

# 流動化コンクリートの流動化工程の合理化に関する一提案

## A PROPOSAL FOR RATIONALIZATION OF THE SUPERPLASTICIZATION PROCESS OF SUPERPLASTICIZED CONCRETE

神山行男\*・堺 毅\*\*・越川茂雄\*\*\*

By Yukio KAMIYAMA, Takeshi SAKAI and Shigeo KOSHIKAWA

This study concerns the development of an efficient superplasticizing apparatus capable of simultaneously measuring, introducing, and mixing superplasticizer with the aims of rationalizing and systematizing the superplasticization process which poses the greatest obstacle to the wide use of superplasticized concrete. The superplasticizing performance and the applicability to actual projects of the apparatus developed are examined. As a result, the conclusion is drawn that the superplasticizing apparatus developed not only simplifies and speeds up superplasticization operations compared with existing methods, but is also an extremely useful device making possible reduction in manpower requirements and prevention of pollution.

### 1. 緒 論

流動化コンクリートは、打込み、締固め等の施工能率の向上とともに、乾燥収縮や温度ひびわれの低減等品質の改善に効果があり、その応用範囲は広く、きわめて有用な工法である。しかし、現在実用化されている流動化剤には、同時添加では流動化効果が小さく、流動化コンクリートのスランプロスが大きい等の特性があるため、一般に流動化コンクリートの製造方法としては、現場添加方式が多く採用されている。

本製造方式は他の製造方式に比べて流動化効果が最大に発揮でき、コンクリートプラントからの運搬時間も長くとれ、最も実用的な製造方式であるが、反面、流動化剤の投入作業が煩雑で、流動化時にアジテータトラックの高速回転による騒音および排気ガスが発生するという問題点が存在する。

本研究は、この現場添加方式の問題点の解決策の1つとして、ボタン操作のみで流動化剤の計量、投入および攪拌ができ、しかも、流動化時に騒音、排気ガスが発生

しない、省力化、無公害化が可能な流動化装置を開発し、この装置（以下流動化装置という）の性能試験および実工事での試行を行い、流動化性能および実用性について検討したものである。

### 2. 流動化装置の機構および流動化システム

流動化装置の主な設備と配置は、図—1に示すようにコンクリートの受けホッパーおよび定量供給装置、流動化剤の貯蔵タンクおよび供給装置、連続ミキサを一体化し、これに駆動装置を取り付けたものである。大きさは、高さ2.4 m、幅2.1 m、長さ5.3 m、重量約3.5 tと小型のもので通常、車付きの台車に搭載し、現場荷卸し地点に設置して使用する。

この流動化装置を用いて流動化を行うシステムは次に述べるようである。

コンクリートプラントからアジテータトラックで運搬したベースコンクリートを容量約90 lの受けホッパーに受け、ホッパーの下に位置するフィダーオーガーによって、連続的に所定量のコンクリートを連続ミキサに供給する。このため、あらかじめ設定ダイヤルとコンクリート供給量との関係を求め、必要供給量に応じてダイヤルを設定する。

流動化剤は、貯蔵タンクからポンプで圧送し、設定用

\* 正会員 竹中工務店技術研究所研究員  
(〒136 江東区南砂2-5-14)

\*\* 正会員 工博 日本大学教授 生産工学部土木工学科  
(〒275 習志野市泉町1-2-1)

\*\*\* 正会員 日本大学講師 生産工学部土木工学科(同上)

コントロールバルブで一定の流量に調整して連続ミキサの入口部でコンクリートに連続的に噴霧する。なお、このときの流動化剤量の設定は、ベースコンクリートの場合と同様に、あらかじめ求めておいたキャリブレーションカーブにより行い、供給量の確認はフローメーターによって行う。

また、混和材料は、スクリュウフィダーで計量され、ミキサの中央部に連続的に供給される。

ミキサの一方から連続的に定量供給されたベースコンクリートと流動化剤は、連続ミキサで練りまぜられ、流動化されたコンクリートは他方から連続的に吐出されるシステムになっている。

なお、流動化装置の連続ミキサ部分は、長さ2.7 m、周壁は厚さ15 mm、直径40 cmの半円形硬質ゴムであって、コンクリート送り用のスクリュウ羽根と、練りまぜ用の羽根を適当に取り付けた回転軸が設置されている。他のコンクリートミキサに比べ、練りまぜ時間は約10秒ときわめて短い、多数の羽根を高速回転(180~210 r. p. m.)し、コンクリートをせん断するように強制的に練り上げるので流動化コンクリートの均一性は良好である。

したがって、この装置を用いれば、流動化剤の計量、添加ならびに攪拌が同時にしかも連続的にできるため、流動化作業の迅速化、省力化がはかれるばかりでなく、攪拌にアジテータトラックを使用しないので、騒音、排気ガスの発生も大幅に抑制できる。

