遠心力締固めコンクリートの配合設計に関する研究*

(とくに細骨材の粒度および細骨材率の影響について)

西 林 新 蔵** 阪 田 憲 次**
秀 島 節 治*** 五 所 窪 邦 夫***

Fundamental Studies on the Mix Proportion of Centrifugally Placed Concrete (The Effects of the Grading of Sand and Fine Aggregate Ratio)

by

Sinzo NISHIBAYASHI, Kenji SAKATA
(Faculty of Engineering, Tottori University, Tottori)
Setsuji HIDEHIMA and Kunio GOSHOKUBO
(Nisso-Master Bilders Co., Ltd., Tokyo)

To examine how far the effect of mix proportion in fresh concrete and in hardened concrete, centrifugally placed, upon its properties is dependent on its conditions, six sorts of sand graded according to grain size were selected and several rates of mix proportion s/a were determined for the experiments, which have been performed with these selected materials thus variously mixed. The tests of fresh concrete have been performed to investigate the mutual relation between the different grade of sand and different rate of mix proportion s/a on one hand and on the other the water content required for maintaining constant consistency. Investigation has also been made of the efficacy of water-reducing admixture. The tests of hardened concrete have been made to find the effects of the above mentioned conditions in mixing proportion on the segregation and separation of centrifugally placed concrete, and to ascertain its manifest gain in strength. The main results obtained by them are as follows.

(1) Of the fine aggregates of different grades in grain size of sand, the finer part has effects on the water content, while the coarser part on the mix proportion s/a respectively, and when the mix proportion is properly determined, the centrifugally placed concrete with gap grades of sand will occasionally make better concrete of higher strength with smaller segregation.

(2) The use of water-reducing admixture of good quality will remarkably raise the workability of fresh concrete, and considerably reduce the segregation and separation of centrifugally placed concrete.

(Received July 16, 1971)

1 研究目的

最近、遠心力締固め PC パイルの需要が急速に高まり、この種 PC パイルに関する実験的研究も各所で活発に実施されている。これらの研究は、初期強度の発現¹⁾に関するもの、製品の強度、耐力に係るものおよび構造物の基礎としての PC パイルの力学的性質に係るものが多い²⁾。一般に、遠心力締固めを行なうと Fig. 1 に示すように外側に粗骨材が集まり、その内側にモルタル層、最も内側にレータンス層ができその

中間にはペースト層を形成する。この分離の傾向は遠心力が大きいほど大きくなるといわれている。遠心力締固めコンクリートの材料分離に影響をおよぼす要因として、細骨材の粒度とくに 0.3 mm 以下の細粒部分の有無、コンクリートの配合においては細骨材率 s/a や単位水量の選び方、遠心力締固め条件などが挙げられている³⁾。遠心力締固め中における材料の分離の問題について、H. Stamenkovic はつぎに述べるような実験結果を報告している⁴⁾。遠心力締固めにおける材料の分離は、締固め中におけるセメント、細骨材、粗骨材および水の相互の摩擦を大きくすれば防止でき、材料間の摩擦は、(a) 打込みの可能な範囲内でできるだけ

* 原稿受理 昭和46年 7月16日

** 正 会 員 鳥取大学工学部 鳥取市湖山町

*** 正 会 員 日曹マスタービルターズ(株) 東京都港区六本木

Fig. 1. Segregation and separation of centrifugally placed concrete.

単位水量を減じ水セメント比を小さくする, (b)骨材中のシルト質の量を少なくする, (c)角張った, 表面の粗

い砂を用いる, (d)粗いセメントを用いる, 等で大きくすることができる. さらに, このような材料の選定および適正配合を行なえば, セメント使用量を減じ, 高強度, 均一かつ耐久性の大きい高品質の遠心力締固めコンクリートを製造できるとしている.

以上述べたように, 遠心力締固めコンクリートは材料の分離の傾向を考慮に入れると, 材料の選定や, 配合設計の段階において一般に用いられているコンクリートとは若干概念的に異なることを常に念頭に入れておかなければならない.

本研究は, 材料中とくに骨材分離に支配的な影響をおよぼすと考えられる細骨材の粒度と s/a あるいは同一コンシステンシーを得るに要する水量との関係を実験的に検討し, あわせて実際に遠心力で締固めた中空円筒供試体の内側に生成する分離層の厚さと s/a , 粒度との関係, 強度 (標準養生) 発現の傾向, さらにには

Table I. The physical properties of used cement.

