

FEM解析による大型スラブの設計

(株) 富士ピー・エス 関東支店 正会員 ○原 暢秀

1. はじめに

近年、都心部の住宅市場は超高層物件が主流であり、特にS I住宅、フリープラン等フラットな空間へのニーズは急増している。その為、構造的には梁形がなく、スラブとしてロングスパンを要求されるチューブ構造の採用が多い。当社のプレストレスを導入したハーフPC合成床板 (FR板スラブ) は施工性・構造性能の面から、スパンの長大化に対して有効である。

本報告では、FR板スラブを用いた大型スラブの設計について、有限要素法を用いた設計方針の一例を紹介する。一般に、建物形状の複雑化に伴い、柱が不規則な間隔で配置されたりスラブ支配面積が極端に大きくなった場合には、スラブの応力分布・たわみ性状等を正確に把握することは困難となる。従って、このような大型スラブの設計については、「FR板設計・施工要領書」を逸脱しない範囲内で、適宜FEM解析を適用することとした。

対象となる建物は、地下2階・地上41階建て、延床面積約33,000m²の超高層マンションである。図1に基準階平面図、図2にH8通り軸組図を示す。図中に示す内蔵梁とは高さ350mm (スラブと同厚)、幅が2,400mmの偏平梁であり、これをアンボンドPC鋼材により緊張するものである。この内蔵梁と直交方向にL=10.345mのFR板を敷設し、最大で12m×30m=360m²程度の無梁空間が可能となる。

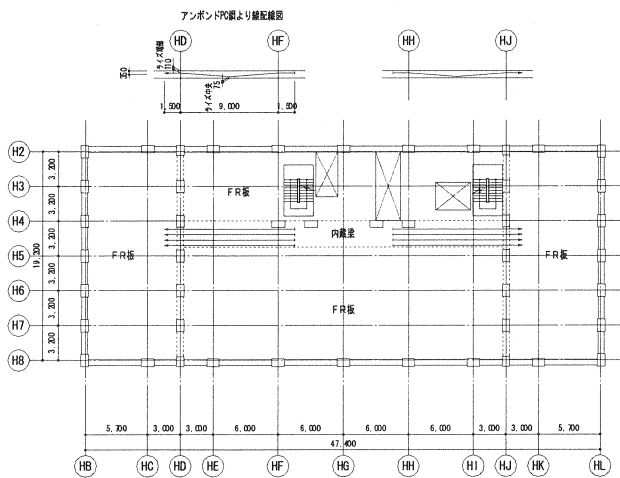


図1 基準階平面図

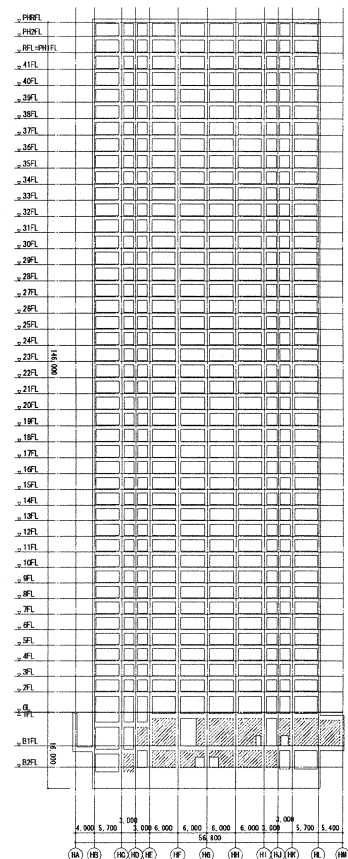


図2 H8通り軸組図

2. 解析条件

基準階1層の床を取り出し、柱・梁・スラブを有限要素法でモデル化する。解析モデル (図3参照) は1/2 対称モデルとし、上下階との境界条件は、階高の1/2 点の柱重心位置をピン拘束とした。各要素は均等等方性材料による六面体ソリッド要素とする。各部材の物性値を表1に示す。