### 3. 流動化装置の性能試験

ベースコンクリートおよび流動化剤の定量供給性能な

らびに流動化後のコンクリートの均等性について性能確認試験を行った。

#### (1) 実験方法

ベースコンクリートの定量供給量性能試験は、フィダーオーガーの供給量設定ダイヤル1, 2および3において各供給量設定ダイヤルごとに4回、スランブ8 cm および15 cm のコンクリートを1分間ずつ輸送し、これを容量2 tのロードセルを介したホッパーで受けて輸送量の測定を行った。

流動化剤の定量供給性能試験は、フローメーターの供給量設定ダイヤルを1, 1.5, 2および3の4段階において、各供給量設定ダイヤルごとに3~5回流動化剤を約1 l程度圧送し、圧送量をメスシリンダーで測定した。

また流動化コンクリートの均等性試験は、スランブ8 cm および15 cm のベースコンクリートを流動化装置によりそれぞれ15 cm および21 cm に流動化し、流動化開始からコンクリートの排出量が0.5 m<sup>3</sup> および1.5 m<sup>3</sup> になった時点でそれぞれ試料を採取してただちにスランブおよび空気量の測定を各3回ずつ行うとともに、圧縮強度試験用のφ10×20 cm 円柱供試体を各3本ずつ計36本成形した。

#### (2) 実験結果および考察

ベースコンクリートおよび流動化剤の定量供給性能試験結果を表-1 および2に示す。

ベースコンクリートの各ダイヤル設定値における単位時間当たりの輸送量のばらつきは、標準偏差で0.31~0.94 m<sup>3</sup>/h、平均0.52 m<sup>3</sup>/h、変動係数は1.76%であり、流動化剤の場合、標準偏差で0.003~0.036 l/min、平均0.012 l/min、変動係数は0.60%であっていずれの

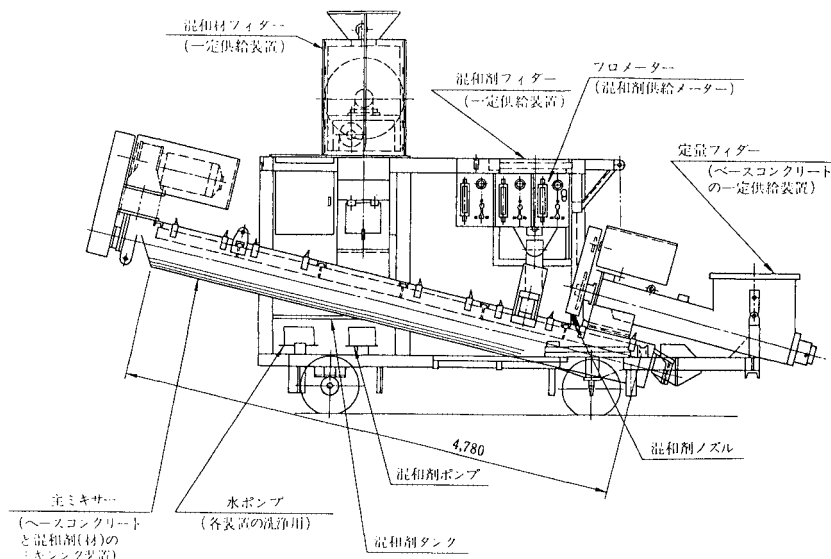


図-1 流動化装置の概要

場合にもかなり小さい。

なお、ベースコンクリートの場合も流動化剤の場合も、図-2および3に示すように設定ダイヤルと単位時間当たりの供給量との間には良好な一次比例関係が認められた。

開発した流動化装置で流動化したコンクリートの均等性の試験結果を表-3および4に示す。表-3において、スランブ8 cmのベースコンクリートを15 cmに、スランブ15 cmのベースコンクリートを21 cmに流動化したいずれの場合にも、練りませ開始から0.5 m<sup>3</sup>と1.5 m<sup>3</sup>排出時の差は、スランブで0~1.5 cm、平均0.6 cm、空気量で0~0.6%，平均0.2%と小さく土木学会流動化コンクリート施工指針(案)の規定を十分満足している。

また、表-4に示す圧縮強度試験結果から、練りませ開始から0.5 m<sup>3</sup>と1.5 m<sup>3</sup>排出時の圧縮強度に差異があるかどうかを検討するため、分散分析によってその有意差を検討した結果を図-4に示す。いずれのスランブにおいても、試料の採取位置による圧縮強度に有意差は認められなかった。

以上の試験の結果から、開発した流動化装置を用いて流動化コンクリートを製造する場合、実施工に使用するベースコンクリートを用い、あらかじめダイヤル設定値と実供給量との関係式を求めておき、配合に合わせてそ

