

プレストレストコンクリート造建築物の耐震設計の動向

中野清司*

1. まえがき

1978年6月の宮城県沖地震はプレストレストコンクリート建築物にとって特筆すべき出来事であった。すなわち、ここ十数年間に建物に被害を及ぼした地震は国内、国外で数多く経験されているが、被災地域内にプレストレスト造の建物がほとんど存在しなかったために、建物の地震時挙動の実例に乏しかった。今回の地震では強震をうけた地域内にいくつかのプレストレストコンクリート建物があったので、今後の設計・施工に役立つデータが得られている。このことは我が国においてプレストレストコンクリート造建物が、徐々にではあるが着実に増加していることを物語っていると同時に、プレストレストコンクリート造の耐震設計の成果が現実の地震によって実証されたという意味でプレストレストコンクリート造建物の歴史のなかで注目すべき出来事である。

2. プレストレストコンクリート造建築物の耐震設計の歩み

昭和30年代の初期、プレストレストコンクリート造建物の設計がようやく盛んになりつつあった時期に、プレストレストコンクリート造建物の設計上一番問題になったのはその耐震設計をどうするかという点であった。元来ヨーロッパの技術であったので、短期応力に対する設計体系は我が国で独自に開発する必要があったからである。鉄筋コンクリート造と同じように、長期応力設計と短期応力設計の2本立てとし、それぞれに用いる許容応力度を定めることができれば形式的には問題はなかったが、許容応力度の設定上に難点があった。鉄筋コンクリート造では長期許容応力度は材料の比例限度、短期許容応力度は材料の降伏限度という考えに基づいて許容応力度を定めているが、プレストレストコンクリート造では鋼材をあらかじめ緊張してあり、その引張応力度は降伏応力度の70%程度になっている。また一方、鉄筋コンクリート造では全断面有効という考え方はないので、長期、短期の設計は同一の設計思想で扱うが、プレストレストコンクリート造の場合は長期は全断面有効、

短期の設計はコンクリートは圧縮力のみを負担するという考え方をとるので設計思想が異なっている。したがって、材料の許容応力度のみで、長期設計と短期設計を処理するわけにいかない。このへんを巧みに解決したのが坂静雄博士の提案である。すなわち長期に対しては従来の許容応力度法に準じた方法により、短期に対しては部材の終局耐力と荷重係数（地震力に対して1.5鉛直荷重に対して2）を乗じた荷重による部材応力とを比較する方法によって設計する。この提案は日本建築学会の規準、建築基準法に基づく告示に採用され、我が国のプレストレストコンクリート造の耐震設計の根幹をなしている。

この当時においては、設計に用いる地震力としては震度0.2を用いた水平力を考えていた。すなわち、構造物の動的応答に関しては考えていなかった。当時の議論としては、許容応力度法を用いた鉄筋コンクリート造部材と、終局強度法を用いたプレストレストコンクリート造部材との曲げ終局耐力の比較に終始していた。

1968年の十勝沖地震で鉄筋コンクリート造の建物が大きな被害をうけた。長年の経験を持ち、耐震性については規範的構造と考えられてきており、プレストレストコンクリート造の耐震性を考える場合には一種の尺度ともされてきた鉄筋コンクリート造の被害は、各種の構造の耐震性を見直しの契機となった。この時期においては、プレストレストコンクリート造の耐震設計を根本から考え直す機運が盛んになった。新たに設計される建物について動的応答計算が適用され、在来の設計震度万能の設計態度が、より本質的な検討に改められたのもこの時期である。骨組み、構造部材および接合部のじん性の重要性が認識され、研究の主要テーマに取り上げられるようになったのは、動的応答計算の結果が集積されるに伴い、建物に対する地震入力がかつ安全な建物設計するためには構造骨組みに靱りを持たせることが必要になったからである。

このような動向はプレストレストコンクリート造だけの問題ではなく、鉄筋コンクリート造はもとより鉄骨造、鉄骨鉄筋コンクリート造などあらゆる構造について

* 建設省建築研究所所長

耐震性の本格的見直しが開始された。この動向は、従来いわゆる耐震設計法として、総合的に集大成されていた設計体系をもう一度各要素に分解して、要素ごとの特性やそれらの耐震上の意味を洗い直すことであったといえることができる。

まず設計地震力を地震（地）動と建物の地震応答に分解しさらに地震地動を地震基盤入力と構造物が建てられている基礎地盤への入力とに分解して考える。したがって断層のずれによって生ずる地震波の性状、いわゆる発震機構、地中における地震波の伝播機構、表層地盤における地震波の増幅、減衰の状態などが地震動の研究として取り上げられてきた。地震学、地質学、基礎工学、振動工学など多分野の研究者の協力によっていわゆる学際的な研究が繰り広げられてきている。

建物の応答に関しては、いわゆる振動モデルの構築が精緻の度を加えつつある。上部構造のみでなく基礎地盤を含めた振動系を考えて応答解析をすることになると、上部構造の荷重復元力特性などのほかに土の動力学的特性が解明されていなければならない。一方純ラーメンのように比較的モデル化しやすい骨組みもあるが、壁体があった通常の建物を実用的な応答解析に乗せるためにはかなりの工夫が要求される。

応答解析の評価の段階においては、部材や接合部の耐力性状の的確な把握が前提となるし、また建物全体の崩壊のメカニズムを予測するためには塑性域の応答解析の手法、さらには実大模型による疑似動的実験手法などが必要となってくる。

評価の段階でさらに問題になるのは、いわゆる評価尺

度の問題である。これは大きく分けて、建物に許容される被害の程度の設定（限界状態の設定）と限界状態に達する危険度（逆にいえば安全度）の設定である。評価尺度の問題は社会的・経済的要請と工学的設計方針との接点をどうするかということで、よくいわれる重要度係数などはこの問題の一つの側面である。

最近十数年の間の耐震設計の動きは上述のように、一つのブラックボックスの中に閉じ込められていたものを白日の中にさらして、一つ一つの要素を洗い直すことであった。その結果かなりの研究成果が蓄積されてきた。しかし研究成果を実際の設計に結び付けることはかえって難しくなってきた。従来のように単純な割り切りができにくくなったことも事実であるし、一方建築法規や社会の慣習が旧来のままであったのでは、実務家が研究成果を使いがたい。いわゆる新耐震設計法の研究はこのような背景の下に実施され、その結果を法規に反映するための作業も完成に近づいている。このような動きは新しいブラックボックスを作ることであるともいえるが、工学的視点に立てば、分解-組立て-分解という過程は常に進行させて行くべきだし、体系化はむしろ工学の本質であるともいえる。要は体系を固定させず常に新しい体系を旨とした研究活動の持続が必要とされるということである。

今回の宮城県沖地震によるプレストレストコンクリート造建物の被害調査はプレストレストコンクリート造建物の耐震設計体系の確立のために貴重な資料であり、また今後の研究活動の素材として十分吟味活用すべきものと考えられる。

転勤（または転居）ご通知のお願い

勤務箇所（会誌発送、その他通信宛先）の変更のご通知をお願いいたします。

会誌発送その他の場合、連絡先が変更になっていて、お知らせがないため郵便物の差しもどしをうけることがたびたびあります。不着の場合お互いに迷惑になるばかりでなく、当協会としましても二重の手数と郵送料とを要することになりますので、変更の場合はハガキで結構ですから、ただちにご一報下さるようお願いいたします。

ご転勤前後勤務先に送ったものがそのまま転送されないでご入手になれない場合は、当方として責任を負いかねますからご了承下さい。