(後の工部大学校)が設置された。分野としては、土木科、機械科、造船科、電信科、鉱山科、化学科、冶金科、造家科(当時の呼称)が設けられ、50名近い外国人教師が招かれた。工部大学校は、後に東京大学へと繋がっていき、人材育成に大きな貢献をした。

③ 実務者の育成

前述のような指導的な技術者の育成が進む一方、増大する実務を担う実務者の不足が、種々の分野で大きな課題となってきた。こうした状況を背景に、東京職工学校（1881 年）、商工徒弟講習所（1886 年）、工手学校（1887 年）、私立工手学校（1887 年）、東京府立職工学校（1899 年）、私立東京商工学校（1903 年）、東京府立工芸学校（1906 年）などが設立された。

④ 近代建築材料の国産化

輸入に頼っていた鉄製部材、レンガ、セメント、板ガラスなどの建築材料の国産化の取り組みも精力的に進められた。明治期には、国営工業による取組が中心であった。明治初期に中心的な役割を果たした工部省では、工作局に 80 名余りの外国人を雇い、造船分野などに併せて、鉄製部材、セメント、板ガラス、耐火煉瓦の製造を目指した。それらの成果の多くは民間に引き継がれ、生産を拡大していった。

(2) 日本における建築基準の策定と建築許可制度の導入

国を挙げての近代化の努力により産業の振興も進み、それに伴って都市人口が増加し、建築活動が活発化した。こうした状況に対応するため、1919 年に都市計画法と市街地建築物法が公布、施行された。市街地建築物法は、都市計画法と並行して策定されたこと、対象都市が 6 大都市に限定されていること、法律名から明らかなように市街地における建築物を対象とした法律であることを特徴としてあげることができる。また、制度の対象となる建築物は各都市によって差があるが、当時大部分を占めていた通常規模の木造建築物は概ね対象とはされなかった。法律の内容を見てみると、

- ・地域種別の指定（住居、商業、工業の 3 区分）
- ・それぞれの地域における建物の規制
- ・道路との関係（接道）
- ・建築線、壁面位置の指定
- ・建物高さ
- ・防火地区
- ・美観地区

などの都市計画的な観点からのものが多く、新たな法律を作って規制を行わなければならなかった法律制定当時の社会的な必要性を伺い知ることができる。片や、同法の中の個別の建物に関する規定は、第 12 条構造設備敷地の規定と第 14 条特殊建築物の規定のみである¹⁾。なお、市街地建築物法を受けて各都市が施行規則を策定したが、その中で許可を必要とする建物の建築を行う場合に許可を要する旨が規定されることにより建築許可制度が創設され、警察部局がその執行に当たった。その後、1923 年に関東大震災が発生し、これを受けて、同年、市街地建築物法に耐震基準が導入され、世界最初の国家レベルの耐震基準となった。

(3) 近代技術の普及の取り組みの事例

長年、木材を主要な建築材料として建築技術を発展させてきた日本の建築業界にとって、レンガや鉄筋コンクリートはそれまで使ったことの無い材料であり、それによる建築技術は全く異質なものであった。当初は、優先度の高い少数の建物について、エリート的な技術者、施工者により、設計、建設が行われた。その後、これらの技術を広く普及させる取組が行われてきている。こうしたものの代表的なものを取り上げてみたい。

① 関東大震災後の取り組み

1923 年に発生した関東大震災は、約 10 万人の死者、行方不明者と、当時の東京区部の 44%を焼失させた大災害である。その特徴は、被害の大部分が同時多発的に発

生し、消火活動が十分できないまま燃え広がった火災によるものであることである。その復興に当たっては、大規模な区画整理事業の実施、幹線道路の整備、近代的な橋梁の建設など様々な意欲的な取組が行われた。住宅の再建においては、復興義捐金によって設立された同潤会が重要な役割を担った。仮設住宅、木造の普通住宅に加えて、耐震性能と耐火性能に優れた鉄筋コンクリート造のアパートメントハウスが建設され、鉄筋コンクリート構造による住宅の本格的な供給の先進事例となった。併せて、東京では小学校を鉄筋コンクリート造により再建することが行われた。その際、「設計規格」を作成し、各校舎の設計に適用することが行われた。（外観デザインなど設計にある程度の自由度が与えられていた。次節に詳述。）