FR板スラブ (図4参照) については、断面形状に合わせて要素分割し、図5のようにモデル化した。また板同士のジョイント部には幅 10mm のスリットを設けた。

荷重は、スラブ自重の他、仕上げ・積載荷重を考慮する。

表1 物性値一覧

	ヤング率	せん断弾性係数	ポアソン比	
	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	ν	
柱	32,800	13,667	0.2	
梁	30,000	12,500	0.2	
スラブ	現場打ち部	27,000	11,250	0.2
	FR板	36,000	15,000	0.2

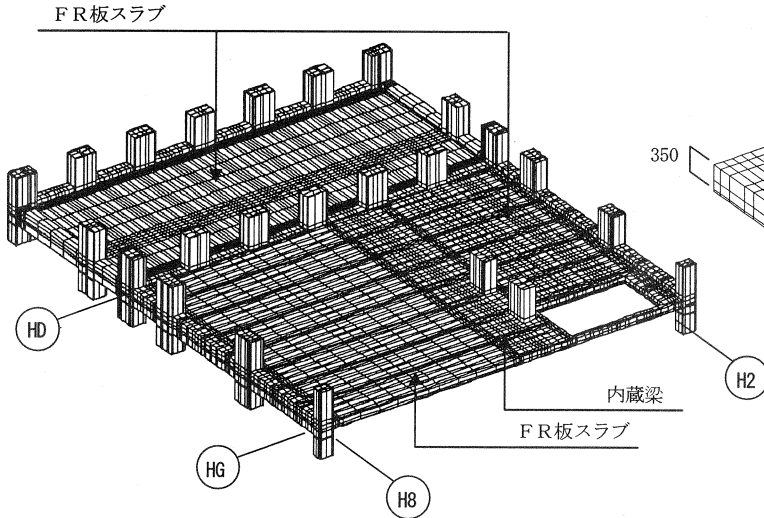


図3 基準階モデル

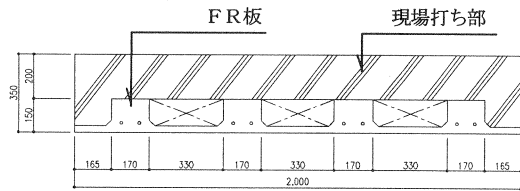


図4 FR板断面

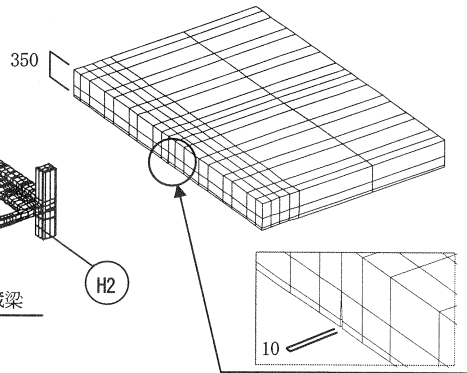


図5 FR板モデル

3. 解析結果

3.1 長期たわみ

長期荷重の使用性に対する検討として、床の長期たわみについて検討を行う。積載荷重は地震力計算用荷重として線形静解析を行い、床の弾性たわみを算出する。FR板の弾性たわみ計算値に対する長期たわみ倍率は $L=10.345m$ の場合、4.13 倍であるから (コンクリート構造評定委員会「FR板スラブ設計・施工要領書」により、倍率: $n = \text{Max}[-0.953 \cdot L + 13.988, 3]$) これに従い床の長期たわみ量を算出し判定する。

解析結果を図6に示す。最大弾性たわみは7.39mmである。従って、長期たわみは $7.39 \times 4.13 = 30.5 \text{ mm}$ となり、許容値: $L/250 = 10,345/250 = 41.4 \text{ mm}$ を満足する。

