

## セメントの化學的抵抗性に就て〔一〕

西 川 榮 三

### 緒 言

セメント、モルタル、混凝土等の耐壓（應壓）、抗張、抗曲等に對する抵抗性即ち強度の方面についての研究調査等に関しては、諸方面の土木技術者に依つて數多くの貴重なる結果が過去幾十年に亘つて發表せられて來ましたので多くの技術者の間によく理解せられて居ります。セメントを道路關係の工事に使用する場合には、鋪裝、溝渠、橋脚、暗渠、擁壁、其他諸種の構造物は、空氣以外土壌水共の他諸種の物質の影響を絶えず受けて居るものと思はねばなりませんので、モルタル或は貴凝土中のセメントは、それ等物質によりて常住化學的に影響を受けて居るものと言はざるを得ません。其の爲にモルタル、或は混凝土等は、長年月の間には、化學的變質を受け、セメントの新しき時期に於て試験せる強度成績は、長年月經過後に於ては其の儘之を古いモルタル、混凝土等にあてはめることは、大きな無理を生じて來ないものとは言ひ得ません。かゝる意味よりセメントの化學的抵抗性に關して考へて見るのも興味ある事柄であらうと思ひます。

セメント、モルタル、混凝土等の化學的抵抗性に關しては、諸方面に研究調査等の成績の發表せられて居るものが多く

ありますが、多くは、或る限定せられたる問題に對して記載せるもので、諸説區々なる爲其の要を捕捉するに苦む場合も多く、又其の防禦方法についても其の歸着する所が奈邊にあるかを知るに困難であります。本稿に於ては之等散在せる諸種の記述を要約し、セメントの化學的抵抗性に就て順を追ふて記述し、併せて混凝土の防禦方法を概觀し、今後この方面に向つて研究しゆくべき參考に供したいと思ひます。

## 總 說

モルタル、混凝土等に對して、之に接觸する物質としては、其の狀態は、固體、液體、瓦斯體の三様が考へられますが、この内固體、瓦斯體はそのまゝでは、あまり作用を及ぼさないものと見て差支ない様です。然し空氣中には常に幾分の水分の存在しないことはありませんので、固體、瓦斯體と雖も混凝土と接觸する場合には、空氣中の水分の爲溶液として作用を開始します。液體は、作用の強弱の差はあるにしても作用しうるものであります。即ちセメントの化學的抵抗性は、有害液體ことに有害水（或は有害水溶液）に對するセメントの抵抗性に外ならぬのであります。依つて以下混凝土と有害水との關係に就いて直接セメント自身に關係ある事柄に關して調べて行きたいと思ひます。

一般に混凝土（セメント、モルタル等を含む、以下略して混凝土とのみ書くこととする）の有害水に對する抵抗性は次の諸種の條件によりて左右せられるものと見て差支ありません。

### i) セメントの種類

### 1. 混凝土材料の種類 (ii) 砂の種類

(iii) 砂利又は碎石の種類

- 2. 混 凝 土 の 配 合
  - i) セメントの量
  - ii) 混凝土の配合割合

- 3. 混 合 の 良 否

- 4. 混 凝 土 の 性 質 及 量

- 5. 施 工 の 良 否

- 6. 養 生 方 法
  - i) 温 度
  - ii) 濕 度
  - iii) 混 凝 土 施 工 後 の 處 理

- 7. 有 害 水 の 性 質
  - i) 濃 度
  - ii) 温 度
  - iii) 含 有 成 分 の 種 類

- 8. 混 凝 土 施 工 の 際 の 添 加 物 の 種 類 及 量

上記各項の中、直接セメント及有害水の作用に關係の薄き項目——例へば、砂、砂利或は碎石の種類のみ——は、混  
凝土の衰頽に關しては、時として重大なる關係に立つものではあるが、直接セメントに關係なき限り、こゝには考慮しな  
いこととします。

## 第一節 混凝土中の硬化セメントを浸蝕する物質

混凝土中の硬化セメントに對しての化學的侵蝕作用は、前述の如く、凡て液體を通じて行はるゝものにして、固體及瓦斯體は、乾燥せる状態に於ては之に作用せず、唯水の存在する場合に於て、はじめて作用を起す可能性がある。然しながら、其の水の量の少き時に於ても、化學的反應の起るには充分なる場合多く、空氣中に存在する僅かな濕氣の如きによりても、作用の促進せらるゝことは充分認められる。

すべての物質を鹽基、酸、鹽類等に大別すれば、この中鹽基は一般に混凝土に對して惡影響を及ぼさない。(セメント自身は鹽基性物質なる爲)

