

[35] 混和剤の異なるコンクリートを混練りした場合の基本的性質

正会員 依田 彰彦 (足利工業大学工学部)

正会員 ○枝広 英俊 (芝浦工業大学工学部)

正会員 横室 隆 (足利工業大学工学部)

1. まえがき

最近、同一工事現場に納入されるレデーミクストコンクリート（以下「生コン」と略す）は、建設工事の大型化に伴う生コン工場の出荷能力不足や、共同販売制の実施、あるいは生コン工場での出荷量調整などの理由により複数の工場から共同納入されることがある。そのために使用材料の種類が異なったり、材質やコンクリートの品質及び品質管理に格差があるコンクリートを同時に使用せざるを得ない場合が生じているようである。

しかし、現在これらに関する調査や研究は少なく、工事現場において十分な検討や対策が行われず混用される可能性も考えられるため、本研究ではその一例として、銘柄の異なる化学混和剤を用いたコンクリートを混練りした場合の基本的性質を明確にし、遜色の有無及び程度を確認する目的で材令1年迄の実験研究を行ったので、その結果について報告する。

2. 実験の概要

現在市販され、比較的「生コン」工場で多用されている表4に示す化学混和剤の中から、銘柄・主成分の異なる4種類を選び、コンクリートのワーカビリティ、空気量、ブリージング、凝結時間、圧縮強度、弾性係数、引張・曲げ強度、長さ・重量変化、凍結融解による相対動弾性係数などについて、単独コンクリート（化学混和剤1種類使用の場合）と、混合コンクリート（化学混和剤2種類併用の場合）とを比較した。

なお、混合コンクリートの品質に悪影響を及ぼすか否かの一応の目安として、10%の化学混和剤希釈液の混合による化学変化などの有無の観察、同希釈液中での鉄筋の発錆有無の観察、化学混和剤を用いたピカー針によるセメントの凝結時間等も実験した。

3. 使用材料

(a) セメント C社製の普通ポルトランドセメントを使用し、その化学成分及び物理的性質を表1及び表2（いずれも製造会社の報告）に示す。

(b) 骨材 細・粗骨材とも鬼怒川産を使用し、粒度分布と主な品質を表3に示す。

(c) 化学混和剤 表4に示す市販されている28種類の化学混和剤を用い、混合コンクリートには現在多用されている中から、特に銘柄・主成分の異なる4種類を選んだ。

(d) 水 水道水（足利市）を用いた。

(e) 鉄筋 直径9mmの磨き鉄筋（SR24）を使用した。

4. 実験計画

(a) 主な実験の項目と方法 表5に示す。

(b) その他の実験条件

(1) コンクリートの計画調合は、設計基準強度を210Kgf/cm²とし、表6に基づいた。

(2) コンクリートの練り混ぜには強制攪拌ミキサ（容量45ℓ）を用い、JIS A 1138「試験室に

おけるコンクリートの作り方」により作つた。なお混合コンクリートは、単独コンクリートの練り混ぜ終了直後にほぼ等量ずつ

表1 使用した普通ポルトランドセメントの化学成分（%）

lg. loss	insol.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O
0.5	0.4	22.0	4.9	3.3	64.0	1.5	1.9	0.48	0.58

表2 使用した普通ポルトランドセメントの物理的性質

比重	比表面積 (cm ² /g)	硬 結			安定性	圧縮強度 (Kgf/cm ²)		
		水 量 (%)	始 凝 (h-m)	終 凝 (h-m)		3日	7日	28日
3.16	3180	27.0	2-40	3-45	良	137	255	410

表3 使用した骨材の粒度と品質

項目	ふるいを通るものの重量百分率 (%)										F.M. 最大 寸法 (mm)	飽 飽 比 比 重 重	吸水率 (%)	実積率 (%)	洗った り失な れる量 (%)	有機 不純物	単位容 積重量 (kg/L)	
種類	2.5	2.0	1.5	1.0	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15								
細骨材	—	—	—	—	100	92	75	44	12	2	2.75	—	2.54	2.15	—	2.0	薄い	1.66
粗骨材	100	81	59	23	2	0	—	—	—	—	25	2.53	1.84	65.6	0.18	—	—	1.66

