

# 連続ミキサにおける骨材の計量および供給

## BATCHING ACCURACY OF AGGREGATES IN CONTINUOUS MIXERS

西沢紀昭\*・吉田弥智\*\*・辻 幸和\*\*\*

By Noriaki NISHIZAWA, Hiroto YOSHIDA and Yukikazu TSUJI

Aggregates are continuously measured by volume in a continuous mixer. For controlling and determining the quantities of fine and coarse aggregates, devices such as counters and cut gates are employed. This paper presents the batching accuracy of aggregates in the continuous mixer. A residual aggregate in the container and the operation of cut gate in an aggregate feeder of the continuous mixer do scarcely affect the quantity of aggregate and the accuracy in measuring and dispensing aggregate is within the required tolerances. With one measuring and dispensing equipment, coarse aggregates of maximum size with 40 mm can be dispensed within  $\pm 3$  percent of the amount required. The effects of moisture content and bulking factor of the fine aggregate, and grading of the fine and coarse aggregates on the quantities of aggregates supplied by the continuous mixer are also experimented.

### 1. まえがき

連続ミキサの使用において最も重要な点は、骨材を所定の精度で計量および供給ができるか否かである。現在用いられている連続ミキサは、材料の計量を容積で行っているため、細骨材では表面水量の変動によるバルキングの影響を受けること、および、骨材の粒度変動により供給量に変化が生じることなどの問題点が指摘されている<sup>1),2)</sup>。しかしながら、これらの要因が計量および供給量に及ぼす影響を求めた実験結果の報告は少ない。特に、骨材を貯蔵槽中に満載した後、全部を排出するまで供給した場合のデータは皆無である。

貯蔵槽中の骨材量が、計量および供給量に大きな影響を及ぼしてはならないのであるが、骨材の貯蔵槽中に満載した状態から空になるまでを連続して計量および供給した場合の供給量の変動についても、これまでほとんど報告されていない。また、連続ミキサによるコンクリートの製造においては、コンクリートの配合を頻繁に変更

することはほとんどないが、配合を変更するために、設定ダイヤルを変化させて、骨材の計量装置であるカットゲートを上下させることが実際の操作で生じる。さらに、粗骨材の最大寸法が大きくなると、所定の計量精度を確保するために粗骨材を1系列でなく2系列に分けて計量および供給を行うことが必要であるか否かの検討もなされていない。そして、キャリブレーションにおいては、一般に細骨材と粗骨材をそれぞれ単独に計量および供給することになるが、実際にコンクリートを製造する場合には同時に細・粗骨材を計量および供給しており、両者の供給量に相違があるか否かについても検討されていないようである。

本研究は、これらの連続ミキサの操作上における問題点を解明するため、骨材の計量および供給量について、土木学会コンクリート委員会コンクリート現場練り施工指針小委員会の委員会活動の一環として実施した実験結果を報告するものである。

### 2. 実験の概要

実験は2シリーズに分けて実施した。シリーズ1は、三重県三重郡川越町の三重宇部生コンクリート工業(株)において1984年2月中旬に、またシリーズ2は、香川県香川郡香南町のスグウエエンジニアリング(株)にお

\* 正会員 中央大学教授 理工学部土木工学科  
(〒112 文京区春日町1-13-27)

\*\* 正会員 工博 名古屋工業大学教授 工学部社会開発工学科  
(〒466 名古屋市昭和区御器所町)

\*\*\* 正会員 工博 群馬大学助教授 工学部建設工学科  
(〒376 桐生市天神町1-5-1)

いて1984年3月末に、それぞれ行った。

シリーズ1における連続ミキサおよび計量ホップなどのレイアウトを図-1に示す。シリーズ2では、同一タイプの連続ミキサ間の相違についても検討するため、シリーズ1で用いたものと同じタイプのものを2台配置した。また、粗骨材を2系列で計量および供給するために、骨材専用の補助計量供給装置を連続ミキサと併設して用いた。これらの装置の諸元を、表-1に示す。

実験に用いた連続ミキサは、使用実績の一番多いコンクリートの練りませ能力が25 m<sup>3</sup>/hのものである。その貯蔵槽は、細骨材および粗骨材とも容量が4.6 m<sup>3</sup>で、骨材は貯蔵槽の底部に配置した1本のベルトフィーダにより排出される。

計量は、貯蔵槽底部のベルトフィーダ上の出口近くに設けられたカットゲートの開きを設定ダイヤルにより調節して行われる。ベルトフィーダの速度は毎分約20 mであって、モータの減速比により連続ミキサごとに異なっていた。また、カットゲートの幅は、細骨材が161 mm、粗骨材が217 mmであった。設定ダイヤルに対応するカットゲートの開きと断面積の例を表-2に示す。

骨材の排出を容易にするため、振動機が細骨材用貯蔵槽の外部に取り付けられているが、粗骨材を単独に供給する場合にも、ベルトフィーダと連動して作動する構造になっている。外部振動機の振動数は3450 vpm、振幅は2.1 mmであった。

