

扇型断差付大型合成スラブの構造性能検証

(株)富士ピー・エス 正会員 ○竹下 修
 同 上 正会員 江藤博文
 (株)三菱地所設計 岡田徹夫
 同 上 木村正人

1. はじめに

近年、多数の超高層ビルが計画されているが、建築計画上住戸プランの多様化や将来の変更のしやすさに対応するため、架構方式は居室空間に柱・梁が極力出ないことが求められている。筆者らは、その要求に応えるため、架構方式や免震等の採用による工夫を行うことにより、建築計画の自由度の高い空間を提供してきた。¹⁾ この時、居室空間には大きな支配面積のスラブが必要となることから、コア部に階段やE/V室を配置し、外周部全てを居室とすることが多いのである。また、バリアフリーの観点から水廻り部分のための段差をつける必要があることも必要条件として加えられる。このような背景から図-1 に示すようなプレストレスを導入した段差付逆 T 型合成スラブに関する研究²⁾が以前から続けられている。

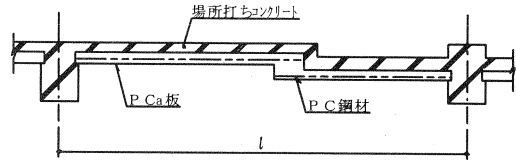


図-1 段差付合成スラブの概要

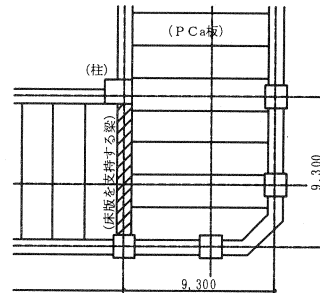


図-2 建物コーナー部の平面計画

2. 扇型断差付床版の計画

しかし、これまでは図-2 に示すように建物のコーナー部においては、PCa 床版を支えるために梁が必要となっていた。そこで本報では、更なる計画自由度の向上のため、以下の条件を満足する事を目指した。

- ・ 建物コーナー部においても居室内に柱・梁型のない空間とする。
- ・ 水廻り設備の配置が想定される部分には、スラブ段差を設ける。
- ・ 工期短縮やローコストに配慮する。

これらの点を解決するため、まず PCa 版の割付けを扇型に分割することを考えた。図-3 に検討に用いた計画建物の全体平面図を、図-4 にコーナー部のイメージ図を示す。ここで、扇型形状のまま一体型の PCa 床版を計画すると、扇型中心側の部材幅が極端に小さくなり過ぎることや製作コストの縮減が難しくなることから分割タイプの PCa 版で計画した。この分割した PCa 版を用いた段差付合成スラブの研究³⁾も同時に行っており、基本的な構造安全性については支障ないものと判断していたためである。この結果、扇型

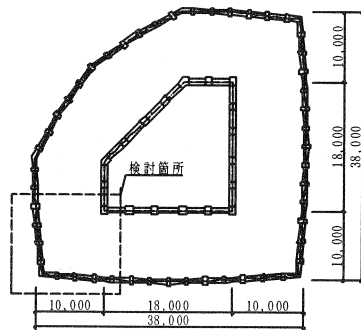


図-3 検討対象建物の平面計画

表-1 設計条件および材料の仕様

設計条件	内法スパン	L0=8.5~10.4m
	仕上げ積載荷重	LL=2.4kN/mm ²
使用材料	コンクリート強度	PCa部 50 N/mm ² 場所打ち部 30 N/mm ²
	P.C鋼材	SWPR7A φ12.4mm
	鉄筋	D13 ~ D16 (SD295A)
FEMの解析条件	・3次元解析プログラム MSC/NASTRANを使用する ・扇型側面部は自由端とする ・強軸方向端部は完全固定とする	

のようなさまざまな形状の段差付合成スラブがローコストで計画可能となった。

3. 断面検討

図-4 のケースについて、図-5 に示すスラブ断面を仮定し図-6 の FEM 解析モデルで検討を行った。設計条件および解析条件は表-1 に示すとおりである。扇型の中心に当たる柱には、床版受けとせん断補強を兼ね柱頭部にキャピタルを設けている。また、キャピタル側の段差下側スラブの PCa 版は、PC 鋼材が集中してしまうことやせん断力が大きくなるが予想されるため平板で想定した。

