

# 練りませ時間がコンクリートに与える影響 (第2報)

— 主として鉄筋付着強度について —

主任研究員

烏田 専 右      森 永      繁  
鈴木 忠 彦      大 蘭 征 夫

## §1. ま え が き

レディーミクストコンクリートの普及にともなって、コンクリートの長時間の練りませが、ひとつの問題になっている。既報<sup>1)</sup>の如く、

鉄筋付着強度の低下

は、長時間練りませられたコンクリートを取りあつかうとき、警戒しなければならない点である。

ここでは、これまでの実験にひき続き、鉄筋付着強度に及ぼす、

1. 練りませ時間
2. 遅延剤
3. セメント種類
4. 異型鉄筋

等の影響を調査するため、実験室内で行なわれた一連の実験の結果と、その際、同時に行なった強度、スランブ等の結果に関して報告する。最後に、モルタルを使って行なった一実験の結果をのべ、付着強度と圧縮強度が長時間練りませに対して異なった傾向を示す原因のひとつと思われる事柄について付言した。

## §2. 実験の方法

実験は1964年1月から12月の間に、5回にわたって行なった。各実験の概略は次の通りである。

### シリーズ 1 (1964-1-16 ~ 2-18)

時間、混和材料、ミキサー回転速度、セメント、スランブ等、付着強度に影響を与える因子の効果を知るために、L-8型直交配列表に割りつけられた実験計画による検討をし、以後の実験の指針とした。

用いた因子、水準は表-1に示し、割りつけは表-2のようにした。

試験体は各条件のコンクリートにつき、圧縮強度試験

用3個、水平付着強度試験用3個、垂直付着強度試験用3個を採取し、スランブおよび温度測定を行なった。

因子 水準	A 混和材料	B 練りませ時間	C 回転数	D セメント	E スランブ
1	なし	5分	5r.p.m.	A社	10cm
2	遅延剤	90分	15r.p.m.	T社	20cm

表-1 要因と水準

列 No.	1	2	3	4	5	6	7
	A	B	A×B	C	D	e	E
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	2	1	2	1	2	1
7	2	1	2	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

表-2 割りつけ

### シリーズ 2 (1964-3-16 ~ 5-19)

遅延剤、分散材およびフライアッシュの練りませ時間効果に対する影響、および異型丸鋼の場合の練りませ時間効果を知るために行なった。

コンクリートの練りませ時間は5分および60分とし、それぞれから圧縮強度試験用2個、異型丸鋼の垂直付着強度試験用2個、および普通丸鋼の水平付着強度試験用2個を採取した。

同時に、スランブ、温度測定も行ない、分散材を用いたものに対しては、空気量の測定も行なった。ミキサー回転速度は5分までは26r.p.m.、以後15r.p.m.とした。

なお、同一条件のバッチを7回くり返した。

練りませ時間の効果を表わす特性値としては、5分間練りませたコンクリートによる試験体の試験値（2個の平均）に対する、同一バッチの60分練りませたコンクリートによる試験体の試験値（2個の平均）の比をとり、各混和剤間の効果の差は、この数値群を比較することにより、また、練りませ効果の有無は、この数値群が「1」を平均値とする母集団からの標本といえるかどうかを検定することにより判定した。

### シリーズ 3 (1964-7-20 ~ 9-7)

セメント種類、およびAE剤の練りませ時間効果に対する影響を知るために行なった。

試験体の採取時間、くり返し数、ミキサーの回転速度はシリーズ2の実験と同じであるが、付着強度試験は普通丸鋼の垂直付着強度試験のみを対象とした。各時点で採取した試験体は、圧縮強度試験用2個、付着強度試験用2個で、同時に、スランブ試験も行なった。

異型丸鋼、水平鉄筋を採用しなかったのは、異型鉄筋は練りませ時間の影響をうけないこと、水平鉄筋の付着強度は垂直鉄筋と同じ傾向を示し、ここで目的としている付着強度を論ずるときには、垂直鉄筋のみで十分であることが、前のシリーズ1およびシリーズ2の実験で明らかになったからである。それ故、以後の実験も、普通丸鋼の垂直付着強度のみを対象とした。

使用したセメントは、普通ポルトランドセメント、中庸熱セメント、早強セメント、および普通ポルトランドセメントにAE剤を加えたものの4種で、練りませ時間効果の判定は、シリーズ2と同方法によった。

### シリーズ 4 (1964-9-14 ~ 9-26)

練りませ時間の延長とともに、付着強度がいかに変化していくか、また、それに伴うミキサー回転速度の影響はどうかを知るために行なった。

使用したセメントは、普通ポルトランドセメント、中庸熱セメント、早強セメントで、ミキサーの回転速度は中庸熱セメント、および早強セメントにあつては15r.p.m.とし、普通ポルトランドセメントにあつては、一方を15r.p.m.、他方を5r.p.m.とした。

試験体は練りませ時間5分、40分、80分、および120分の各時点で採取し、圧縮強度用試験体2個、普通丸鋼の垂直付着強度用試験体2個を採取し、同時に、スランブテストを行なった。

同一バッチを2度くり返し、練りませ時間効果の判定は、シリーズ2の実験に準じた。

### シリーズ 5 (1964-12-14 ~ 12-18)

シリーズ4の実験から、付着強度は練りませ時間が80分を越えるあたりまで低下を続けるような傾向がうかがわれたため、試験体採取時は5分および90分とした。

これまでの実験で、強度のばらつきがかなり大きかったことを考慮し、各時点で採取した試験体数は圧縮強度試験用3個、普通丸鋼の垂直付着強度試験用3個とし、同時に、スランブテストを行なった。

使用したセメントは、普通ポルトランドセメント、高炉セメント、中庸熱セメント、および早強セメントで、ミキサーの回転速度は15r.p.m.とし、同一バッチを5回くり返した。練りませ時間効果の判定は、シリーズ2の実験に準じた。

以上の実験条件の概略と、実験時の温湿度条件を表-3に示した。

シリーズ	コンクリート		鉄筋 丸鋼	ミキサ 回転数 r.p.m.	キ ー 採 取 時 間 分	試験体個数			くり 返し 数	環 境	
	セ メ ン ト	混 和 材 料				圧 縮	水 平	垂 直		温 度 °C	湿 度 %
1	A社	普ボ+遅延剤	○	5.15	5.90	3	3	3	8	17	30
	"	—	○	5.15	"	"	"	"	"	20	40
	T社	普ボ+遅延剤	○	5.15	"	"	"	"	"	"	"
	"	—	○	5.15	"	"	"	"	"	"	"
2	普ボ	—	○	15	5.60	2	2	2	7	20	50
	普ボ+分散材	—	○	15	"	"	"	"	"	24	70
	普ボ+遅延剤	—	○	15	"	"	"	"	"	"	"
	普ボ+アッシュ	—	○	15	"	"	"	"	"	"	"
3	普ボ	—	○	15	5.60	2	0	2	7	23	65
	中庸熱	—	○	15	"	"	"	"	"	27	80
	早強	—	○	15	"	"	"	"	"	"	"
	普ボ+AE剤	—	○	15	"	"	"	"	"	"	"
4	普ボ	—	○	15	5.40, 80, 120	2	0	2	2	24	60
	普ボ	—	○	5	"	"	"	"	"	27	70
	中庸熱	—	○	15	"	"	"	"	"	"	"
	早強	—	○	15	"	"	"	"	"	"	"
5	普ボ	—	○	15	5.90	3	0	3	5	20	40
	中庸熱	—	○	15	"	"	"	"	"	22	50
	早強	—	○	15	"	"	"	"	"	"	"
	高炉	—	○	15	"	"	"	"	"	"	"