採取し、十分手練りした後各試験に供した。

(3) 10%の化学混和剤希釈液の混合は、それぞれ100ccずつ採取し、原則として同種・同形のをビーカーに入れ、約1カ月間20℃の恒温室内に静置し、化学変化(色、懸濁、沈澱、泡、分離など)の有無を肉眼で観察した。同時に希釈液中に浸漬した磨き鉄筋の発錆も観察した。

表6 コンクリートの計画割合

化学混和剤の種類	スランプ (mm)	空気量 (%)	W/C (%)	S/a (%)	単位水量 (kg/m³)	セメント (kg/m³)	砂 (kg/m³)	骨材 (kg/m³)
1	21	4	60	436	188	99	293	380
3	21	1	62	457	182	93	327	388
4	21	4	61	427	173	90	298	399
5	21	4	63	435	173	87	305	395

5. 実験結果

主な結果を図1～6、表7～8に示した。

6. 結果の検討

(a) ワーカビリティー

ワーカビリティーは単独・混合いずれのコンクリートも良好で、スランプも練り置き時間の違いが生コン許容差の範囲内にあった(表7参照)。

(b) 空気量

混合コンクリートの空気量は、単独コンクリート相互の中間値に近い(表7参照)。

(c) 凝結時間

セメントの凝結時間は、表7 コンクリートのスランプ、空気量試験結果、及びセメントの凝結時間

混合希釈液を練り混ぜ水に用いた“5+3”及び“5+1”の終結時間を除き、始発・終結とも単独ペースト相互の平均値より遅延する傾向にあった(表7参照)。	化学混和剤の種類	スランプ (mm)	空気量 (%)	凝結時間 (分)	
	non	—	—	始発	終結
5+3	5	20.5	3.2	140	300
5+1	4	21.0	3.6	140	320
5+1	3	21.0	1.4	170	210
5+1	1	21.0	4.2	180	220
5+1	12	—	—	170	210
5+1	11	—	—	160	210
5+1	5+4	21.0	3.1	230	380
5+1	5+3	21.0	1.8	200	220
5+1	5+1	21.0	3.9	190	230
5+1	4+3	20.5	3.1	210	350
5+1	4+1	21.5	3.6	210	320
5+1	1+3	21.5	3.8	190	240
5+1	1+12	—	—	170	240
5+1	1+11	—	—	170	260
5+1	12+11	—	—	190	260

表4 使用した化学混和剤の主成分

化学混和剤の種類	系	主成分
A E 剤	1	天然樹脂酸塩
	2	スルホン酸炭水化物
減水剤	3	ポリアルキルアクリルスルホン酸塩
	4	オキシカルボン酸塩
A E 減水剤標準形	5	リグニンスルホン酸塩
	6	リグニンスルホン酸塩カルシウム
	7	リグニンスルホン酸塩
	8	リグニンスルホン酸塩ポリオール複合体
	9	特殊アミン系界面活性剤
	10	リグニンスルホン酸カルシウム
	11	リグニンスルホン酸塩
	12	ポリオキシエポキシアルキルアクリレート
	13	有機酸系誘導体
	14	—
A E 減水剤昇形形	15	リグニンスルホン酸カルシウム
	16	リグニンスルホン酸塩
	17	—
	18	有機酸系誘導体
	19	リグニンスルホン酸カルシウム
	20	オキシカルボン酸塩
	21	リグニンスルホン酸塩
	22	リグニンスルホン酸カルシウム
A E 減水剤促進形	23	リグニンスルホン酸塩
	24	—
	25	有機酸系誘導体
	26	リグニンスルホン酸カルシウム
	27	オキシカルボン酸塩
	28	リグニンスルホン酸塩

