

中国における鉄筋コンクリート構造の技術的変遷

1. はじめに

中国中央政府では、2015 年 12 月 22 日に中央都市工作会議が 37 年ぶりに開催され、国家レベルでの都市建設開発計画に関し、「13 次 5 計に向けて、これまで実施してきた都市化の方針と管理体制見直しが必要となっている。」とされた。この会議を受け、2016 年 2 月 21 日に発表された「都市計画・建設・管理に関するさらなる強化について若干意見」では、老朽団地、老朽建築の問題に対し、「旧建築の補強」「既存建築の改修増築、内装、リフォーム、補強工事などの品質や安全管理の強化」「プレハブ建築方式の普及」「建築部品部材の標準化・工場生産の実現」「バラック地域の改造」「危険住宅の改造」などをテーマに挙げ、中でも「老朽住宅の改造完成の目標を 2020 年とする」など、意欲的な目標設定を行った。

中国建設科技集団並びにそのグループ会社である中国建築標準設計研究院は、中国・住宅産業化の一環として「既存住宅の改造・改修」の基準づくりにあたり、長年 JICA のプロジェクトを通じて人的交流があり、賃貸住宅の維持管理に対する豊富な修繕実績および住宅改修の経験がある独立行政法人都市再生機構（以下 UR という。）に対し、既存住宅改造・改修を中心とした住宅産業化への技術支援の要請を当 UR に行った。日中両国政府の共通の理解のもと、2017 年 12 月 25 日には、中国建設科技集団と UR の間で覚書が交換され、中国建築標準設計研究院とアドバイザー業務契約を締結し、既存住宅の専用部分についてモデル住戸改修プロジェクト（日本総合住生活株式会社にて実施）、既存住棟への増設エレベーターの行政担当者向けガイドライン作成など、具体的な取り組みが進められている。

一方で、少子高齢化が進む我が国の成長戦略として、新興国を中心とした世界の旺盛なインフラ需要を取り込むため、民間事業者の海外展開を促進することが必要なことを背景とし、2018 年 6 月 1 日に「海外社会資本事業への我が国事業者の参入の促進に関する法律」が公布、8 月 31 日に施行された。インフラ開発・整備は相手国政府の影響力が強く、民間事業者では相手国政府との連携や調整の困難が認められ、インフラ整備等に関する専門的な技術やノウハウは独立行政法人等の公的機関が保有しており、民間事業者のみの対応では限界あることも指摘されていた。UR に対しては、都市開発および賃貸住宅建設、維持管理に関して、政府の海外展開の一翼を担う法整備が、「海外社会資本事業への我が国事業者の参入の促進に関する法律」の施行と同時に進められた。

これらの取り組みが進められる中、UR では、中国の建築技術について現地情報の収集を並行して行っている。得られた情報について、今回、報告する機会をいただいたことから、以下に概要を述べる。

2. 中国での鉄筋コンクリート構造建物の誕生と歴史

1840 年のアヘン戦争の後、中国は、半植民地半封建社会に入る。1845 年には上海に租界（そかい：中国内の外国人居留地）が形成され、中国建築における近代化への発展が始まった。これにより、中国の近代建築は、新しい建築体系と古い建築体系が、同時に存在することになる。中国では、新しい建築体系を、近代化、都市化につながる建築体系であり、工業化社会への転換に向けた建築体系とされている。新しい建築体系の形成は、二つのポイントがある。一つはイギリス、フランス、アメリカなどの国から材料の輸入および技術の導入。もう一つは既存建物の改修または用途変更である。新しい建築体系による新築建物では、鉄鋼・セメント・ガラスなどの新材料の使用、鉄筋コンクリート構造・鉄骨構造などによる新しい構造形式が現れていった。

中国で最初に登場した鉄筋コンクリートによる構造物は、セメントとコンクリートが比較的早く使われた上海水道局建屋（1883 年竣工、写真 1）と湖北銃砲工場（1892 年竣工、写真 2）がある。また、写真 3 に示した広州嶺南大学（現在の中山大学）の Matin 堂（1906 年竣工）では、硬質れんがを上部躯体構造として使われたが、基礎部分は鉄筋コンクリートで造られた。

そのころの中国の新しい建築材料のほとんどは、外国から輸入された。19 世紀末から 20 世紀初頭にかけて、建築材料の国産化が進められた。その中でも、セメント産業は早い段階から始められ、1889 年開平鋁業局は、唐山細綿工場を設立した。これが、中国で最初のセメントを生産する工場となった。1922 年から 1931 年の間では、11 のセメント工場（中国資本 7 工場、外資 4 工場）があり、年間生産能力は

119 万トンに達した。¹⁾

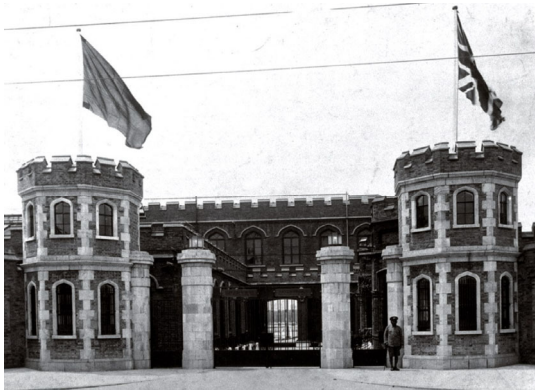


写真 1 上海水道局²⁾



写真 2 湖北銃砲工場³⁾



写真 3 Matin 堂⁴⁾

1930 年代までに、新しい建築体系は、建築用途が公共建築、(集合)住宅および工場など、大規模になっていった。これらの建築は、新材料および新しい構造形式の採用により、建築空間が広くて明るいのとなった。

中国で最初の鉄筋コンクリート造による構造物は、1908 年に建設された 6 階建ての上海電話会社である (写真 4)。華洋德律風公司是 1900 年、公共租界工部局組織外国洋行の大班により創設された。このビルは 1908 年に新瑞和洋行設計のノルウェー人エンジニアのミュラーが設計、協泰洋行が構造計算、姚新記營造廠が建設した。6 階建ての建物は、地下室があり、1 階は営業・受付、2 階は経理室とタイプ室、3～5 階は業務用、6 階は電話配線室となっている。



