

(28) 場所打ち一体ラーメン構造のプレストレスによる軸力評価

(株)安部工業所 技術本部開発部 正会員 林 啓司
 同 上 技術本部技術部 堅田 茂昌
 同 上 技術本部開発部 ○後藤 理博
 同 上 技術本部開発部 桃澤 由香利

1. はじめに

現場打ちプレストレストコンクリートによるラーメン構造のはり(以下PCはりりと略称)に、プレストレスを導入する場合、不静定構造物のため発生する2次プレ(2次応力)と、水平抵抗部材となる耐震壁の存在によってプレストレスによる軸力が減少する。一般に、PCはりりにプレストレスを導入する場合、施工上の配慮として、耐震壁周囲にスリットを設けたり、PC鋼材緊張後に耐震壁のコンクリートを打設する等の対策をほどこし、純粋なラーメン架構に近づけた後、所定の圧縮力を導入する。しかしながらこれらの配慮は現場での施工が煩雑になるばかりか、建設コストの増加にもつながる。

本文ではこれらの問題を解消するため、耐震壁とPCはりりの一体施工を考慮した設計に有限要素法を利用し、プレストレス導入時のひずみ応力の確認実験を行なった結果を報告する。

2. 建物概要

実験を行なった建物は、地下2階、地上7階のRC造であり、Y方向の②、③、④通りのはりのみP R C III(0.2)にて設計され、他のはりは全てR C構造である。また、水平抵抗部材となる耐震壁は、③通りのF-H通り間に存在する。

図-1は基準階平面図を図-2は③通り軸組図を示す。

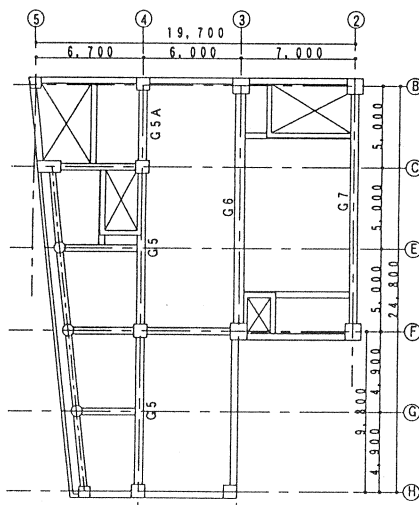


図-1 基準階平面図

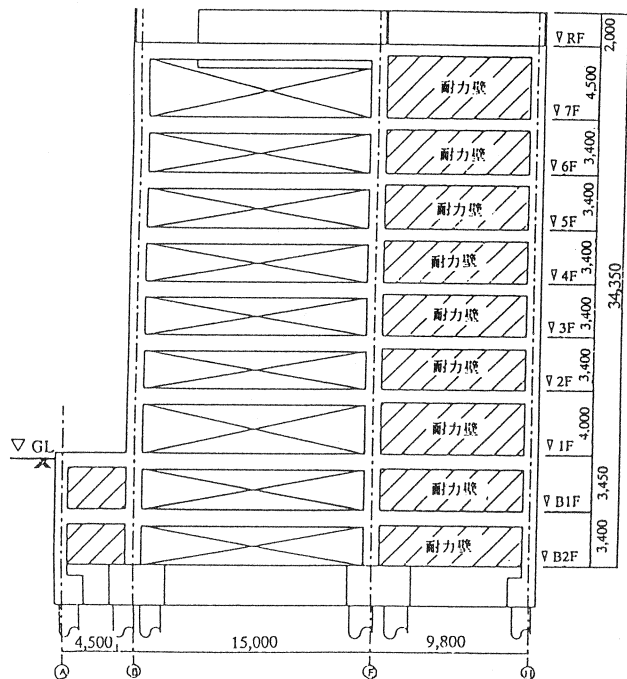


図-2 ③通り軸組図

3. 計算仮定

プレストレスによる軸力を板シェル要素を用いた平面応力問題と考え、次の仮定のもとで、有限要素法解析を行なった。

- ① 各階1層ごとにコンクリート打設後プレストレスの導入を行い、下層階の影響を無視する。
- ② スラブおよびはりの高さを板厚にて考慮する。
- ③ 水平抵抗部材の耐震壁は、完全固定の境界条件で考慮する。
- ④ 柱は、等価断面のせん断バネに置き換える。

