

港湾技研資料

TECHNICAL NOTE OF
PORT AND HARBOUR TECHNICAL RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORTATION, JAPAN

No. 7 March, 1964

ガラス破片を粗骨材としたプレバッド・

コンクリートについて 赤塚 雄三 森口 拓

混和剤がコンクリートの圧縮強度、乾燥収縮

および亀裂傾向におよぼす影響について 赤塚 雄三

昭和 39 年 3 月

運輸省港湾技術研究所

混和剤がコンクリートの圧縮強度、乾燥収縮および亀裂傾向におよぼす影響について

赤 塚 雄 三*

Effects of Admixtures upon Compressive Strength, Drying Shrinkage and Cracking Tendency of Concretes.

by Yuzo Akatsuka, B. Sc. M. Sc.*

This paper presents the results of laboratory studies on the influences of concrete admixtures to the compressive strength, drying shrinkage and cracking tendency of concretes. Four agents were tested, two of which were air entraining agents and the rest were cement dispersing agents with set retarding effect. Test results show that these agents reduce the water requirement remarkably, although the reduced water content does not necessarily accompany improved properties of concrete. Water requirement was observed to be affected by the type of admixture as well as that of coarse aggregate. Both of two cement dispersing agents increased compressive strength and drying shrinkage but the prominent difference was observed between the effects of them. No significant influence was found to the cracking tendency of concrete by these admixtures. One of the air entraining agents decreased compressive strength of concrete considerably, while the strength of concrete with the other was almost equivalent to that of concrete without any admixture. Both of the two air entraining agents increased drying shrinkage and accelerated cracking tendency, the cause of which was considered attributable to the entrained air.

These test results are considered to suggest the great significance of tests on concrete admixture before employment.

ま え が き

最近におけるコンクリート混和剤の普及の程度は極めて著しく、A E 剤、セメント分散剤、凝結遅延剤、発泡剤、防水剤などその種類は多岐に亘る。特にA E 剤とセメント分散剤のみに限定しても、コンクリート用混和剤として我が国で市販された実績を有するものは輸入品を含めて30種に近い(表-1 参照)。同一商品名を冠した混和剤でも、その用途によって幾つかの型に分類されている場合も多く、これらを含めて数えれば、その種類は相当数に達する。

このような現象は、混和剤を使用する土木技術者にとって広汎な選択の余地が支えられている事を意味し、その限りにおいては歓迎すべき事柄であろう。しかし、その反面、選択を誤る場合には混和剤使用の経済的効果を期待する事ができないばかりでなく、コンクリートに有害な影響を与える可能性も生ずる。市販されている混和

*構造部、材料施工研究室

*Research Engineer, Materials Laboratory, Soil and Structure Division.

剤はそれぞれの特性を有して居り、使用目的に応じた種類の混和剤を選択する必要があり、また混和剤のすべてが優れた性質のものとは限らないからである。従って、混和剤を使用する場合、用途に応じた種類を選択し、その効果について十分に検討する事が大切である。

表一・A 市販セメント分散剤

商 品 名	主成分または主原料	種 別	製 造 会 社
CONPEARL	アルキル・アリル・ポリエチレン・オキサ イド	非イオン系活性剤	東海製油産業KK
CHUPOL-C	アルキル・アリル・ポリエチレン・グリ コール・オキサイド	"	竹本油脂KK
LISSAPOL-N	アルキリ・アリル・ポリエチレン・グリ コール・オキサイド	"	Imperial Chemical Industries LTD.
SUNMOL-ED	アルキル・アリル・ポリエチレン・グリ コール・オキサイド	"	日華化学工業KK
LIGNAL	リグニン+可溶性珪酸塩	陽イオン系活性剤	神戸材料KK
TELNITE	ニトロフミン酸のアルカリ塩	"	帝石テルナイト工業 KK
FOZZOLITH	リグニン・スルホン酸・カルシウム	陰イオン系活性剤	日曹マスタービルダ ーズKK
PANFORM—T, S	不明	"	第一工業製薬KK
MAGINON	アルキル・アリル・スルホン酸重合物の カルシウム塩	"	菅井化学工業KK
LIPON	アルキル・アリル・スルホン酸ソーダ	"	
NEOSOAP	"	"	
NEWREX	"	"	
NEOSAN	カルボン酸	両性界面活性剤	東海製油産業KK
ROCK			光和ロック
PLASTIMENT			日本シカKK
PLASTCRETE			"
FRIO PLAST			"
HOLZEX			日之出工業KK
RETARDWEL			Johnes Manville Co.