表5 実験の項目及び方法

実験項目	実験方法
a スランプ	JIS A 1101によった。
b 空気量	JIS A 1128の空気容量方法によった。
c ブリーディング量	15φ×30mmの鋼製型枠を用いJIS A 1123に準じた。
d 凝結	セメントはJIS A 5201のピカ針装置により、コンクリートはASTM C 403に準じた。
e 圧縮強度	JIS A 1108によった。材令は7、28、63、91日とし、20℃の水中養生とした。
f 引張強度	JIS A 1113によった。材令は7、28日とし、20℃の水中養生とした。
g 曲げ強度	JIS A 1106に準じた。材令は28日とし、20℃の水中養生とし、供試体寸法は10×10×40mm。
h 静弾性係数	圧縮強度試験時にコンプレッションメーターを用い、最大荷重の場における変位を測定し、E値を求めた。
i 長さ変化率	JIS A 1129のコンパレータ方法によった。
j 重量変化率	長さ変化率測定時に併せて、1gまではかる秤を用いて重量を測定した。
k 凍結融解による相対動弾性係数	ASTM C 666によった。材令14日まで飽和石灰水中及び5℃水中養生とし開始した。凍結融解のサイクル数は22、76、110、166、210とした。
l 中性化深さ	長さ変化を測定した供試体を材令7日+52週で曲げ試験し、ノギスで平均中性化深さを求めた。ただし、平均CO ₂ 濃度は0.15%。

ては“5+4”の組合せでわずかに単独コンクリートの平均値より速くなったが、その他は始発・終結時間とも単独コンクリートの平均値と比較して、始発で5~20分、終結で10~20分遅延した(図1参照)。

(d) ブリージング量

混合コンクリートは、単独コンクリート相互の範囲内、または若干多い程度で、管理上特に支障はないと思われる(図2参照)。

(e) 圧縮強度及び静弾性係数

単独と混合コンクリートの圧縮強度を比較すると、化学混和剤に“5”と“1”を用いた混合コンクリートが単独コンクリート両者の圧縮強度を若干下回ったが、その他の混合コンクリートは所定の設計基準強度を満足し、かつ単独コンクリート相互の平均値と同等か上回る傾向にあった。また、混合コンクリートの変動係数については遜色が認められず、材令28日の単独コンクリートが1~12%であったのに対して混合コンクリートは1~10%を示し、さらに材令1年においても同様に、1~6%に対して2~5%であった(図3参照)。

静弾性係数は材令によってわずかなばらつきはあるが、すべての混合コンクリートで単独コンクリート相互の値値にほぼ類似した(図4参照)。

(f) 曲げ強度及び引張強度

化学混和剤に“3”または“4”を用いたコンクリートと、“1”を用いたコンクリートとを混

練りしたもののについて、一部の材令でわずかに単独コンクリートより下回る傾向が認められたが、実験上の誤差範囲であるとも考えられ、また、その他の混合コンクリートは単独コンクリート相互のほぼ中間値が得られたことから、曲げ強度及び引張強度にも遜色はないと思われる(図5参照)。

(g) 長さ変化率及び重量変化率

混合コンクリートの長さ変化率は、単独コンクリートに比べてわずかではあるが大きくなる傾向にあった。また、重量変化についても差異はほとんどないが、わずかに混合コンクリートが大きくなった(表8参照)。

