

(43) 軽量PRC造スラブの長期挙動に関する実験的研究

大同工業大学 建設工学科 ○山本俊彦
東急建設(株) 構造設計部 齊藤駿三

1. はじめに

軽度プレストレスを作用させるPRC造スラブは、比較的大きなスパンを対象としており、自重を減ずることにより一層の効果が期待される。しかし、床スラブに軽量コンクリートを用いた場合、たわみの増大やひび割れの発生、あるいは固有振動数の低下等、長期的な性状は明らかでない点が多い。これらの問題は、特に大スパンスラブで顕著になると考えられる。

このため、本研究では軽量PRC造スラブの長期挙動を把握するための実験を行った。実験では、実際の構造物での条件を考え、スラブに対して周辺架構による拘束を考慮した。

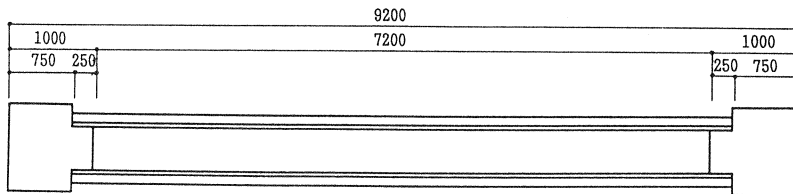
2. 実験概要

2.1 試験体

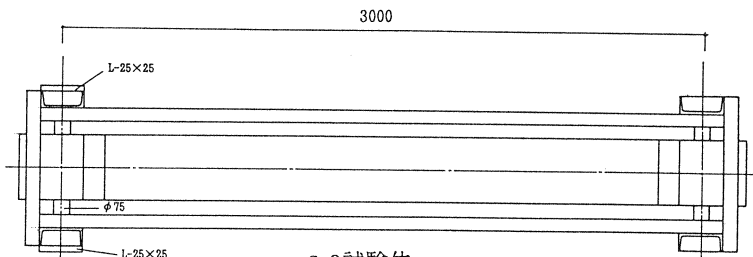
試験体を図-1、表-1に示す。試験体は、両端拘束2体、単純支持3体計5体である。S-1、S-2は、両端拘束試験体で、スパン720cm、スラブ厚20cmでスパン板厚比が36である。曲げ主筋は5-D10、 $pt=0.43\%$ とした。プレストレスは有効率を0.85とし、自重をキャンセルするようにした。PC鋼材は、 $1-\phi 9.5$ を用い、鋼材率0.42、軸方向力 6.02kgf/cm^2 とした。荷重は、曲げ主筋の引張応力が 2000kgf/cm^2 、スラブに生じる曲げ応力がコンクリートの曲げ強度設計値 26.1kgf/cm^2 程度となるように設計した。試験体S-1は軸

表-1 試験体一覧表

試験体	支持条件	スラブ形状(cm) (B×D×L)	スラブ筋		PC鋼材		スラブ拘束		荷重(kg/m)	
			配筋	Pt(%)	配線	鋼材率	鋼材	鋼材比(%)	自重	積載
S-1	両端拘束	50×20×720	5-D10(端部)	0.43	1-φ9.5	0.42	-	-	185	150
S-2			3-D10(中央)	0.26		4-□100	6.67			
S-3	単純支持	35×12×300	2-D10	0.43	1-φ2.9×3	0.41	-	-	78	204
S-4							4-□60	6.67		
S-5							-	-		



S-2試験体



S-3試験体

図-1 試験体の形状寸法

方向に拘束は無く、S-2は、スラブ断面積に対して6.67%の鋼材により軸方向の拘束を与えた。弾性係数比を考慮するとコンクリートに対する鋼材の比は0.898となる。また、軽量コンクリートのクリープ係数を3.0とすると、長期での鋼材の拘束率は0.758となる。