計量ホップは、容量が500 lであり、ロードセルは吊り下げ式の容量が2t、最小目盛が1 kgfのデジタル表示式のものを用いた。

連続ミキサの貯蔵槽内への骨材の投入は、一般にショベルで行ったが、連続して補給する場合には、ベルトコンベアを用いたケースもあった。

大半の実験は、骨材を貯蔵槽にほぼ満載し、連続ミキサの計量および供給装置を所定の時間作動して、計量ホップに試料の骨材を排出し、これをロードセルで測定する操作を連続して行い、骨材が空になるまで続けた。なお、連続ミキサを作動する所定時間は、単位時間当たりのメータのカウンタ数(表-1参照)を採用した。シリーズ1では、100カウンタごとにいったん連続ミキサを止めて、計量ホップ中の骨材の重量をロードセルでバッチ的に測定して記録した。測定は4バッチ分ずつ、すなわち400カウンタ分までずつを累積しながら読み取り、その後計量ホップのゲートを開いて骨材を排出した。シリーズ2では、150~400カウンタごとに計量ホップ中の骨材の計量および排出を行った。これまで、このような試験を体系的に行った例はないが、連続ミキサの計量および供給量の試験方法としては、一番厳しい方法と考えられる。

各シリーズとも、細骨材の種類、粒度および表面水率ならびに粗骨材の種類および粒度を要因にとっている。骨材の粒度については、単位容積重量、実績率および粗粒率を実験で求め、これらのうち供給量と相関のよい粒

表-1 連続ミキサおよび補助装置の機械諸元

	シリーズ1		シリーズ2	
	CM250	CM250-A	CM250-B	補助装置
練りませ能力(m <sup>3</sup> /hr)	25	25	25	—
1分間当たりのカウンタ数	231	167	153.7	245
ベルトフィーダの速度(m/min)	24.47	20.44	18.82	11.75
骨材の移動量(m/100カウンタ)	10.59	12.24	12.24	4.80
カットゲートの幅(mm)	細骨材	161	161	—
	粗骨材	217	217	173
貯蔵槽の容量(m <sup>3</sup> )	細骨材	4.6	4.6	—
	粗骨材	4.6	4.6	2.0
セメント	セメント	1.4	1.4	—
	水	1.4	1.4	—
	混和剤	0.3	0.3	—

表-2 設定ダイヤルとカットゲートの開きおよび断面積の例(シリーズ1)

設定ダイヤルの開き	カットゲートの開き(mm)	カットゲートの断面積(cm <sup>2</sup> )	
		細骨材用	粗骨材用
3	32.27	51.96	66.81
4	44.84	72.19	92.82
5	57.40	92.42	118.83
6	69.97	112.66	144.84
7	82.54	132.89	170.85
8	95.11	153.12	196.86
9	107.67	173.35	222.88
10	120.24	193.58	248.89

骨材のストックヤード									
川砂利	山砂利	砕石	砕石	砕石	砕石	山砂	川砂	川砂	川砂
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

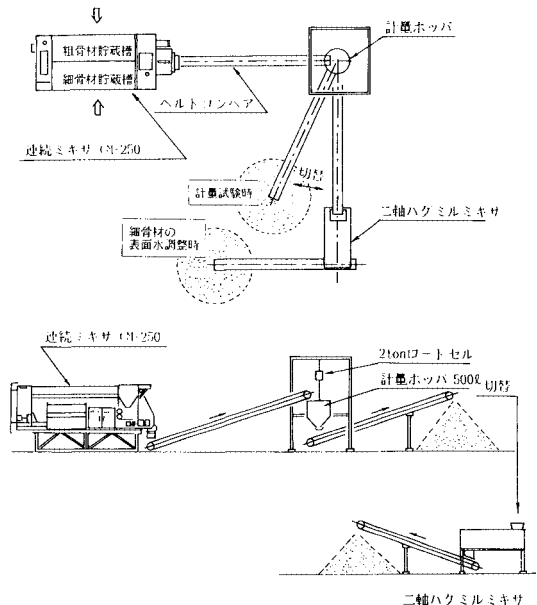


図-1 連続ミキサおよび計量ホップ等の配置例(シリーズ1)

表一 骨材の物理的性質

シリーズ名	種類	産地	比重	吸水率(%)	単位容積重量(kg/l)	実積率(%)	粗粒率(%)
1	川砂	員弁70+木曾30	2.60	1.68	1.62	63.5	2.77
	川砂	員弁50+木曾50	2.59	1.66	1.56	61.4	2.64
	山砂	猿投 100	2.58	1.78	1.58	62.5	2.84
	砕砂	菅島 100	2.80	1.50	1.73	62.8	2.50
	川砂利	員弁 100	2.64	0.81	1.58	60.1	6.69
	山砂利	猿投 100	2.61	0.83	1.60	61.9	7.11
	砕石	南20南10 30:70	2.85	0.60	1.56	59.3	6.30
	砕石	南20南10 50:50	2.65	0.56	1.60	60.6	6.38
	砕石	南20南10 70:30	2.65	0.54	1.59	60.3	6.57
	砕石	南20南10南40 25:25:50	2.66	0.54	1.66	62.7	7.25
2	細砂	直島沖	2.52	2.10	1.22	48.4	1.71
	砕砂	坂出	2.58	2.49	1.59	63.3	2.42
	海砂混合	本島沖	2.56	1.60	1.39	54.3	2.57
	川砂	吉野川	2.61	1.30	1.48	56.7	2.24
	砕石2005	坂出	2.66	2.60	1.50	56.4	7.17
	砕石4020	坂出	2.63	2.26	1.50	57.0	7.91
	砕石4005	坂出	2.66	2.29	1.55	58.2	7.43