表一・B 市販 AE 剤

商 品 名	主成分または主原料	製 造 会 社
PROTEX	松脂	Autolene Lubri- cants Co.
VINSOL	"	Hercules Powder Co.
HIFORM		日本ユニロンKK
SPUMA	松脂のアンモニウム塩とバルブ撥液	
DAREX	トリエタノール・アミン	
PLACEWEL		Johnes Manville Co.

§1 概 要

本資料はコンクリート混和剤の中でも、その種類が最も多いAE剤およびセメント分散剤（凝結遅延効果を有するもの）各2種を取上げ、これらの混入がコンクリートの圧縮強度、乾燥収縮および拘束収縮による、亀裂傾向^{注)}、におよぼす影響について試験した結果を取纏めたものである。本資料に報告する試験は米国カリフォルニア大学工学材料研究所において行った著者の研究の一部で、1962年2月より8月に亘って実施したもので、取上げた混和剤はいずれも米国産のものであるが、我が国でも市販されている。本試験はこれらの輸入混和剤に関する資料を得る事を目的の一つとして行われた。

試験結果は以下のように要約される。

コンクリートの所要水セメント比、圧縮強度および乾燥収縮は用いる混和剤の種類によってかなり相違する。試験に供した2種の凝結遅延効果を有するセメント分散剤は圧縮強度を増加するが、同時に乾燥収縮をも増加する傾向がある。AE剤の使用によって所要の水セメント比をかなり減少せしめ、適当な空気量を得る事ができるが、圧縮強度は減少し、乾燥収縮は増加する。拘束収縮による亀裂傾向も促進される。

注) 拘束収縮とはコンクリート供試体の内部に鉄筋を埋め込むなどの方法によって、コンクリートの自由な容積変化を拘束した状態における乾燥収縮を意味する。拘束の程度はコンクリート供試体の純断面、鉄筋量および乾燥条件によって変化するが、拘束収縮が増加してコンクリート内部に発生した引張応力がその強度に達すると亀裂が発生し、拘束の程度は弛緩する。従って、コンクリートの拘束収縮を観察する事によって、その乾燥による亀裂傾向を試験する事ができる。1.2.3.4)

§2 コンクリート材料および配合

2.1 セメント

試験に用いたセメントはASTMⅡ種ポルトランドセメント（JIS R 5210の中筋熟ポルトランドセメントに相当）で、C社C工場の製品である。その化学分析結果を表一2に示す。

表一2 C社セメントの化学分析結果

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	Ignit. Loss	C3S	C2S	C3S	C4AF
23.4	4.2	2.6	64.4	2.3	1.8	0.5	0.9	48	31	7	8

2.2 骨材

用いた砂は粒度その他の性質の異なる4種の砂を標準の粒度が得られるように混合したものでそれぞれの性質は表一3に示した通りである。C砂およびA砂は川砂であるがM砂は海浜砂である。

C砂利およびF砂利はいずれも米国カリフォルニア州中部の Coast Range 産であるが、その性質は著しく相違し、前者は主として砂岩より成り、その鉱物組成は石英、長石、変質安山岩などが主なるもので、黒雲母、磁鉄鉱、角閃石、輝石なども含まれている。これに対してF砂利は塩基性火成岩、変質火成岩、安山岩などによって全体の80%が占められ、他に砂岩、珪岩、粘板岩、角岩、結晶片岩などが残りの20%を構成している。C砂利およびF砂利の諸性質は表一3に示す通りである。

表—3 骨材の諸性質

		砂 利		砂				
		C 砂利	F 砂利	C 砂	M 粗砂	M 細砂	A 砂	混合砂
篩 の 残 留 重 量 百 分 率	20 ^{mm}	2	4	*(20%)	(15%)	(50%)	(15%)	—
	15	48	45	—	—	—	—	—
	10	75	70	—	—	—	—	—
	5	99	99	—	—	—	—	—
	2.5	100	100	80	1	—	—	16
	1.2	100	100	100	75	—	—	31
	0.6	100	100	100	100	46	1	58
	0.3	100	100	100	100	92	11	83
	0.15	100	100	100	100	99	60	94
	粗 粒 率	6.80	6.73	4.80	3.76	2.37	0.72	2.82
比 重	2.68	2.79	2.64	2.61	2.62	2.65	2.63	
吸水量(%)	1.74	0.70	0.70	0.40	0.60	1.13	0.67	

