

混和劑인 鹽化칼슘이 콘크리트 強度에 미치는 影響에 關한 研究

A study on the Effect of Calcium Chloride Admixture on
strengths of Concrete

全 賢 雨* · 林 鍾 國**
Hyun Woo Jun Chong Kook Lim

Summary

In many cold weather concrete construction jobs calcium chloride CaCl_2 can be used safely as an accelerating admixture.

For producing satisfactory concrete during cold weather calcium chloride is used to develop the level of strength required in a shorter period by obtaining higher early strength, the resulting increase in heat of hydration.

In this paper, to get adequate data and information of the effect on strength of concrete in using calcium chloride as an accelerating admixture, Portland cement (Type I), High-early-strength cement (Type II) and Pozzolans cement with certain 1.5 percentage of calcium chloride by weight of the cement were tested.

As the result of this experiment, followings were founded:

1. At the 1.5 percent of calcium chloride cement ratio, the early strength was accelerated to the highest level, and some 1.5 percent of calcium chloride cement ratio was suitable for the stabilization of the concrete structures.

2. For Some 50 percent of Water Cement ratio was suitable, making good Concrete in the Cold weather by admixture of Calcium Chloride.

3. The concrete of Pozzolans cement in early strength was weak but that in later raised by

degree.

4. As obtaining higher early strength the curing period can be reduced, but the finishing work should be done as early as possible.

I. 序 論

普通포트랜드 시멘트는 1824年 英國人 J. Aspdin에 의하여 發明된 以來 近代土木 建築 材料로서의 役割은 日로 막중한것이며 鐵材와 함께 各種 土木 및 建築工事に 莫大한 量이 使用되고 있다. 現在 우리나라는 國家經濟復興을 爲한 水利 土木工事 以外 數種의 土木工事が 어느때 보다 盛行하고 있는 요즈음 寒中工事に 必要한 諸施設도 없이 工期의 理由로 아무렇게나 콘크리트 施工하여 그 構造物이 가져야 할 壽命과 機能을 發揮못시키는 일이 많다. 이러한것이 國家經濟復興을 阻害되는 原因이 된다고 生覺할때 이들 工事に 가장 適한 시멘트 使用이 絶실히 要望되고 있는 現時點에 筆者가 發表코자 하는 것은 寒中 콘크리트 工事に 있어서 混和劑인 鹽化칼슘(CaCl_2)을 콘크리트 配合時에 使用하여 水和熱을 높여 콘크리트 凝結 硬化를 促進시킴으로써 콘크리트의 養生 期間을 短縮하고 보다 安全하고 良好한 構造物을 만들어 凍害의 危險을 防止하고자 한다. 鹽化칼슘을 一般 포트랜드시멘트(Type I)과 早強시멘트(Type II) 및 포조란시멘트에 對한 重量比⁽¹⁾ 1.5%를 添加시켜 콘크리트의 初期強度를 最大限으로 높여 寒中工事 期間을 短縮하고 아울러 寒氣가 콘크리트에 미치는 惡影響을 防止하고 보다 經濟的인 構造物을 만들고자 本試驗을 實施하였으며 다음과 같은 몇가지 結果를 얻었기에 報告하는 바이다.

*農振公, 農工試驗所

**安城農業高等專門學校

II. 使用材料 및 方法

1. 使用材料

本試驗에 使用한 材料는 다음과 같다.

가. 시멘트

시멘트의 種類 및 品質은 다음 表-1 과 같다.