注：ミキサー回転数は5分まではいずれも26r.p.m.である。

表-3 実験の概略一覧

使用した材料、そのときのコンクリート調合、およびミキサーの性能は表-4~表-10に示す通りである。

粗骨材については、粒大別にいくつかに分けたものを再び混合して用い、粒度の一定をはかった。鉄筋

についてはサンドペーパーで浮鏝を落とし、アセトンで拭いて使用した。各試験は次の通りに行なった。

1) スランブ試験

JIS A 1101による。

2) 圧縮強度試験

JIS A 1108 による。養生は 20°C 水中で行ない、

材令28日で試験した。

3) 鉄筋付着強度

ASTM C 234—57T に準じた。水平鉄筋については、下段のみを使用した。鉄筋は径 13 mm のものを使用し、養生は 20°C の水中で行ない、材令28日で試験した。

セメント シリーズ 項目	普通ポルトランド					早強ポルトランド			中庸熱ポルトランド			フライアッシュセメントB種	高炉セメントB種	
	1	2	3	4	5	3	4	5	3	4	5	2	5	
比重	3.15	3.16	3.15	3.16	3.16	3.12	3.14	3.14	3.19	3.19	3.19	2.87	3.06	
ブレン cm <sup>2</sup> /g	3220	3300	3320	3300	3280	4270	4320	4270	3240	3140	3180	3510	3840	
凝結	水量 %	26.8	26.7	27.3	27.2	27.1	29.8	29.9	29.8	27.8	27.6	27.0	27.5	27.5
	始発	2-19	2-10	2-06	2-17	2-09	2-24	2-34	2-32	2-30	2-51	3-20	2-38	2-40
	終結	3-30	3-20	3-27	3-30	3-23	3-36	3-59	3-55	4-01	4-19	4-45	4-20	4-10
安定性	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良	
強熱減量 %	0.9	0.9	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.8	0.8	1.0	0.6	
マグネシア %	1.5	1.5	1.7	1.6	1.6	1.7	1.7	1.6	1.5	1.0	1.0	1.3	3.0	
無水硫酸 %	2.1	2.0	2.1	2.0	2.0	2.4	2.4	2.4	1.6	1.9	1.9	1.7	2.1	
フロー mm	251	253	248	240	243	233	244	244	264	258	255	265	250	
曲げ強度 kg/cm <sup>2</sup>	3日	30.8	32.6	33.3	32.6	32.9	49.4	48.6	49.0	29.4	28.5	26.9	27.4	26.0
	7日	46.6	48.0	49.5	48.0	47.6	62.0	62.5	65.9	42.6	42.0	40.5	39.1	37.1
	28日	70.2	71.6	71.3	71.1	72.9	79.9	81.0	80.4	72.5	72.4	69.5	63.0	70.2
圧縮強度 kg/cm <sup>2</sup>	3日	119	133	134	131	133	237	228	229	109	105	105	103	95
	7日	219	235	231	220	224	348	340	348	171	167	164	178	175
	28日	417	431	412	412	417	491	488	484	400	395	393	342	410
養生温度 °C	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20.5	

表-4 各セメントの物理試験結果

セメント	強熱減量	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	不残溶分	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF
普通	0.8	21.9	5.3	3.1	65.2	1.1	1.9	0.5	54	22	9	9
早強	1.2	21.1	4.7	2.8	65.2	1.3	2.3	0.7	63	13	8	9
中庸熱	0.5	23.1	4.3	4.0	64.3	1.5	1.6	1.6	47	31	5	12

表-5 シリーズ 5：セメント化学分析結果 (%)：当社分析室分析

シリーズ	産地	比重	吸水量 % kg/l	単重 kg/l	有機 不純 物	ふるい通過率 %					大きさ mm	
						5	2.5	1.2	0.6	0.3		
						0.15						
1.2	鬼怒川	2.60	2.25	1668	良	98	95	84	52	14	1	2.5以下
3	鬼怒川	2.56	—	1610	良	98	94	88	57	10	0	1.2以下
4.5	鬼怒川	2.62	2.04	1647	良	98	95	89	60	21	3	1.2以下

表-6 細骨材：川砂

シリーズ	産地	比重	吸水量 % kg/l	単重 kg/l	ふるい通過率 %					大きさ mm	
					30	25	20	15	10		
					5						
1.2	富士川 大井川	2.66	1.01	1727	100	99	70	44	7	2	25以下
3	鬼怒川	2.63	1.03	1741	100	93	68	46	17	2	25以下
4.5	鬼怒川	2.64	1.11	1729	100	93	54	33	7	1	25以下

表-7 粗骨材：川砂利

シリーズ	コンクリート セメント+混和材料	W/C %	スラ ンプ cm	砂率 %	重 量 kg/m <sup>3</sup>				混和 材料
					有効 水	セメ ント	砂	砂利	
1	A社普ボ+遅延剤	61.5	10	42.2	173	281	798	1122	0.71
	—	53.4	10	42.2	152	284	821	1153	
	T社普ボ+遅延剤	57.5	20	44.0	192	335	791	1034	0.83
2	—	54.5	20	44.0	181	332	804	1051	
	普ボ	60.2	20	45.5	205	340	801	975	
	普ボ+分散剤	55.1	20	45.3	169	306	819	1000	0.765
	普ボ+遅延剤	60.5	20	45.4	202	334	805	984	1.1
3	普ボ+フライ アッシュ	55.0	20	45.3	190	295	814	995	52
	普ボ	59.5	20	40.2	193	324	715	1090	
	早強	60.4	20	40.1	188	312	722	1108	
	中庸熱	59.5	20	40.1	186	312	725	1110	
4	普ボ+A E 剤	55.0	20	38.4	180	328	663	1098	0.098
	普ボ	60.0	20	39.5	193	322	717	1112	
	早強	60.0	20	39.1	198	330	705	1104	
	中庸熱	60.0	20	39.8	187	312	734	1120	
5	普ボ	60.0	20	39.5	193	322	717	1112	
	普ボ	58.0	20	39.8	190	328	726	1108	
	早強	57.5	20	39.8	183	318	734	1127	
	中庸熱	58.0	20	39.8	190	328	724	1110	
	高 炉	57.2	20	39.8	185	324	736	1112	

表-8 コンクリート調査

種 類	公称寸法 mm	降 伏 点 kg/mm <sup>2</sup>	引張強度 kg/mm <sup>2</sup>	伸 び %
SR 24 (黒 皮)	13	44	57	30
		40	55	31
		38	51	31
SD 24 (オニコン)	13	39	56	—
		38	55	28
		39	55	23

表-9 鋼材の機械的性質

型 式	可傾式ミキサー	
容 量	0.05 m <sup>3</sup>	
回 転 数	高 速	26 r.p.m.
	中 速	15 r.p.m.
	低 速	5 r.p.m.

表-10 ミキサーの性能

### § 3. 実験の結果と検討

#### 3.1 スランプ試験結果

スランプ試験，およびそれと同時に測定したフロー，空気量，温度変化等の結果を，各シリーズごとにそれぞれ表-11～表-15に示し，各項目について5分練りませ時との値の差を図-1～図-4に示した。

回 数	混 和 材 料	練りませ時間 分	回 転 数 r・P m・	セメント会社	予定スランプ cm	W/C %	5 分			90 分		
							スラ ンプ cm	フ ロー cm	コ リ ト 温 度 °C	ス ラ ンプ cm	フ ロー cm	コ リ ト 温 度 °C
1	—	5	5	A	10	61.5	10	20×20	17.0	—	—	—
2	—	5	15	T	20	57.5	20	40×38	17.5	—	—	—
3	—	90	5	A	20	57.5	20	34×33	17.0	13	25×24	17.0
4	—	90	15	T	10	61.5	8	21×21	19.5	4	20×20	19.0
5	遅延剤	5	5	T	20	54.5	20	39×37	18.0	—	—	—
6	遅延剤	5	15	A	10	53.4	9	20×20	17.0	—	—	—
7	遅延剤	90	5	T	10	53.4	9	21×21	19.5	4	20×20	19.0
8	遅延剤	90	15	A	20	54.5	20	36×35	18.0	10	21×22	20.0