度の指標を定めることも目的としている。用いた骨材の品質を表一3に示す。

細骨材の表面水率の調整には、まずアスファルトプラントの乾燥器で絶乾状態にした後、所定の水量を加えて、二軸バグミルミキサ(シリーズ1)あるいは連続ミキサ(シリーズ2)で混合した。これらのミキサは、骨材の粒度調整にも用いた。

### 3. 計量1回分当たりの試料の大きさと計量精度

シリーズ1では、ほとんどの場合、100カウントごとに連続ミキサを稼働させて骨材を計量ホッパに排出し、400カウントまでは計量ホッパ中の試料の重量を累積して計量を行い、その後計量ホッパより排出した。この操作を、貯蔵槽中の骨材が満載の状態から空になるまで連続して行った。計量器の最小目盛は1kgfであり、100カウント当たりの試料の重量は、設定ダイヤルにより異なるが、細骨材で約45~130kgf、粗骨材で約85~215kgfであった。これらの測定値から、100, 200, および400カウントごとに整理して、平均値 $\bar{x}$ および変動係数 $v$ をまとめて示したのが表一4である。

表一4 使用骨材の種類と組合せおよび供給量(シリーズ1)

(1) 細骨材

試験項目	種類	産地	割合	表面水率(%)	ダイヤル1)			貯蔵槽内の骨材量	100カウント			200カウント			400カウント		
					D1	D2	D3		x(kgf)	v(%)	n	x(kgf)	v(%)	n	x(kgf)	v(%)	n
No.1	川砂	員弁+木曾	70+30	0.4	5		満→空	114.3	2.72	29	228.6	2.44	14	457.2	2.01	7	
2								48.8	2.68	50	97.6	2.54	25	195.6	2.43	12	
3								86.9	1.29	34	173.8	1.00	17	347.6	0.62	8	
4								132.7	0.77	18	265.5	0.74	9	531.4	0.58	4	
5								43.5	3.39	20	87.0	3.33	10	173.9	3.47	5	
6								84.1	2.76	25	168.6	2.49	12	337.1	2.50	6	
7								124.1	1.46	20	248.2	1.30	10	496.5	1.17	5	
8								91.8	1.87	40	183.6	1.74	20	367.2	1.73	10	
9								86.3	1.91	40	172.6	1.88	20	345.1	1.80	10	
10								82.7	1.08	40	165.5	0.98	20	331.0	0.93	10	
11								89.3	2.64	44	178.6	2.51	22	357.1	2.38	11	
12								山砂	猿投	100	3.2	5		繰返し供給	83.4	2.07	56

(2) 粗骨材

試験項目	種類	産地	割合	表面水率(%)	ダイヤル1)			貯蔵槽内の骨材量	100カウント			200カウント			400カウント								
					D1	D2	D3		x(kgf)	v(%)	n	x(kgf)	v(%)	n	x(kgf)	v(%)	n						
No.1	川砂利	員弁	100	自然含水	5		満→空	88.0	1.60	43	176.0	1.23	21	351.9	1.12	10							
2								123.2	1.47	31	246.6	1.34	15	493.9	1.22	7							
3								185.1	1.00	25	370.5	0.88	12	741.0	0.81	6							
4								111.0	1.29	49	222.1	1.22	24	444.1	1.13	12							
5								90.2	1.23	29	180.4	0.77	14	360.7	0.63	7							
6								87.9	1.19	40	175.9	1.02	20	351.7	0.77	10							
7								83.5	1.27	40	167.1	1.11	20	334.1	1.00	10							
8								89.7	2.70	50	179.4	2.36	25	359.3	2.13	12							
9								154.9	2.50	27	310.2	1.96	13	622.0	1.27	6							
10								213.6	2.19	20	425.2	2.00	10	850.4	1.71	5							
2-1								川砂利	員弁	100	自然含水	5		繰返し供給	129.7	2.34	76	259.8	2.30	38	519.5	2.30	9

(3) 細骨材+粗骨材

試験項目	種類	産地	割合	表面水率(%)	ダイヤル1)			貯蔵槽内の骨材量	100カウント			200カウント			400カウント		
					D1	D2	D3		x(kgf)	v(%)	n	x(kgf)	v(%)	n	x(kgf)	v(%)	n
No.20	山砂利	猿投	100	3.1	5		満→空	217.6	1.50	38	435.3	1.48	19	871.2	1.50	9	

1): 連続ミキサのカットゲートの開度  
2): 南20=南濃20~10mm 南10=南濃10~5mm 南40=南濃40~20mm

表一5 使用骨材の種類と組合せおよび供給量 (シリーズ2)