② 戦災復興から高度経済成長期に至る動き

第 2 次世界大戦中の大規模な空襲により、日本の主要都市は甚大な被害を被った。大都市では住宅不足が著しく、凍死者が懸念されるほどであった。対応策として、応急住宅の建設が行われる一方、廉価な恒久住宅を大量に供給する取組が行われた。その中で大きな役割を担ったのが、県市町村による賃貸住宅である公営住宅（公営住宅法昭和 26 年）と、大都市地域における住宅、宅地の大量供給を目的に設立された日本住宅公団（日本住宅公団法昭和 30 年）による公団住宅である。当初は木造住宅も建設されたが、2 回の大災害の際の火災による壊滅的な被害の教訓から、耐火性に優れた住宅を中心にするようになっていった。当初はコストの安い補強コンクリートブロック造が相当数建設されたが、徐々に鉄筋コンクリート造が主流となっていった。その後も、経済成長に伴う人口の大都市への集中により、大都市地域の住宅不足は長く継続し、公共住宅の大量供給の努力が続けられることとなった。その際に大きな役割を果たしたのが、標準設計、標準仕様書である。同一の設計内容を繰り返し使うことにより設計の手間を省き、材料調達、施工の効率化とコスト低減を実現しようとするものである。その効果として、①合理的に大量供給ができる ②設計作業等の省力化により配置設計などに注力できる ③フィードバックなどによる改善を積み重ねることにより質の高い設計が実現できる ④技術が普及していない地域での一定の質の確保がしやすい ⑤標準設計図面等により全国各地域に技術を広めることに貢献できる ⑥建設工程の工業化や住宅部品の大量生産などの建設業務の合理化を実現しやすいなどが提示されている²⁾。

学校の場合は、種別毎に「学校建築規格」が整備されてそれに従った建設が行われた。規格の内容としては、敷地の広さ、校舎の床面積、教室の大きさ、地震、風、積雪などに対する安全性などが規定されている。また、主要部分の詳細図が添付されている。当初はほとんどが木造であったが、鉄筋コンクリート造の建設も進められた。校舎の建設は市町村が中心であり、組織内の技術者の不在、技術への不慣れでなかなか進まなかったが、日本建築学会と文部省が共同研究を行い、標準設計を作成、公表したことなどから次第に普及していった。前述の住宅が主に大都市地域に限られていたのに対して、校舎は全国津々浦々に建設されたことから、鉄筋コンクリート造の全国的な普及には標準設計による鉄筋コンクリート造の校舎の建設が大きな貢献をしたと言われている。

3. 日本の近代建築技術導入についての考察

(1) 概観

前節に見るとおり、欧米列強の脅威に曝されながら近代化を急がなければならなかった黎明期の日本の近代建築技術の導入の取り組みは、次のように整理できる。

- ① 技術の導入：技術を有する外国人を雇用し、建材を輸入するなどにより、とりあえず緊急性の高い近代建築物を建設する
- ② 人材育成：お雇い外国人を代替できる日本人の人材の育成
- ③ 実務者の育成：技術の広範な普及を目指した建設実務を支える技術者や職人などの養成
- ④ 関連産業の育成：鉄製部材、セメント、ガラスなどの主要な建築材料の製造などの関連産業の育成

また、日本において近代建築物が普及する動因として、関東大震災と第2次世界大戦による戦災が大きく作用している。即ち、いずれも伝統的建築物の火災と地震に対する脆弱性を露わにし、国民各層に耐火性、耐震性の高い建築物の必要性を強く認識させた。そして、それらの災害からの復興に際して、当時一般的であった木造に比較してコストが高く、設計、監理できる技術者も限られているという条件下で、短期間に大量の質の確保された建築物を経済的に建設する必要から、規格、基準等の整備、標準設計などの工夫が採用された。