表-11 シリーズ1：まだ固まらないコンクリートの性質

シリーズ1~5までのスランブ試験の結果を総合したのが図-5である。

図中の低下率は、長時間練りませたために生じた低下

種類	回数	5分				60分			
		スランブ cm	フロー cm	空気量 %	コンクリート度 °C	スランブ cm	フロー cm	空気量 %	コンクリート度 °C
ブレイク	1	20	33	—	—	16	30	—	—
	2	21	35	—	—	16	30	—	—
	3	19	31	—	16.5	12	24	—	18.4
	4	20	34	—	18.5	12	23	—	20.5
	5	20	34	—	19.8	14	29	—	22.0
	6	20	33	—	18.0	11	23	—	20.0
	7	20	35	—	21.5	11	21	—	23.0
分散材	1	19	31	4.8	—	11	22	4.5	—
	2	19	35	7.4	—	6	20	4.9	—
	3	20	33	7.2	17.2	7	20	5.2	20.0
	4	20	33	8.2	19.2	12	25	5.2	21.6
	5	20	30	7.8	20.2	5	20	6.5	21.6
	6	19	30	4.8	19.2	7	20	4.0	21.0
	7	20	35	5.4	21.2	7	20	4.0	24.0
遅延剤	1	20	32	—	—	13	27	—	—
	2	19	28	—	16.5	12	23	—	18.5
	3	20	30	—	18.3	12	25	—	21.0
	4	21	36	—	19.4	17	30	—	21.0
	5	21	37	—	18.0	15	23	—	19.2
	6	20	30	—	19.0	10	23	—	22.0
	7	20	33	—	21.2	12	25	—	23.5
フライアッシュ	1	21	36	—	—	17	34	—	—
	2	21	35	—	16.7	18	31	—	18.4
	3	21	33	—	17.8	14	27	—	20.0
	4	21	35	—	19.0	18	30	—	21.0
	5	20	35	—	19.0	15	25	—	20.0
	6	20	34	—	18.0	14	26	—	21.0
	7	20	33	—	20.2	13	25	—	22.8

表-12 シリーズ2：まだ固まらないコンクリートの性質

量(cm)の5分時スランブ (cm) に対する百分率で表わした。プロットされた各点は、各シリーズ内の同一バッチ数個の平均値である。

スランブの変化は、練りませ時間のみならず、ミキサの容量などにも関係すると思われるので、以下の結果の数字が、そのままレディーミクストコンクリートに\*

種類	回数	5分		60分	
		スランブ cm	フロー cm	スランブ cm	フロー cm
普通ブレイク	1	20	35	18	29
	2	21	38	18	27
	3	19	30	13	21
	4	20	35	16	25
	5	19	32	15	27
	6	20	33	18	28
	7	22	39	19	31
中庸熱	1	22	39	21	33
	2	21	40	18	33
	3	21	41	19	31
	4	21	37	19	28
	5	20	33	16	24
	6	21	38	20	30
	7	21	37	17	27
早強	1	19	30	13	23
	2	20	30	15	23
	3	19	30	16	27
	4	19	34	14	24
	5	19	29	14	24
	6	19	29	15	25
	7	19	33	18	28
A E 剤	1	19	34	14	23
	2	20	33	18	31
	3	21	35	19	28
	4	20	34	18	29
	5	20	37	16	27
	6	20	34	16	25
	7	20	36	19	30

表-13 シリーズ3：まだ固まらないコンクリートの性質

種類	回数	測定種類	5分	40分	80分	120分
普通	1	スランブ cm	17	18	13	7
		フロー "	30	31	22	20
	2	スランブ cm	21	19	17	15
		フロー "	38	34	28	24
中庸熱	1	スランブ cm	20	19	16	15
		フロー "	31	28	26	26
	2	スランブ cm	20	19	14	13
		フロー "	32	28	24	22
早強	1	スランブ cm	19	15	11	10
		フロー "	31	25	22	21
	2	スランブ cm	20	19	18	16
		フロー "	35	31	29	27
普通(5r.p.m.回転回数変化)	1	スランブ cm	20	19	18	13
		フロー "	36	29	28	22
	2	スランブ cm	20	18	18	11
		フロー "	31	27	26	21

表-14 シリーズ4: まだ固まらないコンクリートの性質

種類	回数	5分		90分	
		スランブ cm	フロー cm	スランブ cm	フロー cm
普通	1	21	33	11	22
	2	21	32	15	26
	3	20	35	18	28
	4	20	32	13	23
	5	20	32	15	24
中庸熱	1	20	28	8	21
	2	20	30	14	25
	3	20	31	13	24
	4	20	32	12	22
	5	20	31	15	24
早強	1	19	27	10	23
	*2	8	20	6	20
	3	20	33	17	26
高研	4	20	31	15	25
	5	21	33	17	27
	1	20	31	15	26
	2	20	33	19	27
	3	20	32	17	27
4	21	33	17	24	
	21	35	16	26	

\* このセメントは異常凝結性を示した。

表-15 シリーズ5: まだ固まらないコンクリートの性質

※ 適用できるとは考えられないが、これらの結果から、傾向はうかがい知ることはできると思われる。

スランブの低下に影響を及ぼす因子として温度、回転速度等の他に、初期のスランブが関係するが、今回とり扱った初期スランブ19cm~21cm程度のコンクリートに関していえば、図-5にみるように、初期スランブに対して、60分では10%~30%、90分では20%~40%の低下を示した。

次に、認められたことを列記すると、

a) 分散材は60分で60%の低下を示し、他とかけ離れている。

この分散材を加えたセメントは、異常凝結性を示した

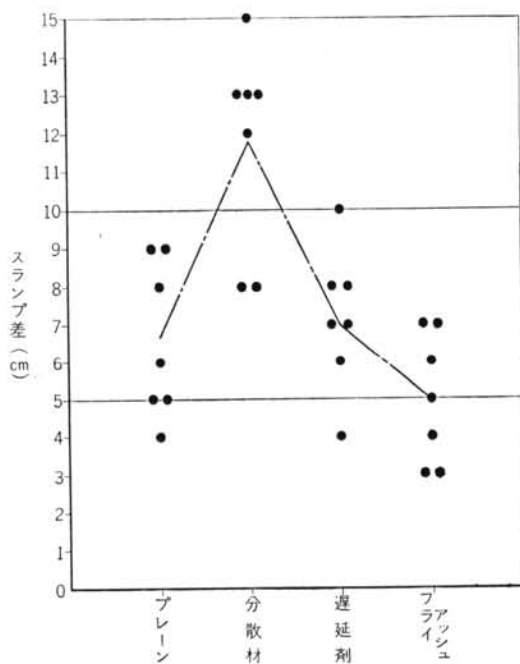


図-1 シリーズ2: 練りませ時間によるスランブ差(5分-60分)

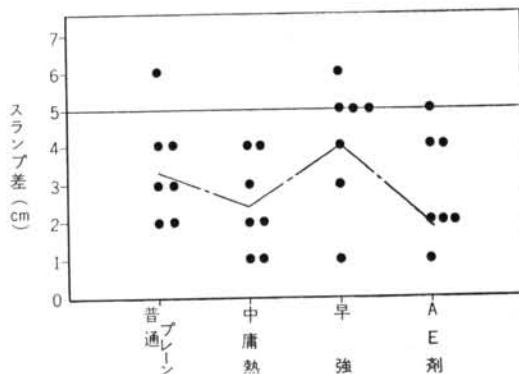


図-2 シリーズ3: 練りませ時間によるスランブ差(5分-60分)

(図-6). ミキサー中で練りまぜられている間は、見たところ軟かそうでも、ミキサーから排出されたとたんに、こわばった状態になった。長時間練りまぜる際には、この種の分散材の使用には、特に注意を要するだろう。

b) 遅延剤はセメントの凝結を遅める作用をするものであるから、これを用いたコンクリートは、長時間練りまぜても、スランプの低下は、用いないものより少ないであろうと考えられそうだが、実際にはそうではなく、