表-1 フィダーオーガーの定量供給性能試験結果

スランブ (cm)	ダイヤル位置	測定値 (kg/min)	時間当りの供給量 (m <sup>3</sup> /日)	標準偏差 (m <sup>3</sup> /日)	変動係数 (m <sup>3</sup> /日)
8	1	717	19.2	18.8	0.308
		728	19.5		
		703	18.9		
	2	1076	28.7	29.4	0.513
		1104	29.4		
		1105	29.5		
3	1131	30.1	38.8	0.507	
	1419	38.3			
	1440	38.8			
15	1	805	21.4	21.0	0.458
		812	21.6		
		776	20.6		
		723	20.5		
	2	1087	29.0	29.6	0.370
		1095	29.6		
		1120	29.8		
		1122	29.9		
	3	1385	37.3	38.3	0.940
		1406	37.8		
		1479	39.8		
		1426	38.4		

表-2 フローメーターの流動化剤設定量の試験結果

ダイヤル位置	測定時間 (sec)	測定量 (cc)	流 (l/min)	標準偏差 (l/min)	変動係数 (%)
1	66.67	975	0.877	0.879	0.003
	65.32	955	0.877		
	63.70	930	0.876		
	62.31	925	0.884		
	61.33	900	0.880		
1.5	41.07	335	1.365	1.360	0.005
	40.31	310	1.365		
	38.38	870	1.360		
2	31.00	305	1.752	1.748	0.004
	31.23	310	1.748		
	31.47	315	1.745		
3	21.69	910	2.517	2.559	0.036
	21.44	910	2.547		
	20.48	875	2.517		
	20.04	855	2.560		
	20.32	865	2.554		

表-3 流動化コンクリートの均等性の試験結果

スランブ (cm)	測定項目	測定回数	試料採取位置		
			ベース	0.5m <sup>3</sup>	1.5m <sup>3</sup>
8 → 15	スランブ (cm)	1	8.0	13.5	14.6
		2	9.0	18.7	18.8
		3	10.5	15.7	16.1
	空気量 (%)	1	4.6	4.6	4.0
2	4.5	4.0	3.7		
3	5.0	4.8	4.5		
15 → 21	スランブ (cm)	1	14.0	19.5	20.0
		2	14.5	20.0	20.0
		3	15.1	18.0	17.5
	空気量 (%)	1	5.0	3.8	3.5
	2	4.8	3.8	3.8	
	3	4.8	3.6	3.6	

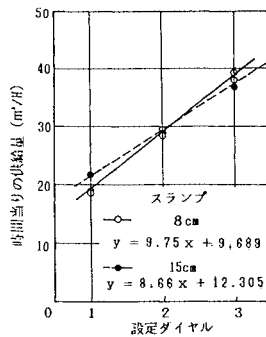


図-2 フィダーオーガーの設定ダイヤルとコンクリート供給量の関係

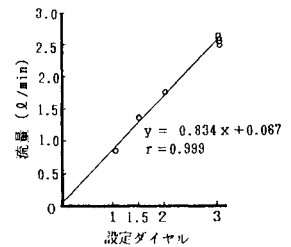


図-3 フローメーターの設定ダイヤルと流動化剤流量の関係

表-4 流動化コンクリートの圧縮強度試験結果

スランブ (cm)	測定回数	試料採取位置	
		0.5m <sup>3</sup>	1.5m <sup>3</sup>
8 → 15	1	429	387
		412	424
		409	402
	2	415	415
		424	372
		395	399
3	416	385	
	382	401	
	427	424	
15 → 21	1	348	412
		377	376
		367	383
	2	392	377
		371	390
		387	374
	3	390	383
		412	367
		381	339

表-5 流動化方法によるコンクリートの均等性の比較試験結果

流動化方法	試験項目	ベースコンクリート	流動化コンクリート					平均	標準偏差	変動係数 (%)
			試料採取位置 (m <sup>2</sup> )							
			1	2	3	4	5			
アシテック	スランブ (cm)	7.0	14.5	15.3	15.5	14.5	15.2	15.0	0.468	3.13
	空気量 (%)	4.3	4.8	4.6	5.0	5.0	4.8	4.8	0.167	3.48
	圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	340	309	348	340	337	327	333	11.3	3.39
		322	328	357	358	312	334	335		
流動化装置	スランブ (cm)	7.9	14.0	16.2	15.2	14.5	16.5	15.3	1.07	6.99
	空気量 (%)	4.8	4.8	4.6	4.7	5.2	5.1	4.9	0.259	5.28
	圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	382	391	372	374	368	351	359	10.2	2.84
		358	339	371	363	364	378	364		

それぞれの供給量を設定ダイヤルで設定すれば、所要の品質をもった流動化コンクリートが得られることが確認された。

#### 4. 流動化方法によるコンクリートの均等性比較実験

スランプ8 cmのベースコンクリートをアジテータトラックおよび開発した流動化装置でそれぞれスランプ15 cmに流動化し、流動化したコンクリートの均等性について比較した。

##### (1) 実験方法

コンクリートプラントで製造したベースコンクリートは、アジテータトラックで実験場所に運搬（所要時間40分）した。アジテータトラックで流動化するコンクリートは、流動化剤添加後、90秒間高速回転して、また流動化装置で流動化するコンクリートは2. で述べた方法によりそれぞれ流動化した。