之に反して、酸類は一般に混凝土に作用して、この中のセメントを溶出し、之を破壞する傾向をもつて居るが、酸の種類、強弱酸の濃度溫度等に依りて作用に遲速の差はあり、作用の性質上にも種々の相違あるは勿論である。

鹽類は酸とは其の作用を異にし、鹽の種類を異にするに従つて其の作用の性質は區々である。天然に存在する水中には、遊離酸を含む場合も勿論あるが、最も普通の場合、其の主成分は鹽類である。即ち混凝土の自然養類の現象に對して最も考ふべきは鹽類溶液の作用である。

混凝土に對して有害なる化合物と無害なる化合物とを大別すれば、即ち下記の如くなる。

- (1) 混凝土に無害なるもの
1. 凡ての鹽基
  2. バランスイオン系化合物

(2) 混凝土に有害なるもの

1. 凡ての酸。酸は一般にセメント中の石灰 ( $\text{CaO}$ ) を溶出して石灰鹽を形成す。多くの石灰鹽類は水に可溶性なる爲、セメントは溶解せらるゝこととなる。但し水に不溶性の鹽類を形成するが如き場合にはこの作用なし。例へば磷酸及磷酸の如きは石灰と作用して磷酸石灰又は磷酸石灰を生ずるも、この二者は水に全く不溶解なるを以つてセメント溶解作用を惹起せず、従つて坩凝土衰弱の原因とならない。

2. 多くの鹽類。鹽類の中、殊に硫酸鹽類は其の作用激し、就中弱鹽基との化合物——例へば硫酸アンモニア ( $\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) の如き——は坩凝土のセメント中に存する石灰によりて遊離硫酸を生ずるを以つて、其の作用殊に甚しいものがある。

無害化合物及有害化合物の例を擧ぐれば次の如し。

(1) 無害化合物の例

1. 鹽 基 苛性曹達、苛性加里、アンモニア、水酸化石灰
2. バラフィン系其の他の有機化合物

i) バラフィン油

ii) 純礦物性減摩油 (脂肪油を含まざるもの)

iii) ベンゼン、トルネール、キシロール等

iv) 揮 發 油

8. 特殊の酸 磷酸、磷酸

4. 鹽 食鹽、鹽化石灰、硝酸石灰

(2) 有害化合物の例

1. 鹽 基 この中には有害化合物なし
2. 酸
  - i) 前掲の特殊酸を除きてすべての無機酸、例へば鹽酸、硝酸、等
  - ii) すべての有機酸、例へば醋酸
3. 鹽
  - i) 無機鹽 硫酸曹達、硫酸マグネシア等
  - ii) 有機鹽 脂肪油 (例へば亞摩仁油、オリブ油、パタ、ココアパタ等)

尚無害化合物、及有害化合物の名稱、及有害性の強弱等を多くの物質につき分類列挙すれば第一表及第二表の如くである。

本表によりて見れば、結局泥凝土に有害なるものは、

1. 無機及有機の酸類
2. 硫酸鹽類
3. 鹽化物中のあるもの
4. ナソモニウム鹽類
5. ハロゲン類 (鹽素、臭素、沃素等)
6. 脂肪系油脂類

7. 糖 類

8. アルコール、フェノール類等を含むもの

9. 或は空気中の水分其の他の物質により、上記列挙の物質に変化するが如き成分を含有するもの等である。

第一表 混凝土に及ぼす諸種化合物の影響一覽表

A. 無 害 化 合 物

名 稱	示 性 式	備 考
アルカリ	KOH	硫酸鹽類を含まざる時は無害 純アモモニアは無害なるも、アモモニウム鹽類を 含む時は有害となる。
苛 性 曹 達	NaOH	
アルカリ性下水		
アモモニア水	NH <sub>4</sub> OH	
バライト水	Ba(OH) <sub>2</sub>	
石 灰 水	CaO(OH) <sub>2</sub>	
.....		

酸類は一般に混凝土に對して有害作用をなすも、この作用は酸の性質、強弱等によりて異なり。次の二種の酸は全く無害である。

脛酸  $H_2(COOH)_2$

磷酸  $H_3PO_4$

鹽 一般

朋砂  $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$

クローム酸カリ  $K_2CrO_4$

珪弗化物  $MgSiF_6$

珪弗化苦土  $MgSiF_6$

珪弗化礬土  $Al_2(SiF_6)_3$

亜鉛  $ZnSiF_6$

曹達  $Na_2SiF_6$

加里  $K_2SiF_6$

有機酸中唯一の無害物質である。セメント中の石灰と作用して生ずる髒酸石灰が全く不溶性なるに基く。

濃厚ならざる時は無害

鹽類中には無害のものも有害のものもあり。一般に硫酸鹽は、セメントベンチルス生成の原因となるを以つて有害である。又弱鹽基との化合物たる鹽はセメント中の石灰に依り分解せられ、遊離酸を生ずるを以つて有害である。