写真 4 上海電話会社⁵⁾

工場建築物では、1911 年竣工した上海日華繊維工場の屋根が、鉄筋コンクリートで造られた。その後、平屋の工場建築物では、鉄筋コンクリート造が採用されるようになった。同時に、2 階建て以上の工場でも鉄筋コンクリート構造が、多く採用され、普及していった。その中では、1932 年に建設された上海申新繊維工場九場が典型的な事例である（写真 5）。1920 年～1930 年の間において、新しい建築体系が主流となり、鉄筋コンクリート構造だけではなく、煉瓦鉄筋コンクリート構造及び梁のない鉄筋コンクリートスラブ構造という構造形式が現れた。これについては、具体の事例が見つからなかった。

公共建築物では、1921 年～1923 年に建設された上海の滙豊銀行（HSBC）は 6 階建てで、主体構造として鉄筋コンクリートが採用された（写真 6）。1 階の玄関から続くロビーを広く配置した代表事例の一つとなっている。

1930 年以降、外国の現代建築の影響を受けた西洋風の現代らしい住宅建築が少しずつ建設されるようになった。住宅建築で、鉄筋コンクリート構造および大型ガラスなどの新しい構造形式、新材料が採用されたことにより、建築空間が広くて明るくなった。代表例として上海銅仁路吳同文邸（1935 年～1937 年建）が挙げられる（写真 7）。

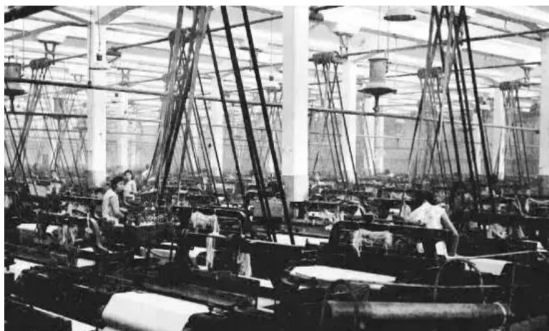


写真 5 上海申新繊維工場九場⁶⁾



写真 6 上海 滙豐銀行 (HSBC)⁷⁾



写真 7 上海銅仁路吳同文邸⁸⁾

1937 年から 1949 年まで中国は、戦争状態が 12 年間続いた。これにより、中国近代化の発展は中断し、建築の近代化に関する活動も、ほとんど進むことはなかった。

3. 中国の現代の鉄筋コンクリート構造

1949 年に中華人民共和国が建国した。その後の 50 年間について、中国の現代建築は、二つの時期に分けられる。一つは歴史環境を背景に中国国民は自分の力だけを用いて、自国の工業における基本目標を完成しなければならないという自立（自律）の時期。もう一つは 1970 年代末から、改革開放を行い、国が新しい転換期に入るといいう開放の時期と言われる。

中国では、1949 年から 1952 年にかけて、3 年間の経済回復に取り組んだ。1951 年 3 月に建設プロジェクトの管理、3 年間で経済回復、10 年で大規模プロジェクトを建設することの達成を法律上の決定とし、基本方針とした。1952 年 8 月に中央政府建築工程部（現在の住宅都市建設部）の会議で提出された建築設計の全体方針は、①実用②堅固、安全③コスト、そして建築物はその三つの方針を満足する上に、適切に外観にも配慮することが 4 番目の方針として示された。これらの建築設計方針は、その後 50 年間にわたって影響し続ける。特に、自立（自律）時期の 30 年間は、大きな影響力を行使した。

1953 年に、中央政府建設工程部の基本目標を工場建設とする指示が、中央政府からあった。旧ソ連が建設支援していた長春第一自動車製造工場建設プロジェクト（写真 8）に中央設計院（建設工程部の下部組織）の技術者が、旧ソ連の設計方法を現場で学ぶため派遣された。長春第一自動車製造工場の一連の建築群で、居住地区における住宅等は、主に壁がレンガ造で、柱、梁、及びスラブがコンクリートで作られた混合構造であった。一方、工場は、柱・はり鉄筋コンクリート構造、屋根は軽量鉄骨である。そのあと、中央設計院の技術者は、大規模・中規模の国家プロジェクトの設計に取り組み始めるとともに、地方行政と協力して大規模・中規模の国家プロジェクトの設計を進めて行った。



写真 8 長春第一自動車製造工場

この時期は、旧ソ連と東ヨーロッパの社会主義国は中国の建設を援助し、中国の建築設計者は、旧ソ連の技術から社会主義を建設する仕事の中で、設計の知識と経験を学ぶしかなかった。そして、れんがとコンクリートの混合構造の建築規定、部材の標準化、プレハブ化、施工方法などの分野に旧ソ連方式建築が普及していくことになる。

中国の 1950 年代と 1960 年代では、鉄鋼とコンクリートという建築材料は珍しく、主に工場建築に使われた。その時、工場建築には主として標準設計、プレハブ式建築方法を採用した。1959 年だけで、工場に提供するプレハブ部材の図書数は 74823 冊あり、急速にプレキャスト（PC）による鉄筋コンクリート構造が主流となった。1960～1970 年代には、梁がないスラブが、2 層以上の工場建築に使われるようになった。1980 年代以降、建築材料の開発に伴い、現場打ち鉄筋コンクリート構造が増えていく。

1950～1960 年代には、2 層以上の住宅は、すべて煉瓦とコンクリートの混合構造を採用することになっていた。1960 年代に邢台地震、海城地震および 1970 年代に唐山地震が次々に起こったことにより、建築に対する耐震と安全問題は社会問題化した。各都市では地震設計用強度に応じた設計を行い、煉瓦造の壁における隅角に構造柱を設けることになった。1990 年以降には、高層建物だけではなく、2 階以上の建物も鉄筋コンクリートフレームを採用するようになっていった。

同様に 1950 年の初期の公共建築では、コストを低減するために、煉瓦とコンクリートの混合構造をすべての事務所建物に採用した。しかし、改革開放に従って、各都市の政府系事務所建物はフレーム構造になっていった。

ほかの公共建築では、1950 年代以降、大スパン建物が、建てられるようになった。1959 年には、人民大会堂や中国人民革命軍事博物館など、大規模建築物が、相次いで建てられた。1960 年代には、民間でも大スパン建物が建てられていく。その後、高強度な材料の採用により、断面の過大な梁と柱の時代は終わりになり、靱性ある鉄筋コンクリート構造が増え、建築設計者は自由な空間作りの機会を得ていった。