Brands of cement	Specific gravity	Fineness Blain's specific surface (cm ² /g)	Setting time (hr-min)			Soundness (Pat test)	Flow (mm)	Strength (kg/cm ²) (4×4×16 cm, mortar)					
			Amounts of water (%)	Initial	Final			Flexural			Compressive		
								3 days	7	28	3 days	7	28
I	3.16	3240	26.3	2-05	3-15	OK	240	33.0	48.5	74.8	110	218	409
II	3.16	3220	26.8	2-25	3-47	OK	247	31.7	51.9	75.7	113	230	404
III	3.16	3300	26.3	1-57	3-15	OK	239	34.6	49.4	76.1	109	217	416

Above brands of cement were used as blended cement

Table II. The physical properties and grading of used fine aggregate.

Classification	Diameter of particle and grading (mm)	Combined proportions of screened aggregate (%)	Specific gravity	Water absorption (%)	Grading (retaining % by weight)						Fineness Modulus F. M
					5 mm	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	
Screened aggregate	(1) 10~5		2.64		100	100	100	100	100	100	6.00
	(2) 5~2.5		"		0	98	100	100	100	100	4.98
	(3) 5~1.2		"		0	28	90	99	100	100	4.17
	(4) 2.5~1.2		"			0	97	100	100	100	3.97
	(5) 1.2~0.6		"				0	97	100	100	2.97
	(6) Smaller than 1.2		"				0	31	76	96	2.03
	(7) Smaller than 0.6		"					2	62	90	1.54
Combined aggregate	S_1	(3) 35% (6) 65%	2.64	1.84	0	10	32	55	84	97	2.78
	S_2	(1) 10% (3) 40% (6) 50%	"	1.74	10	21	46	65	88	98	3.28
	S_3	(4) 10% (5) 30% (7) 60%	"	2.06		0	10	40	77	94	2.21
	S_4	(1) 10% (2) 10% (4) 25% (7) 55%	"	1.77	10	20	44	45	78	93	2.90
	S_5	(1) 10% (2) 9% (5) 32% (7) 49%	"	1.87	10	19	19	51	81	95	2.75
	S_6	(1) 10% (2) 12% (7) 78%	"	1.92	10	22	22	24	70	92	2.40

Table III. Physical properties and grading of used coarse aggregate.

Diameter of particles (mm)	Specific gravity	Water absorption (%)	Grading (retaining % by weight)						Fineness Modulus F M
			25 mm	20	15	10	5	2.5	
20~10	2.62	1.10	0	20	61	97	100	100	7.17
15~5	"	1.33		0	6	99	100	100	6.99
10~5	"	1.60			0	24	98	100	6.22
Mixed 1:1:1	"	1.34	0	7	22	73	99	100	6.79

この種コンクリートに対する減水剤の効果について検討するために計画した。

2 実験計画

本研究においては、コンクリートの配合を決定する際に考慮すべき諸要因のうち、細骨材の粒度、 s/a 、所要のスランブを得るのに要する単位水量などの諸要因の相互関係に関し次の点について考察を加えることにした。

- (1) 細骨材の粒度、 s/a および単位水量の相互の関係および各粒度における最適 s/a の決定。
- (2) 遠心力締固め中空円筒コンクリート供試体の分離層の厚さと、 s/a 、砂の粒度との関係
- (3) 各要因を組合わせたコンクリートの強度。
- (4) 化学混和剤の使用による効果。

3 使用材料および試験方法

3.1 セメント

3種類の銘柄の異なる普通ポルトランドセメントを等量ずつ混合したブレンデットセメントを用いた。このセメントの物理試験結果を Table I に示す。

3.2 混和剤

使用した混和剤は、表面活性作用を有する減水性遅延剤（記号；WR-SR、商品名：ポゾリス No.8 IMP、JSMS 規準（案）相当品）である。

3.3 骨材

河川産骨材を Table II に示すように7粒径にふるい分け、これを6種類の粒度条件および混合割合で混合した。これら骨材の粒度分布を Fig. 2 に示す。

粗骨材は最大寸法 20 mm の碎石で、全試験をつうじて同一粒度のものを用いた。各粒度別のふるい分け試験結果、混合割合および粒度分布を Table III、Fig. 3 に示す。

3.4 配合

単位セメント量はブレンコンクリートでは 480 kg/m³、混和剤使用コンクリートでは 440 kg/m³ とし、スランブは 5.5±1 cm、 s/a はそれぞれの細骨材の粒度に対して 2% おきに 4 点ずつ選んだ。決定した配合を Table III に示す。

3.5 試験方法

Fig. 2. Gratings of fine aggregate.

