

基調講演概要報告 2

日本におけるプレストレストコンクリート建物の発展

講演者：六車 熙
(京都大学 名誉教授)

編集委員会

日本におけるプレストレストコンクリートの発展の歴史、建物の例、最近の耐震設計、ユニークなプレストレストの利用法について講演する。

1. 発展の歴史

我が国の PC 技術は、1937 年に H.Hoyer の著書“Der Stahlseitenbeton”が京都大学に輸入され、その中に PC の原理とプレテンション工法の説明がなされていたことに始まる。1941 年には吉田博士により初めてプレテンション梁の実験が行われた。1951 年に日本の建物に初めて PC 部材として吉田博士のプレキャストデッキ床が小松市役所の床の一部に使用された。

PC の本格的な発展は 1952 年に Freyssinet 工法が導入されてからである。その後さまざまな工法がヨーロッパから導入された。

1956 年には我が国最初のポストテンション PC 耐震フレーム構造の南淡町庁舎が完成した。

1956 年には PC 構造物に対して初の耐震設計指針が日本材料試験協会 (JSTM, 現在の日本材料学会) PC 委員会から出された。次いで、1961 年には日本建築学会プレストレストコンクリート設計・施工規準が制定され、日本における PC 建物の設計・施工の基礎が確立された。この間、1958 年にプレストレストコンクリート技術協会が設立されている。

2. 南淡町庁舎

1954 年に坂博士が南淡町庁舎の建物に PC 耐震フレーム構造を推薦し、その後 3 階建ての庁舎がプレキャスト PC 梁と場所打ち RC 柱を用いて建設された。

当時 PC 構造の設計規準は検討中であった JSTM 設計規準 (案) を除いてなかった。そこで、筆者は坂博士の指導の下に JSTM 規準 (案) に従って庁舎の構造設計を行った。設計が終局強度設計で行われたことは注目に値する。

庁舎の平面は 45 m × 11 m であり、5 m × 9 スパンの桁行方向架構は、場所打ち RC 造である。梁間方向は、長さ 11 m のポストテンション T 型プレキャスト

大梁が場所打ち RC 柱に圧着接合されている。大梁間に大梁と同断面のスパン 11 m の PC 小梁が桁行方向 RC 梁に圧着接合されている。建物両端の耐震壁には地震時水平力の 75 % を負担させ、残りはフレームに負担させた。コンクリート強度はすべて公称値で 30 MPa である。

庁舎は 1956 年に完成したが、完成後 37 年経った今でも構造部材に劣化は見られない。

3. プレストレストコンクリート建物の耐震設計規準

日本で PC 建物を建設するために最も重要な問題は耐震設計規準の整備であった。最初の耐震設計ガイドラインは、前述したように 1958 年に JSTM によって作成された。この設計ガイドラインでは終局強度設計法が採用されている。

JSTM により提案された終局強度設計法は日本建築学会 PC 委員会に引き継がれ、1961 年にプレストレストコンクリート設計・施工規準が出版された。当時、RC 構造を含む他の構造は G+P+E で許容応力設計が適用されていた。それに対し、PC 構造では地震力について RC 構造の値の 1.5 倍に対して終局強度設計された。そのため、1968 年の十勝沖地震、1978 年の宮城県沖地震において、小さい設計地震力で設計された多くの RC 造建物が柱のせん断で壊れたが、PC 構造物では顕著な被害は起こらなかった。

RC 柱のせん断破壊の検討後、日本におけるコンクリート系構造物に対する耐震設計基準が、設計ベースシヤ係数が 0.3 以上の終局強度設計に変更された。ただし、RC の一部ではまだ許容応力度設計法が残っている。しかし、PC 構造は早くより、1.5 E を採用していたので、そのような変更の必要は基本的にはなかった。

4. 横拘束コンクリートと靱性フレーム構造

最近、耐震設計基準の多くはフレーム構造に対して靱性を基本とした設計手順を規定している。この方法は、フレーム構造に大地震時に必要なエネルギー吸収能力を与えることを意図し、構造物に入る地震エネルギーはヒ

ンジ領域での塑性変形によって主に消費される。この耐震設計法は1974年にR. Park, T. Paulayにより最初に提案された。最も良い崩壊形として梁降伏先行型が推奨され、柱は梁ヒンジの保証および大地震時に弾性保持のために十分な強度を持つように設計される。

