

超高層 RC (33階) の施工実験 (高強度コンクリートの圧送実験)

宮下 剛士* Takeshi Miyashita
 小島 雅樹** Masaki Kojima
 笠松 照親*** Teruchika Kasamatsu
 山内 次郎**** Jirō Yamanouchi

1. はじめに

超高層鉄筋コンクリート造(33階)の開発のための施工実験の一環として、夏期におけるコンクリートポンプ圧送実験を行った。実験の目的は、工場添加型のスランプ低減型高性能 AE 減水剤を用いた高強度コンクリートのポンプ圧送性と品質変動に関する資料を得ることにある。本実験の特長は、実構造物における設計基準強度 480kgf/cm²のコンクリートの9階梁・スラブ打設を想定した垂直配管長さを取ったことにある。

各種の貴重な資料を得たので、ここに実験結果の要約を報告する。

2. 実験概要

2-1 全体計画

実験は、以下の3項目について行った。

- ① 圧送時のポンプ主油圧と管内圧力の測定
- ② 圧送前後のフレッシュおよび硬化コンクリートの品質試験
- ③ 構造体コンクリートの品質試験

2-2 コンクリート

実験に使用したコンクリートは、高強度コンクリート6種、普通コンクリート1種の合計7調合とした。コンクリートの調合を Table 1 に示す。

以後、調合記号 (Fc480-18等) で表現する。

2-3 圧送計画と圧力測定

配管は、生コン工場のバッチャープラント施設を利用し、水平長さ51.6m、垂直長さ22.8mとした。

配管状況及び圧力測定位置を Fig.1 に示す。

圧送時の管内圧力は、ポンプ吐出量を10、30、50m³/hと3段階に設定し、ひずみゲージ式圧力変換器により測定を行った(電磁オシログラフに記録)。

コンクリートポンプ車には、超高層 RC 工事に施工実績の多い機種として IPF110B-7 E21 (石川島建機) を使用した。

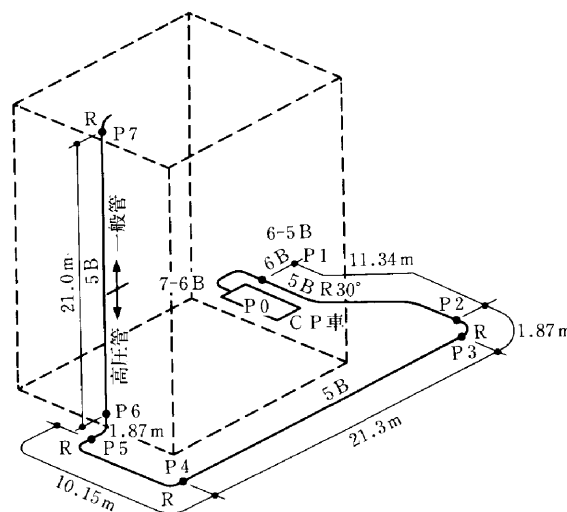


Fig.1 配管状況及び圧力測定位置

Table 1 コンクリートの調合

調合記号	設計基準強度 kgf/cm ²	スランプ cm	空気量 %	水セメント比 %	細骨材率 %	単位量 kg/m ³				混和剤 ※1 C×%
						セメント	水	細骨材	粗骨材	
Fc210-18	210	18	4	61.0	50.7	287	175	916	907	※2
Fc360-21	360	21		43.0	42.9	396	170	648	1008	1.55
Fc360-18		18								1.40
Fc480-21	480	21		33.5	39.6	508	170	648	1008	1.60
Fc480-18		18								1.50
Fc600-24	600	24		27.5	36.0	619	170	557	1008	1.70
Fc600-21		21								1.60