(2) 建築基準、建築許可制度についての考察

建築基準の整備と建築許可制度は、民間の建築物の規制、質の確保を主な目的とするものである。前章に見るとおり、日本の場合、そのニーズは進展しつつあった都市化とそれに伴う問題への対応であり、建物単体の質の確保を主目的とするものではなかった。また、こうした制度が機能するためには、次のような条件が整っていることが必要である。

- ① 基準の理解と適合する設計、施工ができる能力
- ② 基準への適否を判断できる審査側の能力
- ③ 規制的な制度を運用できる行政能力
- ④ 規制を必要なものとして支持する世論

1919年の市街地建築物法制定の時期は、上記のうち①に関しては、明治維新後約50年が経過し、近代建築を設計、施工する能力は徐々に備わってきていた。②に関しては、まず対象地域を6大都市に限定し、さらに対象建築物も通常規模の木造を除くなど、限定的な制度とした。それでも当時、審査能力を有する人材の確保は極めて難しい課題であったことが記録に残されている⁽⁵⁾。③に関しては、当時充実した組織を有し、強い権力を有していた警察部局が施行に当たった。④の社会的な支持については、都市問題に対応すべしという総論としての支持はあったものの、特に建築主からは、有史以来自由にできた建築行為に政府の許可を必要とする制度に対する反発は極めて強かったと報告されている⁽⁶⁾。即ち、日本において建築許可制度は、近代建築技術がある程度普及し、行政制度もある程度機能するようになった時点において、行政側の執行能力を勘案した制度として、多大の努力によりようやく導入することができたと言える⁽⁷⁾。

4. 開発途上国を取り巻く状況

現在の開発途上国の置かれた状況は、日

本が近代建築技術を導入した時期とは大きく異なる。ここでは主要と思われる2点について考察する。

(1) 国際化、情報・人の交流の活発化

現在の国際化の進展は著しく、情報、人の交流は当時とは比べ物にならないほど進んでいる。開発途上国の指導者層のかかなりの割合が海外で教育を受ける機会を得ている。当然、先進国の建築技術や建築基準などを習得する機会も多い。また、途上国内にいても、図書やインターネット情報の形で先進的な情報を得ることも容易となっている。さらに、ドナー、国際機関などによる途上国支援の活発化もあり、多くの開発途上国において先進国の例に倣った建築基準と建築許可制度の導入が図られている状況がある。

(2) 先進国資本による大規模建築物の建設

経済の国際化により先進国企業が途上国において経済活動を行うことはごく当たり前となっている。それに伴い経済活動の基盤施設が先進国資本によって整備されている。超高層のオフィスビル、ホテル、大規模なショッピングセンター、工場などが典型である。こうした大規模あるいは高度の建築物について、当事国の建築基準がカバーできていない、あるいは、基準への適合の審査がやりきれないという事態が発生している。

5. 開発途上国における耐震建築技術の普及、定着に関する戦略

(1) 建築物整備に関連する体制

建築物整備には、図1に示すように多様な主体が関わる。需要側である建築主が、建設産業に対して、希望する建築物の建設を依頼するというのが基本の枠組みである。このうち、特に、建設産業の構成が複雑多岐にわたっていることが建築物の場合の大きな特徴となっている。建物の計画、設計、工事監理にあたる専門家として、建物全体を担当する建築家、構造、電気設備、機械設備などの各分野を担当する技術者（それぞれ専門分化している）がいる。建設にあたる建設会社は、各種の専門家、職人などから構成されている。ある程度の規模の工事を実施する組織には、建築家、技術者も雇用されていることが一般的である。実際に工事の作業を行う職人、労働者も、専門分化しており、ある程度の範囲の業務をこな