*砂の混合比

2.3 混 和 剤

試験に供した混和剤はR、E、PおよびD剤の4種で、RおよびE剤は凝結遅延効果を有するセメント分散剤である。またPおよびD剤はAE剤として知られている。いずれも米国の代表的な製品として認められているもので、近年我が国にも輸入されているが、主成分ないし主原料に関する資料は公表されていない。

2.4 コンクリートの配合

本試験では表—4に示したような10種の配合のコンクリートを用いたが、これらの配合は基本的には2群に大別される。すなわちC砂利を用いた配合とF砂利を用いたものとのである。それぞれの群は更に混和剤を用いない配合1種と、用いた混和剤の種類によって異なる配合4種、合計5種の配合より成る。

配合はいずれも単位セメント量 $295 \pm 5 \text{kg/m}^3$ 、スランプ5~9cmとなるように試験によって定められた。RおよびE剤を含む配合の絶対細骨材率は混和剤を含まぬ配合のそれと同一とし、PおよびD剤(AE剤)を含む配合の場合にはその絶対細骨材率を3%減少した値を用いた。このようにAE剤を用いた配合のみについて絶対細骨材率を減少したのは空気連行の効果を考慮して、5種の配合の相互間の比較の基準を同等にするためである。また混和剤の使用量についてはR、EおよびD剤の場合には一般に用いられているセメントに対する重量比をそのまま採用し、P剤の場合にはD剤の使用によって得られた空気量とほぼ等しい値が得られるように、その使用量を調整した。

§3 供試体の製作ならびに測定

3.1 コンクリートの練り混ぜ方法

コンクリートの練り混ぜは容量70lの型ランカスター・ミキサ(Pan Type, Lancaster Mixer)を用いて行った。最初に粗骨材、細骨材、セメントの順序に投入し、1分間の空練りの後、これに所要の水量を1分間に亘って攪拌を連続しながら加えた。混和剤は予め計量した水に溶解して用いた。全材料の投入終了後、更に3分間攪

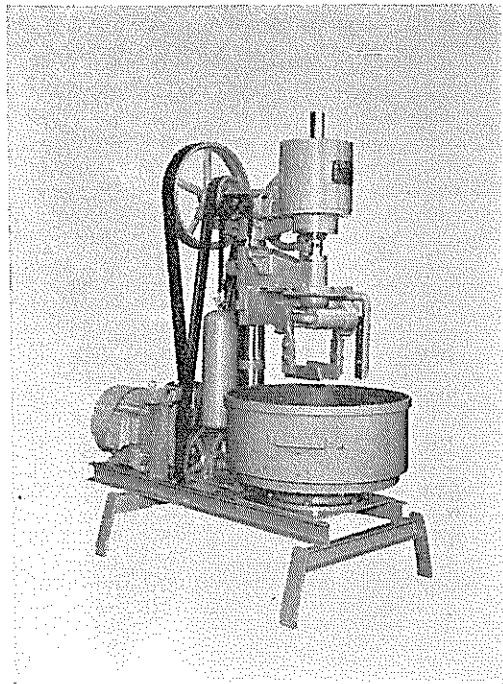
拌を続け、合計4分の攪拌を以て練り混ぜを終了した。この形式のミキサでは、その機構上材料の分離はほとんど認められず、またミキサのコンクリート容器はこれを動力伝達部分から取外して、単なる容器として使用する