注) ※1 ; レオピルト SP-9HS ※2 ; ポゾリス No.70 250g/C=100kg

*技術研究所原子力課係長
 **技術研究所先端技術研究課副課長
 ***技術研究所原子力課長
 ****技術研究所研究部長

2-4 フレッシュ及びコンクリートの品質

出荷時、荷卸時、筒先時について品質試験を行った。

2-5 構造体コンクリートの品質

Fc480-18及びFc600-21について柱模擬部材（無筋）のコンクリート打設を行い、内部温度の測定及びコア強度試験を行った。

柱模擬部材の形状及びコア抜き位置、温度測定位置をFig.2に示す。

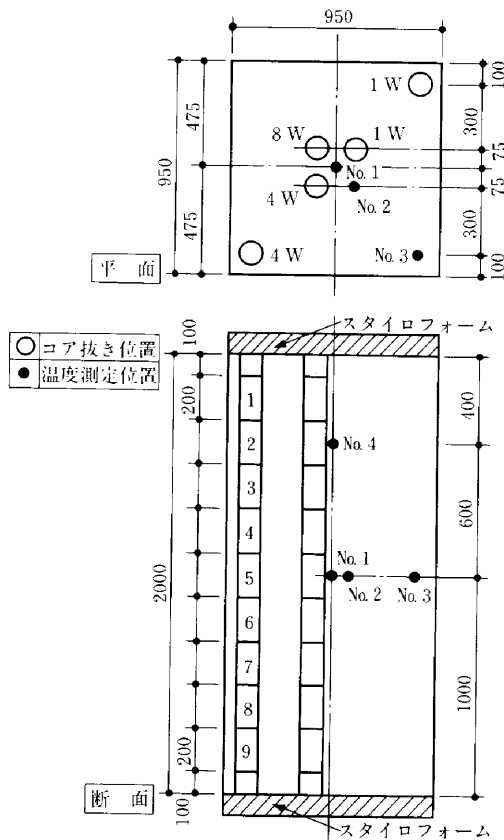


Fig.2 柱模擬部材形状及びコア抜き位置、温度測定位置

3. 実験結果および考察

3-1 ポンプ主油圧と管内圧力

圧力測定結果をTable 2の試験結果一覧に、また、理論吐出量とポンプ主油圧の関係をFig.3に示す。

実験結果より以下のことがわかった。

- ① ポンプ主油圧をみると、高強度コンクリートでもFc360-21, -18, Fc480-21では、普通コンクリートと同様の傾向を示す。
- ② Fc480については、スランプの違いによりポンプへの負荷に大きな差があり、ポンプ吐出量に限界がある。
- ③ Fc600については、スランプにかかわらず、負荷が大きく、本実験条件ではポンプ吐出量40m³/h程度が限界となった。

3-2 フレッシュおよび硬化コンクリートの品質

試験結果一覧をTable 2に示す。

実験より以下のことがわかった。

- ① Fc480については、圧送前後のスランプ、フロー、空気量とも変化が小さく、圧送の影響はあまり見られない。
- ② Fc600については、圧送前後のスランプ、フローとも変化が大きく、圧送後のコンクリートの性状は、こわばって見える。しかし、空気量は他の調合のものと同様変化は小さい。
- ③ 高強度になるほど、材令7日までの強度発現が大きく、28日以降は強度の増進が少ない。
- ④ Fc480, 600について、標準養生での試料採取位置の相違による強度をみた場合、材令7日、28日も際立った差はなく、圧送による強度への影響はあまり見られない。