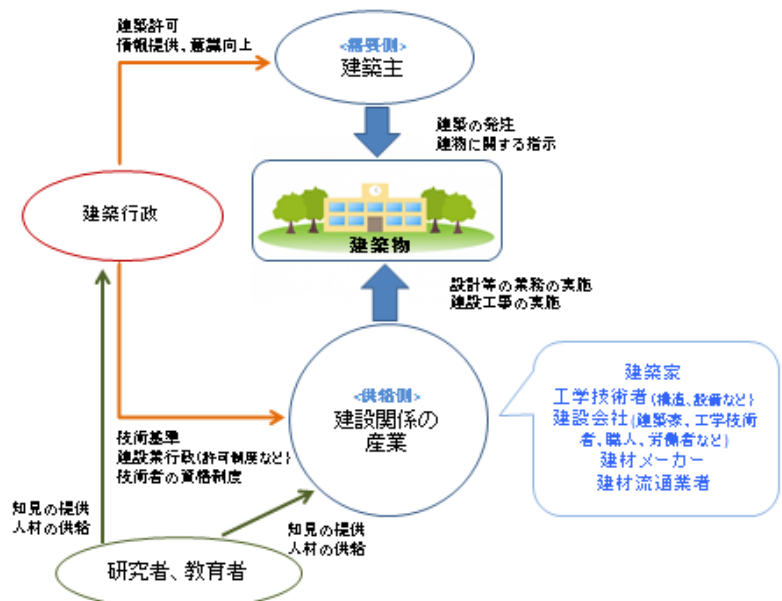


図1 建築物整備に関する主体

す多能工と呼ばれる人々に加え、木工事を行う大工、左官、高所の作業を行う鳶職、さらに、各種の設備関係は、それぞれ、電気設備、配管などの専門職人の手が必要である。

工事に使う材料も多様である。柱、梁などの構造に用いられるものでは、鋼（鉄筋、鉄骨など）、セメント、木材がある。外壁などには、コンクリート製パネル、金属製パネル、タイル、塗装材料、各種のサッシュ、ガラスが主要な材料である。屋根材、床材、天井材、内壁材やそれを取り付ける各種の金具類、接着剤なども必要である。設備類も多様で、照明、空調、エレベーター、スプリンクラー、火災警報機器、衛生機器、給水施設などがあり、それぞれ配線、配管などを必要としている。こうした材料の供給も、分野毎に分かれている。これらの多種多様な主体が有機的に繋がることにより初めて建築物が完成する。

こうした、建築主、建設産業の枠組みに対して、行政は建築行政と総称される種々の形の介入を行う。建築許可の発出、技術基準類の作成、建設技術者の資格制度の運用、建設業者に対する許可、業務実施に関する規制などを行っている。また、研究者、教育者は、行政や建設産業に技術的な知見を提供したり、人材の育成、供給を行っている。

(2) 開発途上国における課題の実態、全体像の把握

国、地域によって大きな差があるものの、現在の途上国は、近代建築技術がある程度普及している。その状況は極めて大きな差があることが多い。首都では超高層のビルが建設される一方、山間部では、住民が家族のみで土を捏ねて干しレンガをつくり、住宅を建設するという状況が併存していることも多い。こうした中で、各国の問題点、その背景となっている課題などの全体像の概略を把握することがまず必要である。その場合、とかく課題を、技術基準が不適切、施工者の技能、モラルが不足などと断片的な側面で捉えがちであるが、実態を正確に把握することが極めて重要である。例えば、2013年に発生した、ボホール地震、台風ヨランダにより甚大な建物被害を受けたフィリピンの事例では、①技術基準はアメリカ準拠でレベルの高い ②設計も一部を除き良好（アメリカの事例に倣うことが可能）という状況であるが、③設計の詳細な情報が、一般の施工者に理解できる形で提供されていない ④工事監理の体制、能力が不十分 ⑤一部の材料の品質が低質などが被害の主要原因となっていたことが明らかとなっている⁽⁸⁾。ここから学ぶことができるのは、多くの問題は、単一の側面や主体のみに起因するのではなく、関係者間の関係の中で生じていることが多いという事実である。

