

PC建物と性能設計



渡 邊 史 夫*

兵庫県南部地震の後、性能設計の話が随所でなされており、この地震が契機となって初めて出てきたかのごとくに思われている。しかし、この話はずっと前から議論が続いており、現在進行中の新構造設計体系を策定するプロジェクトは、兵庫県南部地震以前から準備されていた。

プレストレストコンクリート(以下PC)建物の設計目標は、与えられた環境条件および耐用期間の下で、建物に保証した諸性能が損なわれないことである。性能要求を大きく分けると、(1)耐久性、(2)常時の使用性と安全性、(3)非常時安全性と要求機能確保に分類される。この性能要求とその達成度合いが建物の性能を表す尺度となり、最低限の達成度合いのものは性能が低く、十分余裕をもって達成されているものは性能が高いと評価されなければいけない。これは、すべての工業製品にはピンからキリまであるのと同様で、建物のみが特殊なものとは言えない。今後の建物設計は、建築基準法・同施行令に基づく設計から設計者の判断する部分がより多く含まれる性能設計へ移行すると想定されるが、その際には、性能要求とその達成度合いをどの程度にするかを施主(使用者)、設計者および施工者の間で協議するような習慣を身につけ、社会一般の常識とすることが重要となる。また、性能の明確化と評価の方法も必要であり今後の課題といえる。ここで、性能設計を実現するために不可欠な技術水準について考えてみる。技術は日々進歩しており完全なものはないので、現在の技術でできる限りの努力をしていくしか方法はない。要は、設計に対する方法論の問題であり、現在の技術水準が十分とは言えないにしても、性能設計を指向することが重要である。そのなかから新しいものが創造されPC建物がより優れたものに進化していく。現在は、このような方向に変化していくべき時にきており、また、PC構造がわが国に導入され、すでに50年以上の経験を有するので、仕様書設計から性能設計への移行は十分可能である。このような性能設計はPC構造にとっては大いに歓迎すべきことである。なぜなら、PC構造は他の構造種別には無い多くの特長を有しているからである。以下、先に述べた(1)から(3)までの諸性能要求について考えてみる。

(1) 耐 久 性

耐久性については、PC構造では品質の高い高強度コンクリート(プレキャスト製品の場合50MPa程度となる)を使用するのが通常であり、また常時荷重下でのひび割れが抑制されているので鉄筋コンクリート(以下RC)に比べると耐久性は高いと判断される。一方、PC鋼材を保護しているグラウト材の品質と施工管理は、PC鋼材を腐食から守り耐久性を高めるうえで最も重要なことであり、PC建物

* Norio WATANABE : 本協会理事, 京都大学工学研究科教授

の耐久性評価におけるキーとなる。プレキャスト工法を用いる場合には、目地充填グラウトまたはモルタルに高品質のものを用い、これらの収縮などによる目地部からの雨水進入を防止しなければならない。

(2) 常時の使用性と安全性

常時使用性を計る一つのメジャーとして梁のたわみおよび振動の問題がある。PC 梁は、軸方向のプレストレスの大きさにより、全コンクリート断面を有効に利用できるフル PC からひび割れ幅を制御（間接的にたわみを制御）するパーシャル PC まであり、たわみおよび振動の制御が極めて容易である。また風および中小地震を受けた際に、その後受けるであろう非常時荷重に対して有害な影響を残さないことも常時に対する要求であるが、PC 構造の場合にはその高復元性とひび割れ閉合性のゆえに極めて有利である。ただし、PC 特有の問題として、プレストレスおよび曲げ応力によるコンクリートのクリープと乾燥収縮および PC 鋼材のリラクセーションが、プレストレスの減退を引き起こすため、設計においては十分な配慮が必要である。プレストレスの減退を適切に見積もらないと長期的に障害が出てくる。安全性については、従来より常時荷重に対して $1.70 \times (\text{固定荷重} + \text{活荷重})$ の荷重に対して終局強度の検定をしているので破壊に対する安全性は十分に確保されている。

(3) 非常時安全性と要求機能

非常時としては地震時、火災時、台風時およびガス爆発等がある。地震時について考えると、安全性としては建物が倒壊しないことが最低条件となる。PC 建物の特長は、弾性的かつ復元性が高いことにある。これは、エネルギー消費に依存する設計法の場合には不利になると従来指摘されてきた。確かに、単純なモデル建物の動的解析を行うと、RC 建物よりも大きな応答を示すことが多いが、高次の不静定架構である現実の建築物の場合には必ずしも大きくなることが指摘されている。この問題は、建物自身の固有周期、地震動の卓越周期および建物全体における PC 部材と RC 部材の組合せに左右されるもので今後の研究が待たれる。鋼材係数の大きな PC 断面の場合（これは RC における柱に相当する）には、必要靱性確保のためには横拘束コンクリートの使用が不可欠となる場合もある。要求機能面から見ると、先に述べた弾性的かつ復元性が高い性質が大いに有利になる。すなわち、地震が去った後の残留変形が小さく補修が容易なことにつながる。一方、弾性応答が主となる PC 構造は免振装置との相性が極めて良く今後の一つの方向になろう。そのためには、多くの研究者が耐震性能に注目してきたわが国の研究体制の中で、常時荷重時および免振装置を持つ場合の上部構造の地震時弾性応答に関する研究にもう一度立ち返る必要があろう。

PC 構造と性能設計について述べたが、構造設計では、陽な形で保証性能が見えてこそ設計を言えるのではないだろうか。例えば、個人の財産である分譲集合住宅では、“最大級地震を受けても被害が軽微で簡単な補修によって元の性能に復する”といった性能保証が必要かもしれない。一方、建物を使用する側にも問題がある。先の方譲集合住宅を例にとると、購入時に構造設計図書および施工図等をチェックし、購入しようとする集合住宅の性能を調査する、そこまではいかなくても、耐久性および耐震性を売り主に問う購入者はどれほどあろうか。今後は、カタログメニューによって性能を示し得るような設計が望まれるであろうし、それを実施できる技術者が必要となる。

以上述べたように、現在の状況は PC 構造にとって極めて有利な状況にあると言える。今後は、PC 構造の特長をうまく性能設計と噛み合わせ、よりよい PC 建物を建設していくよう会員諸氏の努力を期待し、それが PC の発展につながるものと確信している。