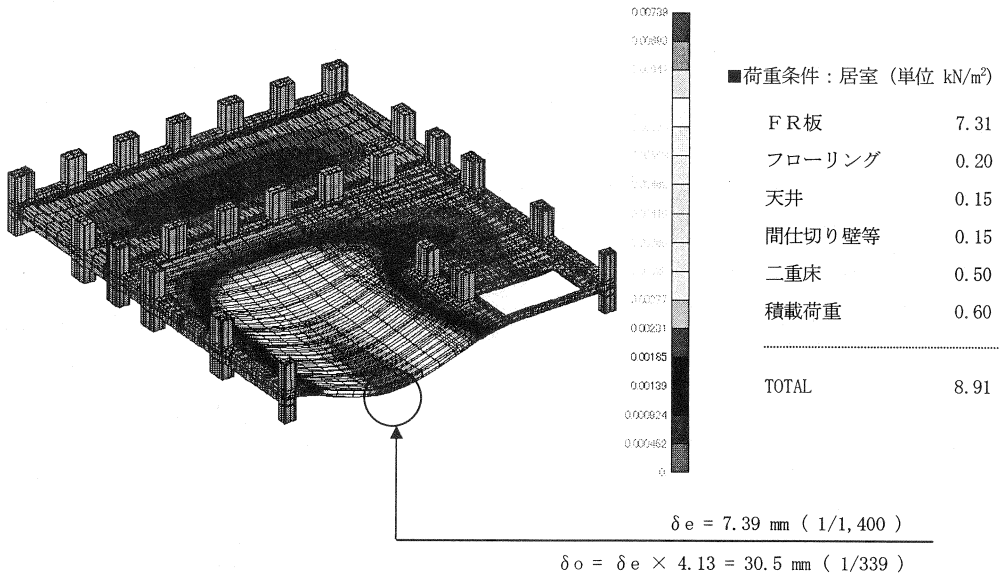


図6 変形図

3.2 応力の算出

3.1と同様のモデルについて、積載荷重は床の構造計算用荷重として線形静解析を行い、スラブ応力を算出する。図7にFR板強軸方向応力度を示す。FR板設計方針としては、端部固定度を適切に評価した上で、ハーフPC合成床板としての合成過程を考慮した一方向板スラブとして応力計算を行う必要がある。固定度の算出方法としては、大型スラブ全体に対して、隅角部のLx/4 (Lx:短辺有効スパン) 区間を除いた全体平均値をスラブの端部固定度として採用した。本ケースでは、0.68C程度であった。

端部応力については、柱列帯・柱間帯それぞれにある一定の支配幅を設定し、その区間の平均値を採用する。大型スラブの場合、柱列帯・柱間帯に発生する応力差は非常に大きく、端部上端鉄筋については、その存在応力に応じた鉄筋量を区画分けし配置することとした。図8に各区間の応力及び固定度を、図9に基準階配筋一覧を示す。

中央部応力については、一方向板スラブとして端部の平均固定度を考慮し、サポート反力及び仕上げ・積載荷重による応力を算出する。

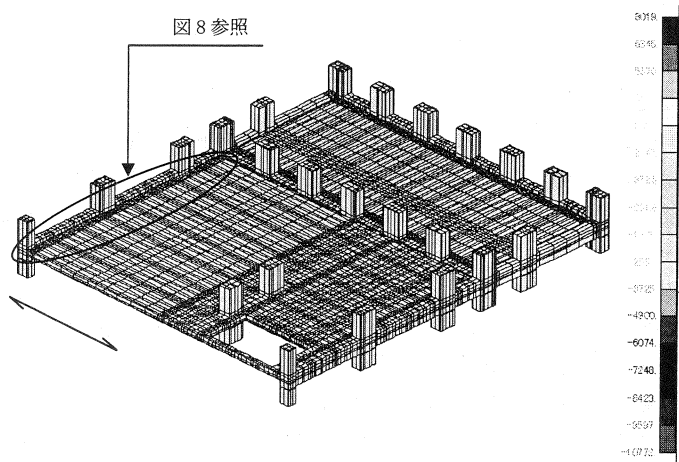
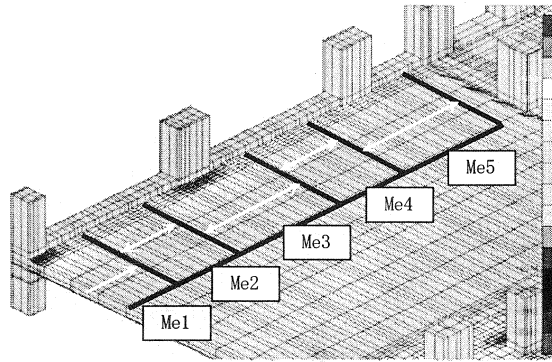