Fig. 3. Grading of coarse aggregate.

フレッシュコンクリートに対しては、2 バッチ連続してスランブ、V. B. 値、空気量を測定した後 $\phi 20 \times 30$ cm の遠心締固め用型枠にコンクリートを挿てんし、初速 200 rpm (4.5 g) 4 分間、中速 420 rpm (19.5 g) 4 分間、高速 550 rpm (34 g) 6 分間の遠心力を与え、コンクリート厚さ 4 cm の中空円筒供試体を製作した。なお、遠心力締固めの条件は予備試験を行なって決定したものである。

硬化コンクリートに対しては、遠心力締固め供試体をコンクリートカッターで切断し、断面内側に生成した分離層の厚さを直径方向に 4 点、0.1 mm まで測定

し, さらに標準供試体 ($\phi 10 \times 20$ cm) の材令 7 日および 28 日の圧縮強度を求めた。

4 フレッシュコンクリートの性質

Table IV は, 細骨材の各粒度別に s/a を変えた場合の単位水量, V.B. 値, 空気量の測定結果を示したものである。 s/a による単位水量の変化を厳密に検討するため, スランプ 1 cm の増減に対する単位水量の変化を 1.2 % として, 基準スランプ (5 cm) から ± 0.3

cm 以上変化した値に対しては補正を施し, これを補正水量として表示した。一方, スランプはコンクリートの自重による変形とその変形に抵抗する力との釣合いによって定まり, V.B. 値は振動によって一定の変形を起こさせるのに要する時間であることを考慮すると, これら 2 つの特性値の積は打込みあるいは締固めに必要な仕事量となる。そこで, (スランプ 値) $\times$ (V.B. 値) を変形係数 (deformation factor) と仮称

Table IV. Test results of fresh and hardened concrete.

(1) Plain concrete ($C=480$ kg/m³)

Gradings of fine aggregate	s/a (%)	W/C (%)	Water contents (kg/m ³)	Adjusted water contents* ¹ (kg/m ³)	Slump (cm)	V. B. (sec)	Deformation factor* ² (cm sec)	Air contents (%)	Depth of segregated layer* ³ (mm)	Compressive strength (kg/cm ²)	
										7 days	28 days
S_1	42	38.5	185	186	4.7	14.5	68.2	1.4	10.6	447	588
	40	37.9	182	183	4.8	13.2	63.4	1.0	9.6	457	593
	38	38.1	183	181	5.5	9.2	50.6	1.0	8.8	432	598
	36	38.3	184	183	5.2	11.8	61.4	1.0	8.8	469	584
S_2	44	38.1	183	179	5.9	9.7	57.2	1.4	11.0	417	565
	42	39.5	180	178	5.5	9.7	53.4	1.5	10.0	430	566
	40	37.7	181	176	5.9	8.4	49.6	1.3	9.7	441	557
	38	38.3	184	181	5.7	9.8	55.9	1.3	8.2	417	545
S_3	38	40.2	193	193	5.0	10.4	52.0	1.3	10.4	424	546
	36	40.0	192	190	5.4	9.1	49.1	1.2	9.8	436	557
	34	39.6	190	187	5.6	9.3	52.1	1.2	9.2	435	562
	32	40.0	192	190	5.5	9.8	53.9	1.0	7.6	407	550
S_4	40	37.9	182	175	6.5	10.0	65.0	1.7	9.4	463	524
	38	37.3	179	172	6.6	8.0	52.8	1.3	8.8	456	543
	36	37.7	181	174	6.7	7.8	52.3	1.0	8.7	462	563
	34	38.1	183	177	6.4	9.0	57.6	1.2	8.2	457	547
S_5	40	39.0	187	183	6.0	9.6	57.6	1.3	10.6	427	566
	38	38.3	184	182	5.5	9.2	50.6	1.2	10.2	421	573
	36	38.8	186	181	6.2	8.7	53.9	1.0	9.2	430	579
	34	39.0	187	183	6.0	10.0	60.0	0.8	7.8	422	557
S_6	40	39.8	191	189	5.4	10.2	55.1	1.2	9.6	370	497
	38	39.6	190	184	6.3	7.6	47.9	1.0	9.2	369	487
	36	39.4	189	182	6.5	7.6	49.4	0.8	9.0	381	519
	34	39.8	191	185	6.3	9.0	56.7	0.7	8.0	374	510