表2 コンクリートの配合

種類	セメント (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	W/C (%)	細骨材 (kg/m ³)	粗骨材 (kg/m ³)	スランブ (cm)	粗骨材径 (mm)	比重
一種軽量	296	176	59.4	868	444	18	15	1.85

表3 コンクリート強度

コンクリート	養生条件	材令 (日)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	弾性係数 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	曲げ強度 (kgf/cm ²)	比重
一種軽量	標準水中	28	232	1.71×10 ⁵	22.7	39.7	1.98
	現場水中	28	224	1.56×10 ⁵	22.1	38.2	1.99

表4 鋼材の機械的性質

種類	降伏強度 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	弾性係数 (kgf/cm ²)	伸び (%)
D10	3,800	5,490	1.90×10 ⁶	24.7
φ2.9×3	19,200	20,500	2.05×10 ⁶	9.0
φ9.5	15,600	16,900	1.95×10 ⁶	6.6

S-3、S-4は、単純支持試験体で、スパン300cm、スラブ厚12cmでスパン板厚比が25である。曲げ主筋は2-D10、 $p_t=0.43\%$ である。プレストレスは、1-φ2.9×3により鋼材率0.41、軸方向力5.58kgf/cm²とした。荷重はS-1、S-2と同様とした。S-3は軸方向に拘束は無く、S-4は、スラブ断面積に対して6.67%の鋼材により軸方向の拘束を与えた。

表5 コンクリートのクリープおよび乾燥収縮

材令(日)	28	28	91	182	365
クリープ歪み(μ)	0	422	983	1300	1690
クリープ係数	0	0	1.33	2.09	3.01
乾燥収縮歪み(μ)	0	-	336	537	640

S-5は、単純支持試験体で比較のための鉄筋コンクリート造である。荷重は、他の試験体と同様である。

表6 載荷時のたわみ(mm)

試験体	載荷時たわみ			自重たわみ		PS導入時
	実測値	計算値	比	計算値	実測値	
S-1	2.13	2.10	1.01	キャンセル	-	
S-2	2.43	2.10	1.16	キャンセル	-	
S-3	2.38	2.71	0.88	キャンセル	-1.02	
S-4	2.30	2.71	0.85	キャンセル	-0.86	
S-5	3.16	1.66	1.90	1.06	-	

2.2 使用材料

表-2、表-3にコンクリートの配合と強度等の性質を示す。使用コンクリートは、気乾比重1.85の一種軽量で、材齢28日圧縮強度は、224kgf/cm²であった。表-4に鋼材の機械的性質を示す。

2.3 プレストレスの導入と載荷

プレストレスは、材齢28日でPC鋼材規格降伏点強度の0.8を導入した。載荷は、コンクリートブロックによりプレストレス導入翌日の材齢29日で行った。

2.4 測定

測定は、たわみ、ひび割れおよび固有振動数について行った。また、使用コンクリートのクリープおよび乾燥収縮についても測定した。

3. 実験結果

3.1 コンクリートのクリープおよび乾燥収縮

表-5にコンクリートのクリープおよび乾燥収縮を示す。クリープは、10φ×20cm供試体を用いて材齢28日で60kgf/cm²の載荷を行った。乾燥収縮も同様の10φ×20cm供試体により測定した。材齢91日でクリープ係数は1.33、乾燥収縮歪みは336μであった。365日では、クリープ係数3.01、乾燥収縮歪み640μとなった。

3.2 プレストレス導入・載荷時のたわみ

表-6にプレストレス導入時、およびその直後の載荷によるたわみを示す。単純支持スラブS-3、S-4のプレストレス導入時のたわみは、ほぼ計算値に等しく、所定のプレストレスが導入されたことが確認され