(1) 細骨材

試験項目	種類	産地	表面水率 (%)	ダイヤル	貯蔵槽内の骨材量	Σ (kgf)	n	$\bar{x}$ (kgf)	$\sigma_{\bar{x}}$ (kgf)	V (%)	使用機種	試料の大きさ かけ数
1-0-A	海砂	直島沖	乾燥	3.94	満→空	4862.9	12	135.1	0.981	0.726	A	300
2-8P-A			1.50	2853.2		8	178.3	0.874	0.490	A	200	
2-8P-A			1.50	1774.4		4	221.8	0.942	0.379	A	200	
3-P-A			6.30	4019.9		10	134.0	1.339	0.999	A	300	
4-P-B			6.52	3709.4		8	154.6	1.084	0.701	A	300	
5-P-B	6.33	3520.4	11	160.0	2.176	1.356	A	200				
5-0-A	陸砂	坂出	乾燥	3.71	満→空	4100.0	10	136.7	1.258	0.920	A	300
7-P-A	海砂混合	本島沖	6.05	5.38		1471.1	7	140.1	1.109	0.791	A	150
8-P-B			4.62	5.96		4759.3	20	158.6	2.411	1.519	A	150
9-P-B			6.05	6.32		3627.5	14	172.7	1.832	1.090	A	150
25-P-A	川砂	吉野川	8.01	5.40		3200.6	11	132.3	1.839	1.390	A	200
25-P-B			8.01	6.30	3369.0	10	168.5	2.259	1.341	A	200	
7-P-A*	海砂混合	本島沖	6.05	5.38	補給	3896.0	19	136.7	1.577	1.153	A	150
9-P-B*			6.05	6.32		2090.5	8	174.2	1.321	0.758	A	150
28-P-B	川砂	吉野川	8.01	6.30	ダイヤル上下	9422.0	10	171.1	1.313	0.767	B	200
18-P-A	海砂	直島沖	5.78	5.70		1394.4	5	139.4	1.339	0.984	A	200
			5.78	7.00		1747.0	5	174.7	1.036	0.553	A	200
19-P-B	海砂	直島沖	5.78	5.50		1346.2	5	134.6	1.077	0.799	A	200
			5.78	6.30		1567.4	5	156.7	1.185	0.756	A	200
24-P-B	川砂	吉野川	5.87	5.50	1394.1	5	139.4	1.311	0.940	B	200	
			5.87	6.30	1621.8	5	162.2	1.965	1.212	B	200	
27-P-B	川砂	吉野川	5.50	6.30	1399.8	5	140.0	1.522	1.087	A	200	
			5.50	6.30	1681.3	5	168.1	1.005	0.598	A	200	

(2) 粗骨材

9-G-A	陸石	坂出	自然含水	4.94	満→空	1633.0	5	130.6	0.878	0.634	A	250
10-G-B				5.16		1392.0	5	139.2	0.447	0.321	A	200
11-G-A	陸石	坂出	自然含水	4.11	満→空	855.0	4	55.3	0.239	0.433	補助	400
12-G-B				4.70		1239.0	5	61.9	1.055	1.704	補助	400
14-G-A	陸石	坂出	自然含水	7.50	満→空	1651.0	5	220.1	1.263	0.574	A	150
17-G-B				7.84		1408.0	4	237.0	1.409	0.595	A	150
13-G-A	陸石	坂出	(4.11, 4.94)	5.16	満→空	2081.0	5	208.1	1.294	0.622	A+補	200
15-G-B				5.16		2767.0	6	229.8	0.935	0.407	A+補	200
9-G-A*	陸石	坂出	自然含水	4.94	補給	1621.0	5	129.7	1.060	0.817	A	250
10-G-B*				5.16		1388.0	5	138.8	0.748	0.539	A	200
22-G-A*	陸石	坂出	自然含水	7.50	補給	2355.0	7	224.3	1.145	0.510	A	150
13-G-A*				7.50		2074.0	4	207.4	0.750	0.361	A+補	200
22-G-A	陸石	坂出	自然含水	6.00	ダイヤル上下	1623.0	7	154.6	1.782	1.153	A	150
4005				7.50		2323.0	7	221.2	1.739	0.786	A	150

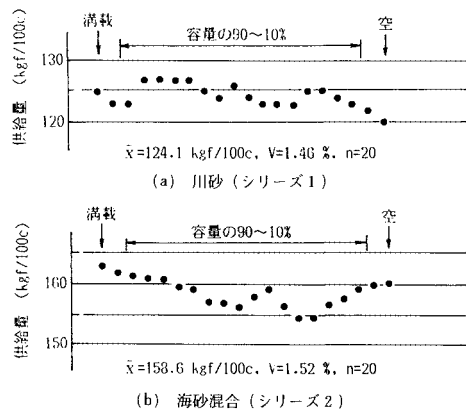
計量器の精度に比べて100カウント当たりの試料の重量が小さいケースは、骨材の粒径に比べて設定ダイヤルの値が小さく、カットゲートの開きが小さい場合(表一2参照)であるが、この場合には一般に変動係数が大きくなっている。特に、細骨材における設定ダイヤルが3の場合および最大寸法が40mmの粗骨材における設定ダイヤルが5の場合の変動係数が大きい。また、全般に、粗骨材に比べて細骨材の変動係数が大きくなっている。