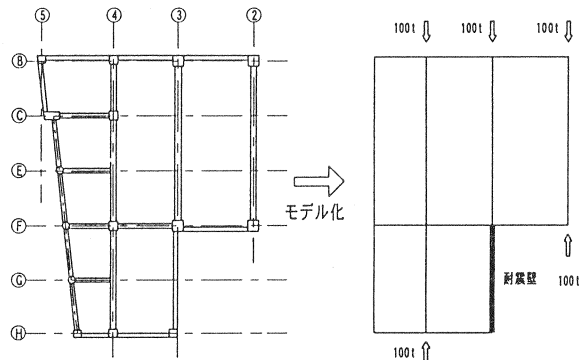


図-3 解析モデル

4. 解析モデル

図-3に示す解析モデルを考え、④~⑤通りのスパンを平均化し、③通りに存在する水平抵抗部材となる耐震壁を完全固定の境界として扱う。

なお、コンクリートのヤング係数は 2.9×10^4 t/m²ポアソンは0.2として解析を行なった。

5. 有限要素法による解析結果

図-4にプレストレスによる軸力の分布図を示す。

軸力分布図の④通りに着目すると、水平抵抗部材となる耐震壁の影響をあまり受けておらず、軸力の広がりがおおよそ45度の広がりをもっている。しかし、この解析結果は、耐震壁からP-Cはりまでの長さ(図-2の③-④通り間長さ)と耐震壁の長さ(図-2のF-H通り間長さ)比が1.5と小さく、水平抵抗部材の影響が小さいと考えられる。

6. 設計軸力

本建物の設計に際し、プレストレスによる軸力を、隣接するはり間の平均長さを有効幅とする仮定のもとに計算し、水平抵抗部材による軸力減少量を、有限要素解析結果をもとにした係数を用いて設計を進めた。

表-1に計算に用いた係数を示す。

表-1 設計軸力

通り	簡易式 (t)	FEM (t)	係数
②	101.3	113.2	1.117
③	142.9	125.2	0.876
④	80.0	75.3	0.941

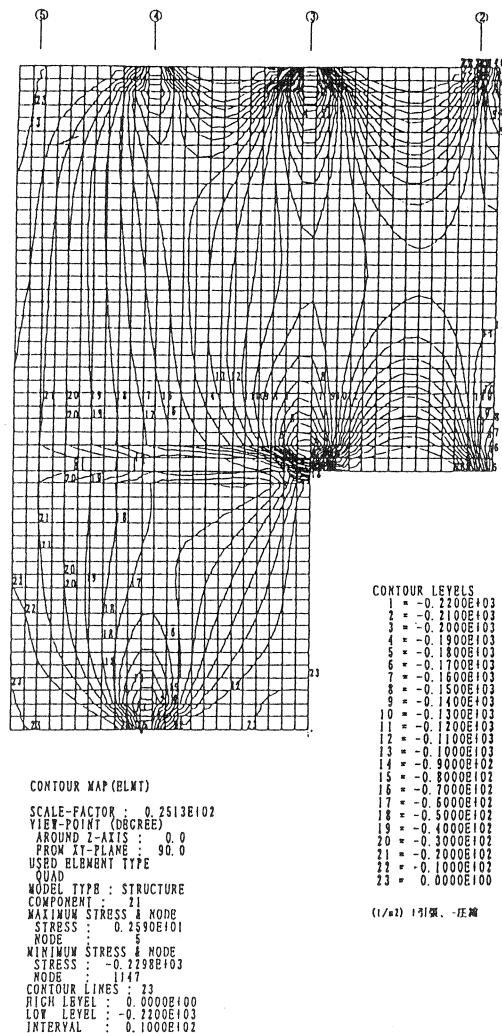


図-4 軸力分布図

7. 実験概要

実験の着目点は、スパン中央部の軸力評価に主眼を置き、スラブおよびはりのひずみの計測を行った。実験に用いたゲージ類は、コンクリート埋め込み型ひずみ計を用い、コンクリートのヤング係数を補正する目的で、鉄筋計を利用した。計測期間は、P C鋼材の緊張作業直前から作業終了までの約2時間を1セットとして、合計2回行った。

なお、埋め込み型ひずみ計の容量は $\pm 5,000 \times 10^{-6}$ を用いた。

8. 計測結果と解析値の比較

表-2に解析値と計測結果の平均値の比較表を示す。

ゲージ4番、7番については、ひずみゲージが不良だったため計測不可能であった。

ゲージ6番については、④-⑤通り、C-E通り間にタワークレーン用の開口があったため、計測結果が乱れている。

ゲージ1番、3番には、鉄筋計とひずみゲージを設置し、ひずみゲージの補正に利用した。

なお、計測ゲージ位置は図-5に示す。

表-2 解析値と計測平均値の比較表

ゲージ位置	解析値(kg/cm ²)	計測値(kg/cm ²)	比率
1	28.0	31.8	1.14
2	18.9	22.9	1.21
3	26.6	28.4	1.07
4	15.4	計測不能	-
5	14.7	15.2	1.03
6	9.8	18.4	1.88
7	14.5	計測不能	-
8	8.4	8.6	1.02
9	4.2	5.8	1.38