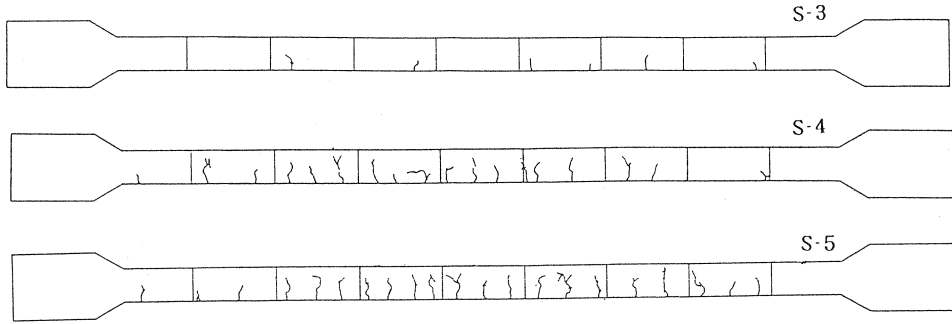


図-2 単純支持スラブ試験体のひび割れ状況

表-7 長期たわみ(mm)

試験体	たわみ						たわみ増大率					
	29日	91日	182日	363日	734日	1096日	29日	91日	182日	363日	734日	1096日
S-1	2.13	6.44	8.72	14.80	19.20	22.36	1.00	3.02	4.09	6.95	9.01	10.5
S-2	2.43	9.11	12.66	16.70	17.68	18.08	1.00	3.75	5.21	6.87	7.28	7.44
S-3	2.38	6.18	8.59	12.35	14.87	16.18	1.00	2.60	3.61	5.19	6.25	6.80
S-4	2.30	6.78	9.66	14.71	17.65	18.24	1.00	2.95	4.20	6.40	7.67	7.93
S-5	4.33	11.11	14.45	19.64	22.37	23.89	1.00	2.57	3.34	4.54	5.17	5.52

た。また、荷重によるたわみは、プレストレスを導入した試験体は、ほぼ計算値に等しい値を示した。しかし、鉄筋コンクリート造のS-5は、荷重時にひび割れが大きく進展し、計算値をかなり上回った。

3.3 ひび割れの発生状況

荷重時には、両端拘束試験体S-2の両端部上端および中央下端にわずかなひび割れが生じた。また、鉄筋コンクリート造スラブ試験体S-5は、荷重時に曲げひび割れが多く発生し、剛性低下が見られた。このほかの試験体には、荷重時にひび割れは発生しなかった。

材齢の進行とともに、いずれの試験体も多くの曲げひび割れが生じた。特に軸方向に拘束のある試験体にひび割れが多く見られ、S-2試験体のスラブ拘束両端部のひび割れが顕著であった。また、鉄筋コンクリート造スラブ試験体S-5のひび割れも多く見られた。図-2に単純支持試験体のひび割れ状況を示す。プレストレスによるひび割れ抑止効果も見られるが、軸方向拘束による乾燥収縮歪みの影響も大きい。

3.4 長期たわみの変化

表-7、図-3、4に長期たわみの変化を示す。たわみは、外気温・湿度の影響を受けるが、いずれ

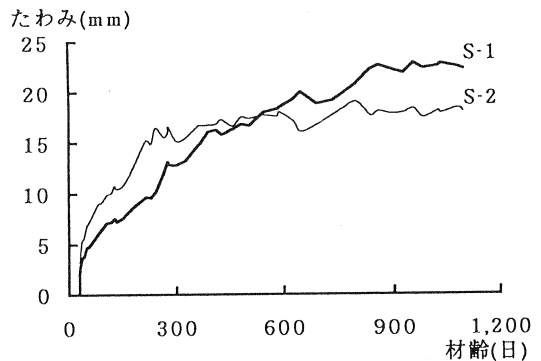


図-3 S-1、S-2試験体の長期たわみ

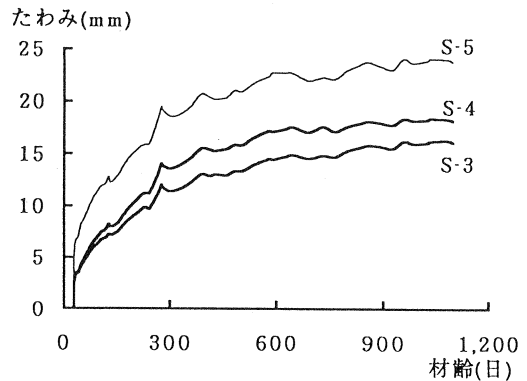


図-4 S-3、S-4、S-5試験体の長期たわみ

表8 固有振動数の変化(Hz)