事も可能である。⁵⁾ 従って本試験ではコンクリートの諸試験に供する試料はすべてミキサより直接採取した。図-1は平型コンクリート・ミキサの一例である。

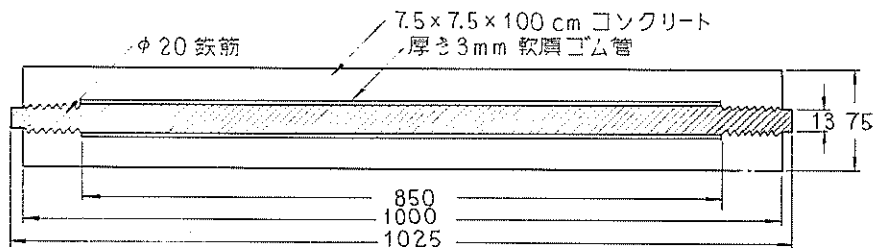
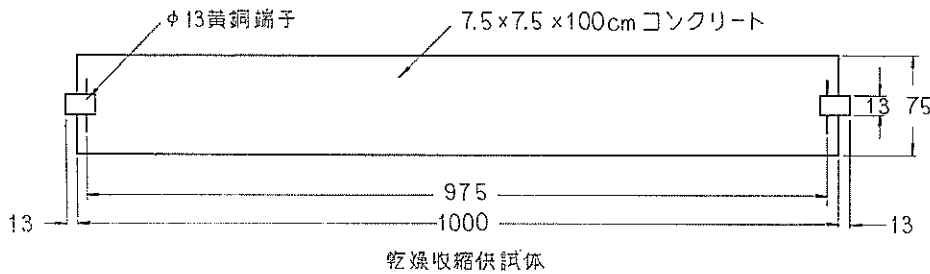
3.2 供試体の形状

乾燥収縮および拘束収縮試験供試体は $7.5 \times 7.5 \times 100$ cmの角柱形を用い、木製型枠を用いて製作した。拘束収縮試験供試体には拘束効果をもたせるために直径20mmの鉄筋を型枠の長軸に沿って配置し、これをコンクリート内に埋込んだ。図-2に示したように、拘束鉄筋はその両端部において7.5cmの長さで互って錠着を完全にするためのネジが刻まれている。両端のネジ部 $7.5 \times 2 = 15$ cmを除いた残り85cmは厚さ3mmの軟質ゴム管で被覆して鉄筋とコンクリートを絶縁し、その附着を避けた。これはコンクリート内の応力分布を供試体の長さ方向に沿って均一にするための試みである

乾燥収縮試験供試体の両端には、断面の中央に直径13mm、長さ33mmの黄銅製の端子を埋込み、13mmだけコンクリート端面より突出させて、コンクリート供試体の長さ変化の測定に供した。拘束収縮試験供試体にもこれと同様な突起を設けた事は図-2に示した通りである。



第 1 図



拘束収縮供試体

単位 mm

図-2

圧縮強度試験供試体は直径 7.5cm 高さ 15cm の円柱形を用い、紙製型枠を使用して製作した。この型枠は一定巾の厚紙を螺旋状に 2 重に巻いた、厚さ 1.5mm の紙筒を直径の 2 倍の長さで截断し、その一端に亜鉛メッキを施した薄鉄板製の底板を取付け、全体を溶融ワックスに浸漬して水密にしたものである。寸法誤差は僅少で、変形も少く、型枠を消耗品として使用できるのが特長である。この紙製型枠を使用する場合には供試本の両端面にキャッピングを施す必要があり、また同じ形状の鋼製型枠を使用した場合と比較すると紙製型枠を使用したものの強度は僅少な差ではあるが、多少小さく表われる傾向が認められた。

3.3 供試体の製作

乾燥収縮および拘束収縮試験供試体はいずれもほぼ高さの等しい 2 層に分けてコンクリートを填充し、各層を突き棒で 50 回づつ突き固めた後、テーブル・バイブレーターを使用して締め固めて成形した。成形後直ちに噴霧養生室 (21°C, 100% R. H.) に搬入して 24 時間後に脱型し、そのまま養生を継続した。噴霧養生室における養生期間は 7 日間である。

$\phi 7.5 \times 15\text{cm}$ の圧縮強度試験供試体はコンクリートを高さのほぼ等しい 3 層に分けて填充し、各層を突き棒 (直径 8mm, 長さ 25cm) で 25 回づつ突き固めて成形した。成形後直ちに噴霧養生室に搬入し、24 時間後に型枠を外し、試験材令の日まで養生を継続した。

以上の各供試体の製作は 21°C, 85% R. H. の恒温室で行われた。

3.4 測定

乾燥収縮および拘束収縮の測定は 7 日間湿潤養生した供試体について行った。すなわち、材令 7 日に噴霧恒温室で供試体の基長を測定した後、21°C, 50% R. H. の低湿恒温室に搬入して乾燥条件下における供試体の長さ変化を所定の時間々隔で測定した。長さ変化の測定には水平型伸長計 (基長 100cm) を用いた。

