

連続ケーブルを配置した段差付きプレキャストPC合成床版の性状

黒沢建設(株) 技術部 正会員 ○平井 圭
 鹿島建設(株) 構造設計統括グループ 吉松 敏行
 黒沢建設(株) 設計部 藤原 孝宏
 同上 設計部 正会員 小泉奈美子

1. はじめに

筆者らは、連続ケーブルを配置した段差付きプレキャストPC合成床版について、試設計と実物大供試体を用いた載荷試験を実施して、実構造物への適用性と性能に関して検討を行ってきた。本稿は、静的載荷試験、長期載荷試験を実施した結果について述べるものである。

2. 供試体概要

試験は、超高層集合住宅のモデルケースとしてスパン12,900mm×桁行11,000mmの1グリットを再現した実大供試体を作製して、PC床版の耐力性能を確認するための静的載荷試験、1年間のたわみ増加量を確認する長期載荷試験を実施した。試験に用いた供試体の平面図および側面図を図-1に示す。供試体は、まずスパン12,900mm×桁行11,000mmの基礎梁を構築し、次に基礎梁に桁行方向を6等分割した幅1,833mmで、1/3スパンの位置に高さ180mmの段差を設けたPCaPC中空床版(設計基準強度 $F_c=50N/mm^2$)を架設した後に、トップコンクリート(設計基準強度 $F_c=30N/mm^2$)を打設して合成断面としたものである。版幅を1,833mmとしたのは、部材の運搬や施工現場における架設重機の性能、揚重回数等を最適な条件となるように想定し、PC床版1部材当たりの重量を80kN以下になるようにしたためである。供試体を設置した場所は、試験中に気象条件の影響を極力なくするためにプレキャスト部材製造工場の屋内とし、基礎梁は試験中に移動しないように工場の土間コンクリートにアンカーボルトを使用して固定した。

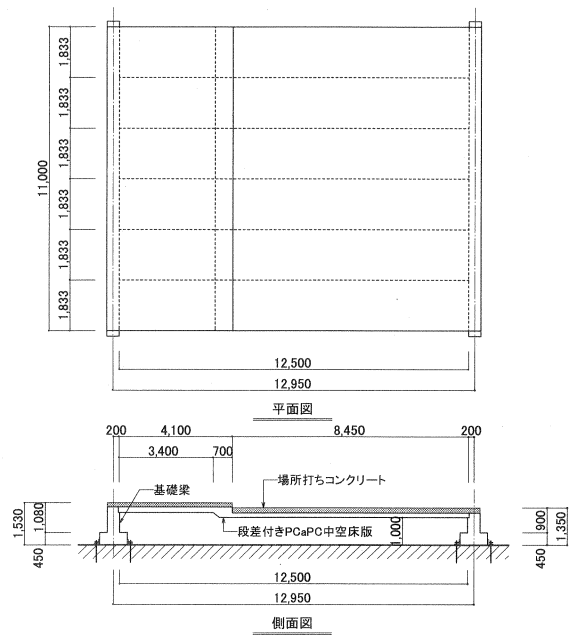


図-1 供試体概要図

2.1 PC床版の詳細

PC床版の諸元を表-1に、概要を図-2に示す。PC床版は、4箇所のリブを設けた逆T型であり、トップ

表-1 PC版の諸元

版幅 (mm)	版長 (mm)	中空率 (%)	PCa版重量 (kN)	PC鋼材率 (%)	プレストレス量 (N/mm^2)
1,833	12,550	12.4	71.2	0.54	5.75

コンクリート打設後の合成断面では床版端部は充実断面とし、それ以外はリブ間を中空とする断面とした。使用したPC鋼材は、PC鋼より線の素線各々にエポキシ樹脂塗装を施した全塗装PC鋼より線をグリスとポリエチレン被覆にてアンボンド加工したものをを使用した。PC鋼材量は、各リブに3本のアンボンドPC鋼材を配置して、断面全体で12本のPC鋼材を配置した。