100カウントよりは200カウント、それよりは400カウントと試料の量を大きくすると変動係数は小さくなるが、その減少程度が小さいことも表一4より認められる。400カウント当たりの試料重量は、少なくとも約200kgfとなっていることから、計量器の最小目盛が大きいことが、変動係数が大きくなった原因とは考えられない。したがって、この原因は、骨材の粒径に比べて設定ダイヤルの値が小さくて、カットゲートの開きが小さいこと、および、試料の計量を100カウントごとに連続ミキサを断続して作動することにより行ったためと考えられる。特に、シリーズ1の実験は2月の寒冷期に実施したため、細骨材の表面水が凍結しそうであったことが、計量および供給量のばらつきを大きくしたものと思われる。このような推論は、同じタイプの連続ミキサを用いて3月末に実施したシリーズ2の結果を示す表一5において、変

動係数が大きくても1.7%であったことから裏付けられる。シリーズ2では、1回分の計量における試料の大きさは、150~400カウントごとにとり、それらを表一5では100カウント当たり直して表示している。

4. 貯蔵槽中の骨材量が異なる場合の供給量

貯蔵槽に骨材をほぼ満載した状態から全部排きさせるまでの供給量を、連続して計量した例が図一2および図一3である。細骨材および粗骨材とも、貯蔵槽中の骨材



図一2 貯蔵槽中の細骨材量と供給量

量が少なくなるに従って、全般的に供給量が多量に、あるいは少量になるといったケースはほとんど認められなかった。詳細に供給量の変動をみると、図-2 (a) および図-3 のように、骨材が満載状態あるいは空に近くなった状態では、貯蔵槽中の骨材量が少なくなるほど供給量が少なくなる場合が多い。しかしながら、図-2 (b) に示すように、貯蔵槽の残存量が少なくなった状態においては、貯蔵量が少なくなるほど供給量も多くなるケースもみられた。

以上のように、貯蔵量が極端に多いか少ない場合を除いて、骨材が貯蔵槽の容量の大約90~10%の間にある場合には、貯蔵槽中の骨材量は、供給量にほとんど影響を及ぼさないということができよう。

図-4は、コンクリートを多量に連続して製造する場合を想定して、ショベルあるいはベルトコンベアで骨材を貯蔵槽に骨材量が容量の約40~80%になるように補給しながら供給量を測定した結果を、満載状態から空になるまで供給した場合と対比して示している。貯蔵槽に補給しながら供給する場合も、補給しない場合と同様なばらつきを示している。また、両者の供給量の差をまとめて表-6に示す。この表から、補給の有無による供給量の大小については一定の傾向を示さず、両者の供給量の差も大半のものが1%以下である。このことから、貯蔵槽中の骨材量は、供給量に影響を及ぼさないと考え

表-6 貯蔵槽が満載から空になる場合と補給を受ける場合

シリーズ名	種類	満載 → 空			補給			差 $\frac{(1)-(2)}{(1)+(2)} \times 100$ (%)	
		(1)供給量 (kgf/100c)	変動係 数(%)	n	(2)供給量 (kgf/100c)	変動係 数(%)	n		
1	名古屋 山砂	82.8	0.98	20	83.4	2.01	28	0.39	
2	海砂混合 7-P-A	140.1	0.79	7	136.7	1.15	19	1.23	
2	海砂混合 9-P-B	172.7	1.06	14	174.2	0.76	8	0.43	
2	川砂 25,28-P-B	168.5	1.34	10	171.1	0.77	10	0.77	
2	砕石 2005	9-G-A	139.6	0.63	5	129.7	0.82	5	0.35
2		10-G-A	139.2	0.32	5	138.8	0.54	5	0.14
2	砕石 4005	13-G-A	208.1	0.62	5	207.4	0.36	4	0.17
2		14-G-A	220.1	0.57	5	224.3	0.51	7	0.95

てよいと思われる。

### 5. カットゲートを上下に操作することの影響

コンクリートの配合を変更する場合などには、骨材の供給量をカットゲートを上下に操作することにより変更することが必要となる。この操作による影響を検討するため、ゲートの上下を制御する設定ダイヤルを所定の2水準に選定し、まずあるダイヤル値について供給および重量の測定を行った後、ダイヤルを他の値に変更し、前のダイヤル値によるベルトフィーダ上の骨材を40カウント分作動させて放出する。その後、そのダイヤル値による供給および重量の測定を行った。そして、この操作を繰り返して行い、その例を図-5に示す。また別にそれぞれ一定のダイヤル設定値で計量した供給量を対比したものを表-7に示す。

供給量のばらつきには、両者に相違が認められない。

表-7 カットゲートの操作の影響 (シリーズ2)

種類	設定 ダイヤル *	カットゲート上下		カットゲート一定		差 $\frac{(1)-(2)}{(1)+(2)} \times 100$ (%)		
		(1)供給量 (kgf/100c)	変動係 数(%)	n	(2)供給量 (kgf/100c)		変動係 数(%)	n
海砂 3-P-A 18-P-A	5.7 (7.0)	139.4	0.96	5	134.0	1.00	10	1.98
海砂 4-P-B 19-P-B	6.3 (5.5)	156.7	0.76	5	154.6	0.70	8	0.67
海砂 5-P-B 24-P-B	6.3 (5.5)	162.2	1.21	5	160.0	1.36	11	0.68
砕石22-G-A 4005	7.5 (6.0)	221.2	0.79	7	224.3	0.51	7	0.70