○乾燥収縮の計算

乾燥収縮は供試体の長さ変化の全量を有効長さ 97.5cm で除し、100 万分の 1 位まで計算した。

○拘束収縮による引張応力の計算

拘束収縮供試体には収縮が拘束される結果として応力が発生し、鉄筋は圧縮応力を、コンクリートは引張応力を受ける。コンクリートの亀裂傾向は

- (1) コンクリートに亀裂が発生する直前の引張応力、および
- (2) 亀裂発生に要した乾燥期間の長さ

を基にして評価する事ができる。

コンクリートの引張応力は次式を用いて計算した。

$$\sigma_t = \frac{\Delta L}{L} \cdot E_s \cdot \frac{A_s}{A_c}$$

σ_t = コンクリートの平均引張応力, kg/cm²

ΔL = 拘束収縮の測定値 (長さ変化量), cm

L = 供試体の基長, 92.5cm

E_s = 拘束鉄筋の弾性係数, 2.1×10^6 kg/cm²

A_s = 拘束鉄筋の断面積, cm²

A_c = コンクリートの純断面積, cm²

○圧縮強度

圧縮強度試験は $\phi 7.5 \times 15\text{cm}$ 供試体を用い、ASTM C39 (JIS A 1108 に相当) に従って行った。供試体の両端面のキャッピングには石膏を用いた。

§4 試験結果と考察

4.1 用いた混和剤の減水効果

未だ固らないコンクリートの諸性質は表—4に示した通りで、同一のコンシステンシーを得るに要する水セメント比は混和剤の使用によって減少しているが、その減少の程度は混和剤の種類によって著しく相違する事が認められる。

凝結遅延効果を有するセメント分散剤（以下では減水遅延剤と云う）であるRおよびE剤を用いた場合には水セメント比の減少はほぼ同等で、C砂利を用いた配合ではそれぞれ6.6、5.5%、F砂利を用いた配合ではそれぞれ2.4%、1.9%の減少を示して居り、R剤の減水効果がやや大きい。同一の混和剤を用いても、その減水効果は、粗骨材の種類によって著しく相違するが、これは骨材の表面組織および形状の相違に基くものと考えられる。すなわち、C砂利はF砂利に比較して表面組織も粗く、また形状もやや扁平状である。このため混和剤を用いない配合の水セメント比も両者の間でかなり開きがあり、前者の水セメント比は後者に比べて5.9%だけ多く、これが混和剤の減水効果にも影響したものと思われる。

A E剤であるPおよびD剤の間には特にC砂利を用いた配合の場合に著しい相違が認められ、水セメント比の減少はそれぞれ12.0、3.9%である。これに対しF砂利を用いた配合ではそれぞれ4.2、3.3% となって、その差は比較的に小さい。進行空気量もP剤の方がやや少い事を考慮すれば、両剤の間における減水効果の優劣は自ら明らかである。

表—4 コンクリートの配合と諸性質

骨材の種類	混和剤の種類*	単位セメント量 kg/m ³	W/C %	S/A %	Ad/C %	スランプ cm	空気量 %	単位容積量 kg/m ³
C砂利+混合砂	なし	296	61.5	47.5	—	9.1	1.9	2,405
	R	297	54.9	47.5	1.66	9.1	2.9	2,404
	E	298	56.0	47.5	1.66	8.6	2.5	2,411
	P	290	49.5	44.5	1.825	8.9	6.1	2,348
	D	291	57.6	44.5	1.99	8.4	6.7	2,315
F砂利+混合砂	なし	295	55.6	45.0	—	8.6	1.6	2,483
	R	295	53.2	45.0	1.66	8.9	1.9	2,475
	E	295	53.7	45.0	1.66	9.1	2.9	2,481
	P	290	51.4	42.2	1.825	8.6	4.0	2,447
	D	240	52.3	42.2	1.99	8.4	4.9	2,415

*RおよびE剤は減水遅延剤；PおよびD剤はA E剤

4.2 混和剤の使用がコンクリートの圧縮強度におよぼす影響

材令1、3、7、28および91日における圧縮強度は表—5に示した通りである。同表の値はいずれもφ7.5×15cm 供試体3個についての平均値である。

表—5より観察される事の一つは減水遅延剤の使用によって初期強度が増加する現象である。RおよびE剤を用いた場合の1日強度は混和剤を用いない場合に比較してかなり増加し、C剤利を含む配合ではそれぞれ、32、61%F砂利を含む配合では共に44%増加し、E剤による強度増加はR剤よりも大きい。強度の増加率は材令によ