中国の PC 工法による最初の建物は、特定できなかった。ただ、住宅都市建設部の資料では、1980 年に完成した北京第一 PC 工場と第二 PC 工場が、中国での PC 工場の第 1 号となっている。PC 工法による建物は、それ以前から存在しているので、サイト PC が主流だったと思われる。

1980 年代末までに、レディミクストコンクリート工場が概ね整備され、供給体制が確保された。これを受け、PC 工法の利用がほぼ、なくなった。当然、開発も下火になる。技術としては、完全に止まってしまった。それ以外にも、漏水事故などにより旧ソ連の技術への不信が重なり、PC 工法による住宅などが、設計者や施工会社などの建築関係者に魅力的に映らなくなった。このような評判を払しょくするため、1991 年「プレハブ式大型パネル住宅建築設計施工規定(JGJ1-91)」が公布されたが、普及することにはなかった。2011 年、環境問題や省エネルギー等の対策の一つとして、中央政府よりプレハブ式建築を早急に普及させる方針が示された。補助金制度も設けられ、国策として重要な位置づけになっている。建設業界としては、補助金の適用を希望するものの、PC 工法の機械式継手に対するグラウト工事の不具合事故が多発するなど、その普及を疑問視する設計者、建設関係者は少なくない。中央政府は、プレハブ式建築の普及は、不変の方針だとし、各地域ごとに PC 化率を定めている。PC 化率に応じた補助金だけではなく、様々な情報発信の取り組みを続けている。

中国の発展のスピードは早い。その早さ故、様々な場面で「ひずみ」が起きている。この「ひずみ」は、冒頭で述べたように、「これまで実施してきた都市化の方針と管理体制見直しが必要となっている。」と政府レベルで認識され、解消するための意欲的な取り組みが進められている。

4. 中国の建築法規

中国では、日本で言うところの建築基準法に該当する法律は見当たらない。中国では基準・規格のことを「標準」と言っている。中国の「標準」は、「中華人民共和国標準化法」と「中華人民共和国標準化实施条例（1989年4月1日から実施）」に基づいて制定、発行されている。「国家標準」と呼ばれる法律ではなく、日本の告示または日本産業規格 JIS に相当するものであると考えられている。建築行政は、基準や規格を「標準」という形で、細かく制定している。この「標準」に関しては、呉氏が日本建築センター委託調査により報告書をまとめている¹⁰⁾。これを元に、現地情報を収集した。「標準」体系を図1に示す。

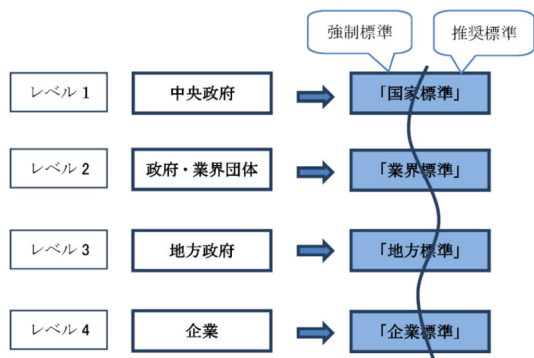


図1 「標準」の体系

レベル1「国家標準（GB）」の数は、現在3万9000以上あると言われている。その中で、建設関係のGBは、1600を超えている。レベル2の政府は、地方政府を指している。「標準」のほか、「標準図集」も職種、工種別に、発行されている。これらのうち使用頻度の高い「標準」「標準図集」は、概ね、10年くらいで見直しがされている。単に見直しされるだけでなく、別々に制定された「標準」を一つにまとめて、より実務に使いやすくするなどの取り組みも行われている。写真9及び写真10に「標準」「標準図集」の表紙を示した。「標準」はB6判、「標準図集」はB5版程度の大きさになっている。



写真9 「標準」の表紙

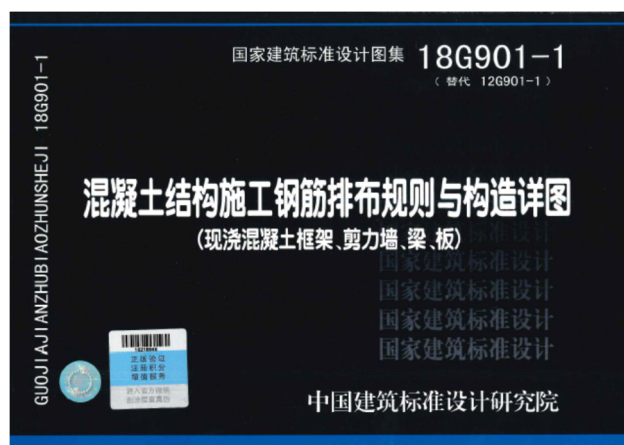


写真 10 「標準図集」の表紙

改定に伴って、従前の「標準」を廃止するかどうかの扱いは、「標準」によりバラバラで、従前のものが有効かどうかは、それだけでは判断できないものもある。これだけ、「標準」類が細かく発行されていると、設計に何を使い、施工で何を見れば良いかを示すことが必要になる。中国の実施設計図、発注図では、特記仕様書に適用する「標準」類が列記されている。表 1 及び表 2 に、記載例を示す。

表 1 主要設計標準、規定および技術規定

建築構造信頼性設計統一標準	GB50068-2001
工程構造信頼性設計統一標準	GB50153-2008
建築工程抗震設防分類標準	GB50223-2008
建築地基基礎設計規範	GB50007-2011
建築構造荷載規範	GB50009-2012
コンクリート構造設計規範	GB50010-2010
建築抗震設計規範	GB50011-2010
人民防空地下室設計規範	GB50038-2005
地下工程防水技術規範	GB50108-2008
コンクリート構造耐久性設計規範	GB/T50476-2008
高層建築コンクリート構造技術規程	JGJ3-2010
建築桩基技術規範	JGJ94-2008
コンクリート異型柱構造技術規程	JGJ149-2006
建築基桩检测技術規範	JGJ106-2014
鉄筋機械连接通用技術規程	JGJ107-2010
鉄筋焊接及验收規程	JGJ18-2012
コンクリート構造工事施工品質管理規範	GB50204-2002 (2011 年版)
建築地基基礎工程施工质量验收規範	GB50202-2002
鉄筋コンクリート用鋼 第 1 部分 热轧光圓鉄筋	GB1499.1-2008
鉄筋コンクリート用鋼 第 2 部分 热轧帶肋鉄筋	GB1499.2-2007
鉄筋コンクリート用余热处理鉄筋	GB13014-2013
先張法プレストレスコンクリート杭	GB13476-2009
锤击式プレストレスコンクリートくい基礎技術規程	DBJ/T15-22-2008
コンクリート小型空心砌块建築技術規程	JGJ/T14-2011
コンクリート構造工程施工規範	GB50666-2011
建築構造荷載規範(広東省標準)	DBJ15-101-2014
高層建築コンクリート構造技術規程(広東省標準)	DBJ15-31-2003
建築地基基礎設計規範(広東省標準)	DBJ15-92-2013
深圳市地基基礎勘察設計規範(深圳市標準)	SJG01-2010
建築基桩检测規程(深圳市標準)	SJG09-2007
蒸压加气コンクリート砌块自承重墙体技術規程(広東省標準)	DBJ15-82-2011