(2) Concrete with water-reducing and set-retarding admixture ($C=440$ kg/m³)

Gradings of fine aggregate	s/a (%)	W/C (%)	Water contents (kg/m ³)	Adjusted water contents* ¹ (kg/m ³)	Slump (cm)	V. B. (sec)	Deformation factor* ² (cm sec)	Air contents (%)	Depth of segregated layer* ³ (mm)	Compressive strength (kg/cm ²)	
										7 days	28 days
S_1	40	37.5	165	165	5.2	10.2	52.8	3.9	8.7	490	608
	38	37.0	163	163	5.1	9.5	48.6	3.8	8.1	491	625
	36	36.6	161	160	5.3	8.9	47.0	3.5	8.1	497	618
	34	37.0	163	163	5.1	9.8	50.0	3.2	7.4	508	621
S_2	42	36.6	161	159	5.5	10.0	55.0	2.4	9.1	461	595
	40	35.9	158	158	5.1	9.4	48.0	2.2	8.2	465	601
	38	36.4	160	157	5.8	8.8	51.3	2.3	7.6	466	592
	36	36.8	162	161	5.3	10.9	58.0	2.4	6.8	454	592
S_3	36	39.3	173	172	5.3	10.0	53.7	3.4	9.6	454	617
	34	38.9	177	169	5.5	9.5	52.0	3.4	8.4	468	628
	32	38.2	168	166	5.6	8.2	46.0	3.0	7.4	448	619
	30	38.9	171	169	5.5	11.0	60.5	3.1	6.7	463	629
S_4	38	36.4	160	158	5.6	9.6	53.9	3.1	8.6	480	613
	36	35.9	158	155	5.8	8.0	47.1	3.0	8.5	489	630
	34	36.4	160	157	5.8	9.6	45.7	3.0	7.8	489	630
	32	36.8	162	159	5.7	12.0	69.4	3.5	7.4	467	590
S_5	38	38.2	168	163	6.3	8.6	53.9	3.5	10.2	437	592
	36	37.7	166	162	6.0	8.0	47.2	3.4	9.0	446	584
	34	37.5	165	161	6.0	8.6	51.7	3.0	8.6	440	598
	32	38.0	167	162	6.2	9.0	55.1	3.2	6.8	405	589
S_6	38	38.6	170	166	5.9	9.0	52.5	3.4	8.8	389	560
	36	38.2	168	162	6.3	7.5	47.8	2.8	8.4	406	567
	34	37.7	166	160	6.6	7.0	46.4	3.2	8.0	405	568
	32	38.2	168	163	6.2	7.8	48.2	3.0	7.4	399	537

*1 Adjustment of water content was taken place by $\pm 1.2\%$ each 1 cm increase or decrease in constant slump (5 ± 0.2 cm)

*2 Slump (cm) $\times$ V.B. Value (sec)

*3 The depth of segregated layer in cross section of the specimen which was manufactured from centrifugal process

Fig. 4. Relations between s/a and required water contents to constant slump (5.0 ± 0.2 cm) for plain concrete and concrete with WR-SR admixture.

Fig. 5. Relations between s/a and deformation factor for plain concretes and concretes with WR-SR admixture.

して、スランプと V.B. 値を総合的に評価することを試みた。これら変形係数も Table IV 中に示した。

さらに、Table IV 中の s/a と補正水量との関係を Fig. 4 に、また s/a と締固めに必要な仕事量 (変形係数) との関係を Fig. 5 に示す。

4・1 s/a と所要スランプを得るのに要する単位水量との関係

連続粒度 S_1, S_2, S_3 における単位水量と s/a の関係をみると、標準粒度の上限に近い分布 (S_2 , F.M. = 3.28) では、単位水量は少なく s/a は大きくなり、一方下限に近い分布 (S_3 , F.M. = 2.21) では s/a は小さく選べるが単位水量は多くなる。さらに中間粒度 (S_1 , F.M. = 2.78) においては両者のほぼ中間の特性