表-1

시멘트 試驗 成果

區分	種目	比重	粉末度 (m ² /gr)	凝 結		安全 性	引張強度 (kg/cm ²)		壓縮強度 (kg/cm ²)		gnit- ion Loss	Inso- lubl Resid- us	SO ₃	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	備考
				始發 (分)	終結 (時間)		7日	28日	7日	28日									
一般 (Type I)		3, 15	3, 289	220	5, 30	0, 12	23, 0	23, 8	176, 288	1, 01	1, 46	1, 72	2, 62	21, 36	4, 56	3, 68	63, 55	K. S 규격 에 맞음	
早強 (Type II)		3, 12	4, 500	140	3, 45	安全	35, 0	37, 1	292, 380	1, 33	0, 37	2, 54	2, 41	21, 03	6, 60	3, 80	—	—	—
포조란		2, 89	4, 512	85	2, 30	〃	28, 0	34, 3	182, 320	3, 07	0, 25	2, 89	2, 25	—	—	—	—	—	—

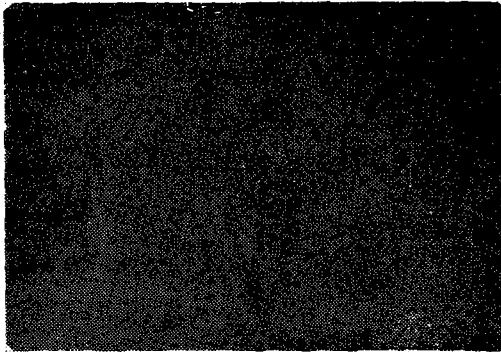


사진 1. 早強시멘트(Type II)



사진 2. 포조란시멘트

나. 잔골材

(1) 漢江에서 產出된 잔골材와 安養 清溪川에서 產出되는 殘骨材를 다음과 같이 粒度調節하여 殘骨材試料로 使用하였다. (2) 그의 品質 및 粒度는 表-2 및 그림-1과 같다.

表-2 殘骨材物理試驗結果

區分	種目	比重	吸水率	單位 重量	No.200 番篩通 過率	安全 性	有機 物	備考
漢江		2, 60	0, 74	1, 541	0, 62	0, 12	良好	합
清溪川		2, 55	1, 47	1, 592	1, 28	1, 24	〃	〃
混 合		2, 58	0, 97	1, 557	2, 58	1, 03	〃	〃

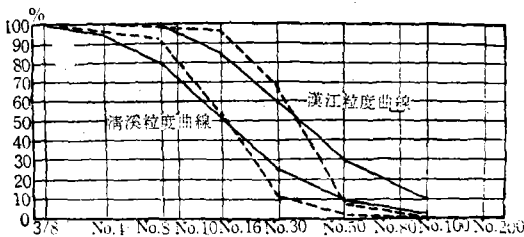


그림 1. 殘骨材篩通過率(Gradation Curve)

(2) 混合粒度調節

二個河川의 粒度를 混合하여 百分率로 表示하면 그림-2와 같고 서로 다른 二個河川의 粒度를 調節하여 標準限界曲線에 넣은것은 그림-3과 같다.

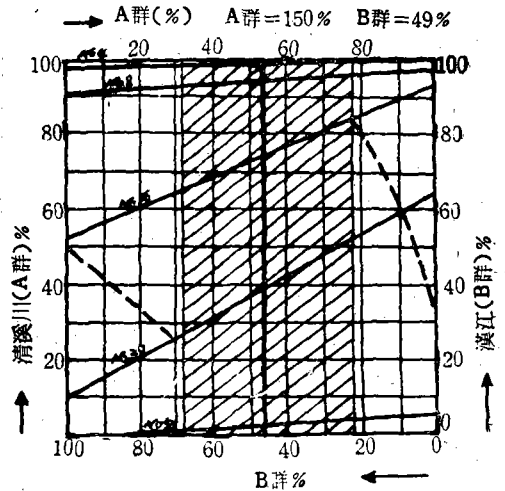


그림 2. 混合百分率表示

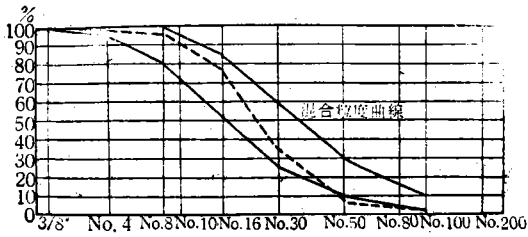


그림 3. 잔골재 통과율 그림표 (Gradation Curve)

다. 굵은골재

本試驗에 使用된 굵은 골재의 採取場所는 漢江에서 產出한 것이며 그의 品質은 表-3과 같고 굵은 골재의 最大寸數는 25mm로 하였으며 그의 粒度는 人爲의 限界曲線에 맞추었다, 그의 結果는 다음 그림-4와 같다.

