

コンクリートの乾燥収縮に及ぼす諸因子 (三)

川 畑 健 雄 抄 譯

〔Ⅳ〕 収縮に及ぼす骨材種類の影響

コンクリートの収縮は特に貧配合の場合に於ては、使用骨材の種類に依り大なる相異を生ずるものである。或種の骨材は他の骨材よりも多量の混留水を必要とする結果、必然的に収縮に相異を來すものである。然しながら恐らく収縮の大差は使用骨材の物理的性質の相異に基くものであらう。次表は單一寸法の骨材 ($\frac{3}{16} \sim \frac{3}{8}$ 吋) を使用し水比 0.40、配合 1:2.5 のコンクリートの収縮の比較を示したものである。此の表に明らかなる如く同一の普通の砂利から選擇した異種の骨材を含むコンクリートの収縮には 320~680 (1/100 萬) の範圍の差異のある事は注目すべき事であらう。

コンクリートの収縮に及ぼす單一寸法骨材種類の影響

骨材の種類	比重	吸水率%	収縮(4年) 1/100萬
A—混合砂利	2.74	1.0	560
B—A より選出した頁岩礫	2.75	1.3	680
D—A より選出した花崗岩	2.67	0.8	470
E—A より選出した珪岩礫	2.66	0.3	320

F—砂岩 (West Virginia)	2.47	5.0	1160
G—硝子球	—	0	250
H—石灰石碎石 (Calif.)	2.74	0.2	410

砂岩は各種骨材中最大の収縮を興へ、又石灰石、石英及び硝子のコンクリートは小なる収縮を示した。

表一Ⅱは一定セメント量にて一定稠度を有する様水比を調節したコンクリートに就て、多数の骨材の収縮に及ぼす影響の試験結果を示したものである。此の結果は天然産砂利及び砂、並に碎石骨材の2群に分類し且つ収縮低下の順に配列せるものである。又初期養生期間は2日及び28日間とした。而して碎石の大部分は使用前に粒形を改良するためボールミルで磨滅し、一定稠度に要する水比の極端に大になる事を防止した。例へば花崗岩碎石の原形では水比が1.04であったが改良形状では水比0.80に減少した。

表一Ⅱ 一定セメント量のコンクリートの収縮に及ぼす骨材の影響

骨材の種類	水セメント比 重量	骨材の比重	骨材の吸水率 %	6箇月の収縮 (L/100萬)		
				2日間養生 (観測値)	28日間養生 (観測値)	(修整値)C
天然砂及び砂利						
砂岩 a (Ohio 河)	0.65	2.52	3.8	860	810	810
珪質、混合 (Mass.)	0.65	2.74	1.0	710	700	700
珪質、混合 (Ohio 河)	0.70	2.58	2.2	610	670	610
白雲石(礫)、粉砕砂 (Wis.)	0.78	2.68	1.7	560	590	430
珪質及び石灰質、混合 Boulder Dam (Ariz.)	0.62	2.63	1.3	570	540	570

混合粗骨材 (Mass.) 球狀鐵滓砂 b	0.67	—	—	540	530	510
大粒石英 (Conn.)	0.63	2.66	0.8*	—	350	360
碎石骨材						
粗碎混合砂利 (Mass.)	0.87	2.74	1.0	—	870	520
蛇灰岩 (Vermont)	0.82	2.78	0.3	760	830	550
大理石(純粹) (Vermont)	0.84	2.77	0.3	650	670	420
角閃石 (Canada)	0.69	3.28	0.4	—	650	590
輝石 (Canada)	0.65	3.51	0.4	—	630	630
花崗岩 (Mass.)	0.80	2.67	0.7	510	690	410
白雲石 (Tenn.)	0.80	2.80	0.3	550	500	350
長石 (Va.)	0.80	2.58	0.2	—	480	330
白雲石 (Va.)	0.73	2.80	0.2	460	450	370
石灰石 (Calif.)	0.77	2.74	0.2	470	450	330
石 英 (New York)	0.79	2.65	0.1	—	450	320