表—5 コンクリートの圧縮強度 (kg/cm²)

材令 (日)	砂利 混和剤	C 砂 利					F 砂 利				
		な し	R	E	P	D	な し	R	E	P	D
1		38	50	61	45	31	45	65	65	44	42
3		81	85	104	92	69	95	114	147	109	94
7		129	144	162	184	114	152	170	211	164	136
28		223	253	304	229	202	249	292	318	233	211
91		286	285	323	289	236	307	326	370	306	241

でも異り、一般に材令が大きくなるに伴って増加率は減少する。C砂利コンクリートについて言えば、R剤による強度増加は材令1, 3, 7, 28, 91日についてそれぞれ、32, 5, 12, 11, 13, 0%である。E剤による増加は同じ材令について、それぞれ、61, 28, 26, 36, 13%である。同様な現象がF砂利を用いたコンクリートについても云える。すなわち、R剤による増加は44~6%であるのに対し、E剤による増加は44~21%となつて、E剤を用いたコンクリートの圧縮強度は著しく増加し、また材令による変化も少い。4.1節で述べたように減水効果の点ではR剤の方がE剤より優れて居る事を考慮すれば、混和剤の使用による強度の増加は必ずしも所要水量の減少のみに基くものではない。本試験の段階ではこの点に関する説明は行い難いが、例えばセメント粒子の分散の程度の相違などはセメント分散剤の効果を明らかにする一つの要素であると考えられる。

A E剤の使用については、一般に空気連行による圧縮強度の減少はウォーカービッチの改善による所要水量減少の効果によって相殺され、結果としてA E剤を使用せぬものとはほぼ同等の圧縮強度が得られるとされている。

本試験の結果はP剤に関しては上述の一般論がほぼ成立するが、D剤については必ずしも成立しない事を示している。すなわち、P剤を用いたC砂利コンクリートの圧縮強度比(混和剤を用いない場合に対する各材令の強度比)は101~143%の範囲にあり、材令91日では101%である。F砂利コンクリートでは、これが94~115%となり、材令91日で100%である。これに対し、D剤を用いた場合にはそれぞれ81~93%, 79~99%となり、材令91日の圧縮強度比はそれぞれ83%および79%となつて、圧縮強度は約20%の減少である。4.1節で指摘したように、D剤の減水効果はP剤に比較すると少いが、R剤もしくはE剤に比較すると必ずしも過少とは云えず、また空気量もほぼ適当な値である。従つて、D剤の使用による圧縮強度の減少は空気の連行のみによるものではなく、他の何等かの要因も作用した結果によるものと考えられる。