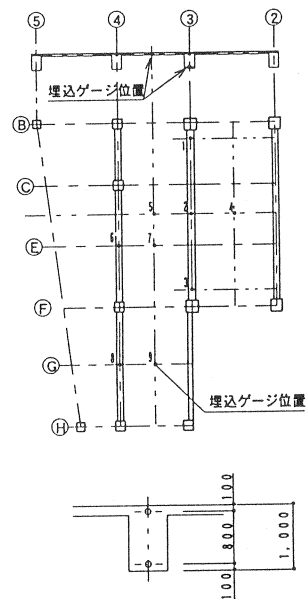


図-5 計測ゲージ位置

9. 考察

9.1 計測結果について

計測結果と解析値を比較すると良い対比を示している。

解析値に比べ計測値が全体に高めにしているのは弾性係数を高め(平均約 3.1×10^4 t/m²)に評価している可能性がある。

ゲージ6番の計測値が解析値を大きく上回っているのは、施工上必要な開口によって構造設計での応力状態と異なる応力が発生したと考えられる。可能であれば構造計画段階から施工を考慮した設計ができれば理想である。

9.2 FEM解析について

プレストレスによる軸力は面内力であり、平面応力問題として考え2次元の板要素を用いて解析したが、計測結果からも十分に精度良く解析できている。これらは既知の事であるが、力の流れを的確にモデル化すれば、シンプルなモデルで十分な精度が得られる。

9.3 軸力分布

図-4の軸力分布を見るに、圧縮に対する有効幅はおおよそ45度分布であった。

9.4 水平抵抗部材(耐震壁)

図-4の軸力分布を見るに、耐震壁からPCはりまでの長さと同程度の長さのため、プレストレスト力の軸力減少量が約10%とわずかな値であったと考えられる。しかし、耐震壁の長さが耐震壁からPCはりまでの長さを大きく上回る場合、軸力の分布形状から見ても、軸力の減少量はかなりの数値になることが推測される。

10. まとめ

今回、PCはりの軸力評価に有限要素法解析を用いて設計を進め、現場での確認実験を行った結果、評価方法の妥当性が証明できた。

現在の構造計算環境は広く普及している安価なPC(例えば、パークレー大学から公開されている有限要素法プログラムPC-SAP4(\$300))を利用し十分に計算できる環境でもある。これから構造設計の確認ツールとして有限要素法解析を利用しようとする設計者にこの報告が参考になれば幸いと思う。

しかし、有限要素法を実務設計に用いる場合、現在でもまだ、個々の設計者の判断に委ねられている部分も数多くある。

今回の報告は、コンクリート合成スラブの一般評価取得のため、日本建築センターの評定構造となった建物で、評定委員であった渡辺誠一先生の過去の論文を参考に構造設計を進め、確認実験を行ったものである。

今回の実験の当初の目標は、ここに報告した軸力評価の確認実験の他に、簡易計算式の提案を考えていたが、現在そこまですたっていない。

参考文献

- 1) 渡辺誠一他2: 一体式PCラーメンのプレストレス導入時応力に関する研究、
日本建築学会大会学術講演便概集(北海道)、pp.1807~1808、1978.9
- 2) 渡辺誠一他2: 現場打一体式PCラーメンのプレストレス導入時歪応力に関する研究
-1スパンラーメン1端拘束の場合-、日本建築学会大会学術講演便概集(関東)、pp.1593~1594、1979.9
- 3) 渡辺誠一他2: 現場打一体式PCラーメンのプレストレス導入時歪応力に関する研究
-面外隣接壁のある場合-、日本建築学会大会学術講演便概集(近畿)、pp.1961~1962、1980.9
- 4) 渡辺誠一他1: 現場打一体式PCラーメン構造の面外隣接壁によるプレストレスの損失について、
日本建築学会大会学術講演便概集(九州)、pp.2213~2214、1981.9
- 5) 渡辺誠一他1: 場所打プレストレストコンクリート不静定架構の梁有効幅に関する実験的考察、
日本建築学会大会学術講演便概集(東海)、pp.1015~1016、1994.9
- 6) (社)日本建築構造技術者協会関西支部編: はじめてのPC・PRC構造
-しくみから設計・施工の実務まで-、1992.2
- 7) (社)日本コンクリート工学協会(鉄筋コンクリート構造の有限要素法解析と設計法研究委員会):
コンクリートと構造物にFEM解析を適用するためのガイドライン
- 8) (社)日本建築学会: プレストレストコンクリート設計施工基準・同解説