a. Ohio 河産砂利より選出した砂岩礫のみよりなる粗骨材

b. 人工的に作った球形鐵滓砂

c. 水比 1% の差に對して收縮の變化は 1.75% であるとして

水比 0.65 の状態に修整した數値を示す。

註 セメント含有量 1.30 パーセント/磅; スラック 3吋; 全部標準セメント A 使用

又收縮に及ぼす水比の影響を除く爲に、水比 0.65 を標準として水比 1% 増すごとにコンクリートの收縮は、殆んど

2%増すと云ふ經驗的係數を使用して修正した。此の數値は同表の最後の欄に示されて居る。もとより此の係數は骨材の種類に無關係に取扱つた爲に、修正の大なる確實性は期待出来ない。然しながら此の修正した收縮値は各種骨材の收縮に及ばず影響を指示する様に考へられる。新しき興味ある事實が此の試験より觀察され得る。即ち純粹鑛物骨材中輝石及び角閃石コンクリートは大なる收縮を示し、一方石灰、長石、石灰石及び白雲石コンクリートは可成少ない收縮を示す。

花崗岩は各種鑛物の集合體であるが、理論的に之等鑛物の中間の收縮を示した。而して高剛度の花崗岩はより少ない收縮を示すものと期待されるであらう。同様に石灰石及び白雲石は廣範圍の剛度を有するものであり、ここに示したものは平均剛度より大なるものと信ぜられる。純粹な大理石コンクリートの收縮大なる事は石灰石より容易に壓縮される爲である。

此の研究によつて骨材の壓縮率は、コンクリートの收縮を支配する骨材の最も重要な單一性質であると暫定的に結論し得る。混合組成骨材中大量の砂岩及び頁岩を含むか、或は骨材自體收縮し且つ低剛性を有する骨材を含む場合は、屢々收縮大なるコンクリートを生ずる。

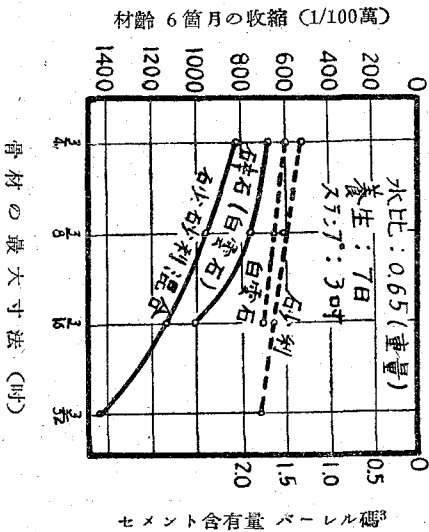
表中收縮大なる Massachusetts の混合砂利は多量の頁岩、花崗岩及び中量の石英を含む美しき砂利であるが、すべて多孔性である。之に反し石英、長石、石灰石及び高剛性を有する他の骨材を大量に含む場合は、屢々低收縮のコンクリートを生ずる。砂岩及び頁岩は壓縮性によつて大なる收縮を示すのみならず、一般に骨材自體可成乾燥收縮を示すものである。混合砂利から選出した頁岩は飽和状態より乾燥せしめた場合其の收縮は 200 (1/100 萬) 以上に及ぶ。其の他のすべての骨材の乾燥收縮は砂岩を除いて少ないものである。

骨材の粒形は其の爲に水比が減少するにあらざる限りコンクリートに及ぼす影響は僅少である事が知られた。例へば白雲石の碎石をボールミルで充分磨滅せしめ礫の形状とし、之に依つて作製したコンクリートの收縮は、同一水比の普通のコンクリートと比較試験した結果、水比が同一ならば收縮には相異のない事が認められた。

更に試験を繼續して (1) 骨材の壓縮性とセメント・ペーストの伸張性、(2) 粒子間の龜裂、(3) 骨材とペースト間の接觸及び (4) 骨材自體の容積變化等の影響に就て充分研究すべきである。