断面の検討は、サポート反力など施工時の合成過程も考慮しており、解析結果の一例を表-2 に示す。同表によると、上端引張応力度としては、キャピタル柱側部が $2.0 \sim 2.5 \text{ N/mm}^2$ 、スラブ側部が 4.0 N/mm^2 前後、外端部が $2.0 \sim 4.0 \text{ N/mm}^2$ となった。場所によっては $0.5\sqrt{F_c}$ を超えているため、ひびわれは発生すると予想されるが、ひびわれ幅の検討を行い対処した。また下端引張応力度はおよそ 2.0 N/mm^2 以下となった。固定度の低下を考慮し、応力の割増を行い検討したが、PCa 版にはプレストレスが導入されているため、合成応力度は PRC 指針による III t 以内となることから、ひびわれ発生の可能性は少ない。また、最大たわみは 2.01 mm となった。仮に長期たわみ倍率を 5 とすると長期たわみは 10.1 mm となり、RC 規準に示される限界値 $Lx/250$ かつ 20 mm を十分に満足することになる。ここでの長期たわみ倍率は逆 T 型断面の PCa 版を用いた合成床スラブの一般評定内容に合わせた値である。これについての詳細として次項より長期載荷実験について述べる事とする。また、以上の検討結果として PCa 版の割付けと配筋図を図-7 に示す。

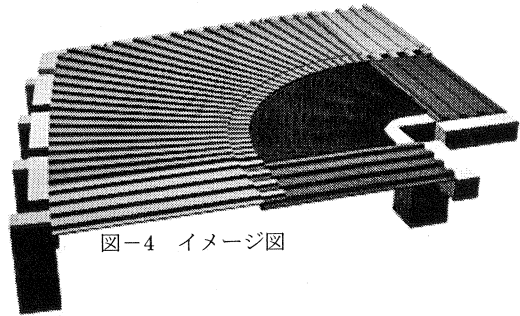
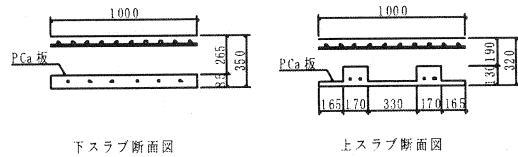


図-4 イメージ図



下スラブ断面図 上スラブ断面図

図-5 スラブ仮定断面

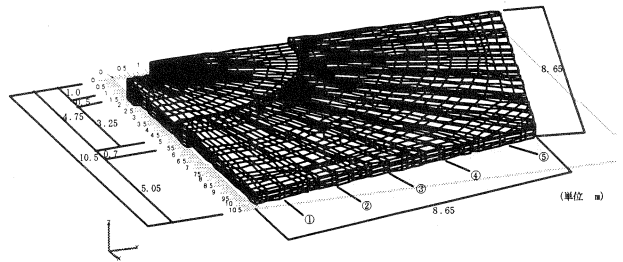


図-6 FEMモデル

表-2 解析結果の一例
強軸方向の引張応力度 (単位 N/mm²)

応力方向※	キャピタル 柱側部	キャピタル スラブ側部	中央部	外端部
①	2.31	3.94	1.99	3.09
②	1.98	3.90	2.06	3.81
③	2.10	4.10	1.98	3.86
④	2.28	4.05	1.72	3.44
⑤	2.62	3.87	1.44	1.90

※ 図-6参照

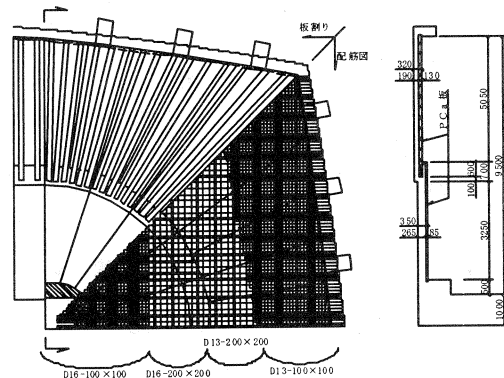


図-7 PCa版割付・配筋図

4. 長期載荷実験

4.1 主旨

長期たわみの検証として長期荷重実験を行ったので報告する。なお、実験内容は都合により扇型スラブの一部を取り出した形で行う必要があったため、段差部横梁による荷重分配効果が期待できなかった。よってここでは、主に長期たわみ倍率に主眼をおいて述べる事とする。