3-3 構造体コンクリートの品質

内部温度測定結果をFig.4、コアの圧縮強度の分布をFig.5, 6に示す。

実験より以下のことがわかった。

- ① 内部温度は、Fc480, 600のいずれも打設後約21時間

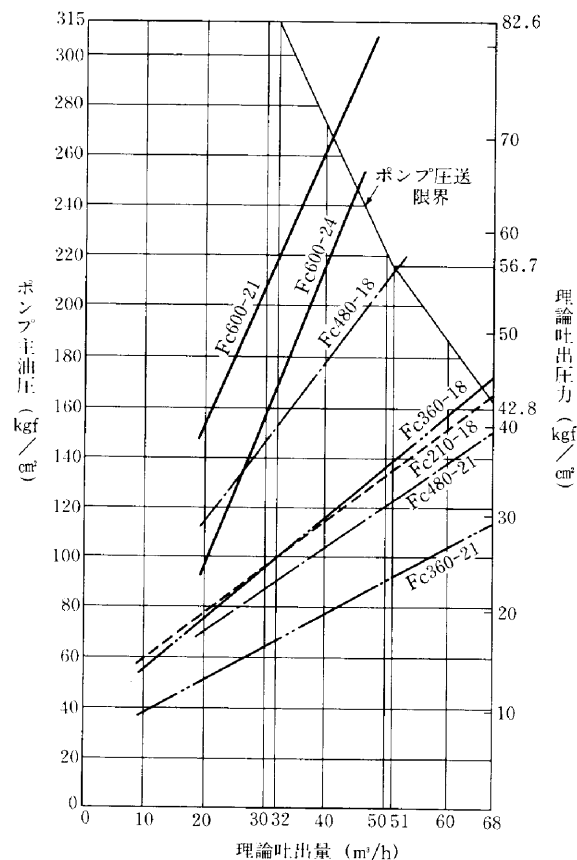


Fig.3 理論吐出量とポンプ主油圧の関係 (IPF100B-7E21)