〔V〕 骨材寸法の影響

前述の如く一定水比で且つ骨材粒子間の龜裂を示さぬ状態に於ては骨材の寸法は收縮に無影響である。然し實際状態に於て收縮の大なる減少は最大骨材寸法のみより大なる時得られる。之は所要水量の少い事及び大なる寸法の骨材は粒子間の龜裂を招來する爲である。第3圖は2種の骨材（白雲石碎石並に混合砂及び砂利）を使用せる場合、最大寸法の異なる骨材を含むコンクリートの收縮を比較したものである。之等の骨材の粒度は“理想的”のものであつて、順次に各細い粒徑の骨材は粗い骨材に對して一定の率を有する様に配合せるものである。此の率は天然骨材にありては70%、白雲石碎石にありては80%である。



第3圖 コンクリートの收縮に及ぼす骨材寸法の影響

而して水比と稠度は一定に保つた爲に白雲石の碎石は貧配合のものとなつた。従つて此の爲に白雲石碎石の固有に低收縮を示す利點は幾分失はれた事は注目すべき事である。又此の骨材は寸法の低下と共に收縮も非常に増加して居る。骨材の最大寸法が $\frac{3}{4}$ 吋から $\frac{3}{16}$ 吋に低下した爲に起る收縮の増加は、白雲石碎石にありては 50%、混合砂利では 40%であつた。斯くして骨材の充分な比較をなすためには、コンクリートは貧配合となし且大なる寸法の骨材で行ふべきであらう。

〔W〕 コンクリートの收縮に及ぼすセメントの組成の影響

前述の如く 3種の主要セメント構成化合物の收縮減少の順は (1) C_3A , (2) C_2S , (3) C_3S であつた。同様に之等の化合物を以てコンクリートを作り試験した結果其の收縮減少の順は上記と同一である。然し C_3A 及び C_2S を含むコンクリートに對し長期間乾燥を行った場合は例外である。即ち C_3A を含むコンクリートは一般に乾燥状態に置くと殆んど直ちに龜裂を生ずる。而して收縮の大なる事は此の龜裂の擴張によつて明らかであるが、全體としての長さの收縮測定値は必ずしも大ではない。又純粹な C_2S を含むコンクリートは乾燥に依つて龜裂を生ずる傾向があるが、もし濕養生期間が長期に亘るか或は乾燥が緩慢であれば龜裂は最小となる。次表は一定セメント量及び一定スランプのコンクリートに就て C_3S , C_2S 及び標準セメントの收縮を比較せるものである。

骨 材	水比 W/C	材齡 3 箇月收縮 (1/100 萬)
標準セメント A	0.80	530
白雲石 (碎石)	0.80	740
珪酸二石灰 C_2S	"	"
珪酸三石灰 C_3S	0.73	430

此の場合すべての供試體に龜裂を生じた事が疑れたが觀測し得なかつた。又組成を幾分變へた實驗室試製セメントの試験結果、夫々の化合物はコンクリートの收縮に對して上記の順に貢獻して居る事が知られた。

然しながら各方面のセメント工場から採取した多數の市販セメントに就て試験を行つた結果、セメントの收縮の特質は一般的化學分析結果から確實に豫知出來ない。 C_2S の含有百分率は屢々收縮豫知の指針である様に信ぜられるが、 C_3A の百分率は何等收縮に對して一致した關係がある様に見受けられない。又遊離石灰 (CaO) 及び苦土 (MgO) 含有量の容積變化に及ぼす影響に關して多くの實驗が爲されて居るが、依然として之れを解決する他の因子が存在する。即ちセメントは屢々突飛は容積變化を示すものであつて、之等の收縮は現在のセメント組成要素では説明出來ないものである。例へば前に述べたセメント N は同様な化學組成を示す他のセメントより低い收縮を示して居る。之は悉らく他の重大な組成上の性質が等閑視されて居る爲であらう。今や更に進歩した研究によつて此の關係を明瞭に解決し得らるものと期待される。即ち (1) 眞實なる組成、(2) 硝子質含有量の影響、(3) アルカリの影響及び (4) C_2S の量を減少せしめ、混和物として作用する不活性狀 C_2S の影響等である。