試料はアジテータトラックはホッパーから、流動化装置はミキサの排出口から、それぞれ、排出量が1 m<sup>3</sup>となった時点から1 m<sup>3</sup>ごとに5 m<sup>3</sup>排出時まで5回、約50 lずつ採取した。採取した試料はただちにスランプおよび空気量試験を行うとともに圧縮強度試験用φ10×20 cm供試体を各3本ずつ、計30本成形した。

##### (2) 実験結果および考察

ベースコンクリートの試験結果は表—5に示すようであって、いずれも所要の品質条件を満足していた。また、スランプ8 cmのベースコンクリートをスランプ15 cmに流動化するために必要な流動化剤使用量は、アジテータトラック、流動化装置いずれの流動化方法を用いた場合にもセメント100 kg 当たり700 ccであった。

流動化後のコンクリートの均等性の試験結果を同じく

表—5に示す。表—5において、アジテータトラックを用いて流動化したコンクリートのスランプおよび空気量の試験結果は、スランプで平均15.0 cm、標準偏差0.47 cm、空気量で平均4.8%、標準偏差で0.18%である。これに対して、流動化装置で流動化したコンクリートは、スランプで平均15.3 cm、標準偏差1.07%、空気量で平均4.9%、標準偏差0.26%とほぼ同等の値を示した。

また、標準養生した材令28日の圧縮強度試験結果においても、アジテータトラックで流動化したコンクリートの圧縮強度が平均333 kg/cm<sup>2</sup>、変動係数3.39%であるのに対して、流動化装置で流動化したコンクリートの圧縮強度は平均359 kg/cm<sup>2</sup>、変動係数2.84%と差異は認められなかった。

以上の実験結果から、いずれの流動化方法を用いて流動化したコンクリートの品質もばらつきは少なく安定しており、開発した流動化装置を用いても、現在行われているアジテータトラックを用いる方法と同等の品質を有する流動化コンクリートの製造が可能であることが確認された。

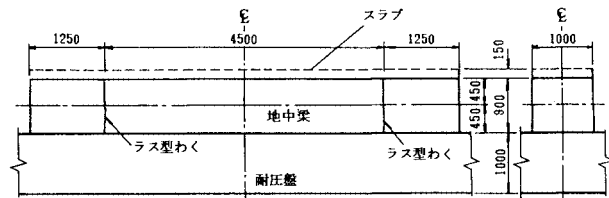
#### 5. 実工事への適用性に関する実験

開発した流動化装置の実施工レベルにおける性能を評価するため、地上4階、地下1階の鉄筋コンクリート構造物の図—5に示す耐圧盤および地中ばりの一部に流動化装置で流動化したコンクリートを打設し、各種の試験を行って検討した。

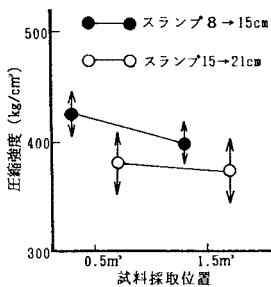
実験は、図—6に示す要因と水準を組み合わせた4種類のコンクリートの打設前と打設された実構造物の両方について行った。すなわち、普通セメントおよびフライアッシュB種セメントを用いたスランプ12 cmの通常

表—6 実験要因および水準

要因	水準	
	1	2
セメントの種類	普通	フライアッシュB種
スランプ	12cm	8cm→15cm(流動化)



図—5 地中ばりおよび耐圧盤の形状寸法



図—4 流動化コンクリートのばらつき

表—7 コンクリートの配合

配合No.	セメントの種類	流動化の有無	符材最大寸法(mm)	目標スランプ		目標空気量(%)	水セメント比(%)	細骨材率(%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )				流動化剤cc/C=100kg	
				ベース(㎝)	流動化後(㎝)				水	セメント	細骨材	粗骨材		A E減水剤
1	普通	無	20	12	—	4	53	44.5	156	284	815	1051	0.735	—
2	普通	有	20	8	15	4	53	45.1	150	283	839	1053	0.708	980
3	フライアッシュB種	無	20	12	—	4	53	44.5	152	287	818	1051	0.718	—
4	フライアッシュB種	有	20	8	15	4	53	45.1	146	275	841	1053	0.688	980

の AE コンクリートとスランプ 8 cm のベースコンクリートをこの装置によってスランプ 15cm に流動化したコンクリートについて比較を行った。

また、併せて、流動化時の騒音低減効果についても検討している。

(1) 実験方法

a) 使用材料

セメントは上記のように、普通セメントおよびフライアッシュ B 種セメントの 2 種類、細骨材は通常の品質の川砂 (比重: 2.53, 吸水率: 1.25 %, 粗粒率: 2.65) および山砕石 2005 (比重: 2.66, 吸水率: 0.54 %, 粗粒率: 6.60) である。AE 減水剤にはリグニンスルホン酸塩を主成分とするものを、流動化剤にはメラミンスルホン酸塩縮合物を主成分とするものを使用した。

b) コンクリートの製造

コンクリートは、コンクリートプラントで製造したレデーミクストコンクリートをアジテータトラックで現場に運搬し、スランプ 12 cm の AE コンクリートはそのまま、流動化するコンクリートは現場荷卸し地点で流動化装置で流動化しポンプで圧送して打設した。用いたコンクリートの配合を表-7 に示す。

c) 打設前コンクリートの均等性に関する試験

打設前コンクリートの試験は、耐圧盤に 1 日に打設される約 700m<sup>3</sup> のコンクリートから約 50 m<sup>3</sup> ごとにアジテータトラックの排出口と圧送管の筒先から試料を採取した。