Table 2 コンクリート試験及び圧力測定結果

調査記号	試料採取	スランプ cm	スランプフロー mm	空気量 %	温度 °C	圧縮強度 kgf/cm ²							養生方法	1日	3日	7日	28日	56日	91日	設定吐水量 m ³ /h	理論吐出量 m ³ /h	ポンプ主油圧 kgf/cm ²	理論吐出圧 PO kgf/cm ²	管内圧力 kgf/cm ²							水平管圧力損失 kgf/cm ² /m	垂直管圧力損失 kgf/cm ² /m
						P 2	P 3	P 4	P 6	P 7	P 2	P 3												P 4	P 6	P 7						
Fc210-18	出荷	18.5	325	5.1	30.0			183	270										10	12.8	66.7	17.5	14.6	13.6	11.7	10.0	1.5	0.09	0.41			
	荷卸	17.5	303	4.9	30.0	標準		166	225										30	33.3	96.4	25.3	19.8	19.6	14.8	13.0	2.1	0.23	0.52			
Fc360-21	筒先	15.5	265	3.8	28.0	現水		191	252										50	58.2	148.3	38.8	26.0	25.2	18.1	16.5	2.7	0.33	0.66			
	出荷	22.5	403	4.1	30.0	標準		356	455										10	15.4	47.0	12.3	10.5	9.5	7.6	6.6	1.2	0.09	0.26			
Fc360-18	荷卸	21.5	388	3.0	29.0	現水		329	423										30	36.6	70.4	18.5	16.7	15.6	13.9	11.4	1.6	0.08	0.47			
	筒先	20.5	360	2.6	29.0	現水		352	448										50	56.5	97.8	25.6	21.8	20.1	17.7	13.9	2.4	0.11	0.55			
Fc480-21	出荷	19.0	333	4.3	30.0	標準		364	502										10	15.3	54.8	14.4	16.0	14.8	10.1	8.8	1.2	0.22	0.36			
	荷卸	19.0	315	3.5	30.0	現水		351	423										30	33.3	78.3	20.5	22.4	20.8	13.6	11.3	2.0	0.34	0.44			
Fc480-18	筒先	18.0	285	2.9	28.0	現水		366	459										50	55.4	118.4	31.0	29.3	28.3	18.0	14.7	3.1	0.48	0.55			
	出荷	23.0	470	5.2	31.0	標準		414	537										10	21.3	65.7	17.4	18.6	16.0	10.8	10.8	0.0	0.24	0.52			
Fc600-24	荷卸	22.0	398	5.0	31.0	現水		472	617										30	41.6	98.6	25.8	24.3	22.1	13.8	13.1	0.0	0.39	0.63			
	筒先	21.0	365	4.4	30.5	現水		158	369	465	553	586	605						50	60.8	119.7	31.4	31.2	29.4	17.1	15.8	1.2	0.58	0.70			
Fc600-21	出荷	20.0	330	5.3	31.0	標準		454	577										10	19.6	109.7	28.8	20.7	24.3	15.8	14.7	1.0	0.40	0.65			
	荷卸	18.0	293	4.6	31.0	標準		465	569										30	36.5	170.9	44.8	29.7	34.2	20.2	18.4	1.5	0.66	0.80			
Fc600-21	筒先	17.0	290	4.2	31.0	現水		166	371	485	604	650	676						50	58.4	234.2	61.4	42.3	47.4	27.2	23.3	1.9	0.95	1.02			
	出荷	23.0	440	5.3	32.0	標準		459	540										10	19.2	94.9	24.9	20.9	19.6	15.4	12.8	0.0	0.20	0.58			
Fc600-24	荷卸	23.5	470	5.3	32.0	現水		585	725										30	36.0	187.8	49.2	37.5	36.7	24.6	18.2	0.8	0.57	0.83			
	筒先	22.0	355	4.4	31.5	現水		227	482	615	693	736	755						50	51.5	286.7	75.1	59.1	54.6	37.2	26.1	1.4	0.82	1.18			
Fc600-21	出荷	22.0	398	4.9	32.0	標準		607	687										10	19.6	150.8	39.5	31.5	32.7	26.7	20.1	0.8	0.28	0.92			
	荷卸	22.0	398	4.9	32.0	標準		605	720										30	36.4	242.7	63.6	53.1	50.1	37.0	26.0	1.4	0.62	1.17			
Fc600-21	筒先	15.0	245	4.6	31.5	現水		243	491	634	743	807	811						50	48.5	307.7	80.6	68.2	57.0	44.4	31.6	1.7	0.59	1.43			
	出荷	22.0	398	4.9	32.0	標準		601	716										10	19.6	150.8	39.5	31.5	32.7	26.7	20.1	0.8	0.28	0.92			
Fc600-21	荷卸	22.0	398	4.9	32.0	標準		605	720										30	36.4	242.7	63.6	53.1	50.1	37.0	26.0	1.4	0.62	1.17			
	筒先	15.0	245	4.6	31.5	現水		246	507	654	749	766	802						50	48.5	307.7	80.6	68.2	57.0	44.4	31.6	1.7	0.59	1.43			
Fc600-21	出荷	22.0	398	4.9	32.0	標準		606	725										10	19.6	150.8	39.5	31.5	32.7	26.7	20.1	0.8	0.28	0.92			
	荷卸	22.0	398	4.9	32.0	標準		605	720										30	36.4	242.7	63.6	53.1	50.1	37.0	26.0	1.4	0.62	1.17			
Fc600-21	筒先	15.0	245	4.6	31.5	現水		246	507	654	749	766	802						50	48.5	307.7	80.6	68.2	57.0	44.4	31.6	1.7	0.59	1.43			
	出荷	22.0	398	4.9	32.0	標準		606	725										10	19.6	150.8	39.5	31.5	32.7	26.7	20.1	0.8	0.28	0.92			