化學組成の收縮に及ぼす影響に關する現在の研究は不満足なものであるから最早本文では論議せず、又詳細な分析も試みなかつた。

表 I—IV は選擇したセメント及び骨材を含むコンクリートの收縮結果を示したものである。本表に於て同一骨材にて異なるセメントを含むコンクリートの收縮を比較するに、2:1 の如き大なる比を示した事は注目に値する。更に異なるセメントと異なる骨材を使用した場合を考へる時此の差は一層大となるであらう。コンクリート中に含まれるセメント・ペースト

表一W 異なるセメント及び骨材を含むコンクリートの収縮

骨 材	セメントの 品種 a	セメントの 収縮特性 標 準	水セメント比	重量	6 箇月収縮 (1/100 概)	
					2 日間蒸養生	2 日間蒸養生
混 合 砂 利	A	標 準	0.65	820	810	
	N-2	低	0.63	610	620	
	N	低	0.62	474	470	
	A	標 準	0.80	550	496	
白 雲 石(碎石)	N-2	低	0.76	400	430	
	N	低	0.79	400	320	
	A	標 準	0.84	650	660	
大 理 石(碎石)	N-2	低	0.80	430	350	
	N	低	0.81	260	320	
	A	高(低熱)	0.87	550	800	
花 崗 岩(碎石)	L	高(低熱)	0.87	550	800	
	L	普 通	0.87	730	680	
	A	普 通	0.87	730	680	

a セメントの化学組成

C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
A.....51	18	15	7
N-2.....59	13	10	8
N.....52	24	6	12
L.....38	33	5	15

の固有の収縮がかく大なる變化を起す事は確に豫想し得るものである。更に骨材がペースの収縮を制限すると想定する場

合、内部龜裂を因子として認める事無く、斯くの如き大なる變化を説明し得ない事は容易に豫想し得る處である。

又表—IV—には初期濕養生期間の影響をも示した。或る場合は 28 日間養生を行つたものは、2 日間養生のものより收縮が少かつた場合もあるが、しかし多くの場合之の影響は反對である。花崗岩骨材（碎石）を含む低熱セメントの場合には興味ある結果を示して居る。即ち 2 日間の養生では比較的收縮が小であるが、28 日間養生を行つたものの收縮は殆んど最大であつた。之は僅か 2 日間の初期濕養生では低熱セメントの強度は甚だ弱く、骨材が効果的に收縮を制限して居る爲である。然るに 28 日間養生になると低熱セメント固有の高收縮を示す様になる。2 日間養生を行つた低熱セメントの低收縮を満足に説明する爲に、再び内部龜裂を想定する事が必要である様に見られる。然し 2 つの養生材齡に於けるセメントペーストの伸長性の差が、此の收縮の大なる相異を満足に説明するに足るものであるかも知れない。

〔VII〕セメントの粉末度の影響

—般に粉末度の増加に比例してコンクリートの收縮も増すものであるが其の増加は大きいものでなく、或る場合は粉末度の大なるセメントは低收縮を示す事もある。粉末度大なるセメントの水和作用はいちぢるしく進行し恐らく收縮を減少せしめる處の濃厚な膠狀物質を生ずる。しかし一方此の膠狀物質は又強靱であるために、骨材の制限に抵抗して大なる收縮を示す事になる。故に粉末度の増加が收縮を増す事になるや否やは、之等の影響の大小に關係するものであらう。