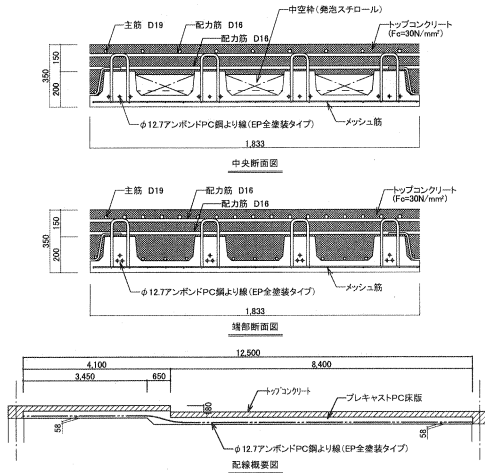


図-2 PC床版の概要

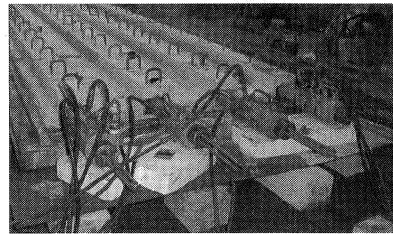


写真-1 PC鋼材緊張状況

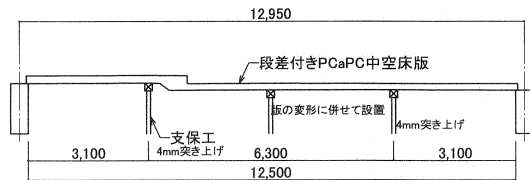


図-3 架設時支保工の設置位置

コンクリート断面積に対するPC鋼材断面積の比は、プレキャスト部材断面積に対して0.54%である。床版は、配筋およびPC鋼材の配置が完了した後に、コンクリートを打設して蒸気養生を行いプレストレス導入時強度 $F_{ci}=35\text{N/mm}^2$ の確認を行ってから、各リブに緊張ジャッキを設置して、4箇所合計12本のPC鋼材を同時に緊張した。PC鋼材の定着には、リブ断面に納まる小型の定着具を使用してくさび方式で定着を行った。写真-1にPC鋼材緊張状況を示す。

2.2 試験体の施工

緊張を完了したPC床版を基礎梁に架設する際には、図-3に示す位置に支保工を設置した。支保工のうち、スパン中央を除くものは架設した床版のたわみ量を制御するために水平位置よりも4mmだけ高くなるように設置した。その後、中空型枠を設置してトップコンクリートの打設を行った上でトップコンクリートの打設を行い、トップコンクリートが所定の強度に達したことを確認したのちに支保工を撤去した。

2.3 使用材料の強度試験結果

試験に用いたコンクリート、鉄筋、PC鋼より線の材料強度試験結果を表-2に示す。

表-2 材料強度試験結果

材料名	規格	試験結果	
		強度(N/mm ²)	弾性係数(N/mm ²)
PC版コンクリート	$F_c=50\text{N/mm}^2$	59.83	36,983
トップコンクリート	$F_c=30\text{N/mm}^2$	34.5	28,700
鉄筋	D10(SD295A)	376/518	213,000
	D13(SD295A)	383/524	211,500
	D16(SD295A)	360/510	211,700
	D19(SD345A)	393/596	212,100
PC鋼より線	φ12.7(SWPR7B)	1,912	191,600

3. 静的荷重試験

3.1 試験方法

静的荷重試験は、 2.8kN/m^2 の長期積載荷重に対する1.5倍に相当する短期荷重を想定し、 4.2kN/m^2 と等価な曲げモーメントがスパン中央に作用するように、荷重幅を3.3mとして総重量で300kNの異径棒鋼D13(長さL=11m, 重量 $w=109.45\text{N/本}$)を荷重し、PC床版のたわみ量を測定した。積載荷重荷重方法およびたわみ計測に用いた変位計の設置位置を図-4に示す。荷重および計測は、D13を150本束ねた