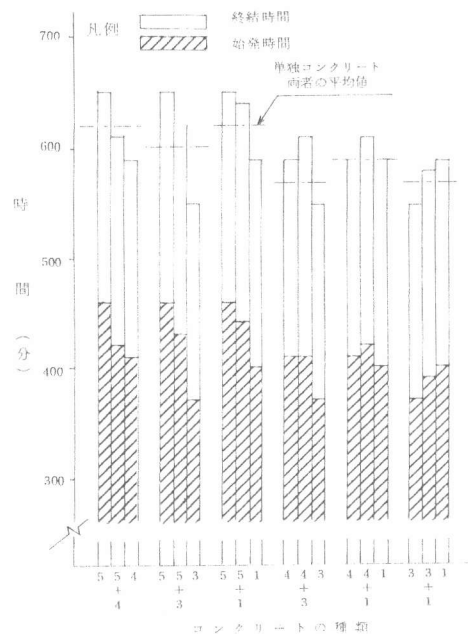


図1 コンクリートの凝結(始発、終結)時間

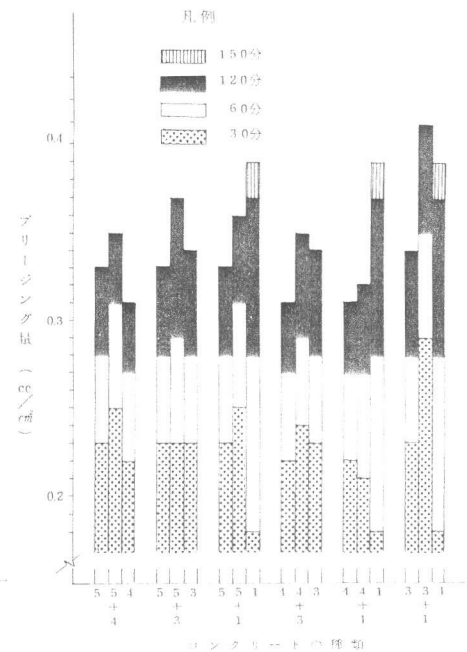


図2 コンクリートのブリージング量

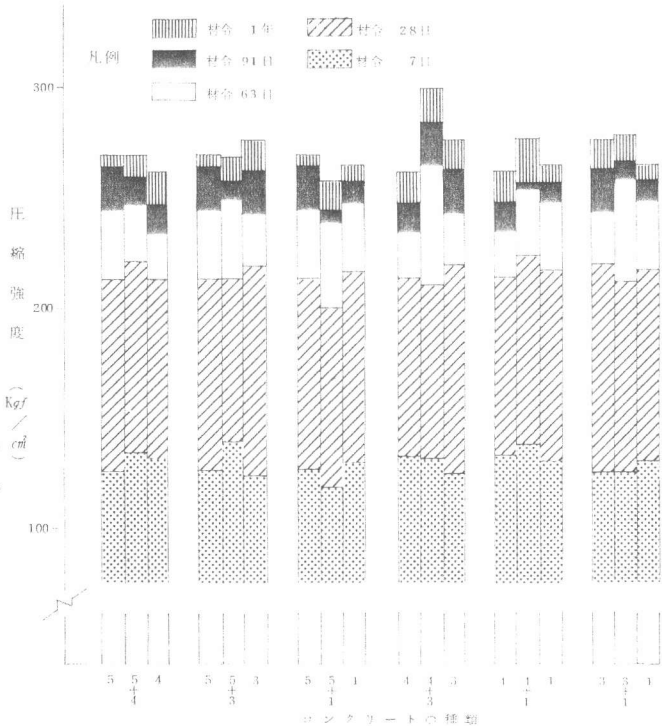


図3 単独及び混合コンクリートの圧縮強度

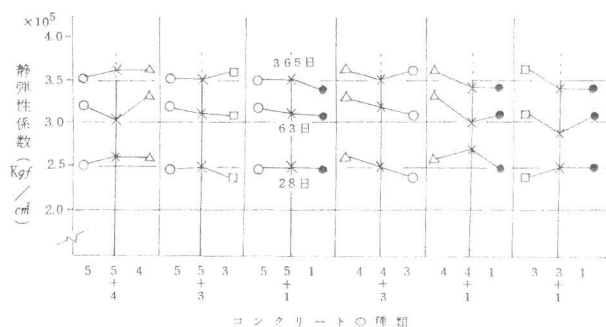


図4 単独及び混合コンクリートの静弾性係数

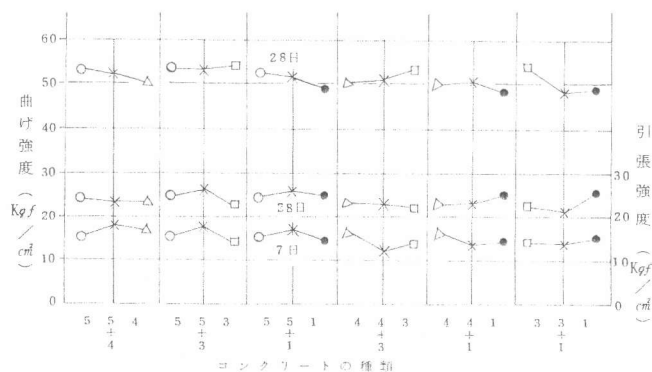


図5 コンクリートの曲げ及び引張強度

(h) 中性化深さ

単独コンクリートと混合コンクリートとは、差異が認められなかった(表8参照)。

(i) 凍結融解による相対動弾性係数

混合コンクリートで“5+1”、“4+1”、“5+4”の3種類について210サイクル迄試験したが、混合コンクリートの違いによる凍結融解の抵抗性に大きな差異は認められなかった(図6参照)。