表 2 本工程執行主要図集
コンクリート構造施工图平面整体表示法制图規則和构造详图

現場打ちコンクリートフレーム、剪力墙、梁、板	11G101-1
現場打ちコンクリート板式楼梯	11G101-2
独立基礎、条形基礎、筏形基礎及桩基承台	11G101-3
フレーム構造填充小型空心砌块墙体構造构造	02SG614
地下建築防水构造	10J301
砌体填充墙構造构造	12G614-1
プレストレスコンクリート杭	10G409
コンクリート异形柱構造构造 (一)	06SG331-1

中国では日本の「建築基準法」のような法律がないので、指定建築材料はなく、日本の建築基準法第 37 条認定に類似するものはない。技術に関する型式適合認定に類似するものもなく、一方で、材料・製品の型式適合認定はある。標準にはない、日本の旧 38 条認定に類似した新しい技術を使いたい場合の仕組みは、GB では「国家標準化管理委員会」に申請する。申請者は、専門家委員会を設置して申請案を概ね 3 年くらいかけてパブリックコメント案に編集する。このパブリックコメント案に対し、申請者は審査委員会を設置し、審査を行う。審査内容を反映したパブリックコメント案は、専門家委員会によって、概ね 3 か月間にわたって意見を公募する。専門家委員会は、集まったパブリックコメントを反映し審査案を作成する。この審査案を審査委員会で精査し、「国家標準化管理委員会」に提出する。「国家標準化管理委員会」の審査の後、中央政府の関連部署と「国家標準化管理委員会」の連名で公布される。申請者が設置する専門家委員会、審査委員会は、「国家標準化管理委員会」の許可が必要となっている。GB より下位の標準類は、申請先が異なるが、手続きは GB の場合と同様である。

北京の建築専門書店に行くと、「標準」の合本が販売されている。これらは、一般向けと言うよりは、六法全書のような法律の専門家が使うような印象だ。レジに並んでいると、作業着を着た工事関係者が、台車持参で特記仕様書に記載された「標準」類を購入に来ている。購入した「標準」類は、書店店員によって紐で括られ、新聞の束のように梱包して渡されている。大体、二束くらいの分量となっている。これを台車に載せ、持ち帰っていた。

5. 中国の地震被害

中国は地震が多く地震活動が頻繁な国である。地震活動の範囲が広く、マグニチュードが大きく、震源が浅いため、住民の死傷、財産の損失など甚大な損害につながることが多い。歴史上中国では強い地震が 100 回ほど発生しており、そのうち一度に 20 万人以上の死者を出したものは 4 回あった（世界全体では 6 回）。死傷被害が最も深刻だったのは明代嘉靖 34 年（西暦 1556 年 1 月 23 日）に陝西省華県で起きたマグニチュード 8 の大地震で、83 万人以上の死者を出した。統計によれば、中国では 20 世紀に入ってから平均で、マグニチュード 5 以上の地震が年 20 回、6 以上が 4 回、7 以上が 3 年に 2 回の頻度で発生している。この間の中国での地震による死者総数は約 56 万人にものぼり、同時期の世界全体の地震による死者数の半分以上を占めている。20 世紀に関していえば、中国で発生した各種自然災害による死者数のうち、地震によるものは 50%以上を占め、全死傷被害の第一位である。

潜在的な地震被害に対して、中国政府は一貫して地震防災のための取り組みを重視し、つねに有効な措置をとり、地震被害の予防と軽減を強化してきた。新中国成立時には地震専門家は国内にわずか 3、4 名いるのみだった。しかし 1966 年の邢台地震の後、国务院と周恩来総理は自らの指揮の下、中国科学院、地質鉱産部、国家測量局等の関係部門から専門の職員を多数集めて地震対策チームを結成し、国家地震局（後に中国地震局と改名）として組織し、同時に各地の地震対策チーム設置にも着手した。これまでに中国国内の各省・直轄市・自治区と地震の震度が比較的高い市と県には地震対策部門ができている¹¹⁾。注) 直轄市：北京市・天津市・上海市・重慶市

表 3 に、いままでの中国の地震被害を示す。広大な国土を持っているため、記録に残っていない地震も多数あると思われる。4 枚のプレートの境界線上に位置する日本と異なり、中国は 1 枚のユーラシア