\* ( ) 内の数値はカットゲートを上下した場合の相異なる設定ダイヤル

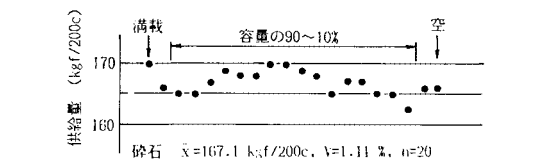
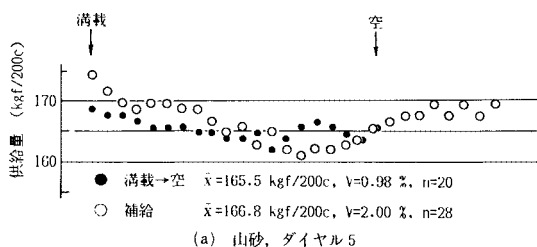
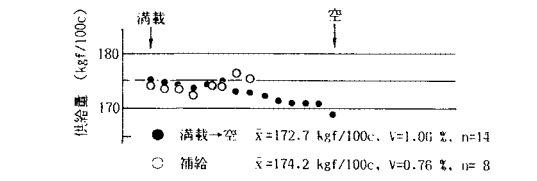


図-3 貯蔵槽中の粗骨材量と供給量



(a) 山砂, ダイヤル5



(b) 海砂混合, ダイヤル6.32

図-4 貯蔵槽が満載から空になる場合と補給を受ける場合の供給量

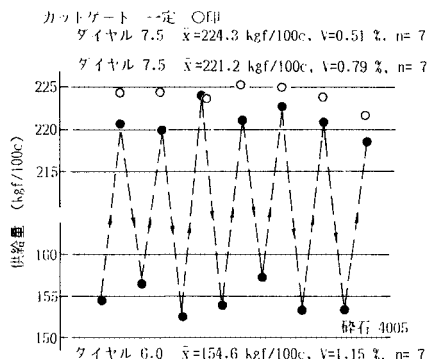


図-5 カットゲートを上下に操作した場合の供給量

そして、細骨材の場合には、カットゲートを上下いずれに設定しなおしても、一定のままに比べて供給量が少し多くなっている。しかしながら、碎石の場合には、カットゲートを上下に操作した方が供給量が少なくなっている。いずれの場合とも、その差は最大で2%、大半は1%以下と小さいことから、カットゲートを上下に操作することの影響は比較的小さいといえる。

6. 2系列による最大寸法が40mmの粗骨材の供給

粗骨材の最大寸法が40mmの場合に、40~20mmと20~5mmの2系列で供給した場合と、40~5mmを1系列で供給した場合の結果を表一8に示す。なお、2系列による供給における40~20mmの碎石は、連続ミキサの補助計量供給装置を用いた(表一1参照)。この装置は1分間当たり、245カウントであり、連続ミキサの167カウントに統一するため、この装置よりの供給量を245/167=1.467倍して表示している。

表一8より、粗骨材の最大寸法が40mmのものも、2系列にしなくとも1系列で供給してもよいことが認められる。むしろ、貯蔵槽への補給までに、材料分離ができるだけ生じないように配慮することの方が、重要であると考えられる。

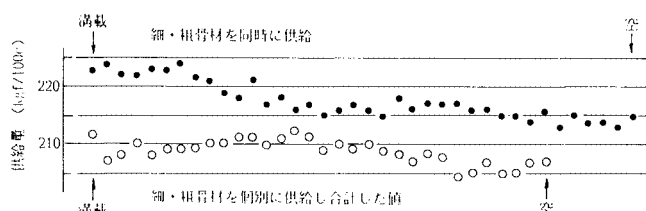
7. 同時に供給した細・粗骨材量

実際には、細骨材と粗骨材は同時に計量および供給されてコンクリートを製造するが、細・粗骨材の供給量のキャリブレーションは、それぞれ個別に供給して計量しなければならない。そのため、細・粗骨材を個別に供給する場合と同時に一緒に供給する場合との関連を求めておかなければならない。

図一6は、細骨材の貯蔵槽に山砂を、粗骨材のそれに川砂利をそれぞれ満載した後、設定ダイヤルをそれぞれ

表一8 1系列と2系列による碎石の供給量

種類	1系列				2系列				差 $\frac{(1)-(2)}{(1)+(2)} \times 100$ (%)
	設定ダイヤル	(1)供給量(kgf/100c)	変動係数(%)	n	設定ダイヤル	(2)供給量(kgf/100c)	変動係数(%)	n	
碎石13-G-A 14-G-A	7.50	220.1	0.57	5	4.11 4.94	208.1	0.62	5	2.80
碎石15-G-B 17-G-B	7.84	237.0	0.60	4	5.16 4.95	229.8	0.41	6	1.54