試料採取の時期は、アジテータトラックからの排出量が 2.5 m<sup>3</sup> となったときとし、採取した試料はただちにスランプおよび空気量の試験を行うとともに、圧縮強度試験用の φ 10×20 cm 供試体を 42 本成形した。

d) 打設した構造体コンクリートの均等性に関する試験

打設した構造体コンクリートの均等性を確かめるために、図-6 に示す地中ばりの各位置から、材令 7 日、14 日、28 日、42 日、91 日および 180 日において、約 φ 10×65 cm のコアを各材令 3 本ずつ計 15 本採取した。採取し

たコアは図-6 に示すように切断して、コンクリートの外表面からの距離が約 15 cm の位置 (以後、コア供試体端部部という) と同じく外表面からの距離が約 50 cm の位置 (以後、コア供試体中心部という) から、それぞれ 1 本ずつ、1 コア当たり 2 本の φ 10×20 cm 供試体を成形して圧縮強度試験に供した。

なお、地中ばりのコンクリートの打設時に圧送管の筒先でも試料を採取して圧縮強度試験用供試体を 1 材令 3

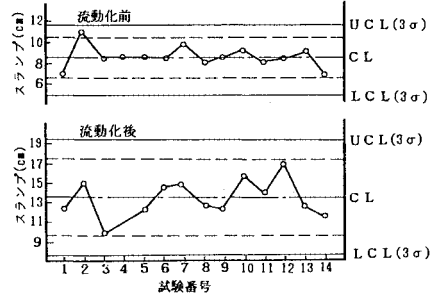


図-7 スランプの測定結果

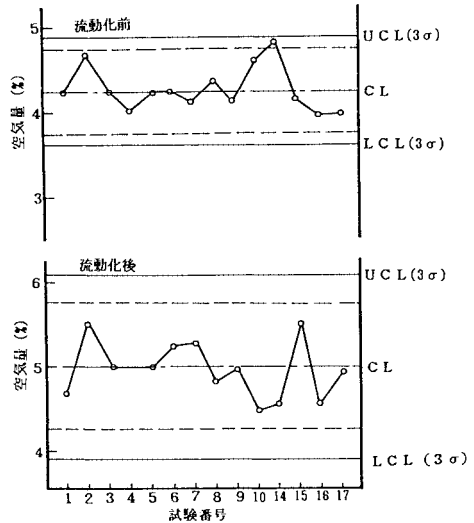


図-8 空気量の測定結果

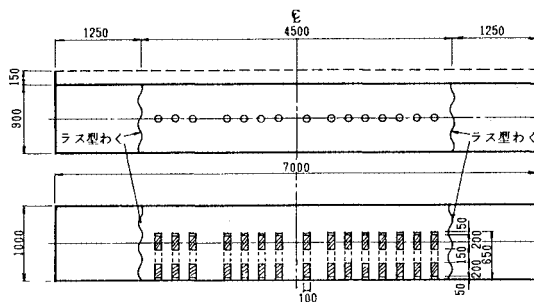


図-6 コア採取位置

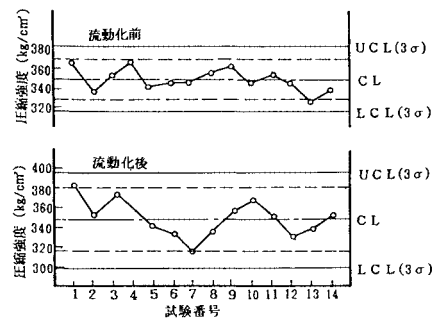


図-9 圧縮強度の試験結果

表—8 圧縮強度試験結果

(単位: kg/cm<sup>2</sup>)