プレートに乗っている。記録に残されている M8 以上の地震については、日本とさほど変わらない発生回数であるが、それでも、陝西省華県地震の被害は突出している。

表 3 中国地震被害 一覧

年 月 日	地 震 名		M	死亡者数
512 年 5 月 21 日	山西省	代県地震	7.4	5,310
1038 年 1 月 10 日	山西省	忻州地震	7.3	32,300
1290 年 9 月 27 日	河北省	渤海地震		100,000
1303 年 9 月 17 日	山西省	洪洞・趙城地震	8.0	200,000
1306 年 9 月 13 日	寧夏省	開城地震	6.5	5,000
1487 年 8 月 10 日	陝西省	臨潼地震	6.5	2,000
1515 年 6 月 17 日	雲南省	鶴慶地震	7.8	数千人
1536 年 3 月 19 日	四川省	西昌地震	7.5	数百人
1556 年 1 月 23 日	陝西省	華県地震	8.2	830,000
1561 年 7 月 26 日	寧夏省	中寧地震	7.3	5,000
1605 年 7 月 13 日	海南省	瓊山地震	7.5	3,300
1609 年 7 月 12 日	甘肅省	酒泉地震	7.3	840
1622 年 10 月 25 日	寧夏省		7.0	11,000
1654 年 7 月 21 日	甘肅省	天水地震	8.0	31,000
1668 年 7 月 25 日	山東省	郟城地震	8.5	47,615
1679 年 9 月 2 日	河北省	三河・平谷地震	8.0	45,500
1695 年 5 月 18 日	山西省	臨汾地震	7.8	52,600
1709 年 10 月 14 日	寧夏省	中衛地震	7.5	2,000
1718 年 6 月 19 日	甘肅省	通渭・甘谷地震	7.5	75,000
1725 年 1 月 8 日	雲南省	宣良・蒿明	6.8	900
1733 年 8 月 2 日	雲南省	東川地震	7.8	1,200
1738 年 12 月 25 日	寧夏省	銀川	6.5	100
1739 年 1 月 3 日	寧夏省	平羅地震	8.0	50,000
1751 年 5 月 25 日	雲南省	劍川地震	6.8	1,000
1755 年 1 月 27 日	雲南省	易門地震	6.6	345
1761 年 5 月 23 日	雲南省	玉溪地震	6.3	200
1763 年 12 月 30 日	雲南省	通海地震	6.5	1,000
1765 年 9 月 2 日	甘肅省	武山・甘谷地震	6.5	2,068
1786 年 6 月 1 日	四川省	康定・瀘定地震	7.8	446
1789 年 6 月 7 日	雲南省	華寧	7.0	1,000
1792 年 9 月 7 日	四川省	道孚	6.8	205
1793 年 5 月 15 日	四川省	道孚	6.0	200
1799 年 8 月 27 日	雲南省	石屏地震	7.0	2,000
1803 年 2 月 2 日	雲南省		6.3	200
1811 年 9 月 27 日	四川省	甘孜地震	6.8	481
1812 年 3 月 8 日	新疆ウイグル自治区	伊寧地震	8.0	死者多数
1814 年 11 月 24 日	雲南省	石屏地震	6.0	数百人
1815 年 10 月 23 日	山西省	平陸地震	6.8	30,000
1816 年 12 月 8 日	四川省	炉霍地震	7.5	2,900
1820 年 8 月 4 日	河南省	許昌地震	6.0	400
1830 年 6 月 12 日	河北省		7.4	数千人
1833 年 9 月 6 日	雲南省		7.7	5,000
1850 年 9 月 12 日	四川省	西昌地震		20,000

1879 年 7 月 1 日	甘肅省	武都地震	8.0	20,000
1917 年 7 月 30 日	雲南省		7.4	1,800
1920 年 12 月 16 日	寧夏省	海原地震	8.5	240,000
1923 年 3 月 24 日	四川省		7.3	4,800
1925 年 3 月 16 日	雲南省	大理地震	7.0	3,600
1927 年 5 月 23 日	甘肅省	古浪地震	8.0	4,000
1931 年 8 月 11 日	新疆ウイグル自治区	富蘊地震	8.0	10,000
1932 年 12 月 25 日	甘肅省		7.6	70,000
1933 年 8 月 25 日	四川省		7.4	6,800
1948 年 5 月 25 日	四川省		7.3	800
1966 年 3 月 7 日	河北省	邢台地震	6.8	8,100
1966 年 3 月 22 日			7.1	
1970 年 1 月 4 日	雲南省	通海地震	7.5	16,000
1973 年 2 月 6 日	四川省	炉霍地震	7.2	2,200
1974 年 5 月 10 日	四川省	大関地震	7.1	1,400
1975 年 2 月 4 日	遼寧省	海城地震	7.2	1,300
1976 年 7 月 28 日	河北省	唐山地震	7.8	242,000
2003 年 2 月 24 日	新疆ウイグル自治区		6.8	263
2008 年 5 月 12 日	四川省	四川大地震	8.0	87,000
2010 年 4 月 14 日	玉樹チベット族自治州	青海地震	7.1	270
2013 年 4 月 20 日	四川省	雅安地震	7.0	180
2014 年 8 月 3 日	雲南省		6.5	617
2017 年 8 月 8 日	四川省	九寨溝地震	7.0	25

6. 汶川大地震(四川大地震)における日本の耐震技術協力

2008 年 5 月 12 日、中国でマグニチュード 8.0 の汶川大地震(以下四川大地震という。)が発生し、甚大な被害が生じた。マグニチュード 8.0 の四川大地震が起こったのは、中国中部にある龍門山活断層帯であった。1990 年代には龍門山断層帯の完新世における地震活動が指摘されていたが、当該断層帯の完新世に関する定量活動では、地質面での根拠に乏しく、当該断層帯の活動性についての認識も、中国国内では、一致していなかった。

四川大地震に対する日本の耐震技術協力は、国交省より調査活動の記録が報告されている。詳細は、文献 12 を参照されたい。

四川省汶川で発生した地震では 9 万人近くの死者を出している。中国地震局によって調査された震度分布を図 2 に示す。震度階は中国独自のもので、ほぼ MSK 震度階に準拠した 12 階級が採用されている。震源の断層近傍では、2 番目に大きい震度である X I (家屋の被災程度が壊滅とされる)となっており、高震度の地域は、震源断層を中心に楕円形に分布する。中国の震度 X I は、気象庁震度の 6 強から 7 に相当する。

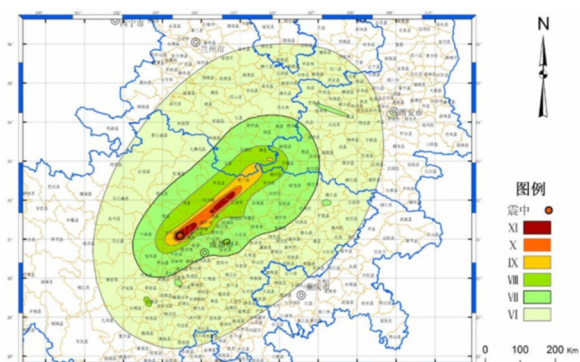


図2 震度分布(中国地震局のWebより)¹²⁾

地震直後から国土交通省国土技術政策総合研究所および独立行政法人建築研究所では連携して、現地調査や震災復興等への技術協力など迅速に対応できる体制を整え情報収集を行ってきた。地震発生から3週間が経過した6月2日、中国住宅都市農村建設部から在中国日本大使館経由で協力要請があり、6月19日および20日に河北省廊坊市で開催された中国都市発展・計画国際フォーラムへ職員派遣を行った。その後、6月29日から7月4日には、中国四川省大地震復興支援政府調査団への職員派遣など国レベルから民間レベルまで各種活動を通して幅広く技術交流を行った。また、同済大学の協力の下、11月2日から8日には、地震被害に関する現地調査、12月27日から31日には、復興計画および復興状況に関する現地調査を行った。

