

行に細心の注意を拂ふことゝに依て、交通繁劇なる街路に於ても木塊舗装の平均存続期間は十ヶ年を超過するものと思惟されて居る。然し木塊舗装は其工事に注意を要し、従て多額の費用を要することは避け得られない、若し部分的破損を招來せし時に當り、直に修繕を施さず且其の補修も新設の際と同一の注意を拂ひ施行するに非ずんば、其の損所は忽ち他に傳播して其の崩壞を擴大することゝなる。

「セメント」急硬劑鹽化「カルシ

ウム」に就て(二)

内務技師 三 木 榮 三

第六節 「ブラツツマン」の記事

「ブラツツマン」が言ふ所によれば「ボルトランド・セメント・モルタル」は鹽化「カルシウム」溶液を以て混捏する場

合、耐壓強を増加するも、耐伸強は餘りに影響を受けない様である。之を數字に就て見るに次の如くである。

1 : 2 「モルタル」耐壓強 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

期間 CaCl ₂ 溶液濃度	7日	28日	56日	90%
0%	365	534	560	575
1 "	404	600	551	—
2 "	391	620	620	—
3 "	403	643	601	577
4 "	477	642	571	602
5 "	444	645	624	638

1 : 3 "

0	189	339	377	385
1	226	376	394	—
2	208	381	365	—
3	243	384	384	—
4	249	414	363	375
5	228	395	398	376

1 : 2 「モルタル」耐伸強 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

0	37.0	60.6	62.0	63.5
1	30.4	63.6	61.2	—
2	32.3	64.1	60.6	58.3
3	31.9	63.9	60.7	61.9
4	36.3	64.3	64.7	56.0
5	30.8	63.9	61.3	48.6

1 : 3 "

0	19.6	38.2	40.5	41.1
1	18.1	40.5	37.4	—
2	18.9	44.4	—	—
3	18.9	39.6	33.9	31.7
4	20.5	39.1	34.1	28.9
5	15.5	34.6	37.7	35.5

本表にては七日以前の強度の關係を知るに由なきも、多少影響ある事を窺ふ事が出来る。尙「スラッグ・セメント」を用ひたる場合についても同様な影響のある事が表示せられてゐる。(表は略す)

第七節 内田氏の實驗

仙臺高等工業學校教授内田氏も亦本問題について實驗を行ひ、最近其の結果を發表せられてゐる。尙この他にも本邦に於てこの種の實驗が行はれた事もあるであらうが、現今未だ筆者の手に材料がない。同氏の實驗は大體、淺野「セメント」北海道工場の製品と、仙臺市販の鹽化「カルシウム」を用ひ、「モルタル」の耐伸強其他の事項を研究し、大略次の如き結論に到達して居られる。

一 鹽化「カルシウム」は、之れをある範圍内の分量に於て「モルタル」に添加する時は、「セメント」の凝結及硬化を促進し、「セメント」及「モルタル」の強度を増加する。

二 鹽化「カルシウム」は二——三% (適當なる%) まで

は、其の量と共に「モルタル」耐伸強を増加し、之れ以上使用せる場合には、強度の増加は少い。四%を超ゆる時は、全然鹽化「カルシウム」を使用せざる場合よりも強度を減少せしめる。

三 鹽化「カルシウム」添加による強度の増加は、貯藏期間如何に拘らず一定である(以下略)

註 同氏の強度實驗の範圍

一 鹽化「カルシウム」三、五、七%の場合、時間二時

間より一九三時間に亘る「モルタル」耐伸強試驗。

二 鹽化「カルシウム」〇乃至三〇%、水量九、一〇、

一一%、貯藏期間七、一四、二八、六〇、九〇、一

八〇日後に於ける「モルタル」耐伸強

同氏の結論は、上記二種の實驗結果及同氏の經驗推理より來りしものと思ふ。

實驗結果の一節

CaCl₂ 3% の場合「モルタル」耐圧伸 kg/cm^2

水量%	7日	14日	28日	60日	90日	180日
9	12.15 (12.06)	11.63 (14.00)	11.78 (15.30)	19.52 (18.65)	19.70 (21.00)	17.20 (21.80)
10	15.03 (13.35)	17.90 (16.22)	18.71 (14.83)	11.06 (19.32)	21.32 (22.57)	26.50 (22.79)
11	15.80 (12.48)	19.63 (17.13)	23.80 (19.30)	27.60 (22.45)	33.00 (24.50)	31.90 (24.35)