配合 No.	セメントの種類	流動化の有無	供試体の種類	材				
				7 日	28 日	42 日	91 日	180 日
1	普通	無	標準養生供試体	191 196 197 (1.35)	263 272 276 (0.91)	301 293 283 (3.10)	294 282 283 (1.88)	294 283 311 (3.90)
			コア供試体中心部	163 173 200 (8.37)	245 237 243 (1.41)	273 277 269 (1.20)	272 279 276 (2.77)	274 309 298 (5.01)
			コア供試体端部	183 187 201 (3.98)	263 279 263 (2.83)	300 311 292 (2.59)	313 295 298 (2.81)	312 296 300 (2.24)
2	普通	有	標準養生供試体	218 218 222 (0.86)	307 309 308 (0.27)	303 302 304 (0.27)	303 297 346 (6.93)	322 325 334 (1.50)
			コア供試体中心部	196 192 196 (1.28)	262 270 249 (3.33)	275 288 287 (2.09)	299 288 282 (2.43)	268 288 277 (2.94)
			コア供試体端部	198 209 197 (2.24)	261 277 279 (2.96)	293 302 306 (2.81)	287 290 291 (0.87)	307 278 291 (4.06)
3	フライアッシュ B 種	無	標準養生供試体	211 188 196 (4.82)	290 271 286 (2.90)	321 310 355 (5.52)	375 352 364 (2.58)	377 397 380 (2.14)
			コア供試体中心部	188 198 163 (8.04)	268 286 265 (3.40)	306 304 306 (0.31)	326 351 326 (3.53)	378 382 357 (2.95)
			コア供試体端部	210 201 172 (8.36)	265 273 281 (2.39)	337 338 323 (1.92)	376 341 317 (7.02)	369 344 384 (4.51)
4	フライアッシュ B 種	有	標準養生供試体	177 187 172 (2.37)	260 255 252 (1.29)	282 289 265 (2.96)	312 303 302 (2.49)	354 344 346 (1.18)
			コア供試体中心部	150 169 141 (7.63)	244 207 230 (6.80)	266 303 286 (5.31)	295 286 304 (2.49)	352 393 381 (4.59)
			コア供試体端部	165 174 169 168 (2.21)	216 237 239 (4.50)	289 287 285 (0.57)	309 296 307 (1.88)	368 434 354 (9.15)

備考：( ) 内は各 3 本の変動係数を示す。

本ずつ計 15 本成形し、標準養生供試体とした。

e) 流動化時の騒音レベルの測定

開発した流動化装置の騒音低減効果を確認するため、アジテータトラックおよび流動化装置、それぞれの方法による流動化時に騒音測定を行い、アジテータトラックの場合と比較した。

騒音の測定にあたっては、騒音の発生源を中心に約 90° の方向に第 1 および第 2 測線を選定し、それぞれの測線上で発生源からの距離が 5 m, 10 m および 30 m の位置で測定した。騒音レベルの測定は JIS Z 8731「騒音レベル測定法」に規定されている方法に従って、騒音計の指示値を 10 回読み取り、結果の整理には平均値を用いた。また、暗騒音レベルも騒音レベルと同じ測定点で作業前に測定した。

(2) 実験結果および考察

a) 打設前コンクリートの均等性に関する試験

打設された約 700 m<sup>3</sup> のコンクリートから約 50 m<sup>3</sup> ごとに試料を採取して行ったスランブおよび空気量試験の結果ならびに材令 28 日における圧縮強度試験の結果を図-7~9 に示す。

図-7~9 において、流動化後のコンクリートの標準

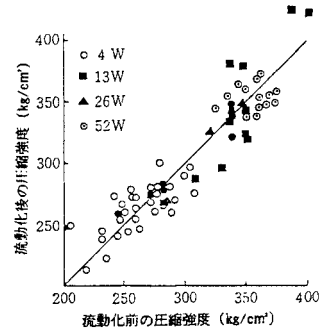


図-10 流動化前後の圧縮強度の関係

表—9 分散分析結果 (普通セメント)

要因	自由度 df	分散比 F <sub>1,0</sub>	寄与率 P (%)
主効果 A	1	45.7865**	10.0
主効果 B	4	94.9234**	83.6
交互作用 A×B	4	0.936886	0
誤差 e	20	0	6.4
合計	29	0	100

\*\* 危険率 1% で有意、\* 危険率 5% で有意、無印有意差なし

表—10 分散分析結果 (フライアッシュ B 種セメント)

要因	自由度 df	分散比 F <sub>1,0</sub>	寄与率 P (%)
主効果 A	1	81.204**	8.2
主効果 B	4	244.591**	88.9
交互作用 A×B	4	1.7653	0.3
誤差 e	20	0	2.6
合計	29	0	100

\*\* 危険率 1% で有意、\* 危険率 5% で有意、無印有意差なし

偏差は、スランブで 1.92 cm, 空気量で 0.36 %, 材令 28 日の圧縮強度で 16.1 kg/cm<sup>2</sup> ときわめて小さい。また、その試験値は、いずれの試験においても 2σ 管理限界内にあり、かつ、中心線の上下にはほぼ同数交互に分布しており、ばらつきも非常に小さく、開発した装置は十分な流動化性能を有していると判断された。

なお、流動化後のコンクリートの品質変動がベースコンクリートの場合より多少大となるのは当然であるが、この流動化装置を用いた場合の差異はきわめて少なく、ベースコンクリートの標準偏差は、スランブで 1.06 cm, 空気量で 0.21 %, 材令 28 日圧縮強度で 11.1 kg/cm<sup>2</sup> であった。

b) 打設した実構造体コンクリートの均等性に関する試験

コンクリートの打設時に、圧送管の筒先で採取した標準養生供試体ならびに地中ばりの外表面から約 15 cm および約 50 cm の位置から採取した 2 種類のコア供試