これらの結果を踏まえ、独立行政法人建築研究所では、耐震設計、耐震診断・改修に関する中国研修生の教育・研修を行った。市街地を中心として建設されている中高層建築物を対象とした耐震建築人材の育成については、1) 中国においては耐震建築の国家標準がすでに策定されているものの、その国家基準が十分に適切に実際の設計に反映されていないこと、2) 構造技術者が不足していること、3) 適切な設計を適切な施工につなげるための建築規制制度に課題を抱えており、建築行政官を含めた耐震建築の人材育成に対する協力の必要性が高いと判断された。これを受けて、正式に中国から「耐震建築人材の育成」プロジェクトが要請された。本プロジェクトは、建築物の耐震性を確保するための中国の構造技術者等の育成を目的として、専門家派遣、日本研修及び中国国内研修などの組み合わせにより、3年間の予定で実施されたものである。建築研究所・国際地震工学センターでは、日本研修のうち「耐震建築の設計・診断・補強コース(略称：中国耐震建築研修)」を担当し、中国から4期72名(ほぼ中国全土)の構造技術者を受け入れ、約2カ月/期の研修期間において、建築物の耐震設計・診断・補強に関する講義および現場見学等を実施した。研修後のメンバーの中国での活躍は、現地で見聞きしている。特に、第1期生の結束は固く、毎年1回集まって意見交換・懇親会を現在まで続けているとのことだった。

7. 建築構造関連標準の制定

中国で最初の鉄筋コンクリートである上海水道局以降、1959年の建築規定の制定の間、どのような建築構造基準に基づいていたのかは、確認できなかった。これは、戦争が起きた、革命により北京から南京に首都が移ったなどの社会状況が大きく、記録が残されていないとされている。そのような、社会的な混乱の中でも、南京や広州では、大きな鉄筋コンクリート構造の建物が、多数、建てられている。当時の建物建設のいきさつや歴史を見ると意匠設計については、現在でもメディアで特集が組まれているが、構造設計についての記載は、ほとんど皆無である。外国からの技術者の招聘、フランスへの留学生の派遣などは、行われていたことが確認されている。おそらくは、統一的な基準ではなく、技術者一人一人の手で、考えられていったものと推測される。

中国の建築耐震設計については、嶋津¹³⁾、李¹⁴⁾、孟¹⁵⁾らが、文献のとおり、すでに様々な形で報告している。また、四川大地震における日本の調査・技術交流で、中国の耐震規定の情報収集が行われ、文献12にその内容が、収録されている。

現在施行されている中国の建築耐震設計に対する規定は、1959年に制定された。1954年から震災防止の検討を開始し、当時の旧ソ連の基準を参考に、これと同様な静的地震力の考え方を導入した基準を作成した。建築物に加えて通路、水利、給排水なども対象になっている。これは、施行された年によっ

て「59 規範」などと通称されている。1964 年には、この「59 規範」について、さらに中国の特徴を反映した基準に見直している。1974 年には、住戸や工場等に甚大な被害をもたらした 1966 年河北邢台地震、1970 年雲南通海地震の被害調査結果に基づき改定している。1975 年遼寧海城地震および 1976 年の河北唐山大地震の被害を踏まえ、1978 年に「74 規範」の地震力規定等を見直した。表 3 にあるように 1970 年代の一連の地震被害に対する豊富な被害調査に基づき、耐震設計および地震動の推定精度の向上があり、1982 年より「78 規範」の全面改定に着手した。さらに 1984 年に国家地震局が新たに地震ゾーンニングを作成し、これと合わせて標準名を「工業と民用建築耐震設計標準」から「建築耐震設計標準」と改名し 1989 年に公布した。1997 年から「89 規範」の検討を行い、20 世紀最後の約 10 年間に中国国内・外で発生した大きな被害地震で得られた新たな知見、地震・耐震工学の進歩、さらに W T O 加盟に伴う参入障壁の解消のための技術基準の対応の要求に合わせて、2001 年に改定を公布した。耐震設計基準の変遷を図 3 に示した。一番大きな耐震規定の見直しは、地震力の規定を見直した 78 規範と言われている。78 規範より前の建物は、耐震改修の対象となる。このように複数回の改定を繰り返しているが、旧ソ連の基準の影響は、89 規範の改定をするまでなくならなかった。

現在は、四川大地震の被害状況を反映した「建築耐震設計標準(GB50011-2010)」(2016 年版)¹⁶⁾が施行されている。中国政府は、四川大地震の発生および被災状況を受け、2008 年 7 月に耐震設計基準の見直しを開始した。その主な内容は、約 1 割が倒壊など大きな被害を受けた学校建築をはじめ多くの人が集まる建築物のグレードを 1 ランク引き上げた。なお、この耐震規定の見直し作業は、極めて迅速に行われたが、その背景には、中国における耐震基準は、前述のとおり 10 年程度を目安に改定されることになっており、もともとのその時点で改定予定時に近く、必要な検討にすでに着手していたと言う状況があった。