(3) 優先課題、優先分野の特定

ほとんどの途上国では先進国に比較すれば、ほとんどすべての分野で課題がある状況である。そこで、次のステップとしては、当該国の課題の全体像の中から、重要性、緊急性の高い課題、分野をある程度絞りこむことが必要となる。人命に危害を及ぼす課題だけでも、地震、強風災害、防火、感染症（不衛生な建築衛生設備などによる）などがある⁽³⁾。建築物は、技術者の関与するビルなどのエンジニアド建築物と、工学知識を持たない人々によって建設されるノンエンジニアド建築物に大別して考える必要がある。この2つは課題もその背景も大きく異なることから、適切な方策も異なることが多い⁽⁹⁾。

(4) 各国の実情に相応しい取り組みの実施

建築物の質の向上を図る効果的な方策は、それぞれの国の工学技術、施工技術、行政の執行能力などの実態によって変わらざるを得ない。そもそも人材が不足、あるいは技術が普及していないのであればそこから始める必要がある。ある程度の普及が進んでいれば、建築基準/建築許可制度が機能しうる。その場合でも、並行して技術者、職人の資質の向上、人材の量的な確保などの方策を組み合わせながら取り組むことが効果的である。また、多くの途上国では、既に建築基準、建築許可制度が導入されており、それを有効に機能するような取組が求められることも多い。その中には、近年の著しい国際化の中から生まれている、海外からの先進技術に自国の制度が対応できないという事態もある。いずれにしても、各国の実情の把握とそれを踏まえた効果的な戦略を考えることが重要である。その場合、明治以来、種々の工夫と努力により、全く新たな近代建築技術を導入し、社会的に定着させてきた日本の経験からの知見が生かせる場面も多いと考えられる。

補注

- 1) 法律に基づき、主務大臣が必要な規定を設けることができる仕組みとなっている。他には、行政手続き関係、適用対象地域、適用対象の建物などに関する規定がある。
- 2) 一方、デメリットとして、気候風土に応じた対応がしにくい、設計の固定化、画一化しやすい、技術者の意欲が低下しやすいなどがあり、経済的に豊かになるにつれ、標準設計は徐々に使われなくなっていく。（日本における集合住宅の普及仮定一産業革命期から高度経済成長期まで一、平成9年8月、財団法人日本総合住宅センター）
- 3) 片や、建築物は種々の機能を有するものであり、建物全体として総合的に考える必要があるという面もある。例えば、防犯と災害時の避難の対策は、建築計画上、相矛盾する場合が多く、当事国の実情に相応しいバランスで考える必要がある。

参考文献

- (1) 新建築学体系5 近代・現代建築士、鈴木博之他、彰国社、2001年9月10日
- (2) 建設省20年史、社団法人建設広報協議会、1968年7月10日
- (3) 菅野誠、日本学校建築史、文教ニュース社、1973年12月1日
- (4) 大蔵省（農商務省 会計検査院）編纂、大内兵衛、土屋喬雄 校、明治前期 財政経済資料集成 第十七巻ノ一 工部省沿革報告、明治二十二年四月
- (5) 飯塚正三、建築行政よもやま話第1回、第2回、コア東京、社団法人東京建築士事務所協会発行、1989年10月、11月
- (6) 工学院大学ホームページ、125周年の歴史（沿革）、<http://www.kogakuin.ac.jp/kogakuin100years/index.html>
- (7) 櫛府龍雄、開発途上国の建築物の地震被害軽減戦略に関する基礎的研究＜日本の建築許可制度の経験からの教訓＞、地域安全学会梗概集 No.34、2014.5
- (8) 櫛府龍雄他、2014年度日本建築学会大会（近畿）災害部門 2013年フィリピン地震・台風建築物被害調査および2014年大雪被害調査 報告会資料、日本建築学会、2014年9月
- (9) 櫛府龍雄他、ノンエンジニアド住宅の地震被害軽減方策に関する研究-学際的、業際的、国際的なアプローチの提案-、地域安全学会論文集 No.14、2011年3月