表-3 굵은골재 물리성試驗結果

區分	種目	比重	吸水率	單位重量	磨耗率		FM	備考
					100R	500R		
漢江		2,64	0,71	kg/m ³ 1,664	5,4	28,0	6,00	

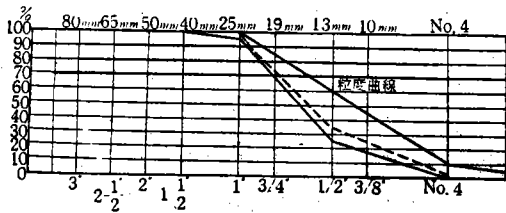


그림 4. 굵은 골재 체통과율 그림표 (Gradation Curve)

라. 염화칼슘(CaCl₂)

鹽化칼슘中에 塊狀 粒狀의 것은 無水物이거나 結晶水(CaCl₂·2H₂O)를 갖고 있으며 固形物은 72-78%의 CaCl₂를 包含하고 있다. 本試驗에 使用한 CaCl₂은 乾燥用 粉末狀態로 된것을 使用하였다.

2. 試驗方法

가. 實驗計劃

(1) 凝結測定

三國會社製品인 普通포르랜드 시멘트(Type I)과 早強시멘트(Type III) 및 포조란 시멘트의 凝結 硬化 促進 過程을 調查하기 爲하여 KSF5103(Time of setting of Cement by gillmore needle method)에 準하였다. (9)

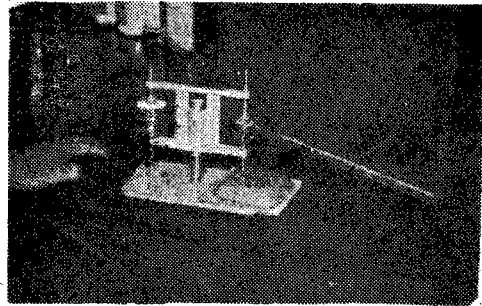


사진 3. 시멘트凝結時間測定(K.S.F5103)

(2) 供試體 製作

供試體 製作은 KSF 2403에 準하고 (9) 15cm×30cm이 되는 圓柱體의 것을 使用하였으며 脫型은 24時間後에 하고 養生은 恒溫恒濕室에서 各各 材令別로 養生시켜 材令 1日, 2日, 3日, 7日 및 28日에 對한 壓縮強度를 測定하였다.

(3) 單位시멘트量 決定

시멘트量을 330kg/m³로하고 물시멘트比를 土木工 事를 考慮하여 48%, 50%, 55%, 60%로 各各 取하고 이에 따른 스톱프(Slump)值를 各各 測定하여 보았다. (9)



사진 2. 스톱프測定

(4) 鹽化칼슘 混合量

單位시멘트量 330kg에 對하여 CaCl₂의 混合量을 시멘트重量比에 1.5%로 添加시켰다. (9)

나. 配合設計

굵은 골재의 最大寸數는 25mm로 하고 잔골재는 混合調節한 粒度를 갖인 것을 使用하였으며 配合設計는 表-4와 같다.

表-4

콘크리트配合設計表

區分	種別 물-시멘트	S/A	Slump	單位水量 (kg/m³)	CaCl ₂ 1.5%	單位材料量 kg/m³			備考
						시멘트	잔骨材	굵은骨材	
一般 (Type I)	%	%	cm	159	4.95	330	707	1,227	$\frac{\text{CaCl}_2}{\text{Cement}} \times 100 = 1.5\%$
	48	37	—	159	4.95	330	707	1,227	
	50	39	3.5	165	4.95	330	730	1,161	
	55	39	9.0	182	4.95	330	712	1,135	
早強 (Type III)	60	39	20.0	192	4.95	330	606	1,108	"
	48	37	—	159	4.95	330	707	1,224	
	50	39	2.5	165	4.95	330	728	1,164	
	55	39	8.0	182	4.95	330	172	1,132	
포조란	60	39	16.5	192	4.95	330	694	1,108	"
	48	37	—	159	4.95	330	696	1,211	
	50	39	4.5	165	4.95	330	720	1,145	
	55	39	7.0	182	4.95	330	702	1,119	
포조란	60	39	21.0	192	4.95	330	686	1,092	"