表—V—はセメントを風節器によつて廣範圍の粒子群 (Fraction) に分離し、夫々コンクリート供試體を作成して收縮を比較せるものである。

表—V—に見らるる如く低 C_2A セメントの場合、粉末度のより大なる粒子群の收縮は平均に於て増加して居ない事は注

表一V セメントの各粒子群を含むコンクリートの収縮

塊の種類	粒子の範囲 μ	粉末度 g/cm ²	化學組成 %			水セメント比 重量	1箇年収縮 (L/100萬)
			C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A		
低 C ₃ A	0~5	4095	65	11	2.7	0.70	580
	5~10	2945	64	13	2.2	0.73a	595
	5~48	1600	68	21	2.5	0.58a	468
	10~17	1350	60	20	2.7	0.57a	534
	30~48	475	51	28	2.6	0.52a	543
	0~5	530	58	16	15.7	0.88	1380
高 C ₃ A	30~48	490	50	25	15.6	0.52a	611

a. コンクリートは可成水滲出を示した。即ち眞の水比は概も無く小である。

供試體： $1-\frac{1}{2} \times 1-\frac{1}{2} \times 12$ 時コンクリート角柱。骨材：最大寸法 $\frac{3}{4}$ 吋混合砂利

初期養生期間：28 日

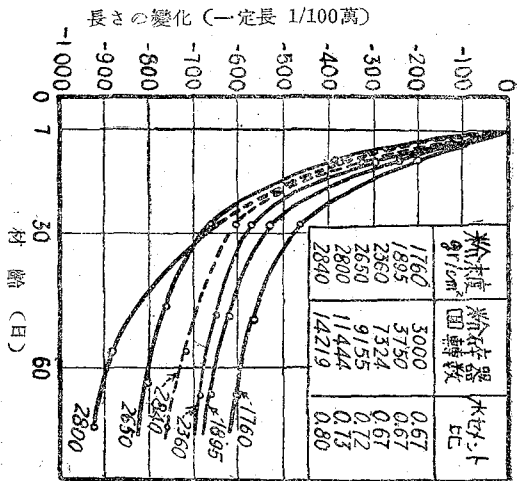
目される。事實もし水比の影響を修正するならば、粒子群の小なる程収縮小なるコンクリートを生ずる。之に反し高 C₃A セメントにありては反對の傾向を有し、小なる粒子群はやや大なる収縮増加を示して居る。然し此の場合比表面積の比 10:1 であるのに比較して収縮比は僅かに 2:1 以下である。収縮の差の一部分は水比の差異に原因するものであり、又粉末度は甚だ廣い範圍に互つて居る事實に基いて、粉末度の影響は此の種組成のセメントに於ても何等恐るべきものでない。此の試験結果に従へば C₃A の少ない標準セメントは、一般に粉末度の増加に伴ふコンクリートの収縮の變化は僅少に

過ぎない事を示して居る。然し一方明かに C_3A を多量に含有するセメントは、もし程度に粉末度を大にすれば非常に大なる収縮を示すものと考へられる。

第4圖は廣範圍に粉末度を變化せしめた、同一組成のセメントを含むコンクリートの収縮を圖示したものである。而して此のセメントは10%の C_3A と39%の C_2S とを含有して居る。本圖に依つて明かなる如く、粉末度の増加に比例して収縮も増加して居るが、最大の粉末度を有するセメントは例外である。此のセメントは“過粉碎”せられて物理的に變質せるものと考へられる。此の場合粉砕機の廻轉數が11,444回から14,219回に増しても、其の粉末度は殆んど増加を示して居ない。其れにもかゝらず所要水量が著しく大であつて、他のセメントと異なる性質を有して居る事が明かに知り得る。之に就ては更に研究を行はなければならぬ。

(Ⅳ) 石膏量の影響

C_3A 量の大なる焼塊及び小なる焼塊に就て石膏添加量の影響の試験を行つた。而して一組のセメントは各々の焼塊に要求凝結時間を辛じて満足さす程度の石膏を加へて、一定の比表面積を有する様粉砕して作つた。他の一組のセメントは