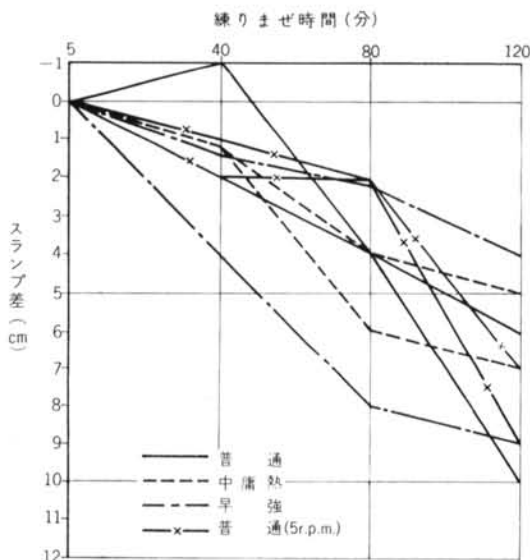


図-3 シリーズ4：練りまぜ時間によるスランプ差 (5分-40分, 5分-80分, 5分-120分)

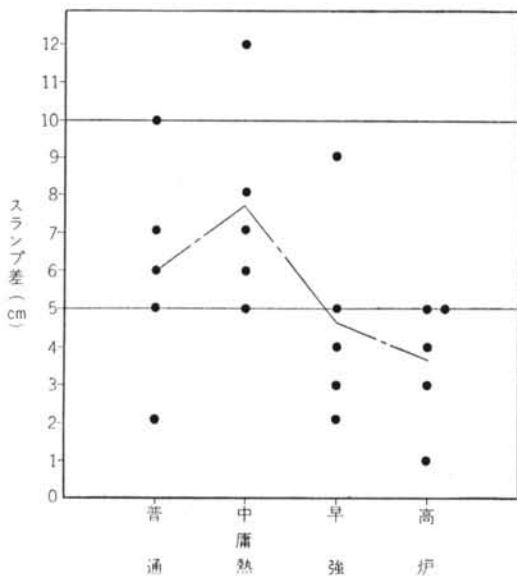
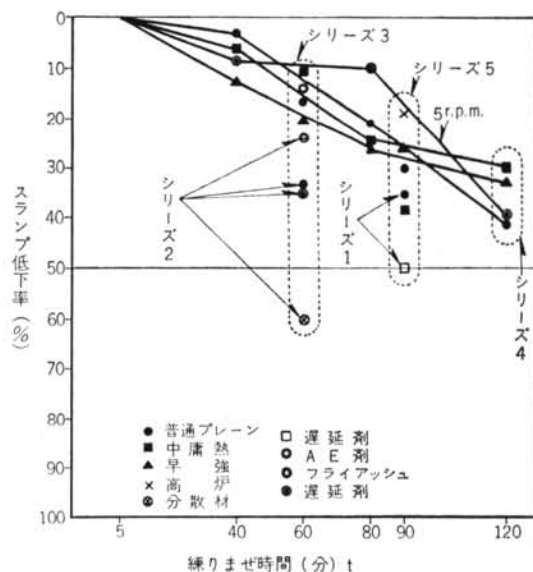


図-4 シリーズ5：練りまぜ時間によるスランプ差(5分-90分)

むしろより大きいスランプ低下をきたす結果となった。

この遅延剤を加えたセメントの凝結試験結果を表-16に示すが、始発、終結時間は、加えないものよりも数時間遅れている。これのみから結論をくだすのは早計であるが、スランプ低下の原因は、セメントの凝結性状のみではないと考えられる。



$$\text{スランプ低下率} = \frac{S_5 - S_t}{S_5} \times 100$$

$S_5$  : 5分時のスランプ (cm)

$S_t$  :  $t$ 分時のスランプ (cm)

図-5 シリーズ1~5：スランプと練りまぜ時間の関係 (初期スランプに対する低下率)

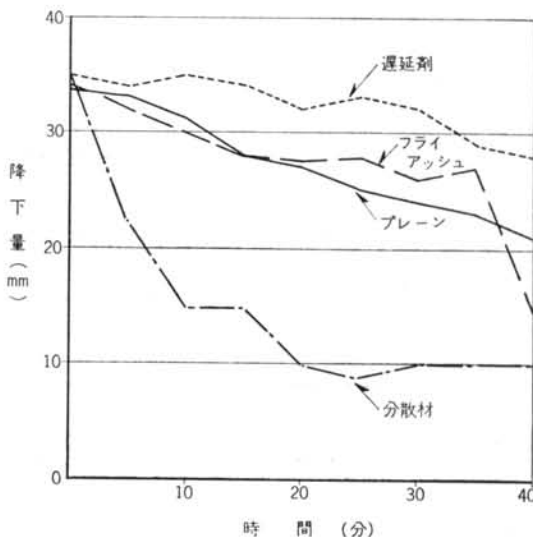


図-6 シリーズ2：異常凝結試験結果

種類	W/C %	混入量 %	始発時分	終結時分	温度 °C	湿度 %
ブレーン	28.6	—	1-58	3-40	22	80
分散材	28.0	セメント量の0.25	2-30	4-18	22	80
遅延剤	28.5	セメント量の0.33	7-29	8-44	22	80
フライアッシュ	28.0	セメント量の15	3-10	4-48	22	80

表-16 シリーズ2: 凝結試験結果

c) AE剤, フライアッシュの影響は, 積極的には認められなかったが, フライアッシュ混入のものは, 無混入のものに比べ, スランブ低下は少ない傾向を示した. フライアッシュ混入のものは, セメント量としては少なくなっている.

d) セメント種類間には, 明らかな差は認め難いが, 普通ポルトランドセメント, 中庸熱セメント, 早強セメントに比べて, 高炉セメント, フライアッシュセメントのスランブ低下は少なかった.

e) ミキサーの回転速度の影響は, ある時間までは, 回転数の少ない方がスランブ低下も少ないが, その時間を過ぎると, 差は認められなかった.

f) 初期スランブが21cmを越えるものは, 初期スランブが18cm程度のものに比べ, 練りませ時間の影響を受け難く, スランブ低下は少なかった.

### 3.2 実験中のコンクリートの温度

シリーズ2で測定した5分時と60分時の温度の差を, 図-7に示す.

いずれも練りませ時間中に2°C内外上昇した. 分散材を加えたものは幾分多目に上昇したが, 遅延剤, フライアッシュ間には差は認められなかった.

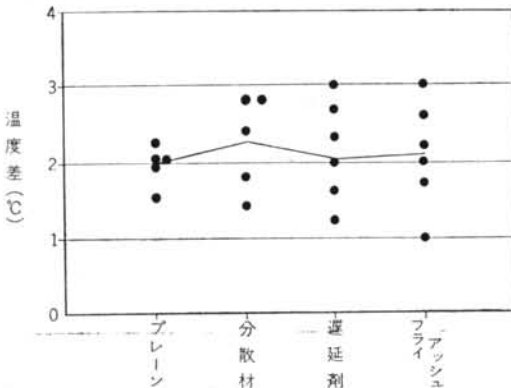


図-7 シリーズ2: 生コンクリートの温度差 (60分-5分)

### 3.3 実験中のコンクリートの空気量

シリーズ2で測定した5分時と60分時の空気量の差を 図-8に示す.

ばらつきはあるが, 平均1~2%減少した.

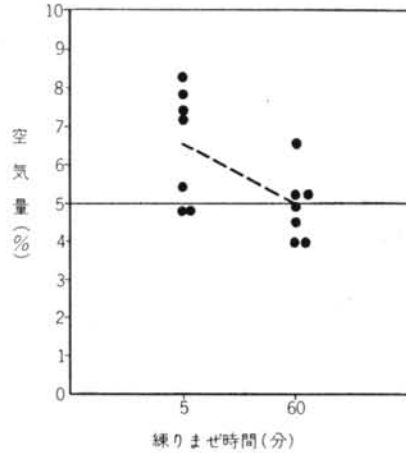


図-8 シリーズ2: 分散材を用いた場合の空気量の変化

### 3.4 圧縮強度試験結果

圧縮強度試験の結果を, 各シリーズごとに, それぞれ表-19~表-23, および 図-9~図-12に示した. 実験値はシリーズ1については強度で示したが, 他はすべて, 5分練りませ時の強度に対する長時間練りませ時の強度の比で示した.