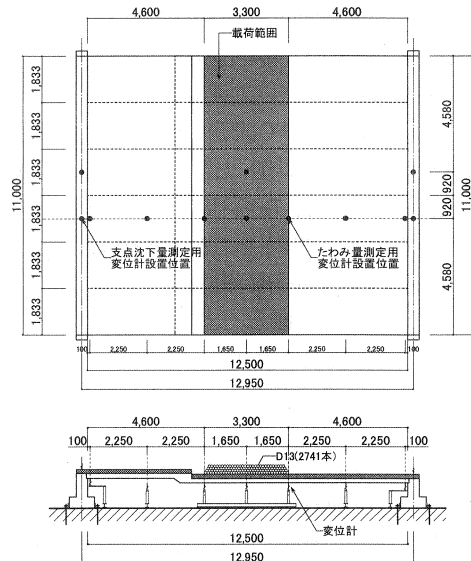


図-4 荷重荷重方法と変位計位置

16.47kN/束をスパン中央に対して均等に配置して50kN 載荷するごとに各点のたわみ量を計測しながら総重量300kNまで異径棒鋼を配置する漸増載荷とした。

3.3 試験結果

載荷試験から得られたたわみ分布を表-3 および図-5 に示す。図-5 は各荷重段階におけるPC床版のスパン方向のたわみ分布を示しており、図中の縦軸はたわみ量を、横軸は変位計設置位置を示している。表-2 および図-5 によると、自重のみ作用した場合にはスパン中央部で6mm程度のたわみが発生し、このたわみ量はスパン比にして約1/4100であった。また、スパン方向のたわみ分布においては、各測定点におけるたわみ量は荷重増分と比例した増分となっており、最大荷重に至るまで弾性変形をしていることが確認できる。さらに、スパン中央を軸として左右対称のたわみ分布形状を示していることから、段差部の有無がたわみ量に与える影響は認められなかった。

図-6 は載荷重とスパン中央のたわみ量の関係を示したものである。図中の○印は測定結果を、●印は材料試験によって得られた材料諸元を用いた非線形漸増解析の結果を示している。図-6 によれば、測定値は250kNまでは一定の勾配を有した比例関係となっている。250kNから300kNに至る区間は直線の勾配が若干緩くなっているが、ひび割れ観察において試験体にひび割れが発生していなかったことから、載荷試験中に250kNから300kNに増加する時点で他の載荷ステップよりも時間を要したことによる影響であると考えられ、他の載荷ステップと同一の時間間隔で載荷した場合には、300kNまでも一定勾配であると推測される。このことから、今回の供試体は300kNまでは弾性的な挙動を示すことが確認された。また、測定値と解析結果が0.3mm~0.5mm程度異なっているが、全荷重段階でその差はほとんど変化していないことから、床版架設時の上げ越し量の誤差によるものと推測される。

4. 長期載荷試験

4.1 試験方法

長期載荷試験は、静的載荷試験終了後に載荷重を200kN (2.8kN/m²と等価な曲げモーメント) まで除荷して、8時間ごとに365日間にわたってたわみ量の自動計測を行った。また、気温の変動によるたわみ量の変化についても確認するために、熱電対を設置して気温の測定も同時に行った。

4.2 試験結果

表-4 に各変位測定点の経過日数ごとの変位測定結果を3ヶ月おきに抜粋したものを示す。また、図-7 に表-3 に示す④および⑧の平均値としたスパン中央部のたわみ量と経過日数の関係を、図-8 に試験期間の気温の変動を示す。本測定結果は、長期たわ

表-3 たわみ測定結果

荷重(kN)	各変位計の測定値(mm)							
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
0(自重)	0.11	2.91	5.31	6.06	5.29	2.88	0.11	6.04
50	0.11	3.06	5.64	6.44	5.62	3.04	0.11	6.42
100	0.12	3.23	6.00	6.86	5.99	3.23	0.12	6.84
150	0.13	3.42	6.39	7.32	6.39	3.43	0.13	7.29
200	0.15	3.65	6.85	7.84	6.83	3.66	0.14	7.82
250	0.16	3.85	7.25	8.30	7.24	3.86	0.15	8.28
300	0.18	4.15	7.85	8.98	7.84	4.19	0.16	8.95

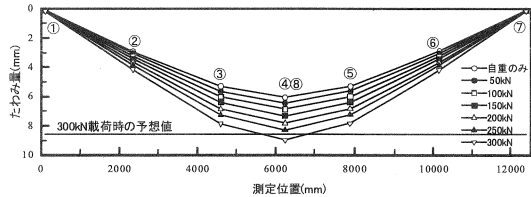


図-5 荷重段階ごとのたわみ分布

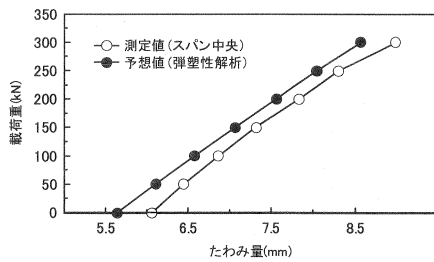


図-6 荷重とスパン中央のたわみ量の関係

表-4 各点の変位測定結果

経過日数	各点の変位量(mm)										気温 ⑾
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
90	-0.20	-2.79	-4.48	-4.88	-4.70	-2.99	-0.20	-4.56	0.17	0.26	15.0
180	-0.42	-4.99	-8.31	-8.68	-8.34	-5.20	-0.41	-8.25	0.25	0.40	23.9
270	-0.36	-4.77	-8.52	-9.03	-9.01	-5.83	-0.22	-8.75	0.09	0.12	8.7
365	-0.31	-4.38	-8.19	-9.08	-9.12	-6.08	-0.12	-8.57	0.06	0.01	-2.1