Ⅲ. 試驗結果 및 考察

以上の 試驗結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 시멘트의 凝結 硬化 促進

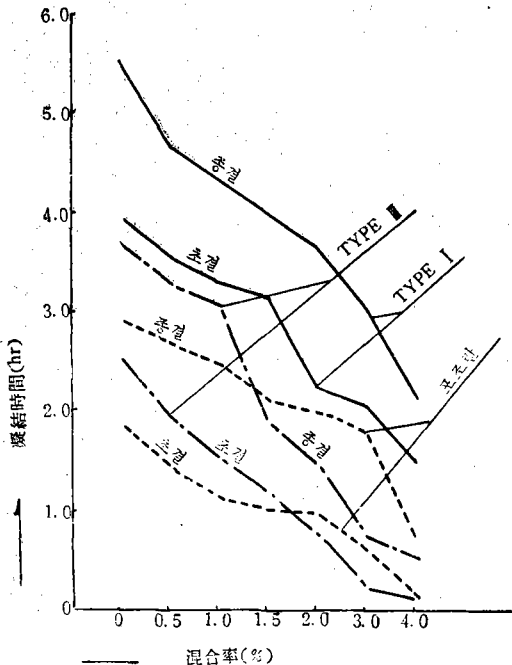


그림 5. 凝結時間測定

시멘트의 응결시험 결과는 그림-5와 같다.

TYPE I	TYPE II	포조란
c=500gr	c=500gr	c=600gr
w=125cc	w=137cc	w=130cc
室溫 21°C = 軟度 26±1		
溫度 65% 1C°		

그림-5에서 보는 바와같이 CaCl₂를 TYPE I TYPE II 및 포조란시멘트에 각각 添加하였을때 CaCl₂를 增加使用함에 따라 凝結 硬化促進現象이 急速해짐을 볼 수 있었다. 高村의 “콘크리트 製品의 促進에 관한 研究(2)”에서 本試驗 結果와 同一하였거니와 李의 “콘크리트 混合材料에 對한 研究(10)”에서도 一般시멘트(TYPE I)에 CaCl₂ 4%以上을 混合하면 急結現象을 이끈다고 한바 있다. 그리고 市綱의 “콘크리트 製品의 促進養生에 關한 實驗(4)”에서는 單位水量을 一定히 하고 CaCl₂ 添加量을 시멘트 重量比에 따라 增加할때 促進도가 CaCl₂의 增加量에 따라 急進한다고 發表하였다. 農工誌 13卷2號 筆者의 鹽化칼슘이 모르타르의 強度에 미치는 영향에 관한 研究(9)에서 發表한 모르타르 強度試驗結果는 本實驗結果와 거의 비슷한 結果를 나타내며 早強시멘트(TYPE III)와 포조란시멘트 重量比에 3%의 CaCl₂를 添加하여 보면 試片을 만들기도 전에 一部에서는 結急하는 現象을 보여 주었다. 이러한 急結現

象의 原因으로 初期強度는 增進하나 後期強度는 漸次로 떨어짐을 알수 있겠다. 이러한 原因은 콘크리트의 水和作用이 充分치 못하여 일어나는 것이라 하겠다. 本試驗에서 보면 混合水가 골고루 吸水도 되기전에 一部에서 急結로 龜裂의 現象도 찾을수있었다. 이러한 原因으로 생긴 龜裂은 時日이 經過함에 따라 外氣에 따른 物理的 化學的인 變化를 받아 콘크리트 強度가 점차로 低下되며 風化作用으로 콘크리트가 破壞되는 것이라고 生覺된다.