シリーズ2~5までの圧縮強度試験の結果を総合したのが, 図-13である. プロットされた各点は, 各シリーズ内の同一バッチ数個の平均値である.

ここで認められたことを, 次に列記する.

a) 圧縮強度は, 練りませ時間とともに, 一般に上昇した.

b) 分散材, 遅延剤等を混入したものと, 無混入のものに対する練りませ時間の効果の差は認められなかった.

c) フライアッシュを用いたものは, 強度の上昇を示さなかった. フライアッシュを混入したものと無混入のものについて分散分析を行なってみると, 危険率0.05で, 両者間に有意差が認められた.

d) 普通セメントと, 中庸熱セメント, 高炉セメントの間には, 明らかな差は認められないが, 高炉セメントを用いた場合は, 強度上昇がやや大きかった.

e) 早強セメントは, 他の3種のセメントに比べ, 60分~120分における強度上昇は少なかった. また, 実験の示す範囲では, 40分以上練りませると, 強度が減少する傾向さえうかがえた.



要因	df	ss	ms	F
A	1	68.01	68.01	2.02
B	1	1029.66	1029.66	**30.62
A×B	1	145.04	145.04	4.31
C	1	168.01	168.01	*4.71
D	1	46.48	46.48	1.38
F	1	1.13	1.13	—
一次e <sub>1</sub>	1	0.60	0.60	—
二次e <sub>2</sub>	16	603.52	37.72	—
計	23	2062.65	—	—
プールのe	18	605.25	33.62	—

表-17 シリーズ1: 垂直鉄筋分散分析表 \* 5%で有意  
\*\* 1%で有意

要因	df	ss	ms	F
A	1	12.33	12.33	—
B	1	218.41	218.41	**14.96
A×B	1	35.53	35.53	2.43
C	1	87.40	87.40	*5.99
D	1	33.14	33.14	2.27
F	1	93.62	93.62	*6.41
一次e <sub>1</sub>	1	19.01	19.01	—
二次e <sub>2</sub>	14	202.44	14.46	—
計	21	701.93	—	—
プールのe	16	233.78	14.60	—

表-18 シリーズ1: 水平鉄筋分散分析表 \* 5%で有意  
\*\* 1%で有意

回数	垂直付着強度 kg/cm <sup>2</sup>			水平付着強度 kg/cm <sup>2</sup>			圧縮強度 kg/cm <sup>2</sup>		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	40.6	40.8	37.0	10.4	20.2	20.4	219	241	273
2	43.0	37.4	32.4	24.3	(17.7)	11.1	385	354	319
3	29.0	27.8	39.0	16.8	12.6	17.3	317	350	338
4	29.4	25.3	31.6	11.7	14.0	10.1	285	264	276
5	57.5	49.1	46.3	24.8	25.4	22.7	310	383	384
6	42.2	51.4	34.4	10.3	13.7	13.2	255	227	280
7	28.1	25.5	44.6	7.3	10.8	12.2	312	294	318
8	23.0	27.7	23.8	11.3	8.0	(9.7)	324	353	343

( )内の数値は補充した欠測値

表-19 シリーズ1: 強度試験結果

f) 圧縮強度の上昇は、ある時間まではミキサーの回転速度が大きいものほど早かった。

以上総合すると、早強セメント等を使用するときは、ある程度の注意が必要であるが、圧縮強度のみに関して言えば、長時間練りまぜをうけたコンクリートでも、あまり心配はなさそうである。このことはまた、既報の実験からもいえる。

章目	種類	強度比							平均
		1.15	1.60	0.92	1.01	0.74	1.20	1.20	
異型	ブレン	1.15	1.60	0.92	1.01	0.74	1.20	1.20	1.12
	分散材	0.86	1.21	0.63	1.02	0.93	0.98	0.52	0.88
	遅延剤	0.79	0.82	1.38	1.20	1.08	2.34	1.37	1.28
付動	フライアッシュ	1.00	0.89	0.70	1.01	1.36	0.82	1.07	0.58
	ブレン	0.76	0.84	0.69	1.28	1.01	—	—	0.92
	分散材	1.18	0.79	1.37	1.02	1.16	0.83	—	1.06
着(垂直)	遅延剤	1.15	0.92	1.10	0.98	0.51	1.03	—	0.95
	フライアッシュ	0.86	1.50	0.66	1.27	0.76	0.91	1.07	1.03
	100移動	0.82	0.71	0.58	0.84	0.78	0.74	—	0.75
丸鋼付着(水平)	分散材	0.51	0.73	0.77	0.65	0.84	0.98	—	0.75
	遅延剤	0.92	0.91	0.81	0.53	0.85	0.76	1.05	0.83
	フライアッシュ	0.60	0.50	0.62	0.70	0.81	0.42	0.26	0.56
圧縮強度	ブレン	1.26	1.08	1.11	1.05	0.95	1.07	—	1.09
	分散材	0.96	1.10	1.15	1.00	1.29	1.21	—	1.12
	遅延剤	1.07	1.05	1.10	0.92	1.09	1.21	—	1.07
度	フライアッシュ	1.00	1.11	1.00	0.83	1.09	0.98	0.94	0.99

表-20 シリーズ2: 強度比 (60分/5分の値)

章目	種類	強度比							平均
		0.68	0.74	0.83	1.12	0.70	1.34	0.93	
丸鋼	ブレン	0.68	0.74	0.83	1.12	0.70	1.34	0.93	0.91
	中庸熱	0.77	1.08	0.98	1.18	0.87	0.78	0.89	0.94
	早強	0.65	0.81	0.79	0.80	0.76	1.05	0.97	0.83
付動	AE剤	0.84	0.99	0.82	1.02	0.65	0.68	1.14	0.88
	ブレン	0.96	0.76	0.77	1.21	0.81	1.19	0.98	0.95
	中庸熱	1.04	1.06	0.96	1.04	0.90	0.89	0.99	0.98
着(垂直)	早強	0.86	0.81	0.78	0.90	0.78	1.05	0.84	0.86
	AE剤	0.86	0.99	0.87	0.86	0.84	0.76	1.10	0.89
	ブレン	0.94	0.94	1.02	0.92	1.24	0.83	1.12	1.00
圧縮強度	中庸熱	0.88	1.54	1.22	1.27	0.89	1.10	1.11	1.14
	早強	0.94	1.11	0.95	0.88	1.18	1.03	1.27	1.05
	AE剤	0.74	1.24	0.96	0.98	1.14	1.38	1.37	1.12

表-21 シリーズ3: 強度比 (60分/5分の値)

章目	種類	5分	40分	80分	120分
丸鋼 付着 (垂直)	普通	1.00	0.99	0.81	0.94
	中庸熱	1.00	1.32	1.08	0.95
	早強	1.00	1.15	0.82	0.87
	回転数変化	1.00	0.96	0.91	0.85
最大荷重	普通	1.00	0.86	0.74	0.75
	中庸熱	1.00	1.30	1.08	0.97
	早強	1.00	1.10	0.88	0.89
	回転数変化	1.00	1.00	0.80	0.79
圧縮強度	普通	1.00	1.10	1.42	1.37
	中庸熱	1.00	1.09	1.24	1.14
	早強	1.00	1.20	0.89	0.86
	回転数変化	1.00	1.08	1.22	1.66

表-22 シリーズ4: 強度比 (40分/5分, 80分/5分, 120分/5分) の値)