図7 FR板強軸方向応力度図



	曲げモーメント	端部固定度
	kN・m/m	-
Me1	124.8	1.01C
Me2	68.8	0.56C
Me3	119.6	0.97C
Me4	53.1	0.43C
Me5	52.2	0.42C

* $C = 1/12 \cdot W \cdot L^2 = 123.4$ (kN・m) とする。

図8 柱列帯・柱間帯別 応力及び固定度

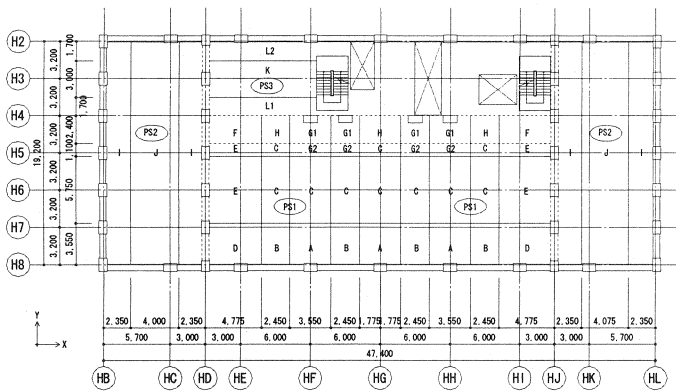


図9 基準階 配筋一覧

配筋一覧					
配筋符号		建物短辺 (Y) 方向		建物長辺 (X) 方向	
		端部	中央	端部	中央
A	上端筋	D19#100 (主)		D13#100 (配)	
	下端筋	---			
B	上端筋	D16#100 (主)		D13#200 (配)	
	下端筋	---			
C	上端筋	D16#200 (主)		D13#200 (配)	
	下端筋	---			
D	上端筋	D13#100 (主)		D13#100 (配)	
	下端筋	---			
E	上端筋	D13#100 (主)		D13+D16#100 (配)	
	下端筋	---			
F	上端筋	D13#100 (主)		---	
	下端筋	---			
G1	上端筋	D19#100 (主)		---	
	下端筋	---			
G2	上端筋	D19#100 (主)		D13#200 (配)	
	下端筋	---			
H	上端筋	D16#200 (主)		---	
	下端筋	---			
I	上端筋	D10#100 (配)		D13#100 (主)	
	下端筋	---			
J	上端筋	D10#100 (配)		D13#200 (主)	
	下端筋	---			
K	上端筋	D13#200 (主)		D10#100 (配)	
	下端筋	---			
L1	上端筋	D10+D13#100 (主)		D13#100 (配)	
	下端筋	---			
L2	上端筋	D10+D13#100 (主)		D10#100 (配)	
	下端筋	---			

4. まとめ

本報告では、大型スラブの設計に際してFEM解析を適用した。これにより弾性たわみ及び設計応力の適切な評価が可能となった。特に端部固定度については、柱列帯付近で柱間帯付近の約2倍近い値を示す結果となり、この差は柱間隔やスラブスパン等建物形状に大きく左右される為、ケース毎に正確に把握する必要がある。

スラブ鉄筋量については、FEM存在応力に従って各ゾーン毎に適量を配置した結果、従来配筋の約70%まで縮小することが可能となった。この効果は物件の大型化により更に顕著に表れ、コストダウンを図る上で、ひとつの重要な要素となり得る。

今後も、特に都心部の超高層物件においては、L=10~13mクラスのロングスパンが可能なハーフPC板スラブの需要は高まることが予想される。プレストレスの優位性を生かすと共に、適宜FEM解析を行い最適な設計を行っていくことが必要である。