折減内の數字は CaCl₂ を添加せざるものゝ耐圧伸

第八節 其他の研究

本問題については、諸方面に於て研究せられ、其の結果の發表せられたものも多く、上記は其の一斑を示すものに過ぎないが、鹽化「カルシウム」が「セメント・モルタル」「セメント・コンクリート」の強度に對して如何なる影響を及ぼすものなりやを略知する事が出来る。

北米「カリフォルニア」州に於て行はれたる「コンクリ

ート」應壓強度の試験に於ても亦略同様なる結果が報告せられて居る。即諸種の配合の「コンクリート」に約一・五%の鹽化「カルシウム」(CaCl₂として)を加へたるものと、「アトラス・ルムナイトセメント・コンクリート」とを比較し、最後に強度及價額の比較をも附記して居る。其の數量表示は略して結論を掲げて見れば、

一 通常の「セメント」量を用ひて二四時間に二〇〇〇 lb/in^2 の強度のものをつくり得る。

二 あまり「セメント」量多きものを用ふる必要はない。而して適當に配合し、鹽化「カルシウム」を用ひれば二四時間にして二〇〇〇 lb/in^2 四八時間(二日)にして二八〇〇 lb/in^2 廿八日間にして強度高き「コンクリート」を得ることが出来る。かゝる「コンクリート」は道路に使用せし時二—三日にして交通を開始して差支ないと言ふてゐる。

第九節 鹽化「カルシウム」の「セメ

ント」凝結時間に及ぼす影響

	4	24.5	1	10	2	40
	7a	27.0	0	40.1		50

A この量以上は凝結

B 鹽化マグネシウム

尙ブラツツマン及内田氏の實驗も、鹽化「カルシウム」は凝結を促進することを認めて居る。内田氏の實驗結果を掲げれば次の如くである。

CaO ₂	凝 結 時 間	
	初 時 分	終 時 分
0	3 40	7 42
1	結 結	4 55
3		8 38
5		2 49
7		1 45

10	50
15	25
20	28
30	30

第十節 鹽化「カルシウム」の「セメント」安定度に及ぼす影響

「セメント」安定度に及ぼす影響

鹽化「カルシウム」は之を「セメント」に添加使用する時、其の收縮の程度を減じ、其の安定度を増すと云はれてゐる。「アブラムス」氏の凝結試験の場合に用ひられたすべての分量に對して、「セメント」はすべて安定であつた。尙「ヤング」氏の「カル」についての實驗に徴するに、不安定の「セメント」に適當の「カル」を添加したる時、それを安定のものとなせしめることが出来る様である又之を攪結性の「セメントクリンカー」に加ふる時は凝結時間を適度に調節し得ると言ふ。之れに依つて考ふるに、鹽化「カルシウム」含有

物質は其の適量を用ひたる割合少くとも「セメント」の安定度を著する虞はなきものと認めらる。

「セメント」の安定度（「カル」を加へたるもの）

セメント	カ ル %			
	0%	2%	5%	8%
A	稍不安定、歪曲堅固ならず	安定少しく歪曲	安定、微かに歪曲	安定、歪曲
B	同上	安定、歪曲	安定、微かに歪曲	安定、同様に歪曲
C	不安定軟	不安定、歪曲	安定	安定
D	同上	安定	安定	安定
E	同上	—	安定、稍歪曲、堅固	安定

この他鹽化「カルシウム」の「コンクリート」の稠度に及ぼす影響、鐵筋に及ぼす影響、「コンクリート」温度に及ぼす影響、寒冷の際「コンクリート」硬化に及ぼす影響等について、諸種の研究が行はれてゐる様であるが、之等は、更

に稿を改めて記すこととし、鹽化「カルシウム」の使用に際して缺點とも言ふべき點を述べ更に其れに對する救濟法を略説しよう。

第十一節 鹽化「カルシウム」

の缺點

鹽化「カルシウム」は上述の如く、「モルタル」「コンクリート」等に添加する時、諸種の利益を與ふるものであるが、使用に當りて缺點ともすべきは、其の吸濕潮解の性質を有することである。即鹽化「カルシウム」を空氣中に放置する時は、空氣中の水分を吸收して軟化し、終には流出し來るものである。この性質あるが爲に、之が容器は俵、袋等の如く空氣の流通自由なものでは其の用をなさず、罐の如く氣密なものでなければならず、又、一度容器を開きたる後は早く使用し盡してしまはねばならない。更に其の中には常に水分を含むと共に其の含有量が變化しやすいから、適量を採取するに不便である又之を「セメント」中に添加し、