章目	種類	強度比					平均
丸鋼 付着 (垂直)	普通	1.19	1.08	1.27	1.13	1.29	1.19
	中庸熱	0.87	0.86	1.02	1.28	1.13	1.03
	早強	1.06	0.72	0.98	0.88	0.77	0.88
	高矧	0.93	1.05	0.79	1.00	0.84	0.92
最大荷重	普通	0.94	0.95	1.14	1.00	1.05	1.02
	中庸熱	0.80	0.83	1.16	0.99	0.99	0.95
	早強	0.95	0.78	0.80	0.83	0.85	0.84
	高矧	0.90	1.11	0.79	1.15	0.80	0.95
圧縮強度	普通	1.25	0.98	1.04	1.16	1.17	1.12
	中庸熱	1.07	0.14	1.15	1.06	1.15	1.11
	早強	1.05	0.89	1.11	1.06	1.03	1.03
	高矧	1.09	1.27	1.18	1.14	1.06	1.15

表-23 シリーズ5: 強度比 (90分/5分) の値)

### 3.5 鉄筋付着強度試験結果

付着強度試験結果を表-19~表-23および図-9~図-12に示す。シリーズ3~5までの付着強度試験の結果を総合したのが、図-14である。プロットされた各点は、各シリーズ内の同一バッチ数個の平均値である。

各荷重時における自由端、載荷端の移動量等も測定したが、自由端滑動開始時、載荷端滑動開始時、および最大荷重時の付着強度のみを示した。

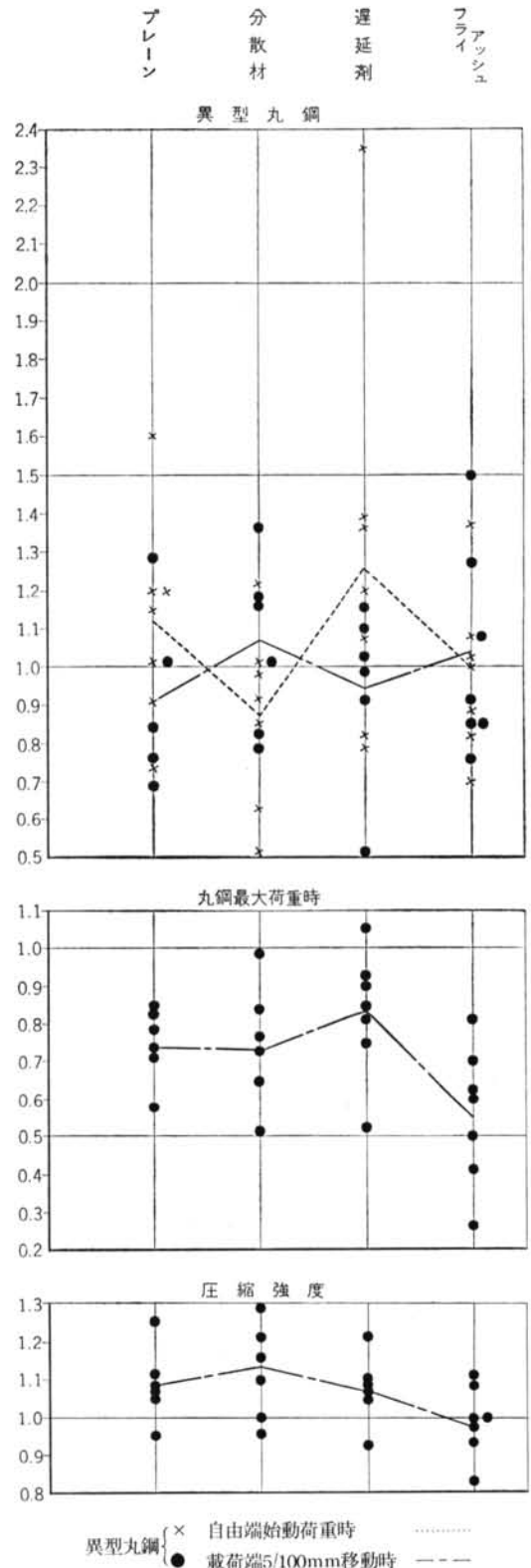


図-9 シリーズ2: 強度試験結果 (60分/5分)

付着強度は、各時点の荷重を丸鋼にあっては、実測した径から求めた付着面積で、異型丸鋼にあっては、公称直径から求めた付着面積で除した値とした。

なお、比較は最大荷重時のみを対象にし、5分練りまぜ時の付着強度に対する長時間練りまぜ時の付着強度の比で行なった。

各実験で認められたことは、次のようである。

シリーズ1

L-8型直交配列表に割りつけて実験を行なったが、付着強度に関係する因子として、練りまぜ時間、ミキサ

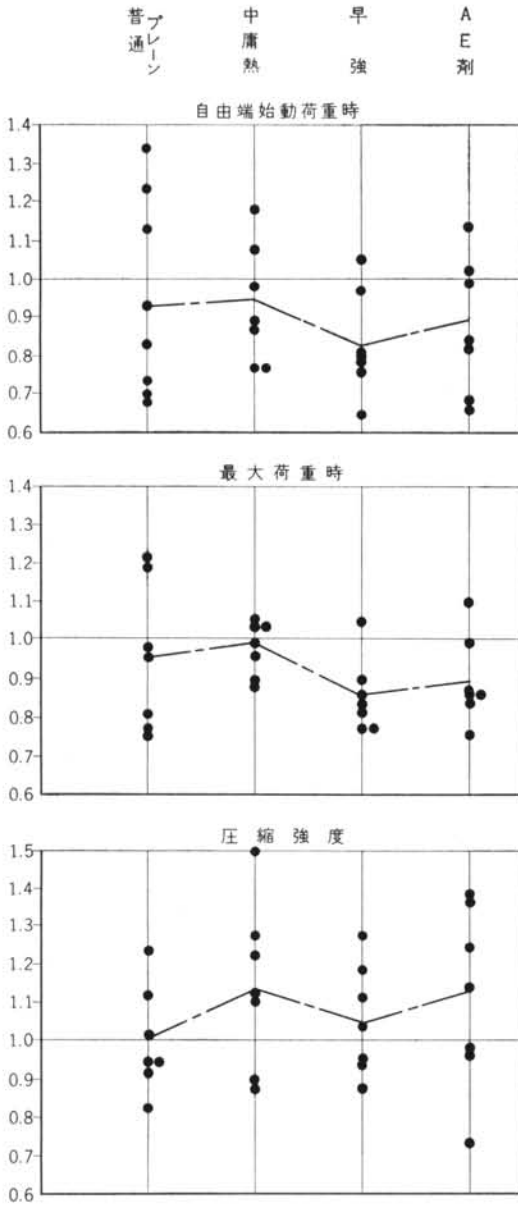


図-10 シリーズ3：強度試験結果（60分/15分）

の回転速度が、それぞれ危険率 0.01, 0.05 で、有意差ありと認められた。また、垂直鉄筋と水平鉄筋のいずれに対しても、同様の効果があることが分った。これらの結果を表-17、表-18、および図-15に示す。