2. 壓縮強度

壓縮強度의 試驗結果는 表-5와 같으며 材令28日에 對한 強度比는 그림-6, 7, 8, 9와 같다.

表-5 콘크리트 壓縮強度 試驗結果表

區分	w/c	材令						價考
		1日	2日	3日	7日	14日	28日	
一般 (TYPE I)	48	65	119	140	184	223	253	供試體 三個의 平均値
	50	53	120	146	183	221	243	
	55	52	94	115	149	191	215	
	60	33	80	126	136	155	195	
早強 (TYPE II)	48	165	203	239	292	322	342	
	50	155	213	225	242	287	331	
	55	107	164	178	231	255	277	
	60	99	152	166	211	246	274	
포조란	48	48	99	136	187	230	260	
	50	46	91	122	170	212	261	
	55	35	80	105	146	206	227	
	60	27	70	96	145	181	216	

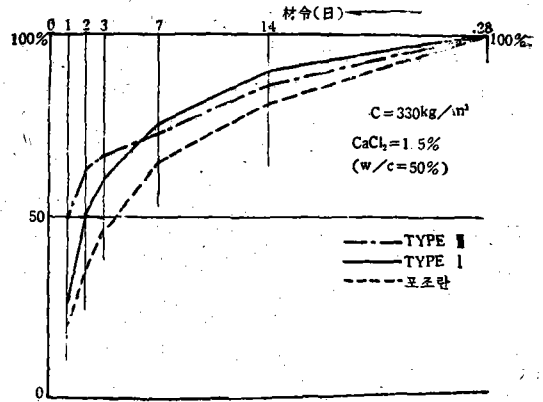


그림 7. 強度比

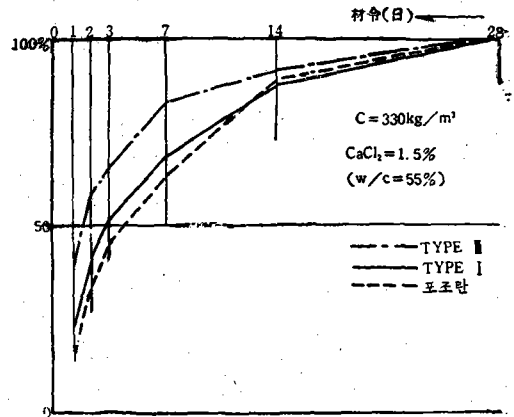


그림 8. 強度比

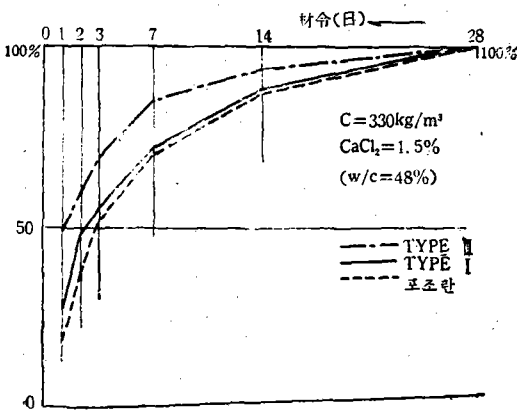


그림 6. 強度比

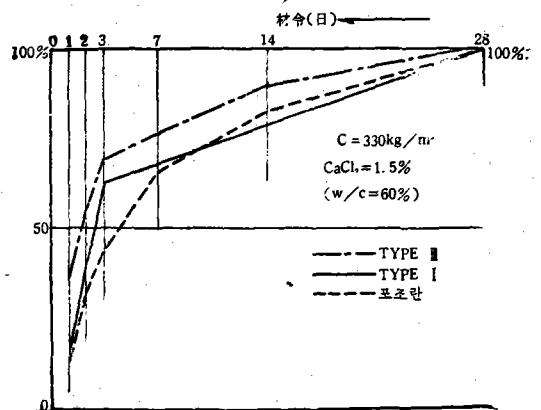


그림 9. 強度比

以上 그림에서 보는바와 같이 材令 1日~7日에 있어서는 一般콘크리트 壓縮強度보다 早強시멘트로 만든 콘크리트 壓縮強度는 平均 20%의 上昇率로 增加하고 포조란 시멘트에 있어서는 平均 15%의 減少率을 나타내고 있다. $CaCl_2$ 의 使用結果로 볼때 콘크리트의 初期強度의 目的으로 促進劑를 利用하여 寒中에 있어서의 콘크리트 凍害를 예방하고 良好하고 安全한 高強度의 콘크리트 構造物을 經濟적으로 만드는데 앞으로 계속연구가 이루어져야 할 問題라고 보겠다. 