試験体	計算値		固有振動数						計算値比					
	自重	全荷重	自重	載荷	91日	182日	363日	734日	自重	載荷	91日	182日	363日	734日
S-1	11.6	8.62	10.7	8.3	8.3	8.1	7.8	7.6	0.92	0.96	0.96	0.94	0.90	0.88
S-2			11.4	8.2	7.8	7.5	5.2	5.0	0.98	0.95	0.90	0.87	0.60	0.58
S-3	17.7	9.30	18.4	9.6	9.3	-	8.8	8.8	1.04	1.03	1.00	-	0.95	0.95
S-4			18.7	9.6	9.1	-	8.2	8.2	1.06	1.03	0.98	-	0.88	0.88
S-5	17.7	10.9	18.1	10.9	10.1	-	8.4	7.9	1.02	1.00	0.93	-	0.77	0.72

の試験体もほぼ同様にたわみの増大傾向を示した。

両端拘束スラブ試験体の材齢3年でのたわみは18mmから22mmに達した。たわみ増大倍率は、載荷時たわみに対して7.4から10.5となった。軸方向に拘束したS-2試験体は、初期にひび割れの発生が多く、たわみの増大も著しかったが、材齢1年以降たわみの増大は緩慢になった。

単純支持試験体のたわみは、材齢3年で16mmから24mmに達した。たわみ増大倍率は、5.5から7.9となった。たわみの絶対量は鉄筋コンクリート造スラブ試験体S-5が大きく、S-3に対し約1.5倍でプレストレスによるたわみ抑止効果が見られた。

3.5 固有振動数の変化

表-8に固有振動数の変化を示す。自重および初期載荷時の固有振動数は、ほぼ計算値に近い値を示した。材齢の進行に伴って、いずれの試験体も固有振動数は低下した。特に、S-2試験体での低下は著しく、スラブの剛性低下が大きいことを示している。端部でのひび割れの進展により、長期的なスラブの拘束条件の変化が生じていることが窺われる。

4. まとめ

軽量PRC造スラブの長期実験から、次のことが明らかになった。

1) 軽量コンクリートに軽度のプレストレスを導入することによって、長期的なたわみを減ずることができた。しかし、長期的なたわみ増大率は5.5から10.5倍とかなり大きく、用途に応じた適切な設計が必要と考えられる。

2) 軽量コンクリートは、乾燥に伴う引張強度の低下が大きいことが知られているが、今回の実験においてもひび割れの発生は材齢の進行とともに増大した。基本的には、乾燥収縮の低減が必要と考えられる。

3) 軸方向の拘束は、乾燥収縮による影響を顕著にし、多くのひび割れのを発生させた。両端拘束スラブにおいては、拘束端部のひび割れの進展によってスラブ支持条件の変化が窺われ、プレストレスによってたわみの増大はおさえられたものの、固有振動数の低下は著しかった。構造物内の架構によるスラブの拘束程度を考慮する必要があると考えられる。

参考文献

1) 日本建築学会：プレストレスト鉄筋コンクリート (III種PC) 構造設計・施工指針・同解説、pp.271-276.

2) 山本俊彦：載荷材令の異なるPRC造スラブの実験、日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)、C、pp.13-14、1986.8.

3) CEB-FIP：Model Code for Concrete Structures, 3rd Edition, Comite Euro-Internationale du Beton-Federation Internationale de la Precontrainte, Paris, 1978, Appendix E.

4) ACI Committee 318：Building Code Requirement for Reinforced Concrete, 1988.