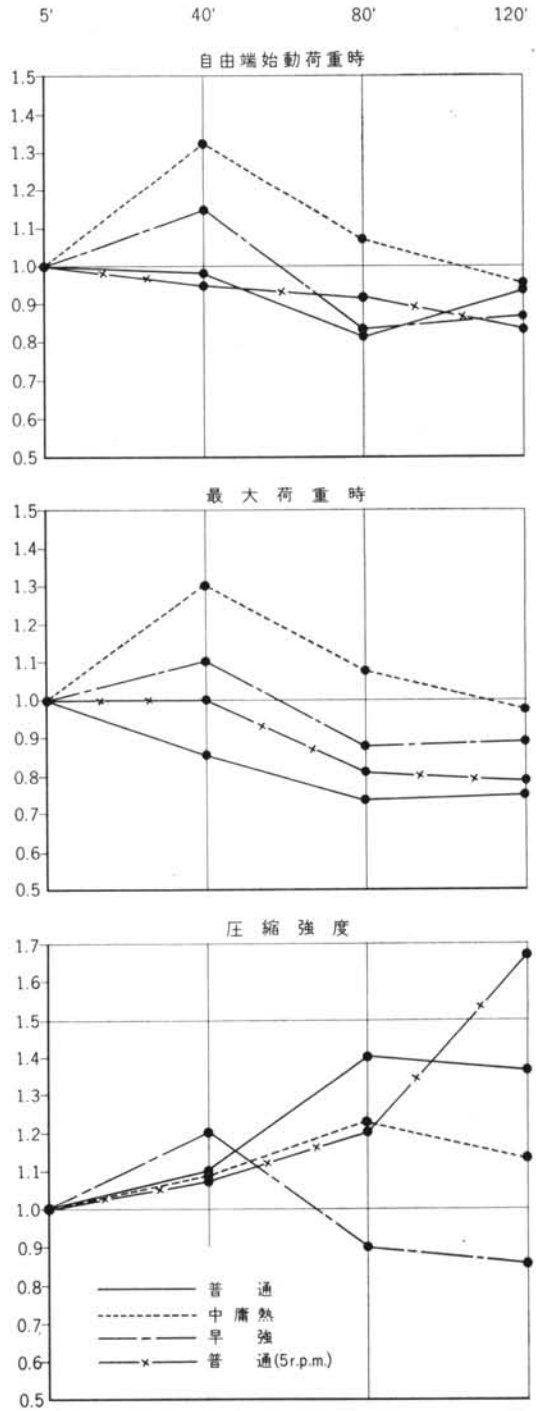


図-11 シリーズ4：強度試験結果（40分, 80分, 120分/5分）

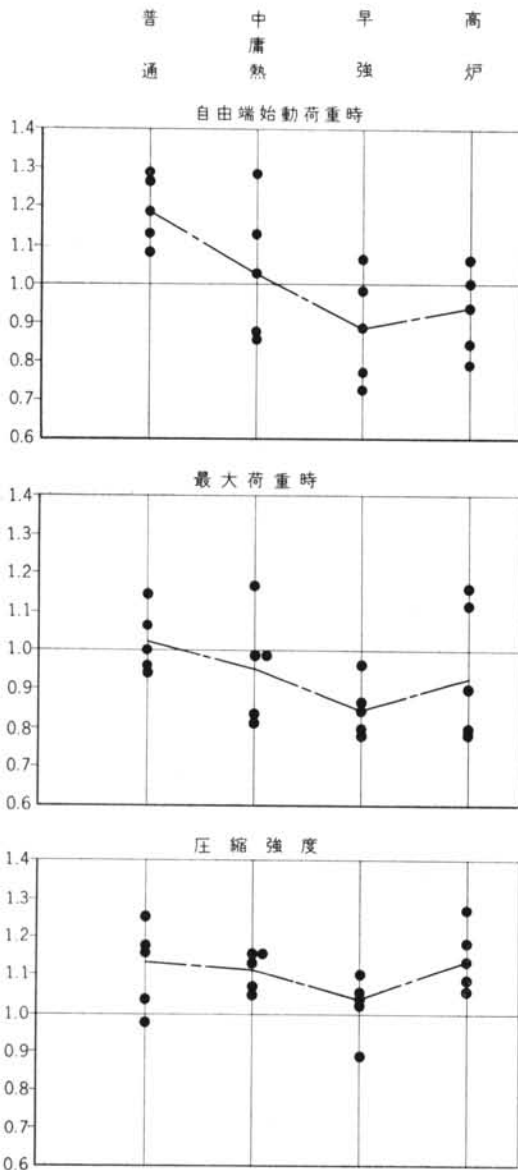


図-12 シリーズ5: 強度試験結果 (90分/5分)

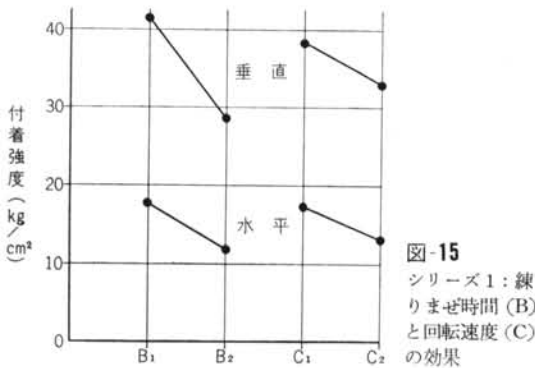


図-15 シリーズ1: 練りませ時間 (B) と回転速度 (C) の効果

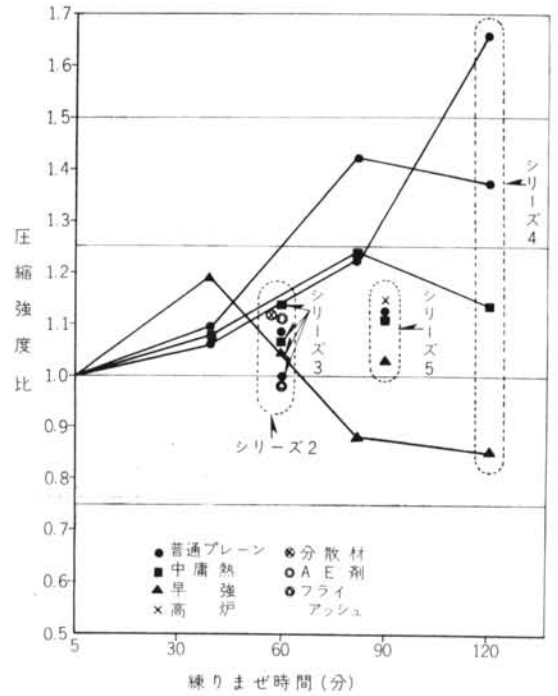


図-13 シリーズ2~5: 圧縮強度と練りませ時間の関係

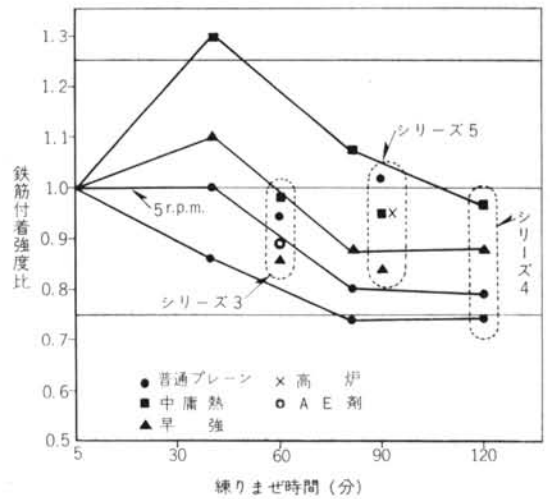


図-14 シリーズ3~5: 鉄筋付着強度 (垂直最大荷重時) と練りませ時間の関係

### シリーズ2

丸鋼の水平付着力は、著しく低下した。ブレンと比べた場合、遅延剤の低下は幾分少なかったが、フライアッシュを用いたときの低下ははなはだしく、5分時の付着力の50%ほどにしか達しなかった。

異型鉄筋を用いたものは、鉄筋の滑脱は起らず、コンクリートが割裂するときの荷重で最大耐力が決まった

め、「最大付着強度」と呼ぶべきものは測定されなかった。自由端滑動開始時、荷端滑動開始時の付着強度にも、練りませ時間の影響は認められなかった。異型鉄筋の場合は、付着の機構が表面の滑らかな鉄筋とは違っているためであると考えられる。

### シリーズ3

各種セメントおよびAE剤の効果を調べたが、中庸熱セメントは普通セメントと変わらず、AE剤の効果もあまり認められないが、早強セメントは他に比べて低下が大きかった。

### シリーズ4

練りませ時間の経過とともに、付着強度が変化していく様子を調べるため、5分、40分、80分、120分で試験体を取ったが、中庸熱セメント、早強セメントを用いたものは40分時にピークが現れ、後、低下していった。普通セメントを用いた場合も、同じような傾向がうかがわれるので、付着強度を最大にする練りませ時間が存在するように思われる。ミキサー回転速度の影響はシリーズ1で得られたと同じく、回転速度が大なるほど、付着強度の減少が大きかった。