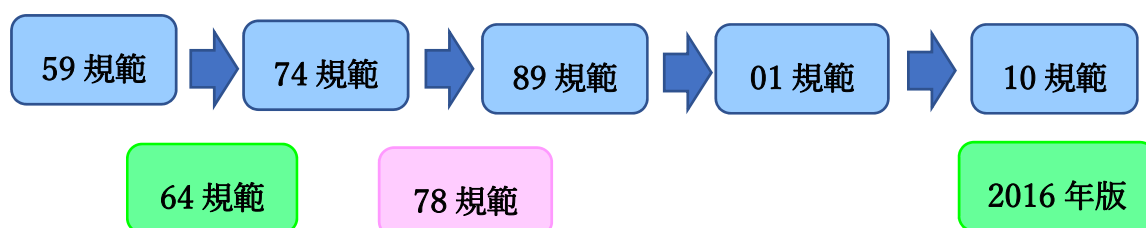


図 3 耐震設計基準の変遷

中国の耐震規定では、設計用の地震力は、各地方ごとに定められた烈度（6～9 の 4 段階）に応じて入力加速度（設計用せん断力係数）の形で規定されている。また、建物の用途ごとの耐震等級（甲、乙、丙および丁）やそれぞれについて建設可能となる規模等の制限も規定されている。これらは、国家標準である G B 規格（レベル 1）として定められているが、その他にも地方標準等 J G（レベル 3）、技術指針的位置づけの業界標準規格等 D B（レベル 2）としても定められている。

耐震設計に対する基本的な考え方は、中国も日本とほぼ同じで、1 次設計と 2 次設計の 2 段階の設計となっている。図 4 に中国の耐震設計ルートを示す。中小地震の場合は継続的に使用でき、大地震の場合は倒壊、崩壊しないことを目標としている。1 次設計は、高さが 40m を超えず、せん断変形が支配的で、かつ質量および剛性の高さに沿った分布が比較的均一である構造、並びに 1 質点系の構造である場合は、層せん断力係数法などの簡便な方法を採用できるとし、地震力を決定し断面算定を行う。これに依らない場合は、振動モード解析による応答スペクトル法を採用しなければならない。この 1 次設計の結果で、烈度、構造形式、建物形状、建物高さなどの項目を照査し、特殊建物に該当するかどうかを判定する。特殊建物に該当した場合は、2 次設計を時刻歴応答解析などの動的解析で行い、変形性能など解析結果を判定する。

なぜか、耐震規定には、材料強度等に関する規定がない。これは、別の「コンクリート構造設計標準（GB 50010-2010）」(2015 年版)¹⁷⁾に記載されている。設計の内容・立地に応じて、採用される材料強度も異なるように読み取れる。地震力の取り方、材料強度の取り方が、このような規定のため、同一建物を日本の耐震基準と中国の耐震基準で比較することが、難しい。ただ、柱・梁は、日本より細くなり、ベースシア係数も日本より小さくなる傾向の印象を受ける。今後、理解と考察を進めたい。

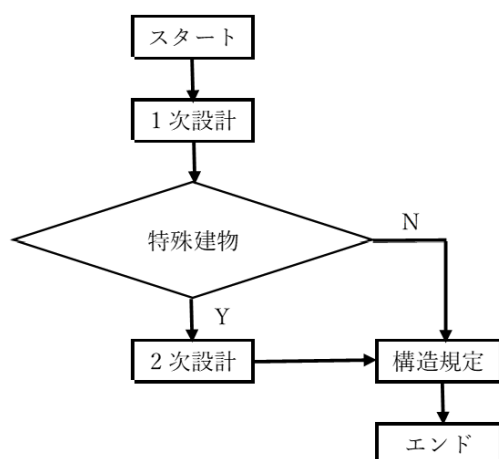


図4 中国の耐震設計ルート

8. 中国におけるURの海外展開

本稿の主旨と異なるが、中国におけるURの海外展開業務について、報告させていただきたい。URは、政府の政策実施機関である。政府から政策が示されれば、その達成を最優先とするメンタリティを持った組織である。1955年に日本住宅公団として設立され、当初は第2次世界大戦後の住宅、宅地不足の解消のため、大規模供給を進めてきた。その後、社会と市場の変化に合わせ、組織を見直し、現在は「都市再生」、「賃貸住宅管理」、「ニュータウン開発」、「災害復興」の4つの事業領域を展開している。

海外展開業務に関しては、冒頭で述べたとおり、2018年、都市再生機構法に取り組むべき業務として明記されたものである。法施行後、国土交通省、日本建築センター、ベタリービングなどの関連機関と連携をとりながら、理事長以下、役員・職員が相手国に入れば、一兵卒、一担当者として各種会合、セミナー等に精力的に取り組み、関係構築、案件形成を進めている。この現場感覚は、特にURの若手職員に伝えたい。

都市開発については、一般社団法人海外エコシティプロジェクト協議会(J-CODE)の事務局を担い、各国の川上段階の都市開発プロジェクトの情報収集に努め、会員である日系企業への情報提供を行っている。参加企業を募り、エコシティ、スマートシティ、コンパクトシティ、TOD(公共交通指向型都市開発)など、様々なコンテンツを組み合わせ、チームJAPANとして相手国への提案・調整を行っている。

一方、住宅建設、賃貸住宅管理に関しては、実務に沿った具体的な技術交流の要請が多い。日本政府は、中国に関して、既に、世界第2位の経済大国で、支援する相手国ではないとしている。中国への海外展開としては、対価を得ながら進めることが前提になる。

中国からの主な要請は、①住宅産業の工業化、②企業組織による賃貸住宅管理の二つである。この二つを通じて、URが今まで研究開発・実施してきた、SI住宅、少子高齢化、環境対策、賃貸住宅管理体制の向上など、住宅の質を高めるための様々な取り組みに期待されている。

「住宅産業の工業化」は、「PC工法」と「内装の部品化、材料・工法の仕様化」が代表的なテーマである。UR(旧日本住宅公団)は、日本で初めてPC工法を実用化した。中国側政府機関・民間企業から、URの経験に対し、継続的な技術交流を強く求められている。URが、現在進めているのは、日本の技術を中国の実情に合わせて適用する環境を整備すること。どんなにプレゼンをして、どんなに資料を提供しても、実現性の担保は得られない。日本の技術を中国に適用するには、日系建設会社の協力が必要である。中国と日本が一緒にやって、お互いが学びあって、中国に合った技術としていく取り組みが重要と考えている。「賃貸住宅管理」については、中国の一般ユーザーにおける維持修繕、改良に係る修繕事業に対する関心が低い。新規建設技術開発に比べて、保全技術の開発が立ち遅れている状況だ。中国側からは、今後、現場実態に即した調査診断方法・修繕仕様および低廉なランニングコストに関する研究を進めるため、日本の技術と経験に期待されている。

いままで、日本単独資本の日系建設会社は、中国に進出した日系企業からの受注しか行っていない。現在、中国の日系企業は、東南アジアに生産拠点を移す流れになっており、中国での建設工事の受注は、