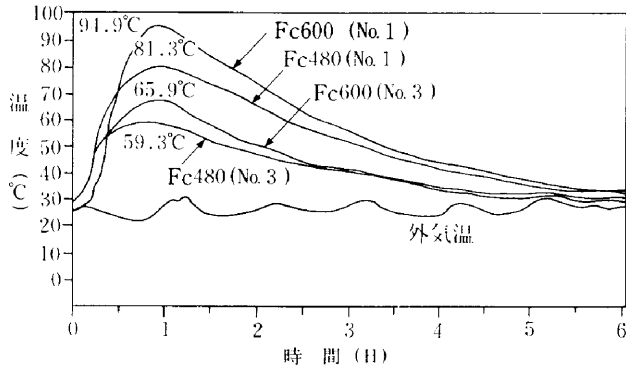


Fig.4 内部温度測定結果

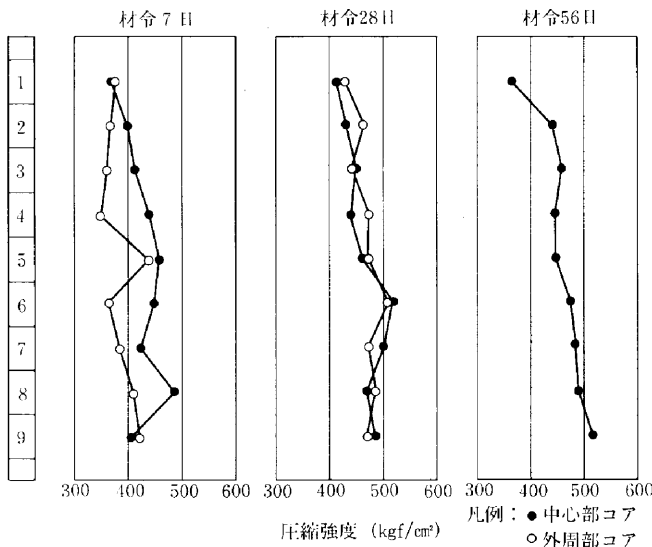


Fig.5 コア圧縮強度の分布 (Fc480-18)

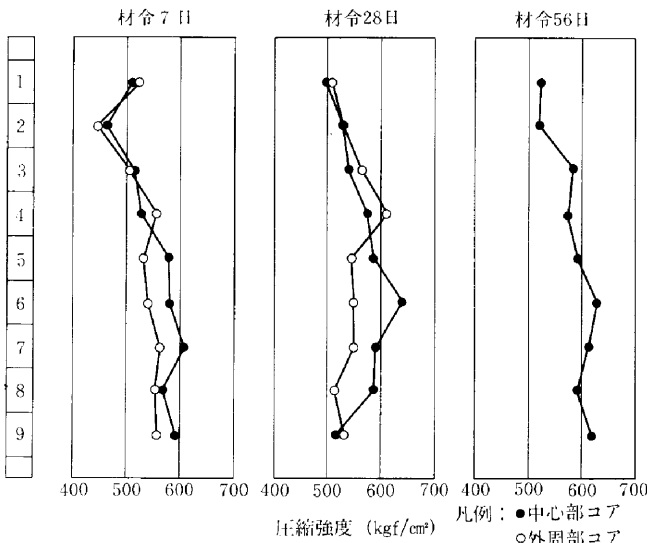


Fig.6 コア圧縮強度の分布 (Fc600-21)

で最高温度に達し、中心部については単位セメント量10kgあたり約1°Cの温度上昇がみられる。

- ② Fc480では材令28日、Fc600では材令56日でほぼ設計基準強度に達した。
- ③ Fc480, 600とも材令7日までの強度発現が大きく、それ以降の増進は小さい。
- ④ 上下方向の強度分布をみると、Fc480, 600とも上層にいくに従い強度が若干低下する傾向がみられ、上層部の一部では、設計基準強度を下回るものがみられる。単位容積重量についての有意差はみられない。
- ⑤ 水平方向の強度分布をみると、中心部の最高温度がかなり上昇し、強度低下の可能性が考えられたが、圧縮強度、単位容重量とも中心部の方が外周部より大きい傾向がみられた。

4. おわりに

今回の実験により、高強度コンクリートのポンプ圧送についても、適切な調合計画と品質管理を行えば、圧送による品質変動は少ないことがわかった。しかし、普通コンクリートに比べかなり粘性が高いため、実施工に際しては、これまで以上に入念な締固めやこて均しに対する注意が必要であることもわかった。

$F_c=600\text{kgf/cm}^2$ については、まだ、ごく一部で施工されている段階にあるが、 $F_c=480\text{kgf/cm}^2$ よりさらに粘性が高く、調合計画を含め、今後とも実施工に向けてさらに研究を重ねて行く必要がある。

参考文献

- 1) 日本建築学会編：コンクリートポンプ工法施工指針案・同解説 (1979改定)。