永く放置することを許されないから粉末のまま、或は塊状のものならば一度之を溶液として、混合水と共に「コンクリート」混捏の際、混合使用しなければならぬ。故に塊状固體製品に對しては、溶解の煩がともなふ。之を豫め溶液となして商品とすれば、容器、運搬等に不便を多くし、殊に水分を多く含むものを運搬するの不利がある。

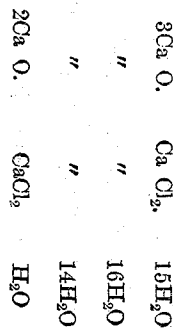
第十二節 カル

如上の如き缺點を除くことを目的としてつくられたるものに「カル」なるものがある。前記「アブラムス」氏實驗中に使用せられたるものが夫れである。即「カル」は鹽化「カルシウム」を含みたる化合物にして、其の潮解性を除去して粉末とせるものである。

「カル」の至成分は「カルシウム・オキシクロライド」であると言はれてゐる。

「カルシウム・オキシクロライド」は、水酸化「カルシウム」(硝石灰)鹽化「カルシウム」及水を加熱し、溶液を濾過

冷却する時、生ずるものであつて、ローズ・アンド・レーザールスキー・ピースレー・グリムシヨウ等により研究せられ、其の化學式は、



等であると言はれ、大體 $3\text{CaO} \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 15\text{H}_2\text{O}$ (簡單に考ふる爲) $(\text{CaCl}_2 \cdot \text{O} \cdot \text{Ca}(\text{OH}) + 7\text{H}_2\text{O})$ と見るを得) の程度に結晶水を含むものと見て差支ないものである。

「カル」は石灰(或は硝石灰)鹽化「カルシウム」水を適當に混合加熱して、冷却固化せるものを粉碎したものであると言ふ。通常白色粉末で水に溶解する。空氣中に於て潮解する恐はないが、其の中の炭酸瓦斯を吸ひ變質する傾があるので、硝石灰と同程度の注意を以つて之を取り扱へばよろしいとの事である。

其の成分は、「ヤング」氏によれば、大略次の如きもので

ある。

「カル」の成分

	I	II
灼熱減量	43.93	21.42
鹽酸不溶解物	0.15	0.82
SiO ₂	0.71	1.00
R ₂ O ₃	0.51	0.60
CaO	41.15	58.10
MgO	3.58	4.75
Cl ₂	11.47	15.68
SO ₃	0.71	0.91
	<u>102.21</u>	<u>103.26</u>
O→Cl	2.59	3.54
計	99.62	99.72
CO ₂	3.78	5.12
水(灼減—CO ₂)	40.15	16.30
CO ₂ (八週後)		15.50

「ヤング」氏は六×一二吋「コンクリート」圓摺を以つて應壓強度の試験を行つて居る。同氏の試験は期間二日、七日、二八日にして配合は「一：一、五・三、及一：二：四、「カル」の量五％(セメント重量に對し)」「セメント」は五種を使用してゐる。貯藏方法は濕砂中と空氣中と二種類を撰び其の比較をして居る。七日、二八日の結果は「カル」を使用せるものと使用せざるものとは、大なる變化なきも二日後の強度は「カル」を使用せるもの著しく増加して居る。即ち「カル」によりの「コンクリート」に急硬性を與へて居る。

今二日後に於ける「カル」の影響を見るに、次の如くである。

「カル」による二日後強度増加の百分率」

項	目	最高	最低	平均
セメント	A	75	60	66
〃	B	80	55	65

〇	66	52	58
コンクリート 1:1.1 ¹ / ₂ :3	61	52	58
〃 1:2:3	80	52	68
濕砂中貯藏	80	52	65
空氣中貯藏	69	52	61

即「カル」を使用する事により二日後の強度は五〇%以上増加するものと見られる。

第十二節 「カル」使用上の注意

前述の如く「カル」は鹽化「カルシウム」の長所を失はしめずして之を固形粉末となしたものである。故に使用に際し

ては略鹽化「カルシウム」と同様に考へてよろしいものであるが、其の分量は「セメント」に對して五——八%をよしとし、「コンクリート」混捏に際して使用すべきものである。豫め之を「セメント」に添加混合し置く事はかへつて「セメント」の性質を害するものである。