日本에서는 이미 超早強시멘트를 만들어 土木構造物 및 콘크리트 製品에 많이 使用하고 있는 實情이다. 日本 Concrete journal 土岐, 中島, 植田, 加藤, “超早強포트랜드시멘트를 寒中콘크리트의 實驗⁽⁷⁾의 結果로 볼때, w/c가 적을수록 高強度를 나타낸다고 發表했고 筆者의 實驗結果로 볼때 이와 거의 비슷하였다. 이와 反對로 포조란은 一般시멘트 強度보다 初期에서는 떨어질을 보여 주었다. 以上の 몇가지 試驗結果로 볼때 TYPE I 및 TYPE II은 初期強度의 增進의 目的으로 使用할때는 $CaCl_2$ 의 混合範圍를 시멘트 重量比에 1.5% 内外로 定하는 것이 좋을것으로 思料된다.

3. 물-시멘트비에 따른 스투프치와의 관계

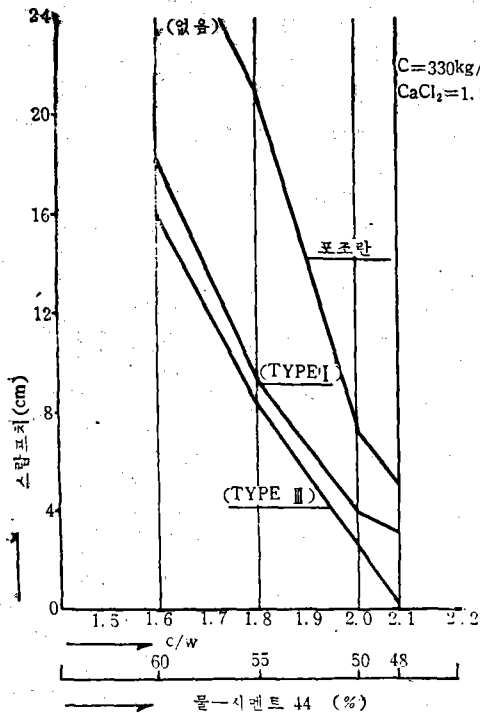


그림 10. 물-시멘트비와 스투프치와의 관계

물-시멘트비와 스투프치와의 관계는 그림-10과 같고 본試驗結果에서 보면 w/c가 增加됨에 따라 스투프치도 增加되었다.

(그림-10)의 試驗結果로 볼때 콘크리트의 初期強度를 爲해서는 w/c가 적을수록 強度가 增加하여 물-시멘트비의 影響이 큼을 알수있다. 그리고 포조란시멘트는 一般포트랜드시멘트 보다 스투프치가 많은 것은 粉末도와 w/c와의 關係에 對한 影響이 있는 것으로 生覺되니 앞으로 粉末도와 w/c과의 關係에 對해서 계속 연구할 問題라고 生覺된다. 시멘트량을 一定할때 w/c가 增加하면 單位水量이 增加됨으로 強度가 떨어지고 w/c가 減少하면 콘크리트 強度가 높아진다는 學說은 이미 여러 學者들의 試驗結果로 發表되었다.