第4圖 コンクリートの収縮に及ぼすセメントの粉末度の影響

各の塊塊に SO_3 が 2.5% を含有するに充分な石膏量を加へて作つた。 C_3A の含有量少なる組成を有するセメントにありては SO_3 1.0% 及び 2.5% 何れの場合も混摺水量には相異が無く、又收縮の相異も認められなかつた。然るに C_3A の含有量大なるセメントにありては、 SO_3 1.3% のものは SO_3 2.5% のものより約 10% 以上の混摺水を必要とした。これは SO_3 量が不足の爲に急結性の傾向を帯びてくるためであらう。而して SO_3 1.3% のセメントは 2.5% のセメントより約 30% 收縮大なるコンクリートを生じた。本試験及び他の試験結果より、セメントの凝結時間調節に充分な範圍内に於て、石膏量のコンクリートの收縮に及ぼす影響は僅少であるが調節不十分な場合は大なる影響を及ぼす事が知られた。

〔K〕 混和劑の影響

もしも骨材粒子間の内部龜裂がコンクリート收縮の重要な因子であるとすれば、理論上モルタルの引張強さを減ずる材料を混和する事は、收縮を減少せしめる事になると考へられる。此の目的の爲に標準セメントに 24-mesh に粉碎した雲母を夫々 2% 及び 4% 加へて收縮試験を行つた。此の結果表(VI)に示す如く雲母を混合したものは多量の混合水を必要とし、其の收縮はむしろ増加を示し此の企は失敗に了つた。しかし其の收縮は水比の増した程増加しなかつたので更に實驗を繼續した。第 2 回目には標準セメント 60-mesh の雲母を夫々重量比で $\frac{1}{2}$, 1, 2 及び 4% 混和した。此の結果前よりも水比は増加せず、僅か $\frac{1}{2}$ % 加へた場合最小の收縮を示し、3 箇月目に於ける收縮減少は 22% である。混和量 $\frac{1}{2}$ % より多い場合は何れも收縮減少は小であつた。もしも此の種の雲母がコンクリートの收縮減少に役立つものであるならば、第一にコンクリートの他の性質に及ぼす影響を決定しなければならぬ。

又表—VIには擴散劑 (Calcium lignin sulfonate) 及び良く知られて居るが組成不明の濕潤劑 (Wetting agent) を混和したコンクリート收縮結果を示した。前者はコンクリートの收縮及び空際率に僅少な影響を及ぼした。又後者は明かに空際率を増し、従つて可成所要水量を減少した。收縮に及ぼす影響を見るに早期に於ては混和量に比例して收縮も増加したが、長期の收縮には實質的には影響がなかつた。

熱量計法に依つて試験した結果、之等の混和物は何れもセメントの水和には注目すべき影響はなかつた。

表—VI コンクリートの收縮に及ぼす混和物の影響

混和劑(セメントの重量%)	水セメント比	空 隙 率 %	收 縮 (C/100萬)		
			28 日	3 月	5 月
セメント	0.71	1.6	330	650	—
2 : 24—メツシユ雲母	0.83	2.1	305	670	—
4 : 24—メツシユ雲母	0.93	1.7	315	670	—
セメント	0.71	1.6	330	650	—
0.5 : 60—メツシユ雲母	0.73	2.2	330	510	—
1.0 : 60—メツシユ雲母	0.77	1.8	365	600	—
2.0 : 60—メツシユ雲母	0.79	2.0	375	610	—
4.0 : 60—メツシユ雲母	0.83	2.2	420	830	—
セメント	0.69	2.4	350	595	680
0.05 : 擴散劑	0.68	2.3	350	615	650
0.10 : 擴散劑	0.67	2.6	340	580	630

セメント	0.69	2.4	350	595	680
0.02 : 濕潤劑	0.68	5.2	395	635	685
0.04 : 濕潤劑	0.63	7.3	420	615	660
0.08 : 濕潤劑	0.60	11.3	500	645	700