み測定に移行する際に自重によるたわみ量および200kN 荷重によるたわみ量は無視して、長期たわみ測定開始時を基準値として測定を開始しているため、図中の原点は0mm となっている。図によれば、測定開始直後から約14 日目まではたわみが急激に増加し0.093mm/日の増加量であり、その後約180 日目までは0.04mm/日であわみ量が増加する。180 日から365 日目までは、0.003mm/日であわみが増加する傾向を示している。この関係を直線で表すと図中の灰色の線で示すように、大別して3つの勾配を有した骨格線となる。365 日経過後の最終たわみ増加量は8.79mm であった。

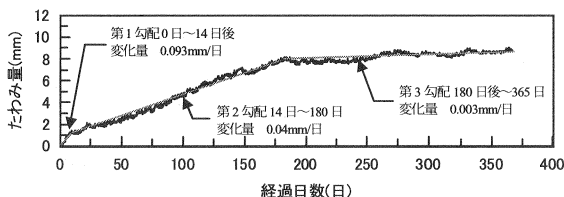


図-7 長期たわみ測定結果

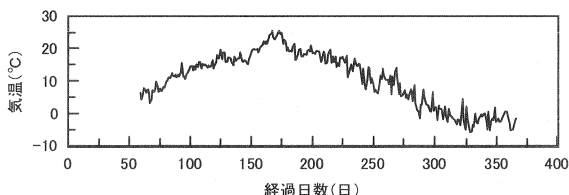


図-8 試験期間中の気温変動

4.3 長期荷重時の変形増大係数

長期荷重時の変形増大係数は、静的荷重試験の荷重重が200kN に対するたわみ量を弾性たわみと定義して、式(1) ¹⁾により求めた。

$$K = \frac{\text{長期たわみ}}{\text{弾性たわみ}} \quad (1)$$

ここに、K : 変形増大係数(ひび割れ、乾燥収縮、クリープ等のたわみを増大させる要因に関する係数)
弾性たわみ: 設計荷重作用時の弾性剛性(E・I)を用いたたわみ

静的荷重試験により得られた最大荷重到達以前の200kN 荷重時(設計荷重相当)のたわみ量が7.84mm であり、長期荷重試験により得られたたわみ増加量が8.79mm であったことから、365 日経過後のたわみ量の絶対値は16.63mm であり、変形増大係数K は2.12 であった。変形増大係数は、プレテンションPC 床版ではK=3~4^{2),3)}とされてきたが、試験により得られた変形増大係数は既往に示されたものよりも小さいものとなった。これは、段差を有していてもPC 鋼材が連続となっていることから、プレストレスが有効に作用しているためであると推測される。したがって、段差を有するPC 床版においては、PC 鋼材を連続的に配置することは、長期たわみ性能の向上に有効であることが確認された。

5. おわりに

段差部を有しアンボンドPC 鋼より線の連続ケーブルを配置したPC 床版の性能を荷重試験によって確認したところ、以下のことが確認された。

- (1) 長期荷重試験によれば、変形増大係数は2.12 でありプレテンションPC 合成床版よりも変形増大係数は小さいものとなった。
- (2) PC 鋼材を連続的に配置することで、PC 床版の長期たわみ性状は向上する。

今回の試験体では、連続ケーブル定着には定着体を用いたが、バンドアップやプレテンション鋼材端部の付着損失改善により性能を保持したまま経済性を得ることができるため、これらの手段を確立することが今後の課題である。

6. 参考文献

- 1) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説, pp.353~367, 1999.
- 2) 岩原昭次, 山下正吾: 長期持続荷重下における長大スパン合成床スラブの曲げ性状に関する研究, プレストレストコンクリート技術協会第8 回シンポジウム論文集, pp159~164, 1998.10
- 3) 森田宗男, 竹下修ほか: 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に関する実験研究, プレストレストコンクリート技術協会第12 回シンポジウム論文集, pp121~124, 2003.10