4.2 試験体概要

試験体は、内法スパン8.4mから9.4mとなる実大扇型合成スラブ一体であり、図-8に下スラブ用PCa版の形状を、図-9に上スラブ用PCa版の形状を、図-10に試験体の形状および配筋を示す。また表-3には材料の試験結果および仕様を示す。試験体の設定に際してスラブ断面は図-5と同じとし、壁・底版部材形状およびスパンは3.断面検討での応力値に極力近づくよう設定した。

4.3 実験概要

荷重スケジュールとしては、場所打ちコンクリートの材令が28日になった時点でスラブ下の支保工を撤去し、仕上げ荷重600N/m²の相当分を、さらにその28日後に積載荷重1800N/mm²の相当分を加えた。荷重は、計量した鉄骨ブロックを用いて3等分点2点集中荷重として行った。計測は、端部および中央の変位を変位計で、ひびわれ幅をクラックスケールで測定した。実験は支保工撤去・仕上げ荷重載荷後半年行い、終了した。

4.4 実験結果

表-4にたわみの計算値と実測値およびその比率を、図-11に計測終了時のひびわれ図を、図-12たわみ-経過日数関係を、図-13にたわみ倍率-経過日数関係を示す。図-12,13中のCFRL1は内法スパン9.3mの段差のない一体型PCa版を用いた合成スラブの、FRSL2は内法スパン9.2mの分割PCa版を用いた段差付合成スラブの長期荷重実験結果^{3,4)}を再掲したものである。

【ひびわれ状況】

ひびわれは、積載荷重載荷時に扇型中心部側端部上縁に発生し、その他のスパン中央下縁や外端側上縁には発生しなかった。また、最終計測時点でのひびわれ幅は、0.08mmと小さく、幅自体の増大も2ヶ月前から変化がないことから、過大ひびわれの心配はなさそうである。

【たわみの経日変化】

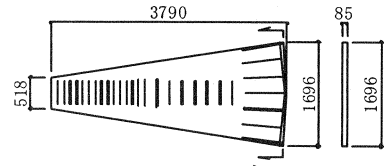


図-8 下スラブ用PCa版図

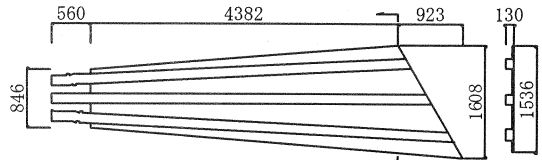


図-9 上スラブ用PCa版図

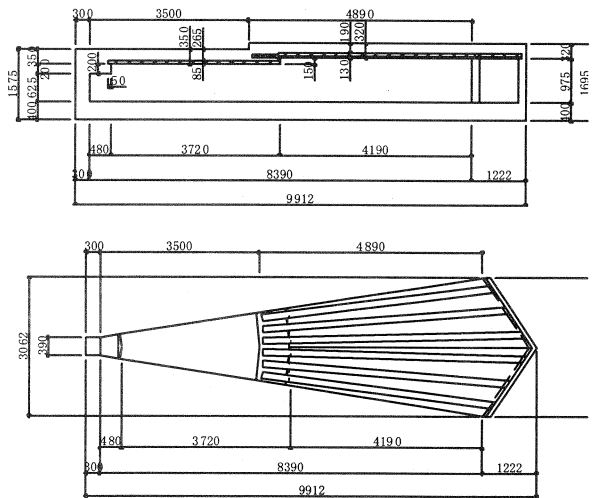


図-10 試験体図

表-3 材料の試験結果および仕様

コンクリート強度	PCa板部	53.5 N/mm ²
	場所打ち部	25.2 N/mm ²
PC鋼材	SWPR7A φ12.4mm	
鉄筋	SD295A D19,D13,D10	

表-4 たわみの計算値と実験値およびその比率

		扇型	CFRL1	CFRL2
弾性たわみ	計算値① (mm)	2.31	3.56	3.35
	実験値② (mm)	2.73	4.82	3.78
	②/①=③	1.18	1.35	1.13
最終たわみ予測値	④ (mm)	6.13	15.21	10.74
長期たわみ倍率	④/①	2.65	4.27	3.21

たわみは、最初の1ヶ月で大きく増え、その後は非常になだらかに推移した。試験体の条件が酷似しているFRSL2と比較しても付加たわみの大きさや収束状況に遜色はなく、扇型に起因した性能劣化は見当たらなかった。

