

日本における PC 建築の現状と長寿命建築

川合 廣樹 *

はじめに

最近、建築物の形態をそのままにして、用途を変更し継続使用する、すなわち「コンバージョン」がしきりにささやかれている。建築の骨組すなわち構造躯体をそのまま利用して、別の用途に用いようという考え方である。欧米では、100年あるいは150年経過した建物の「コンバージョン」が一般的である。このような建物は、ベースビルディングと称され、多くは初期の鉄筋コンクリートや煉瓦あるいは石造によって造られており、空間的にも構成材料としても長寿命な建築になっている。日本においては、いわゆるコンクリートや鉄材によって建物の空間を支持するようになったのは、1923年の関東大震災以降といつてよい。

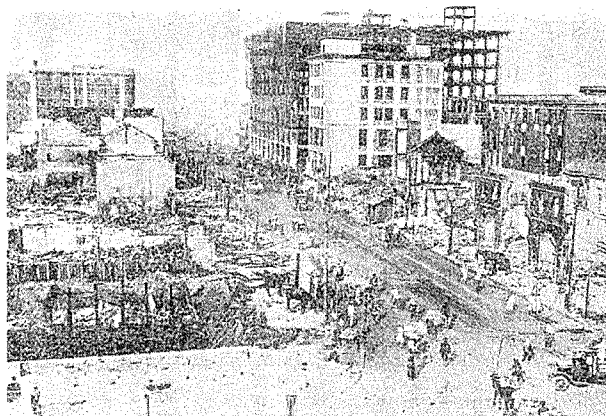


写真-1 関東大地震の被災状況（日比谷周辺）

明治時代の約半世紀はごくまれには、洋風の煉瓦造や鉄筋コンクリート構造による建築は都市の大型建物に適用されるようになったものの、一般的な構造方法ではなく、木構造が住宅をはじめほとんどの建物の構造方式であった。大正14年の震災当時、帝都東京に一部建築されていた大型建物が地震力に耐え得たのは、耐震構造の基本的骨組を構

成する鉄やコンクリートという工業製品によるものと評価された。関東大震災後80年経過して、建築構造設計および工法の技術が進歩して現在の耐震建築が成立してゆく。明治以来、日本は近代国家建設のため、殖産興業のかけ声のもとにあらゆる産業の近代化を進めていた。なかでも鉄とセメントはインフラ整備の基本材として政府主導による資本投資によって増産が進められていた。関東大震災はさまざまな点で、このような時期における社会資本の耐震性能の方向性を定めることになった。当時として、半永久の建物の空間を構成する構造体は鉄筋コンクリート構造であるとの認識があったと考えられる。ただし、製鉄設備もセメント焼成のキルンの設備も海外からの輸入に頼っていた当時の日本では、それまでの木材や土に比べればかなり高価な資本材であったと思われる。文化の違いもあり、社会資本の整備に対して100年先行していた欧米を追いかける日本では、このような恒久建築を建設するのは政府も民間も経済負担が過大であった。このことは、狭小な国土に余裕のない建築空間を多量に建設する要因となった。欧米では文化の違いもあり、余裕のある建築空間の建設が早くから行われ、とくに新興国家アメリカでは、シカゴの建築のように、長寿命建築が早くから建設された。日本では、昭和の20世紀後半近代国家形成がなされる過程でも、平地が少ない上に東京一極集中の流れにあって、地価が高く建築の質を確保するための投資には限界があったといつてよい。結果として、建物空間の狭小な、また現在の基準からみると耐震上も問題を抱えた建築が多数建設された。昭和初期の大不況、太平洋戦争を経験し、高度経済成長時期、とくに万博、オリンピックの経済発展からバブル期まで、スクラップ&ビルドが頻繁に行われ、転用性の難しい建築空間が都市間に多量に供給された。これらの建物は、都市の超高密度を支える大型オフィスビルや商業ビルあるいは高層住宅として多量に建設された。この時代、耐震性能は都市型震災のたびに建築基準法が改定され、1981年に改正された耐震設計基準は、2段階耐震設計と動的設計の考え方を取り入れ、1995年の阪神・淡路大震災で必要な性能が発揮された。ただし、この地震に対して、1981年以前の建物は都市直下型地震としての過大な地震動に対して継続使用の不可能な損傷を受けた建物もまた多量に存在している。