第十三節 鹽化「カルシウム」使用

による「コンクリート」
價額の増加程度

前記鹽化「カルシウム」添加「コンクリート」及「アトラス・ルムナイト・コンクリート」の價額の比較を見るに次表の如くである。

諸種急硬性コンクリート比較表

種 類	セメント袋數 立方碼コンクリートに所用量	應 壓 強 度			セメント及 CaClの價額 コンクリート 1立方碼に所用量	同 6'箱裝 1立方 碼に所用
		24 時間 lb /in ²	48 時間 lb /in ²	28 日 lb /in ²		

ルムナイト	6(1:1: $\frac{3}{4}$: $3\frac{1}{2}$)	5860	5362	5796	\$ 12.75	\$ 2.12
セメント A	$\times 7(1:1\frac{1}{2}:3)$	2020	2860	4751	5.15	0.86
" B	$\times 7(\quad " \quad)$	2030	2810	4774	8.54	1.42
" A	$\times 8(1:1:3)$	2500	2895	4746	5.88	0.98
" A	$\times 6(1:1\frac{3}{4}:3\frac{1}{2})$	951	1722	4838	4.17	0.70

× CaCl₂ を添加せるもの
 ×× CaCl₂ を添加せざるもの

上記の表に用ひられたる材料単價(假定)

ルムナイト	8.50(樽)	サクラメント F. o. b.
セメントA	2.78	" "
" B	4.72	ロスアンゼルス (")
CaCl ₂	40.00(トツ)	サクラメント (")

上表によりて見る時は、「ルムナイト」を使用するに比し、「ポルトランド・セメント」に「鹽化」カルシウム」を添加せるものは著しく其の價額に於て低廉である。其の初期強度は多少劣ることあるも、全然鹽化「カルシウム」を使用せざる

ものに比し遙かに優秀であり、其の鹽化「カルシウム」添加及セメント量増加による價額増加は一立方碼につき一弗内外に過ぎずして「ポルトランド・セメント」價額の差違の影響よりも遙かに少い。「セメント」A及Rについて比較せら

りたい)ことを表して居る。即、立坪八弗内外の差にとゞまる。

今之を本邦に於て考ふるに、鹽化「カルシウム」は製氷用

其の他に使用せらるゝも、尙現今の所にては製産過剰であ

り、一噸五〇——六〇圓ならば容易に得らるゝかも知れな

いが、假に將來需要増加し、價額暴騰し噸一〇〇圓となり

たりとしても、尙次の如き計算となる。又「コンクリート」

用「セメント」砂、砂利(碎石)等の最低最高を假に次の如く

見積りて

セメント 4.00—10.00圓(概)

配合 1:2:4

(大正九年に於て10圓以上のほりたる

ことおれども、又は特殊の現象として

この程度にとゞある)

砂 20.00—40.00圓(立坪)

砂利 30.00—60.00圓(立坪)

と假定し、配合1:2:4及1:1、5:3の兩種の「コンク

リート」に就て、其の材料費を計算して見ると次の如くに

なる。(1:1、5:3の如き「セメント」に富みたる「コンクリ

ート」は通常土木建築等には使用せられざる所なるも、特

に道路表層用に供するものとして掲げた。

材 料	Ca Cl ₂ を添加せるもの		Ca Cl ₂ を添加せざるもの		鹽化「カルシウム」を添 加せるものとせざるも のとの比
	材料の量	價	價	額	
「セメント」 砂	13樽 0.50立坪	最 低	最 高	最 低	最 高
		52.00圓	130.00圓	52.00圓	130.00圓
		10.00	20.00	10.00	20.00

砂	利	1.00	35.00	60.00	30.00	60.00	1.06—1.03
鹽化「カルシウム」3%		150ポンド	6.70	6.70	—	—	—
計			99.70	216.70	92.00	210.00	—

「セメント」—標を 380 lbs とする

配合 1:1 $\frac{1}{2}$:3

材 料	材料の量	Ca Cl ₂ を添加せるもの		Ca Cl を添加せざるもの		Ca Cl ₂ を添加せるもの のとせざるものゝ比
		最 低 價	最 高 額	最 低 價	最 高 額	
「セメント」 砂	16樽	64.00圓	160.00圓	64.00圓	160.00圓	1.80—1.04
	0.45	9.00	18.00	9.00	18.00	
砂	0.90	27.00	54.00	27.00	54.00	—
	鹽化「カルシウム」3%	180ポンド	8.00	8.00	—	
計		108.00	240.00	100.00	232.00	