### シリーズ5

練りませ時間を90分とし、セメント種類による付着強度の変化を調べた。中庸熱セメント、高炉セメントは普通セメントと変わらなかったが、シリーズ3と同じく、早強セメントは低下が大きかった。

以上の結果を要約すると、次のことがいえる。

- 鉄筋の付着強度は、コンクリートの練りませ時間とともに変化し、ある程度以上の練りませ時間の延長は付着強度を低下させる。
- ミキサーの回転速度は、鉄筋の付着強度に影響を及ぼし、高速であるほど、低下量は大きい。
- 練りませ時間の影響は、垂直鉄筋より水平鉄筋の方に顕著に現れる。
- 分散材、遅延剤、およびAE剤の影響は、積極的には認められないが、フライアッシュを用いて長時間練りませを行なうと、著しい付着強度の低下をきたす。
- セメント種類が異なっても、明らかな差は認められないが、早強セメントは他に比べ、幾分、付着強度の低下が大きい。
- 異型鉄筋に対しては、長時間練りませによる付着強度の低下を示さない。

### 3.6 付着強度と圧縮強度との関係

付着強度は圧縮強度に比例するといわれている。今回

の実験でも、圧縮強度が200~300kg/cm<sup>2</sup>あたりのコンクリートに関しては、そういう関係が認められた。しかし、長時間練りませると、圧縮強度は上昇し、付着強度は低下するため、両者は比例するといえども、比例定数、すなわち、付着強度の圧縮強度に対する比は、練りませ時間の増大とともに、低下するはずである。これを図-16に示した。垂直鉄筋に関しては、セメント種類、分散材等の間に特別な差異は認められないが、水平鉄筋の場合、フライアッシュを用いたものの低下が目立つ。

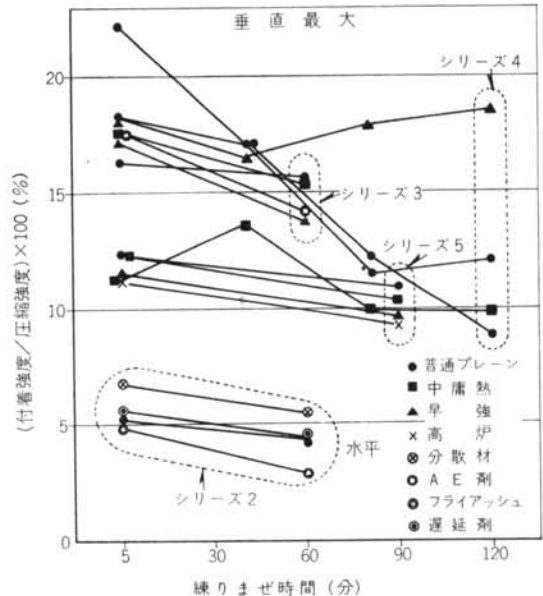


図-16 シリーズ2~5: 付着強度の圧縮強度に対する比と練りませ時間の関係

## §4. 長時間練りませがペースト、モルタルの強度に及ぼす影響

長時間練りませられたコンクリートの圧縮強度は上昇するに、付着強度が低下するという事は、両者の機構が異なっているためではないかと考えられる。

これらを調べるため、次のような実験を行なった。

### 4.1 実験方法

長時間練りませた際、骨材量が、ペースト、モルタルの強度に及ぼす影響を知るのを目的とした。そのとき使用した材料と割合は、表-24に示す。

練りませはアイリッヒ型ミキサーで行ない、試料は7分、20分、40分、および60分で採取した。

4×4×16cmの試験体を作製し、20°Cで水中養生し、

材令28日で、曲げおよび圧縮試験を行なった。

結果は、表-25および図-17に示す。各練りませ時間のものの強度を、7分練りませのものとの強度に対する比で表わしてある。

No.	調 合 セメント 砂	水セメント比	材 料
1	0:1	40	セメント：普通ポルトランド 砂：豊浦標準砂
2	0.5:1	40	
3	1:1	40	
4	2:1	65	

表-24 調合および材料

種類	No.	練りませ時間 (分)			
		1	2	3	4
曲 げ	7分	1.00	1.00	1.00	1.00
	20	0.91	1.05	0.82	1.07
	40	0.94	1.00	0.95	1.03
	60	0.97	1.04	0.91	0.92
圧 縮	7分	1.00	1.00	1.00	1.00
	20	1.01	0.98	1.08	1.22
	40	0.92	0.99	1.07	1.18
	60	0.91	1.00	1.10	1.18

表-25 強度比

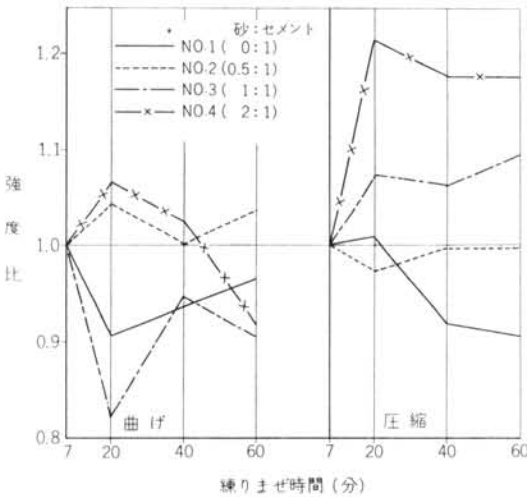


図-17 強度比

#### 4.2 実験の結果と検討

曲げ強度に関しては、練りませ時間、調合による差異は特別に認められなかったが、圧縮強度に関しては、図-17に示したように、明らかな差が認められた。すなわち、ペーストの強度は、練りませ時間の延長とともに低下するが、骨材を含むモルタルでは、この傾向は骨材量

の増加とともに消滅し、遂には逆に骨材量が増すに従って上昇を示した。これより、純ペーストと骨材+ペースト系の強度の機構は異なっていることが推察される。

コンクリートと他の物体(例えば鉄筋)との付着面は、ほとんどペーストで構成されているため、付着強度に関係してくるのは、大部分ペーストの強度であると考えられ、一方、圧縮強度の方はペーストと骨材が一体となったものが強度に関係してくると考えられるので、この実験の結果は、長時間練りませられたコンクリートの圧縮強度と付着強度が違った傾向を示すことの原因の解明について、ひとつの手がかりとなろう。

### §5. まとめ

満足すべきコンクリートを得るために、少なくとも要求されることは、打設されるまではその施工性であり、硬化してからはその強度である。長時間の練りませが、これらの性質に与える影響としては、以上の実験の結果次のことがいえる。

a) 施工性に関しては、練りませ時間とともにスラブは低下するが、この傾向は、混和剤、セメント種類、初期スラブ等の影響をうける。

b) 強度に関しては、練りませ時間とともに付着強度は低下し、圧縮強度は上昇して、両者は異なった傾向を示す。ある種のセメント、混和剤は、長時間練りませに対し、特に付着強度に好ましくない影響を与える。

その他、ミキサーの回転速度は、施工性にも強度にも影響を及ぼす。また、異型鉄筋に対する付着強度は、練りませ時間の影響をうけない。

長時間練りませられたコンクリートの付着強度と圧縮強度が異なった傾向を示すことの原因はまだ明らかではないが、これを解明するに一手段となりそうな結果が見出された。

以上は実験室のミキサーで行なったものであるが、レディーミクストコンクリートを用いて、実際、現場で確かめねばならない事項が多い。

セメントの分析は、当研究所の小笠原繁子氏によって行なわれた。謝意を表する。

#### <参考文献>

- 1) 混練時間がコンクリートに与える影響：鳥田専右、鈴木忠彦：清水建設研究所報 第3号、1964.4
- 2) 付着強度に関する研究：滝本義一外：日本建築学会論文報告集 66号
- 3) Effect of prolonged mixing on the properties of concrete : Gaynor : Cement Lime & Gravel No.12,1963
- 4) Effects of aggregate properties on strength of concrete : K.M.Alexander 外 : A.C.I. No.6, 1964.6