【長期たわみ倍率】

図-13によると、たわみ倍率の変化は経過日数約50日以後非常に安定した傾向を示しており、その後の増加はわずかなものである。表-4中の最終たわみ予測値は、実験データより最小二乗法を用いて $y=t/(a \cdot t+b)$ 式のaとbを設定し、 $t \rightarrow \infty$ 時の値を算定したものである。同表によれば、扇型試験体の最終たわみ倍率は2.65と最も小さく、CFRL1やFRSL2に比べても非常に良好な結果となった。FRSL2は同じく材令半年で、端部上縁は0.15mmの、中央は0.08mmのひびわれが発生しており、最終たわみ倍率が小さく見積もられた原因の一つと考えられる。

5. まとめ

扇型段差付合成スラブの断面検討及び長期載荷実験を行った結果、下記のことがわかった。

- ① 建物コーナー部において、段差付PCa床版を扇型状に配置することにより、床を支持する梁は不要となり、建築計画の自由度を向上させることができる。
- ② 扇型の中心部となる柱近傍の応力は集中するが、キャピタルなどで補強する事により対応できる。
- ③ 段差部分に横梁が存在する事になり、この部分を補強することで荷重が隣接する部分に伝達され、変形も小さい。
- ④ 同合成スラブの長期たわみ性状としては収束が早く、たわみ倍率は2.65となった。
- ⑤ 一体型のPCa版を用いた合成スラブや分割PCa版を用いた段差付合成スラブの実験結果と比較してもたわみ性能上遜色はなかった。

(参考文献)

- 1) 鶴田, 木村: コアに耐震要素を配置した超高層RC免震住宅の耐震性能, AIJ大会講演梗概集, 2002
- 2) 竹下, 小森ほか: 段差付逆T型合成床スラブに関する研究, JCI年次論文報告集, Vol.19, No2, 1997
- 3) 竹下, 江藤ほか: プレストレスを導入したPCa板を用いた段差付き合成床スラブ工法(その1,2), AIJ四国支部研究報告, 2003
- 4) 岩原, 山下: 長スパン合成床板の長期曲げ性状に関する研究, JCI年次論文報告集, Vol.19, No2, 1997

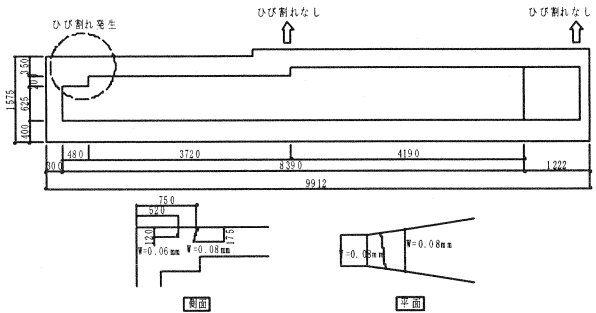


図-11 ひび割れ図

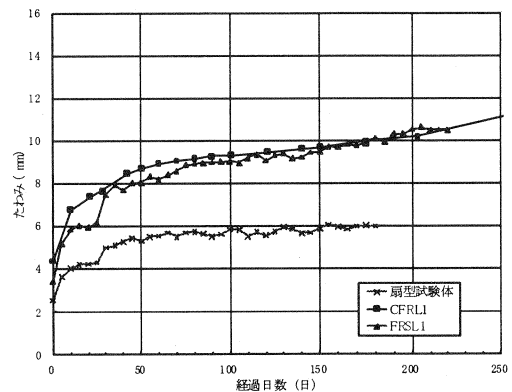


図-12 たわみ-経過日数関係

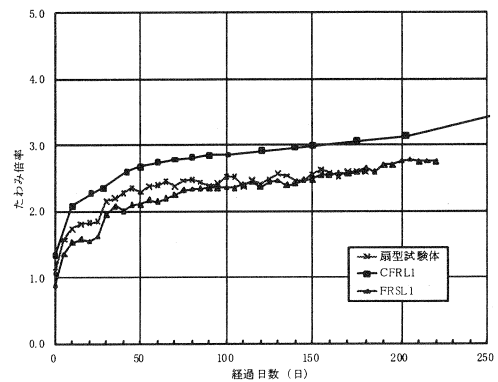


図-13 たわみ倍率-経過日数関係