体の各材令における圧縮強度試験結果を表-8に示す。

表-8の試験結果から、スランプ12cmのAEコンクリートとスランプ8cmのベースコンクリートをスランプ15cmに流動化したコンクリートの標準養生供試体の圧縮強度に差異があるかどうか検討するために、同一材令における圧縮強度を一對として、分散分析によってその差の有意性を検討した。結果は、表-9および10に示すように普通およびフライアッシュB種いずれのセメントを用いたコンクリートにおいても有意な差が認められた。

既往の研究において、図-10に一例を示すように流動化前後では圧縮強度に差はないといわれているにもかかわらず、このような結果となった原因としては、スランプ12cmのAEコンクリートとスランプ8cmのベースコンクリートのコンクリートプラントでの製造時に水セメント比に差が生じ、これらが流動化後にもそのまま現われたためと思われる。

次に、流動化コンクリートを用いて打設された実構造物の品質の均等性を論ずるために、実構造物から採取した2種類のコア供試体の圧縮強度試験結果を用いて以下のような比較を行った。

検討にあたっては、コア供試体の養生条件が相違することから、積算温度方式(D°D)を採用し、積算温度はあらかじめコア供試体のそれぞれのコア採取位置に埋設しておいた銅-コンスタンタン熱電対により実測した温度履歴から算出した。

検討は、まず、普通セメントおよびフライアッシュB種セメントを用いた流動化コンクリートの各材令における算出した積算温度の対数値を横軸に、コア供試体中心部の圧縮強度試験結果を縦軸にとって整理し、積算温度-圧縮強度の回帰直線の95%信頼限界を求めた。これに、それぞれコア供試体端部の圧縮強度を合わせてみると、図-11および12に示すように、いずれの試験値も95%信頼限界内にあった。

この結果は、スランプ8cmのベースコンクリートをスランプ15cmに流動化したコンクリートを用いても、材料分離等が生じることなく、スランプ12cmのAEコンクリートを打設した場合と同等の均等性をもった構造物の施工が可能であることを示すものである。

なお、積算温度方式で整理した各配合のコンクリートの圧縮強度は、図-13に一例を示すように、180日の長期材令においても高い直線性が認められ、求めた相関係数は0.792~0.972となった。

これは、打設された構造物コンクリートの積算温度がわかれば、供試体の積算温度と圧縮強度の関係から、打設された構造物強度の推定が可能であることを示すものである。この強度推定法は、品質管理のほか、支保工の

解体時期の決定などにも応用できる。

c) 流動化時の騒音レベルの測定

流動化作業時における騒音レベルの測定結果を図-14に示す。

図-14において、アジテータトラックで流動化した

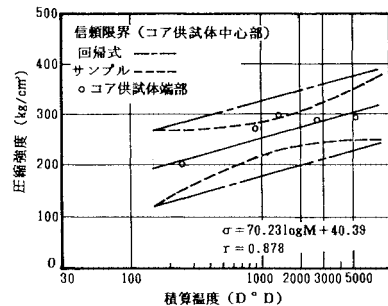


図-11 実構造物強度の均等性に関する検討 (普通セメント、流動化)

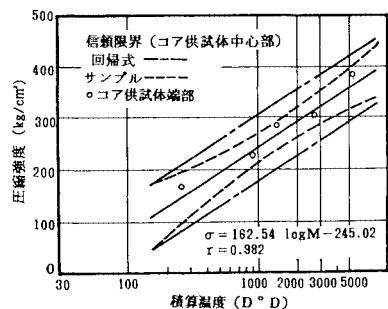


図-12 実構造物強度の均等性に関する検討 (フライアッシュB種セメント、流動化)

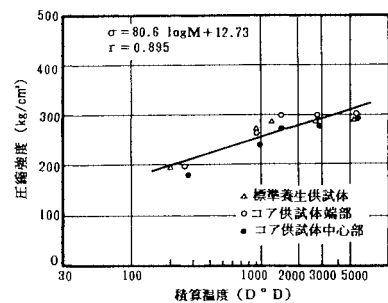


図-13 積算温度と圧縮強度の関係 (普通セメント)

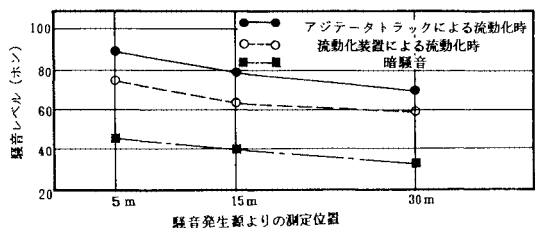


図-14 流動化時の騒音レベルの測定結果

場合の騒音レベルは、5 m で 90 ホン、10 m で 80 ホン、30 m で 72 ホンとなり特定建設作業に対する騒音規制値「仮囲いから 30 m の地点で 70 ホン以下」を上回り、シートまたは合板で囲う等の騒音防止対策を講ずる必要が認められた。