図一6 細・粗骨材を同時に供給した場合

表一9 個別供給と同時供給

シリーズ名	種類	個別供給			同時供給			差 $\frac{(1)-(2)}{(1)+(2)} \times 100$ (%)
		(1)供給量(kgf/100c)	変動係数(%)	n	(2)供給量(kgf/100c)	変動係数(%)	n	
1	山砂	85.3	1.08	40	217.6	1.50	38	2.14
	川砂利	123.2	1.47	31				
	208.5							
2	碎石4020	81.1	0.43	4	208.1	0.62	5	0.86
	碎石2005	130.6	0.63	5				
	211.7							

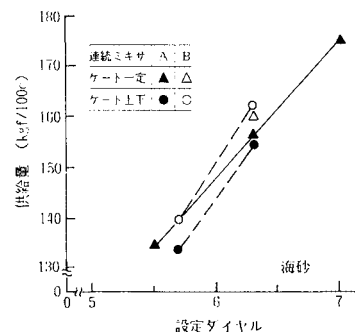
5にして同時に供給し、どちらかの骨材がなくなるまで100カウントごとの供給量の推移を示したものである。なお、この場合には、細骨材の表面水率が3.1%であり、この表面水量を含んだものでしか計量できないため、細骨材を単独で供給した場合も同量の表面水量を含んだ値で示している。また、これらのデータをまとめると表一9となる。

細・粗骨材を同時に供給した方が、個別に供給した場合より約2%多くなっている。本実験に用いた連続ミキサは、骨材の供給を円滑に行うため、細骨材の貯蔵槽の外側に振動機を設置して、細・粗骨材の供給のためのベルトフィーダに連動して作動するようになっていた。1ケースのみのデータのため明確なことはいえないが、細骨材あるいは粗骨材をそれぞれ単独に貯蔵槽に補給して供給した場合と、細・粗骨材を一緒に供給した場合では、振動機の作用にわずかながら相違が生じて、供給量に変化したものと考えられる。

また表一9には、碎石4020を連続ミキサの補助計量供給装置を用いて供給するに際して、連続ミキサと同時に供給した場合と個別に供給して合計した場合についても示している。両方法による供給量の差は1%以下であり、この場合には両者に相違がないと考えられる。

8. 同一タイプの連続ミキサ間の相違

同一タイプの連続ミキサのうち、モータの減速比が少



図一7 同一タイプの連続ミキサ間の供給量

表-10 同一タイプの連続ミキサ間の供給量の相違

種類	設定ダイヤル	連続ミキサA			連続ミキサB			差 $\frac{(1)-(2)}{(1)+(2)} \times 100$ (%)
		(1)供給量 (kgf/100c)	変動係数 (%)	n	(2)供給量 (kgf/100c)	変動係数 (%)	n	
海砂清→空	6.30	154.6	0.70	8	160.0	1.36	11	2.51
海砂	5.50	134.6	0.80	5	139.4	0.94	5	1.75
ゲート上下	6.30	156.7	0.76	5	162.2	1.21	5	1.72

異なる A と B の連続ミキサについて、海砂の供給量を図-7 および表-10 に示す。貯蔵槽に満載して空になるまで供給した場合、またカットゲートを上下に操作した場合のいずれとも、100 カウント当たりの供給量は、連続ミキサ B の方が約 2% 多くなっている。

### 9. 細骨材の表面水量の影響

連続ミキサでは容積計量であるため、細骨材のバルキングの現象が供給量に影響を及ぼすことが指摘されている。図-8 は、川砂の表面水率と供給量の関係を示したものである。供給量は、100 カウント当たりの表乾状態に直した値である。

表乾状態に近い川砂の供給量は多く、一般に表面水率が大きくなるほど供給量は少なくなっている。しかしながら、通常の現場で用いることが多い表面水率が 3~6

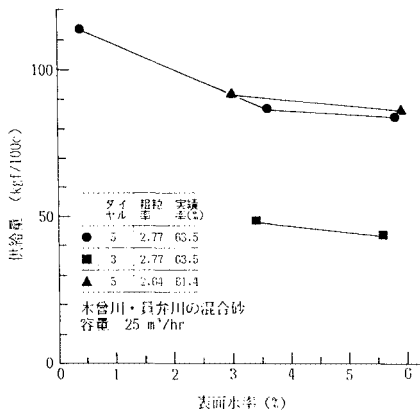


図-8 細骨材の表面水率が供給量に及ぼす影響

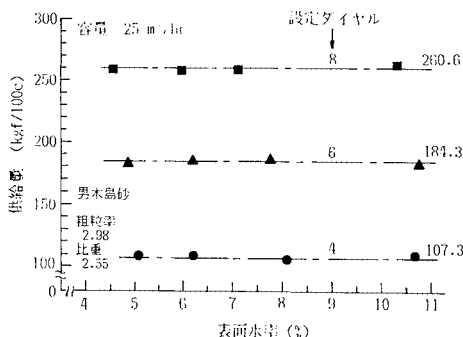


図-9 細骨材の表面水率と供給量の関係

% の範囲では、表面水率の及ぼす影響は小さくなり、この範囲では、表面水率が 1% の変動で、供給量が 1.5~2% 変化している。文献 1) のデータをプロットした図-9 においても、表面水率が 4~11% の範囲では、海砂の供給量は 1% の表面水率の変動で約 1% 変化することが報告されており、通常用いられる表面水率の範囲内では、表面水率の及ぼす影響は意外に小さいのである。これは、振動機で振動を与えながら貯蔵槽から細骨材を供給させているため、このような表面水率の範囲内では、バルキングの現象が軽減されるためと考えられる。