しかし、多くのPCフレーム構造の場合、特に長スパンの低層建物の場合には、梁降伏先行型の崩壊形とすることは困難であり、これを実現しようとすれば非現実的で不経済な設計とならざるを得ない。それは、固定荷重および積載荷重に対して必要な梁のPC鋼材の存在により、梁の終局曲げ強度が設計地震力に対して必要な値よりも著しく大きくなり、梁降伏先行型の崩壊形にするには柱強度に非常に大きな余力が必要となるからである。PCフレーム構造の耐震設計でそのような好ましくない結果を避けるために、柱降伏型の崩壊形の採用を検討することが望まれる。その場合、柱崩壊形を実現するためには、柱には大きな曲げ靱性を付与する必要がある。

この目的のために、京都大学では1978年以来コンクリートを横拘束することによりRCおよびPC部材の曲げ靱性を改善する研究が行われ、降伏強度1300MPaまでの高強度横補強筋の使用により曲げ靱性の著しい増加が可能であることが示された。PC梁でさえ、高強度横補強筋を使用することにより最大耐力後の大きな塑性変形を得ることができる。

PCフレーム構造に高強度横補強筋が最初に使用されたのは、西濃運輸の大阪配送所である。この建物は、桁行方向10m×10mスパン、梁間方向13m+13m+26mの2階建て建物で、場所打ちRC柱に1300MPa級の横補強筋が用いられた。高強度横補強筋は、最近ではPC構造の建物だけでなく、RC、特に高層RCの建物にも使用されている。

5. アンボンドPC鋼材の使用

アンボンドPC鋼材の使用の利点の一つは、現場におけるグラウト作業の省略にある。特にそれは建物の工事費の低減をもたらす。アンボンドPCの基本的研究は、日本では1961年に始まった。当時は、高応力繰返し荷重による鋼材破断の安全性に関する疑念が技術者間に強く、まくらぎやシートパイルのような小さなプレキャスト部材を除いて、耐震構造へのアンボンドPC鋼材の使用はあまり進歩しなかった。しかし、高品質の定着具の発達とともに、強い疑念は年々消失し、アンボンドPC鋼材を用いたPC建物が数多く建設されるようになった。

最初のアンボンドPC鋼材の使用は、1980年に大阪で完成した3階建ての郵政省倉庫の床スラブである。この後、アンボンドPCスラブを持つ多くの建物が建設さ

れ、アンボンドPC鋼材によるフラットスラブ耐震構造も数社の施工会社により開発された。

6. パーシャルプレストレストコンクリート

フルPCは比較的長いスパンの梁に向いている。日本では、15m～30mスパンが経済性と耐震設計の両面から建物には好ましいと言われている。一方、RC梁は比較的短い8m以下のスパンに使われている。PPCの発達はこの間の空白を埋めるのに望ましい構造として受け入れられた。加えて、アンボンドPC鋼材の使用が日本の建物でのPPCの有用性を著しく進めた。最近多くの建物がPPC技術を使用して造られている。本シンポジウムでもPPCの建物の数例が紹介されている。

7. プレストレス技術の特殊な利用

プレストレス技術のユニークな使い方がさまざまな建物でされている。最も興味深い適用例の一つはプレストレッシングタイを持つ鉄骨構造、張弦梁構造である。張弦梁では、上弦の梁に負のモーメントを与えるためにアンボンドPC鋼材がサスペンションケーブルまたはタイケーブルとして使われている。張弦梁では、大きな荷重を比較的小さい寸法の上弦梁で負担することができる。この考え方は1979年に日本大学の齊藤博士により最初に提案された。適用例としては習志野の日本大学体育館がある。この体育館の屋根は、桁行85m、梁間58mで、17ユニットの張弦梁で構成されている。

プレストレス技術の他の特徴ある使い方に、RC柱梁接合部の履歴特性の改善がある。接合部を通して梁に比較的小さなプレストレス力を導入することにより、RC柱梁接合部の履歴ループのピンチングがなくなる。この改善はPC鋼材のバネ効果によるものである。

多くのタイプのプレキャストPC部材も建物に広く使われている。その中で、PC合成床板が比較的スパンの大きなスラブに広く使用されるようになってきている。

8. ま と め

最近、現場での労働力不足がコンクリート構造物の工事費用の上昇を招いた。このため、構造物のプレファブ化、特に圧着接合によるプレキャスト化は、この10年で目立っている。本シンポジウムでもプレファブ化されたPC構造物のセッションがあり、日本でのいくつかの顕著なプレファブ化された耐震構造物が報告されている。

〈感想〉

日本でのPC建物の発展の歴史が簡潔にまとめられ、初期の建物の工事中の写真など興味深いスライドもあり、有意義な講演であった。

〔記：編集委員会 深井 悟 (株)日建設計〕