これに対して、開発した流動化装置で流動化した場合の騒音レベルは、5 m で 75 ホン、10 m で 74 ホン、30 m で 59 ホンといずれの測定距離における測定値も、アジテータトラックで流動化した場合の測定値を 10 ホン以上下回っていた。

また、この測定値は先に述べた騒音規制値を満足しており、この流動化装置を用いて流動化を行えば、騒音対策が不用になるばかりでなく、排気ガスも発生せず公害防止にもきわめて有利といえる。

## 6. 結 論

本研究は、流動化コンクリートの施工上、最も障害となっている流動化作業の合理化を目的として、効率的な流動化装置を開発し、その流動化性能と実用性について検討したものである。本研究の範囲でいえることを要約すると以下のようである。

(1) 開発した流動化装置の定量供給性能は、ベースコンクリートの標準偏差で、最大 0.84 m<sup>3</sup>/h、平均 0.52 m<sup>3</sup>/h、流動化剤の標準偏差で最大 0.036 l/min、平均 0.012 l/min と十分な性能を有していた。

(2) 流動化装置を用いて流動化したコンクリートの均等性は、練りませ開始から 0.5 m<sup>3</sup>、と 1.5 m<sup>3</sup> 排出時の差がスランプで 0~1.5 cm、平均 0.6 cm、空気量で 0~0.6%、平均 0.2% と小さく、土木学会流動化コンクリート施工指針(案)の規定値を十分満足していた。

(3) 流動化方法による流動化コンクリートの均等性の比較実験を行った結果、アジテータトラックを用いて流動化したコンクリートの標準偏差がスランプで 0.47 cm、空気量で 0.18%、材令 28 日の圧縮強度で 3.38% であった。これに対して、開発した流動化装置を用いて流動化したコンクリートの標準偏差は、スランプで 1.07 kg/cm<sup>2</sup>、空気量 0.26%、材令 28 日の圧縮強度で 2.84% とほぼ同等のばらつきであって、流動化装置を用いても従来行われているアジテータトラックを用いた方法と同等の品質を有する流動化コンクリートの製造が可能であることが確認された。

(4) 実工事でのこの流動化装置を適用した結果、流動化後のまだ固まらないコンクリートの標準偏差は、スランプで 1.92 cm、空気量で 0.36%、材令 28 日の圧縮強度で 16.1 kg/cm<sup>2</sup> ときわめて小さく安定していた。

(5) コンクリート打設時に筒先で採取した標準養生供試体ならびに打設した実構造体の外表面から約 15 cm および約 50 cm の位置から、材令 7 日、28 日、42 日、91 日および 180 日に採取した 2 種類のコア供試体の圧縮強度は、積算温度方式で整理すると 180 日の長期材令においてもきわめて高い直線性を示し、その相関係数は 0.792~0.972 であった。

(6) (5) の結果から打設された構造体コンクリートの積算温度がわかれば、供試体の積算温度と圧縮強度の関係から、打設された構造体強度の推定が可能であり、この推定法は、品質管理のほか、支保工の解体時期の決定等に使用できる。

(7) アジテータトラックで流動化した場合の騒音レベルの測定結果は、騒音発生源からの距離 5 m で 95 ホン、10 m で 80 ホン、30 m で 72 ホンと、特定建設作業に対する騒音規定値「仮囲いから 30 m の地点で 70 ホン以下」を上回り、なんらかの騒音防止対策を講ずる必要がある。

(8) 開発した流動化装置で流動化した場合の騒音レベルは、騒音発生域からの距離 5 m で 75 ホン、10 m で 67 ホン、30 m で 60 ホンとアジテータトラックで流動化した場合と比較して、いずれの測定点でも 10 ホン以上低い値となり、顕著な騒音低減効果が認められた。

(9) 開発した流動化装置の流動化時の騒音レベルは、騒音規制値を満足するばかりでなく排気ガス発生もないことから、公害防止きわめて有効な手段となり得ることが確認された。

謝 辞：本研究を進めるにあたり、終始有益なご助言とご指導を頂いた東京都立大学工学部 村田二郎教授に謝意を表します。また、実験および解析の遂行にあたってご支援と便宜を賜りました日曹マスタービルダーズ(株) 児玉和巳氏、(社)セメント協会 国府勝郎氏、東京都立大学 鈴木一雄氏、流動化装置の開発に多大のご協力をいただいたスギウエエンジニアリング(株)に感謝の意を表します。

## 参 考 文 献

- 1) 土木学会：流動化コンクリート施工指針(案)、コンクリートライブラリー第 51 号、1983 年 10 月。
- 2) 高 英雄ほか：流動化コンクリート工法の計画と実施、竹中技術研究所報、pp.99, No.149, 1981 年 10 月。
- 3) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説、JASS 5 鉄筋コンクリート工事、pp.236~237, 1984 年。

(1985.10.16・受付)