(j) 10%化学混和剤希釈液混合による化学変化及び鉄筋の発錆の有無

一部の混合液に沈澱、懸濁及び膜の発生が観察された。また、同希釈液中の鉄筋の発錆は認められなかった。

7. まとめ 本研究により混合コンクリートの基本的性質について、下記のことが明確となった。

- ワーカビリティは良好で、スランプ、空気量、ブリージング量は単独相互のほぼ中間的な値になる。
- 混合コンクリートの凝結時間は、始発・終結時間とも若干遅延する傾向にある。
- 圧縮・曲げ・引張強度及び静弾性係数は、樹脂系AE剤と他の化学混和剤を用いたコンクリートの混合の組合せによっては、何らかの低下を生じる懸念がある。
- 長さ変化率及び重量変化率は、単独種相互の平均に比べわずかではあるが大きくなる傾向にある。
- 中性化深さや凍結融解による相対動弾性係数等は、混合による遜色は認め難い。
- 以上のように銘柄の異なる化学混和剤を用いたコンクリートを混練りすると、一般的には単独コンクリート相互の中間的な値となるが、混和剤の種類によっては主成分や副成分、あるいは比重差などの影響もあつてか、凝結時間、各種強度、長さ変化率などの諸性状に何らかの品質低下を及ぼす場合がある。従って実用上は銘柄の異なる化学混和剤を用いたコンクリートを混用することは回避することが望ましいが、やむを得ず数社の生コン工場から同時納入される場合は、打設区画の検討をはじめ、同一混和剤の使用の義務付けや、その他責任の所在の明確化も含めて適切な対策や措置をあらかじめ必要としよう。

なお本研究は、日本建築学会関東支部材料・施工部会の特別研究「関東地方におけるレデーミクストコンクリートの品質の実態に関する調査研究、昭和58年6月」の一環として、一部報告したことを付記する。また、本実験にあたっては、足利工業大学研究生の虻川真大君等の協力を得た。ここに感謝する。

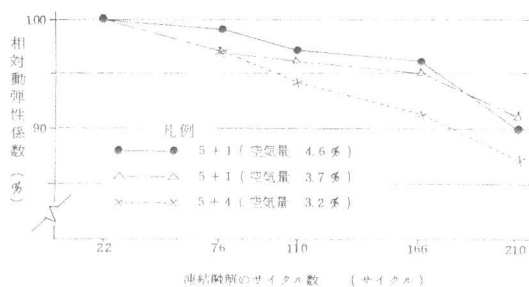


図6 混合コンクリートの凍結融解試験結果

表8 コンクリートの長さ・重量変化率及び中性化深さ

化学混和剤の種類	長さ変化率 (×10⁻⁴)				重量変化率 (%)		中性化深さ (mm)
	7日+1週	7日+4週	7日+26週	7日+52週	7日+4週	7日+52週	
5	1.07	3.62	7.17	8.20	2.99	4.29	5.8
4	1.07	4.47	7.09	7.57	3.05	4.09	5.5
3	0.80	2.77	7.16	7.71	2.63	4.08	6.2
1	0.66	3.54	6.87	8.31	3.12	4.38	5.7
5+4	1.51	5.20	8.10	8.62	3.92	4.15	6.2
5+3	1.03	4.02	7.60	8.24	3.06	4.12	5.5
5+1	1.09	4.29	7.59	8.57	2.99	4.20	5.8
4+3	1.94	4.61	8.39	8.82	3.04	4.10	5.4
4+1	1.87	4.30	7.83	8.50	3.11	4.17	5.6
3+1	1.84	4.19	8.32	8.65	3.27	4.30	5.7

注1) 20℃, 60%湿度で養生した10×10×40cmの供試体より測定した。