なお、細骨材の表面水率は、単位水量、スランプおよび強度等にも大きな影響を及ぼすため、表面水の変動が少なくなるように貯蔵するとともに、使用にあたっては細骨材の表面水率を測定して、水量および細骨材量の補正を行わなければならないのは当然である。

### 10. 骨材の粒度の影響

骨材の粒度が異なると供給量も変化するが、粒度として、粗粒率、単位容積重量および実積率のうちどの指標がよいかについて検討した。

図-10 は、碎石 20~10 mm と 10~5 mm の混合割合を変えて粒度分布を変化させた場合の供給量を示している。図中に、各試料の単位容積重量および実積率も示しているが、これらが供給量に及ぼす影響は小さく、粗粒

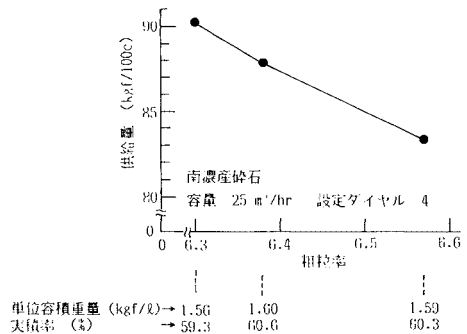


図-10 粗骨材の粗粒率が供給量に及ぼす影響

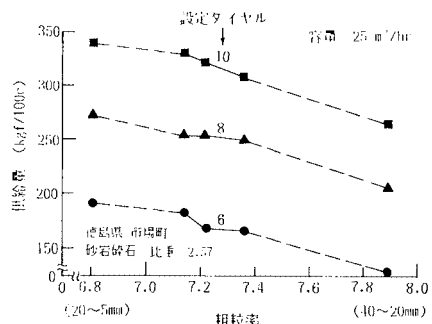
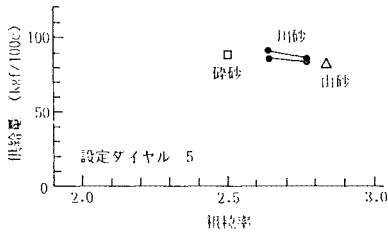


図-11 碎石の粗粒率が供給量に及ぼす影響



図—12 細骨材の粗粒率が供給量に及ぼす影響

率との相関が最もよいことは明らかである。そして、粗粒率が大きくなるほど、供給量は少なくなっている。この現象は、文献1)のデータをプロットした図—11においても認められ、碎石の供給量は、粗粒率が大きくなるほど少なくなる。

細骨材の場合を図—12に示す。粗粒率の範囲が狭いが、碎石の場合と同様に、川砂の供給量も、粗粒率が大きくなるほど少なくなっている。しかしながら、文献1)では、逆に、海砂の粗粒率が大きいほど、わずかながら供給量も多くなることが示されている。このような粗粒率と供給量の関係は、骨材の種類、最大寸法、粒度および表面水量などによっても異なるものと考えられる。今後研究を進めてゆきたい。

## 11. 結 論

骨材の種類、粒度および表面水量を要因にとり、連続ミキサの各操作段階における骨材の計量および供給量について行った実験結果から、次のことがいえると思われる。

(1) 骨材の粒径に比べて計量装置のカットゲートの開きが小さい場合および計量1回分当たりの試料の重量が少量の場合には、計量精度が悪くなる。

(2) 骨材が貯蔵槽容量の大約90~10%の間にある場合には、貯蔵槽中の骨材量は、供給量にほとんど影響を及ぼさない。

(3) 配合を変更する場合などに、カットゲートを上下に操作させても、この操作が骨材の計量および供給量に及ぼす影響は比較的小さい。

(4) 最大寸法が40mmの粗骨材も、2系列に分けなくても、1系列で計量および供給ができる。

(5) 細骨材あるいは粗骨材をそれぞれ単独に供給した場合と、細・粗骨材を同時に一緒に供給した場合では、少し供給量に差が生じた。

(6) 通常の現場で用いることの多い、表面水率が3~6%の範囲では、細骨材の表面水率が供給量に及ぼす影響は、意外に小さい。

(7) 粗骨材および細骨材とも、粗粒率が大きいほど供給量は小さくなる傾向が認められた。

謝 辞：本研究は、土木学会コンクリート委員会コンクリート現場練り施工指針小委員会の委員会活動の一環として実施した実験結果を報告するものであって、委員会では数多くの有益なご意見を頂きました。委員会の委員各位ならびに実験を実施して頂いた三重宇部生コンクリート工業(株)およびスギウエエンジニアリング(株)の皆様方に、厚くお礼申し上げます。

## 参 考 文 献

- 1) 村田・小林・河野：無筋および鉄筋コンクリート標準示方書・施工編の一部改訂について、コンクリート・ライブラリー、第46号、1980年。
- 2) 連続ミキサによるコンクリートの製造に関する実験結果、コンクリート・ライブラリー、第50号、1983年。

(1985. 11. 13・受付)