値を示し、これら3種類の連続粒度における特性値は F.M. の値によってほぼ一義的に定まる。

不連続粒度 (Gap grading) S_4, S_5, S_6 においては、0.6 mm gap (S_4) の場合に単位水量が最も少なく、1.2 mm gap (S_5), 1.2~0.6 mm gap (S_6) の場合には単位水量の差はほとんど認められない。また、 s/a は単位水量の少ない S_4 でやや大きく選ぶ必要があるが、 S_5, S_6 では変わらず S_4 よりも2%程度小さくなる。 S_5 と S_6 を比較すると、 S_6 の方が s/a に対する単位水量の変化が大きく現われ、細粒を gap した S_4 とほぼ同じ傾向を示す。このことは、細骨材中の細粒分は単位水量の増減に、粗粒分は s/a の増減に関係し、gap の影響は s/a よりもむしろ単位水量の増減に大きな影響をおよぼすものと推察される。

4・2 s/a と変形係数との関係

Fig. 5 は s/a と変形係数との関係を細骨材の粒度別に示したものである。これによると、 s/a の変化による変形係数の差は前述した単位水量と s/a との関係の場合よりも顕著に現われているが、細骨材の粒度による変形係数の値にはあまり大きな差はない。細骨材の粒度別に係数値を考察すると、F.M. が大きくなれば最小変形係数は s/a の大きいところで現われ、たとえ gap grading であっても F.M. が等しければほぼ同じ s/a において最小変形係数が現われる。すなわち、各粒度のもつ F.M. によって最小変形係数を与える s/a が決まるといえる。

4・3 最適 s/a について

細骨材の各粒度別に、各特性値から得られた最適 s/a と最少単位水量を求めると Table V に示すようになる。これによると、最小最適 s/a は S_3 において、最大最適 s/a は S_2 において現われその差は6~8%となる。一方、単位水量は S_2, S_4 において少なくなる。また、gap grading の S_4 において s/a を大きく選ぶ必要のあるのは、0.6 mm の gap の影響が現われたためと考えられるが、 S_5, S_6 においては最適 s/a 、単位水量ともほとんど差がないことから、0.6 mm の gap をそれ以下の細粒分で補なってやれば、1.2 mm gap の場合と同じ傾向を示すようになるものと推察される。さらに、単位水量および最適 s/a の差は連続粒度 S_2 と S_3 において最も大きく、 s/a で6~8%、単位水量で10~15 kg/m³ となる。したがって、連続粒度であっても粒度の細粗によってコンクリートのワーカビリティはかなり異なり、gap grading の細骨材を用いる場合の方がワーカブルなコンクリートが得られる場合もありうるということがわかる。

4・4 減水剤の使用による効果

細骨材の粒度と s/a 、あるいは単位水量との関係において、プレーンコンクリートと減水剤 (WR-SR 剤)

Table V. Optimum s/a obtained from some tests, minimum water contents at optimum s/a and reduction in water at each gradings of fine aggregate

Gradings of fine aggregate	Optimum s/a (%)						Min water contents at optimum s/a (kg/cm ³)		Reductions in water (%)
	Plain concrete			Concrete with WR-SR admixture			Plain concrete	Concrete with WR-SR admixture	
	By water contents	By V. B value	By deformation factor	Water contents	V B value	Deformation factor			
S_1	38	38	38	36	36	36	181	160	88.4
S_2	40	40	41	40	38	40	176	157	89.2
S_3	34	36	36	32	32	32	187	166	88.8
S_4	38	36	37	36	36	34	172	155	90.1
S_5	36	36	38	34	36	36	181	161	89.0
S_6	36	37	37	34	34	35	182	160	87.9

Table VI. Compressive strength at the optimum s/a and strength gain of concrete with water-reducing and set-retarding admixture.

Grading of fine aggregate	Plain concrete			Concrete with WR-SR admixture			Increase in compressive strength (%)
	W/C (%)	σ_{28} (kg/cm ²)	Standard deviations S (kg/cm ²)	W/C (%)	σ_{28} (kg/cm ²)	Standard deviations S (kg/cm ²)	
S_1	38.1	598 (591)	5.3	36.6	618 (618)	6.3	103 (105)
S_2	37.7	557 (558)	8.0	36.4	592 (595)	3.7	106 (107)
S_3	39.6	562 (554)	6.2	38.2	619 (623)	5.3	110 (113)
S_4	37.3	543 (544)	13.9	35.9	630 (616)	16.4	116 (113)
S_5	38.8	579 (569)	8.2	37.5	598 (591)	5.1	103 (104)
S_6	39.4	519 (503)	12.2	37.7	568 (558)	12.5	109 (111)