1981年以降の大方のビルは耐震性能のうえで長寿命建築の性能が確保されているものと考えられる。このように、建築の耐震設計技術は一応の成果を見たが、建築物を構成する基本材であるコンクリートに問題が見られるものもある。戦後50年間に建設された建物を構成するコンクリートの耐久性が最近問題になっている。現実には、30～40年前



* Hiroki KAWAI

ABS コンサルティング
EQE ジャパンディビジョン
シニアテクニカルマネジャー
博士（工学）

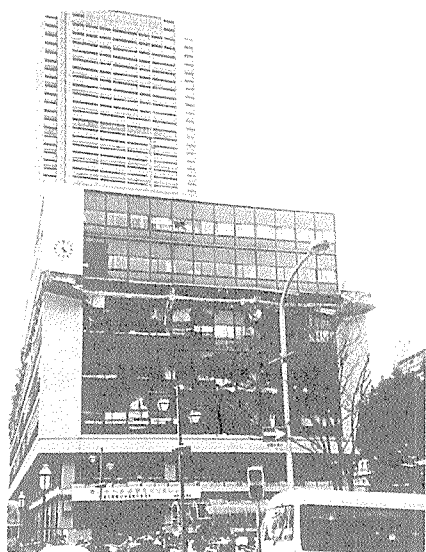


写真-2 阪神・淡路大震災による 1981 年以前の建物と超高層ビルの被害

に立てられた鉄筋コンクリート構造のコンクリートの所用強度が半減しているものも見受けられる。とくに鉄骨鉄筋コンクリート構造は、ポンプによる高層建物のコンクリートの打設充填のために、単位水量の過大な高スランプの、しかも水セメント比の高いコンクリートが打設された結果、経年変化による劣化が激しい。

日本においては、1970 年頃より土木構造物を中心に PC 構造が建設されるようになったが、建築における PC 構造は耐震性の問題もあり、一般化されていない。プレストレスとコンクリートに用いられるコンクリートは原理の上で、高強度であること、プレテンション方式では PC 鋼材とコンクリートの付着強度のうえで高強度コンクリートが不可欠になる。また、PC コンクリート構造が恒久構造物として 50 年以上の使用に耐えられるためにはクリープや乾燥収縮に対する十分な性能が必要になる。これらの要求はコンクリートに高耐久性を結果として満足する。PC 部材の限界耐力の考え方は原理のうえでも品質管理のうえでも設計に取り入れるのが難しく、耐震設計とくにきわめてまれな地震に対する限界耐力設計には今後の研究が必要と思われる。地震が建物にインプットするエネルギーは巨大なもので、2 段階設計はこの点で限界耐力の考え方が不可欠である。PC 構造はこの点で制震システムや免震システムとのハイブリッドが素直な考え方となる。

20 世紀は過去になったが、有史の人類歴史を 5000 年とすると、わずか 100 年の 20 世紀は 1 日 24 時間のわずか 30 分に相当する。人類はこの 30 分間にそれまでの、23 時間 30 分の 1 万倍以上の不可逆的地球資源を消費してしまった。結果として、温室効果ガスを多量に発生し、地球温暖化が加速されている。現在の地球の人口を 40 億人程度として、人間の生活活動が地球に及ぼす気象変動の影響をどの程度になるか、最近の研究によればこのような「気候強制力：摂動」のうち人間の生活活動によるガスは 2 ワット/m²の割合であるという。地球への太陽からの入射エネルギーの総量は 340 ワット/m²であるから、1%に満たない影響

である。この温暖化の影響を知るうえで過去の氷河期から間氷期への海面の変化を調べると 1 m 以上の上昇があり、2 ワットの影響は 100 年で数十センチの海面の上昇が国際機関の推定値である。地球環境の問題はこのように、複雑で長期間の問題であることは確かであるが、確実に人類の文明化とそれがもたらす地球環境が人類自体の生活環境に影響を及ぼしていることも確かである。この点で、式年遷宮による伊勢神宮のシステムは地球に優しい構造システムといえるが、現代の文明社会を支えるシステムにはなり得ない。20 世紀以降の人類文明は炭酸ガスの固定化を進める人工物に生活の利便性をゆだねすぎている。

この結果、今日の多くの問題がある。本稿の終わりに、建築物の超寿命化としての PC 構造方式の事例を紹介する。この建物は巨大な免震建物で、コンバージョンにうってつけの建物である。今後のこのシステムの普及の一端となれば幸いと考える。