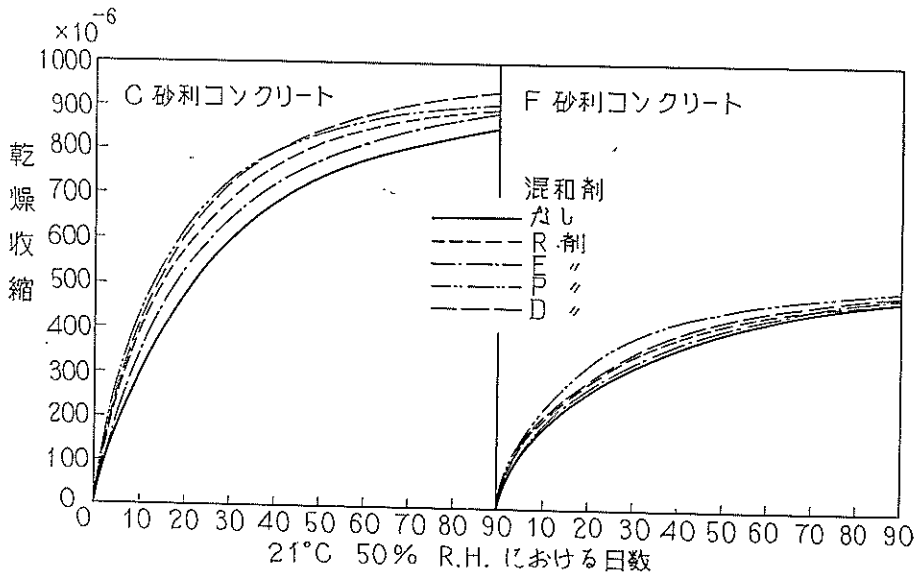
4.3 混和剤の使用がコンクリートの乾燥収縮におよぼす影響

表—6は各種の混和剤を用いたコンクリートの乾燥収縮測定結果で、それぞれの値は7.5×7.5×100cm供試体3個についての平均値である。図—3は乾燥収縮を21°C, 50%R. H.に貯蔵した日数と対比して図示したもので、一般に混和剤を用いたコンクリートの乾燥収縮は混和剤を用いないものと比較して大きくなつて居る事が認められる。増加の割合は乾燥条件下に貯蔵した期間の長さによつて変化し、一般に貯蔵期間が長くなるに応じて増加率も減少する。貯蔵期間91日では混和剤を混入しない配合の乾燥収縮に比較して、R, E, PおよびD剤を用いた配合の乾燥収縮はそれぞれ、C砂利コンクリートの場合、5, 4, 6, 10%の増加、F砂利コンクリートの場合0, 1, 4, 2%の増加を示し、A E剤を用いた配合の乾燥収縮の増加は減水遅延剤を用いた配合のそれよりも大きい。

4.1節で述べたように、これらの混和剤の使用による水セメント比の減少量はC砂利コンクリートの場合3.9

表一六 コンクリートの乾燥収縮砂 (10⁻⁶cm/cm)

貯蔵期間、 混和剤 (日)	C 砂利					F 砂利				
	なし	R	E	P	D	なし	R	E	P	D
1	76	112	96	138	103	54	71	59	80	56
3	136	189	169	224	192	96	110	102	125	97
7	238	300	261	359	323	150	158	156	188	146
14	382	477	431	552	507	218	246	229	272	231
21	496	604	552	666	628	264	293	272	239	297
28	585	689	635	719	709	311	339	328	378	352
56	764	834	801	854	865	421	436	425	462	440
91	851	893	883	904	934	480	478	485	500	490



図一三

～12.0%，F砂利コンクリートの場合1.9～4.2%に亘っている。本試験では配合要素の変化は混和剤の混入と、これに伴う水セメント比の変化に限定されて居り、コンクリートの乾燥収縮に影響をおよぼす要因は以上の2要素に限られると思われる。一般にコンクリートの乾燥収縮は水セメント比によって著しく影響され、水セメント比の増加に伴って増加するものと考えられている。⁹⁾ 本試験では水セメント比の減少が比較的大きいにも拘らず、乾燥収縮は逆に増加して居り、混和剤の使用がコンクリートの乾燥収縮を増加する傾向にある事を示唆している。減水遅延剤とAE剤とを比較すると、後者の方が乾燥収縮をより増大するものようで、これは主として空気量の増加に基くものと考えられる。

C砂利コンクリートの乾燥収縮とF砂利コンクリートのそれを比較すると、その差は極めて大きく、後者は前者の53.6～56.4%，平均54.5%である。両者の水セメント比の差は混和剤を用いない場合が最大で、5.9%，R

剤を用いた場合が最小で1.7%であり、P剤を用いた場合には逆にC砂利コンクリートの水セメント比がF砂利コンクリートのそれより小さな値を示している。従って両砂利コンクリートの乾燥収縮の大きな相違は主として粗骨材の種類と性質に起因するものと思われる。

4.4 混和剤の使用がコンクリートの亀裂傾向におよぼす影響

表一7は拘束収縮供試体のコンクリート内に発生した引張応力を計算した結果である。C砂利コンクリートの

表一7 コンクリートの拘束収縮による引張応力 (kg/cm²)

貯蔵期間 (日)	C 砂 利					F 砂 利				
	な し	R	E	P	D	な し	R	E	P	D
1	6.1	8.1	7.4	7.4	7.7	5.3	6.9	5.5	7.7	5.4
3	8.8	11.5	10.1	11.6	11.7	8.2	10.6	8.7	10.8	7.9
5	11.3	14.5	14.0	14.1	15.6	9.3	12.2	10.8	12.6	9.5
7	14.3	16.9	16.3	15.8	16.9	11.3	14.3	12.7	14.8	11.1
9	15.5	19.1	18.4	17.9	18.6	—	—	—	—	—
10	—	—	—	18.6	19.1	—	—	—	—	—
11	19.4	21.3	20.7	19.4	亀裂	—	—	—	—	—
12	20.9	22.1	21.4	亀裂		—	—	—	—	—
13	21.9	22.8	22.1			—	—	—	—	—
14	22.6	23.4	23.2			16.0	20.2	16.7	18.9	15.5
21	亀裂	亀裂	亀裂			19.6	22.9	20.3	22.3	20.6
28						22.6	24.7	22.7	23.7	22.5
56						25.7	26.8	26.2	25.3	24.5
91						27.2	27.6	27.4	25.8	24.8