總ての供試體は最大骨材寸法 $\frac{3}{4}$ 吋の混合砂利を含む

セメント含有量 : 1.3 パーセント/磅

濕養生期間 : 7 日間

〔X〕 結 論

次の結論は何等新しきものでも無く、又決定的なものでも無い。従つて決定的なものと確認する爲には未だ不充分であるが、本試験に使用した材料及び條件に於て漸定的に結論すれば次の如くである。

- (1) 普通コンクリート中のセメント・ペーストは、もし骨材に依つて制限を受けなければコンクリートの 5~15 倍收縮するであらう。
- (2) 本試験に主として使用された特定の標準セメント並に混合砂利の場合、骨材の最大寸法及び稠度を變更しない限りは、セメントの含有量、骨材の粒度並に初期濕養生期間はコンクリートの收縮に大なる影響を及ぼさない。
- (3) 制限寸法以下の骨材は所要水量に影響が無ければコンクリートの收縮に影響が無く、又制限以上に大なる骨材の場合、一定水量の場合でもすべて收縮を減じた。
- (4) 最大寸法骨材の増加はコンクリート 1 碼³ 當りの所要水量を減ぜしめ更に收縮低下の原因となる。

(5) 純粋な礦物骨材中角閃石及び輝石は收縮大なるコンクリートを生じた事は注目すべき事である。一方之に反して石英、長石、白雲石及び石灰石は顯著に收縮小なるコンクリートを生ずる。

(6) 混合組織の骨材中砂岩及び頁岩は收縮大なるコンクリートを生じ、一方組織密なる花崗岩は平均に於て收縮小なるコンクリートを生じた。

(7) 骨材粒子の壓縮性は異なる骨材を使用した場合得らるるコンクリートの收縮相異の、最も大なる因子の様に考へられる。

(8) 骨材の形状は所要混水量に影響が無ければコンクリートの收縮に及ぼす影響は僅かである。

(9) 混合砂利を使用した場合、混水量 1% 増加すればコンクリートの收縮は殆んど 2% 増加する。

(10) 白雲石及び花崗岩 (總ての高剛度骨材) を骨材として使用した場合、セメント含有量大なるコンクリートはセメント含有量小なる場合より收縮大である。此の事實は混合砂利骨材を含むコンクリートの收縮がセメント含有量に無關係である事と對稱をなして居る。

(11) セメントの最も重要な生成化合物中一定量の珪酸三石灰 (C_3S) が最も收縮少く、同量の礬土酸三石灰 (C_3A) が最も大であり、珪酸二石灰 (C_2S) は他の化合物の中間の收縮を示す。

(12) 異なる市販セメントに對するコンクリート收縮の變化は、普通の化學分析結果及び粉末度の差異に依つて明確に説明出來ない。

(13) 初明蒸養生温度 $70^{\circ}F$ の場合一般にセメントの粉末度の大なる程幾分收縮が増加する。しかし礬土酸三石灰 (C_3A)

A) の含有量極めて小なる場合は例外である。

(14) セメント凝結調節に充分な範囲内に於て、石膏量のコンクリートの収縮に及ぼす影響は僅少であるが、然し調節不十分な程度に石膏量の少ない場合は、所要水量増加の原因となり相當に収縮を増す。

(15) 特殊な擴散剤及び濕潤剤よりなる混和物の公稱混和量に於ては、コンクリートの収縮に及ぼす影響は僅少である。濕潤剤は幾分空隙を増し可成水比を減少せしめるが、終局の収縮に及ぼす影響は少ない。

(16) 市販の 60 mesh に粉碎した雲母を、セメント重量の $\frac{1}{2}\%$ 混合する事に依つて可成コンクリートの収縮を減する事が出来る。

(17) セメント・モルタルと骨材粒子間に龜裂を生ずる事は、多數のコンクリート収縮低下に貢獻する因子である様に信ぜられる。