4. 單位水量과 스투프치와의 관계

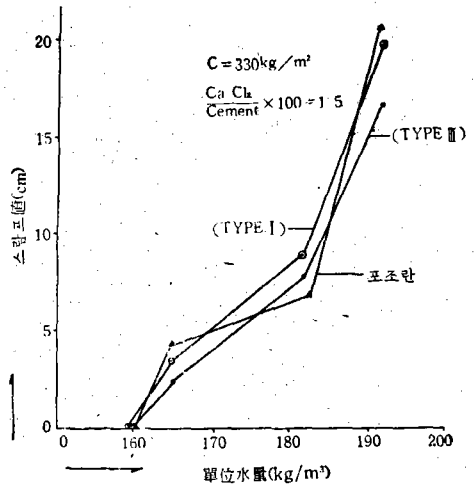


그림 11. 單位水量과스투프치와의 관계

그림-11에서 관찰하면 單位水量을 一定히 하고 水量에 依한 스투프치의 變形過程을 測定하면 一般 (TYPE I)보다 早強(TYPE II)은 스투프치가 적은 値를 보아서 水量이 적게 든다는것을 試驗에서 찾을 수 있다. 그리고 포조란에 있어서 同一한 條件下에서 單位水量에 따라 스투프치를 測定하면 스투프치가 水量을 달리할때마다 異常屈曲이 생긴다 이러한 原因은 均質한 콘크리트를 만드는데 더 研究가 必要하겠고 만약 콘크리트施工을 한다면 세심한 注意를 하지 않으면 안되겠다. 이러한 結果로 볼때 시멘트重量比에 $CaCl_2$ 의 混入에 있어서 水量과의 關係를 위해서는 이에 따른 研究가 더 必要할 줄 思料된다.

IV. 摘 要

寒中콘크리트 施工에 鹽化칼슘使用은 콘크리트의 初期強度를 最大限으로 높여 凍害를 防止함과 經濟的인 構造物을 만들고자 하는데 目的이 있으며 試驗結果로서 그의 範圍를 要約하면 다음과 같다.

1. 鹽化칼슘을 시멘트重量比 1.5%를 TYPE I TYPE II에 混合하면 初期強度를 最大限으로 增進할 수 있고 構造物의 安全을 爲해서 1.5%内外가 適合 하겠다.

2. 鹽化칼슘을 混合하여 凍結의 危險을 防止하기 위한 콘크리트를 만들자면 w/c比를 50% 内外로 定해야 만이 寒中에 安全하겠다.

3. 포조란은 初期強度는 떨어지나 後期強度가 漸次로 上昇한다.

4. 콘크리트의 初期強度의 增進으로 養生期間을 最大限으로 短縮시킬 수 있으므로 콘크리트 構造物의 竣事일을 早期에 實施해야 한다.

鹽化칼슘의 混入은 시멘트凝結을 促進시킬 수 있어 寒中에 있어서 凍害를 防止하고 工期를 最大限으로 短縮시킬 目的으로 工事施工 現場에서는 有効히 使用될것으로 思料된다.

引 用 文 獻

1. A.S.T.M : Cement Lime gypsum past 9 : 1969 6.
2. 高村和秋 : 콘크리트製品의 硬化促進에 關正 1954. Cement & Concrete 技術誌 No. 218
3. 洪 悅郎 : 寒中に 施工した 콘크리트의 強度推定 1957. 3 建築誌 59(10)
4. 市 岡榮 : 콘크리트製品의 促進 養生에 關する 實驗 1965. 2.
5. 全 賢 雨 : 骨料 混合方法에 對하여 1970. 9. 農工誌 9(62)
6. ——— : 鹽化칼슘이 모르타르의 強度에 미치는 影響에 關한 研究 1971. 6. 30. 農工誌 9(31)
7. 土岐商史 : 中島勉, 植田實, 加藤稔 : 超早強ポルトランド セメントによる 寒中콘크리트의 實驗. 1971. 5. Concrets journal p(9)
8. 齊藤鶴義, 原田理一, 植田實, 國廣悅司 : 超早強ポルトランド セメント의 콘크리트製品への 利用 1971. 8. Cement & Concrete 技術誌 p(17)
9. 韓國工業規格 : 1968. 商工部
10. 李 九 鍾 : 콘크리트混合材料에 對하여 1967. 洋灰誌 1(1) : 50