(): Mean values in each grading of fine aggregate

を混和したコンクリートとの間には本質的な傾向の違いは認められない。しかし減水剤使用コンクリートの s/a と単位水量はプレーンよりもそれぞれ約2%および10%小さく選ぶことができ、さらに全般的に減水剤の混和によって変形係数は小さくなる。すなわち減水剤の混和によって一定のスランプにおいては V. B. 値が小さくなって締固めに要する仕事量が減少し、減水性をも考慮に入れると、フレッシュコンクリートのワーカビリティはかなり改善されたことになる。

5 硬化コンクリート

Table IV に分離層の平均厚と材令7, 28日における圧縮強度を示し、さらに Fig. 6 には分離層の厚さと s/a との関係を各粒度別に、Table VI には最適 s/a における材令28日の圧縮強度、各粒度別強度の平均値とその標準偏差を示す。これらより、いずれの粒度においても分離層の厚さは s/a が大きくなるにつれて厚くなり、粒度別では中間粒度 S_1 , 0.6 mm gap の S_4 , S_6 における分離層の増加率はやや小さく、さらに全般的に、細粒分の多い粒度の分離層厚がやや大きくなる傾向がみられる。また減水剤を混和すると分離層厚を1~2mm 減ずることができる。したがって、材料分離の傾向を減ずるという観点から考えても、減水剤の混

Fig. 6. Relations between s/a and the depth of segregated layer which was consisted of cement paste.

和はコンクリートのワーカビリティを改善するのにかんがりの効果があることが認められる。

Table VI の強度発現について考察すると、プレーンにおいては中間粒度 S_1 で、減水剤使用コンクリートにおいては0.6mm gap の S_4 で最も強度が大きく現われ、さらに減水剤混和の強度増におよぼす効果は

gap grading の場合の方が顕著である。また、最適 s/a における強度と各粒度別の平均強度を比較すると、全般的に最適 s/a における強度の方が大きい。さらに、粒度 S_5 を除くと、gap grading の骨材を用いた場合の方が、強度のばらつきが大きくなる。

なお本試験においては遠心力締固めコンクリートの強度について詳しく検討を加えていないが、中間粒度 S_1 を用いたコンクリートと比較すると、遠心力締固め中空円筒供試体の強度は標準供試体のそれよりも10～20%大きくなることがわかった。

6 結 び

本研究においては、遠心力締固めコンクリートの配合条件のうち細骨材の粒度、 s/a および単位水量に注目し、それらがフレッシュおよび硬化コンクリートにおよぼす影響について実験的に検討し、併せて減水剤使用の効果についても若干の考察を加えた。本研究で得られた結果を要約すると以下のとおりである。

(1) 細骨材中の細粒分は単位水量の増減に、粗粒分は s/a の増減に関係し、不連続粒度は s/a よりもむしろ単位水量の増減に影響を与える。

(2) 連続粒度あるいは不連続粒度のいずれにおいても、その粒度がもつ F.M. が等しければほぼ同じ s/a で最小変形係数が現われる。

(3) 最適 s/a は、土木学会標準粒度の上限で最も大きく、下限で最も小さくなる。

(4) 不連続粒度の骨材を用いた場合の方がワーカブルで、かつ遠心力締固めによる材料分離が少なく、さらに高強度のコンクリートが得られることもある。

(5) 減水剤を用いると、フレッシュコンクリートのワーカビリティを改善するばかりでなく、遠心力締固めによる材料分離の傾向を軽減し、かつ高強度のコンクリートが得られ、この程度は不連続粒度の場合の方が顕著である。

(6) 同一粒度においては、最適 s/a の骨材を用いた場合に強度が最も大きく発現する傾向がみられた。

今後は、遠心力締固め中空円筒供試体の強度について詳細に検討し、併せて初期強度発現に効果のある蒸気養生と配合条件との関係、あるいは蒸気養生におよぼす混和剤の効果などについても実験的に検討を加えたい。

参 考 文 献

- 1) たとえば、河野 清、コンクリート製品の促進養生、コンクリートジャーナル, 4, No.4 (1966).
- 2) たとえば、六車 照、材料, 16, 596 (1967).
- 3) たとえば、岡田 清、小野紘一、材料, 16, 44 (1967).
- 4) 日本材料学会編、PC くいの使用 (1968).
- 5) Stamenkovic, H, "Segregation and Separation of Centrifugal Concrete," 福沢公夫訳、コンクリートジャーナル, 8, No.9 (1970).