1. PC 建築の可能性

最近地震に対する潜在的リスクすなわち損失可能性を定量化して資産のマネジメントに利用する手法が一般的になっている。たとえば、不動産の流動化に応じて、適正な資産評価のためにいわゆるデューデシリジェンスが不動産売買に伴って実施される。デューデシリジェンスの耐震性能評価は日本ではきわめて重要な評価要素になり、とくに建物の構造が評価に対してポイントになる。とくに地震危険性評価では、PML: Probable Maximum Loss と呼ばれる耐震安全性指標が評価基準としてつかわれる。PML は図 - 1 のような、地震

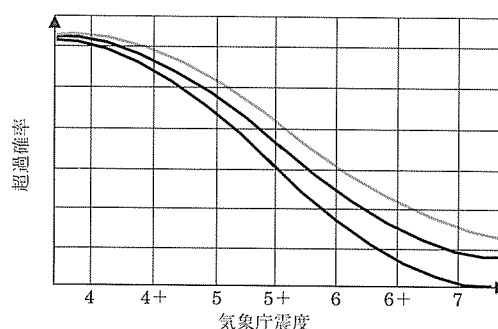


図 - 1 地震ハザード曲線

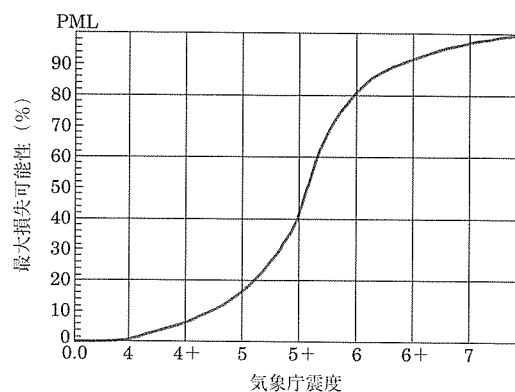


図 - 2 脆弱性曲線

ハザード曲線と、図 - 2 の建物固有の脆弱性によって算出される。通常 PML が 15 以下ではとくに問題にならないが、30 を超えると地震損害保険で損失を担保する。

脆弱性は建物の建設地、構造種別、劣化の状態などによって決まる。結果として損失額と再調達価格の比で表される。PC 建物はこの PML が低く評価される。図 - 4 および写真 - 3 の建物は建物が免震建物であり、構造が PCaPC であることから、PML が 1 % 以下の評価になっている。この建物は、大阪南港に建設中の物流倉庫で、7 階建、延べ床面積 15 万平方米、後楽園ドーム 5 個分の面積をもつ世界最大の免震建物である。1 階床梁をポストテンション、1 階柱から上部はプレテンションのいわゆる PCaPC 構造になっ

ている。図 - 3 のように杭の頭に免震装置を装着している。

2. 大阪南港に建つ免震 PCaPC 倉庫

この建物は米国の物流倉庫会社が大阪南港に建設中の建物で、2004 年 8 月末に竣工する。建物両翼の円形斜路から 20 トン車が直接各階にアプローチすることができる。床の活荷重 1.5 t/m^2 、梁下 5.5 m の大型倉庫である。約 270 個の免震装置が装着され、阪神・淡路級の地震に対して弾性設計になっている。世界最大の免震建物といえる。建物は鋼管杭によって第二天満層に支持させている。30 000 立米、7 000 ピースの PCa の柱梁の部材で組み立てられる。

・建物規模：建築面積：26 000 m^2

建物延床面積：158 000 m^2

高さ：61 m

・1 階床梁はポストテンション、1 階柱から上部はプレテンション、鋼管杭の頭に径 1 200 の免震装置を装着している

【2004 年 6 月 3 日受付】

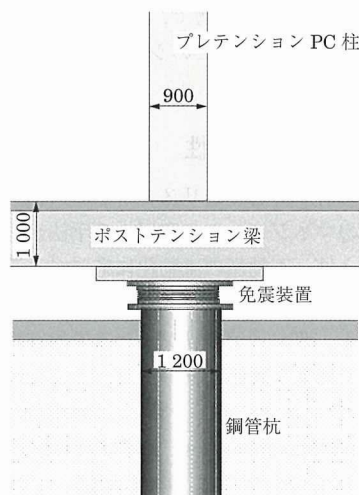


図 - 3 構造システムの詳細図



写真 - 3 建物外観