即ち鹽化「カルシウム」を使用する事によつて、三・八%の材料價額の増加を見るにすぎない、鹽化「カルシウム」が假定價額より安き場合には、更に其の割合は小となる。現在に於ては、鹽化「カルシウム」使用による價額増加は材料費の四%以内に止るであらう。尙之に勞力其他の雜費を見込む時は、鹽化「カルシウム」を使用したる爲に「コンクリート」出來上り一立坪に對する價額の増加割合は尙小なるものとなる譯である。

第十四節 結 論

以上記載せる如く、鹽化「カルシウム」及鹽化「カルシウム」含有物質中には、「セメント」の硬化を促進せしめる力を有するものがある。然しこの現象は無條件にかくの如きものであるとは云はれずして、ある適當の状況の下に於てのみ有効であるので、其の使用方法を誤れば、常に効果なきのみならず、却つて有害なる影響を及ぼす事がないとは言へない。左に鹽化「カルシウム」使用に當りて必要なる主

なる事項を摘記して本稿を了へたいと思ふ。

一 鹽化「カルシウム」は使用「セメント」の重量に對して二——三% (0.15)として一——一・五%以上を使用するも大した効果はなく、あまり其の量が多すぎると却つて結果はわるい。

二 配合一・二・四以下の「コンクリート」に對しては、強度増加は少い。其れ以上「セメント」に豊富なる「コンクリート」に之を用ひる時は初期應壓強度を二二〇〇——二三〇〇 $\frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$ 増加せしめ得べく二日にして二〇〇〇 $\frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$ 以上の應壓強度を有する「コンクリート」をつくり得る。

三 水量の多い場合には鹽化「カルシウム」の効力が少い。即ち成るべく堅練の場合に使用すれば有効である。故に鐵筋「コンクリート」建築物に於て流し込み工事を行ふ如き場合にはあまり効果がなからう。

四 故に道路表層の如く堅練「コンクリート」を使用し得、且つ速成を目的とする場合、又は「コンクリート」道路の破損箇所修繕等の場合に使用すれば、効果大なるものが

あるであらう。

五 市販鹽化「カルシウム」は相當水分を含むを以つて、分量を誤らざる事を要する、塊状のものはあらかじめ溶液となして添加するをよしとする、この溶解の煩を避けるには、粉状のものをを用ひるが適當である。

六 鹽化「カルシウム」は吸濕潮解性であるから、容器を開きたる後は全部使用しつくすをよしとする。

七 「カル」の如く潮解性を除きたるものをを用ひる場合には、やゝ煩を避けうるも、いつれの場合に於ても、「コンクリート」混捏の際使用すべく、あらかじめ「セメント」に混合して置いてはならない。

八 鹽化「カルシウム」は「コンクリート」の初期強度を増大すると共に長期（一年乃至三年）の強度をも害する事なく、やゝ増大する傾向がある。鹽化「カルシウム」の「コンクリート」に對する影響は大略上記の如くである。之を急硬性「セメント」に比較する時は、初期強度に於ては「アルミナ・セメント」には及ばざるも、他の急硬性「ポトラン

ド・セメント」には比較し得べき結果を與へ得る。

唯「セメント」量少き場合及水量多き場合に効果の少い事は工事の種類に依つて不便を感じる點であるから、鹽化「カルシウム」以外に更にかゝる場合にも有効なる添加物質を見出すことが出来れば尙使用に便利であらう、更に鹽化「カルシウム」は之を「コンクリート」使用の際に添加すべく、豫め「セメント」に混和し置く事が出来ないが、もし他の物質で工場に於て「セメントクリンカー」粉碎の際之に混和し、該「セメント」の強度を増加せしめ得る様なものがあれば尙好都合である。我國の「セメント」使用者が鹽化「カルシウム」應用の途を更に進んで研究的に實施せらるゝ事を望むと共に、「セメント」製造業者竝に「セメント」添加物研究者が鹽化「カルシウム」の諸缺點とも言ふべき點を補ひ得る新物質を發見する様努力せられん事を望んでやまない。