注) 表中の“亀裂”は最後の測定後、次の測定前に亀裂が発生した事を示す。

場合にはいずれも乾燥条件における貯蔵期間14日以内に亀裂が発生したが、F砂利コンクリートの場合には貯蔵期間91日における亀裂発生は皆無であった。この差は両砂利コンクリートの乾燥収縮特性および引張強度の相違に基くもので、C砂利コンクリートの亀裂傾向がF砂利コンクリートに比してかなり大きい事を示している。

混和剤の種類による亀裂傾向の相違は余り明瞭でない。C砂利コンクリートの場合には亀裂発生時の応力はA E剤を用いた配合が他の配合に比較して小さい値を示して居り、これは主として連行空気存在によるコンクリート断面積の減少に基くものと思われる。同様の傾向はF砂利コンクリートの場合にも認められ、P剤およびD剤を用いた配合の供試体に発生した引張応力は他の配合に比較して見かけ上小さい値を示している。

§5 結 論

本試験は市販されている多種多様なコンクリート混和剤の中から凝結遅延効果を有するセメント分散剤2種およびA E剤2種の混和剤を取上げ、その使用がコンクリートの圧縮強度、乾燥収縮および拘束収縮による亀裂傾向におよぼす影響について調べたものである。取上げた混和剤が4種類に過ぎず、また用いたコンクリートの配合も2種の砂利を含むもののみ限定されている。従って、この試験結果より一般的な結論を導く事は困難であ

るが、本試験の範囲内で次の事が云えるものと思われる。

(1) コンクリートにA E剤あるいはセメント分散剤のような混和剤を用いる場合、所定のコンシステンシーを得るに必要な水セメント比、圧縮強度、乾燥収縮などの諸性質は混和剤の種類によってかなり相違する。

(2) 試験に供した2種の減水遅延剤および2種のA E剤のいずれも相当の減水効果を有する事が認められた。しかし、減水効果は用いられる粗骨材の種類によってかなり相違する。

(3) 2種の減水遅延剤のいずれも圧縮強度を増加するが、試験結果は圧縮強度の増加が減水効果のみに因るものでない事を示唆している。また減水遅延剤を用いたコンクリートの乾燥収縮は増大する傾向にあるが、拘束収縮による亀裂傾向には明瞭な相違は認められない。

(4) 2種のA E剤のうちP剤の減水効果はかなり大きく、これによる圧縮強度の増加は空気連行による圧縮強度の減少をほぼ相殺する。D剤を用いたコンクリートの圧縮強度はかなり減少し、また拘束収縮による亀裂傾向は他の配合に比して多少促進される。亀裂傾向の促進は連行空気存在によるコンクリート断面積の減少ならびに乾燥収縮の増加によるものと考えられる。

参 考 文 献

1. Carlson, Roy W., "Attempts to Measure the Cracking Tendency of Concrete," Proc. of ACI, Vol. 36, pp. 533-540, June 1940
2. 赤塚雄三, "コンクリートの引張りクリープ測定方法に関する提案=拘束方法について", セメント・コンクリート, No. 195, p. 21-24, 1963年5月
3. 赤塚雄三, 張 紹遷, Polivka, Milos," 継続的に増加する荷重を受けたコンクリートの引張クリープならびに応力弛緩試験方法=拘束方法について," 土木学会誌, 48巻9号, p. 79-80, 1963年9月
4. Akatsuka, Yuzo; Chang, shao-chien; Polivka, Milos;" Methods of Evaluating Tensile Creep and Stress-Relaxation of Concretes Subjected to Continuously Increasing Loads," Transactions of JSCE, No. 97, pp. 1~12, September 1963
5. 赤塚雄三, 津端雅史, "平型コンクリート・ミキサの練り混ぜ性能について", 港湾技術研究所報告に発表予定
6. Carlson, R. W., "Drying Shrinkage of Concrete as Affected by Many Factors," Proc. of ASTM, Vol. 38, Part II, pp. 419-437, 1938

港 湾 技 研 資 料 No.7

1964年3月

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発 行 所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市川間 162

印 刷 所 中和印刷株式会社
東京都中央区入船町2の3