縮小傾向である。中国での建設産業への日系建設会社の事業展開を進めるには、地元での受注実績を得ていく必要がある。日系建設企業が、中国で事業展開していく上で、PC 工法について想定される課題は、下記のとおり。

- 1) 技術支援する相手は、建設局、現地設計院、現地ゼネコンなどになるが、アドバイザー費用、PC 製造費など、物価に馴染まない。
- 2) PC 工法の費用を在来工法と比較すると、当初の工場設立費の製造費への加算、クレーン費増大、日本側の技術指導にかかる費用などで、躯体工事だけでも、試算で 1.5 倍近いコストを超えると思定される。
- 3) 日本では PC 工法は工期短縮に有効とされているが、中国では、24 時間、いくらでも労働者が出てきて工期短縮というメリットが強調しにくい。
- 4) 地震国である日本の建設事情を常識として考えがちで、地震を考慮しない場合の対応に不慣れなため、どうしても安全側に判断し、結果的に過剰になる傾向が多く、共感が得られ難い。
- 5) mm 単位の精度で製造、取り付ける文化が、中国の作業員（職人ではない）に馴染まない。
- 6) 現地の高層住宅は壁式構造が主流であり、日本が得意とするラーメン構造のニーズを得られない。耐震規定では、鉄筋コンクリート造純ラーメン構造の層間変形角を 1/550 以下としている。壁式構造は、日本の超高層に相当する規模でも 1/1000 以下である。
- 7) ゼネコンの技術指導する立場のスタッフの適性として、日本の施工現場で有能な協力会社を指揮するスタッフとは求められる能力が異なる。施工管理体制が違う。
- 8) 施主、デベロッパー、設計院までは PC 化推進に同意するが、末端の建設現場ではその話が無くなってしまう。PC 化の意図が伝わらない。

これらの課題が、そのまま、日本と中国の相違点と言うことになる。

さらに、外資規制が、大きな壁となる。中国では、公的資金・政府の補助金が入る場合は、外国資本単独の建設会社は受注できない。たとえ、中国企業との合弁会社であったとしても、補助金の割合と合弁比率に応じて、制限が掛かる。ただし、中国企業では、施工することができない技術に関しては、外資規制の対象とならない。その場合は、発注条件にその旨記載し、省都・直轄市の管理委員会の許可を受けることになる。また、受注規模に応じたライセンスの取得も必要だ。これらは、技術の問題と言うよりも、政治の仕組みとを感じる部分である。

中国政府は、今後、建設工事の発注を、E P C 事業で行う方針である。E（設計）、P（調達）、C（建設）をパッケージで委託する。E P C 事業を受託するには、デベロッパー、設計事務所、建設会社がチームを組んで、E P C 事業者として物件ごとに登録する。その三者の中で、一番力があるのが、建設会社になる。発注条件が整理されたとしても、E P C 事業者となった地元の建設会社と連携できなければ、受注することができない。

日本の技術を適用することで建設時のコストが高くなるが、質の高いインフラ、低廉なランニングコストを実現できる。このライフサイクルコストの考え方を前面に出し、ミドルレベルのプロジェクトや難易度の高いプロジェクトにおいて、価格競争に巻き込まれない形で、適正な工期と契約形態を確保できるプロジェクトを用意することが望まれる。

9. まとめ

UR が、中国での海外展開を進めて行く中で、得られた情報を、報告させていただいた。

昨年は、日中平和友好条約締結(1978 年 8 月)から 40 年であり、日中両国の関係は、かつてないほど良好だとされている。40 年の間には、両国の政治関係に緊張する場面もあったが、住宅建築の連携を進めてきた先達の方々は、政治の状況に左右されることなく、途絶えることなく交流を進めてきた。この大きな財産に甘んじることなく、日本の技術を中国の実情に合わせて適用する取り組みを進めて行きたい。日本の海外展開が Win-Win のモデルとなり、日中友好の一端を、住宅建築が担うことに期待している。

謝辞

今回の執筆にあたり、多くの方に助言、資料提供をいただきました。下記に、名前を記すとともに、厚く御礼申し上げます。

劉東衛氏、鄧烜氏、項兵氏、邹珊珊氏、韓永輝氏、王維氏、李健明氏、王達氏
ありがとうございました。非常感謝。

<参考文献>

- 1) 中国建築史(第6版)
- 2) 湖北銃砲工場 <https://baike.baidu.com/pic/湖北枪炮厂>
- 3) 上海水道局 http://blog.sina.com.cn/s/blog_68f536840101g54r.html
- 4) Martin 堂 <https://baike.baidu.com/pic/马丁堂>
- 5) 上海申新纖維工場九場 https://www.sohu.com/a/162978282_274778
- 6) 上海銅仁路吳同文宅 <https://baike.baidu.com/pic/吴同文住宅>
- 7) 滙豐銀行 (HSBC) <http://www.iyingji.com/news/newslist/2413.html>
- 8) 上海電話会社 http://blog.sina.com.cn/s/blog_5d1bdf480102vh2k.html
- 9) 長春第一自動車製造工場
http://news.cnr.cn/special/cscq/pic/201410/t20141026_516664577.shtml
- 10) 中国における建築製品の基準・規格と認証制度に関する調査報告書 2013年7月 呉 東航
日本建築センターホームページ
<https://www.bcj.or.jp/upload/international/chinareport.pdf>
- 11) 国立研究開発法人 科学技術振興機構 第27号 日中の地震防災研究
- 12) 2008年5月12日汶川大地震(四川大地震)における建築物被害と復興に関わる調査活動の記録、平成21年5月、国交省
- 13) 中国の耐震設計法 2003年6月 コンクリート工学 嶋津 孝之
- 14) 中国の耐震基準により設計された RC 純ラーメン建物の耐震性評価 首都大学東京平成25年度修士論文 李 永根
- 15) 日本と中国の鉄筋コンクリート造建物の耐震診断基準および中国の建物への適用結果の比較 コンクリート工学年次論文集 Vol35, No. 2, 2013 孟 翔
- 16) 中華人民共和国国家標準 (GB50011-2010)「建築抗震設計規範(2016年版)」 中国建築工業出版社, 2016
- 17) 中華人民共和国国家標準 (GB50010-2010)「コンクリート構造設計規範(2015年版)」 中国建築工業出版社, 2015