セメント中の石灰と作用して不溶解性珪弗化石灰 (CaF) 及水酸化珪素  $Si(OH)_4$ 、水酸化金屬  $Me(OH)_2$ ……註 Me は金屬イオンを表すものとす。…等を生じ、混凝土の滲透性を減少せしめるに効果あり。次の數種は其の例なり。

炭酸加里	$K_2CO_3$
炭酸曹達	$Na_2CO_3$
鹽化加里	$KCl$
鹽化ナトリウム(食鹽)	$NaCl$
重クロム酸カリ	$K_2Cr_2O_7$
硝酸カリ	$KNO_3$
硝酸ナトリウム	$NaNO_3$
過マンガン酸カリ	$KMnO_4$
珪酸鹽類	$Me_2(COOH)_2$
珪酸カリ	$K_x(SiO_3)_y$
珪酸ナトリウム	$Na_x(SiO_3)_y$
臭化ナトリウム	$NaBr$
磷酸ナトリウム	$Na_3PO_4$
ストロンチウム鹽類	—
亜鉛鹽類	—
酒石酸鹽類	—

ホルトランド・セメントには無害なるも、アル  
 ミナ・セメントには有害である。

食鹽は清水中の主成分をなすも無害である。但し  
 この内に苦土鹽類を含む場合はこの限りに非ず。  
 清水の混泥土に有害なるは、食鹽以外の化合物を  
 含有するに依る。

(珪酸の項参照)

水ガラスとして其の溶液は、混泥土の養生に使用  
 せらる。セメント中の石灰と作用して不溶性珪酸  
 石灰を生ずるに基く。

硫酸鹽以外は無害  
 同上  
 多くは無害

鹽化石灰  $\text{CaCl}_2$   
 ニツケル鹽類 ————  
 マンガン鹽類 ————  
 硫 黃 S  
 其 の 他

パラフィン系油類  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$   
 バラフィン油 ————  
 減 摩 油 ————  
 揮發油、燈油、石油 ————  
 重油、ワセリン } これら石油原製品は無害  
 エーテル  $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$   
 ベンゼン  $\text{C}_6\text{H}_6$   
 フォルマリン HOCHO  
 グラセリン  $\text{C}_3\text{H}_7(\text{OH})_3$

第二表 泥凝土に及ぼす諸種化合物の影響一覽表

鹽基、酸、鹽 其の他の別	名 稱	示 性 式	作 用 程 度	備 考
		B. 有害化合物	○印は無害、+印は時として有害、+印の數多きものは有害の度強さを表す	
			○ すべてこの鹽基は無害	

酸 無害酸として前掲のもの以外はすべて有害、但し酸の種類強弱、濃度、温度等により其の作用は、程度及性質を異にす。

無機酸

鹽	酸	HCl	++++	セメント中の石灰を鹽化石灰として溶出す。
硫	酸	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	++++	セメント中の石灰を硫酸石灰とす。硫酸石灰は鹽化石灰に比しては難溶なるも、幾分は水に溶解す。又セメントバチルス生成により混雜土を破壊す。

硝	酸	HNO <sub>3</sub>	++++	セメント中の石灰を硝酸石灰として溶出す。
---	---	------------------	------	----------------------

クロム	酸	H <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	++++	石灰溶出
炭	酸	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	++	

亞	酸	H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	++	作用強からず。CaF <sub>2</sub> の不溶性なるに基く。無機酸と同様の作用をなすも、其の程度弱し。
弗	酸	HF	++	

有機	酸	HCOOH	++	石灰溶出
蟻	酸	CH <sub>3</sub> COOH	++++	セメント中の石灰を醋酸石灰となして溶出す。

樹	酸	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (OH)(COOH) <sub>2</sub>	++	アルミナ・セメントをも速かに破壊す。
---	---	---	----	--------------------

橡	酸	C <sub>14</sub> O <sub>6</sub> ·2H <sub>2</sub> O	++	セメント中の石灰を溶出すると共に鐵分にも變化を與へる。
---	---	---	----	-----------------------------

乳	酸	CH <sub>3</sub> CHOHCOOH	++	石灰溶出
---	---	--------------------------	----	------

鹽 硫 酸 鹽

硫 酸 苦 土  $MgSO_4$       + + + +

硫 酸 曹 達 (芒 硝)  $N_2SO_4$       + + + +

硫 酸 カ リ  $K_2SO_4$       + + + +  
 硫 酸 ア ヲ モ ニ ヲ  $(NH_4)_2SO_4$       + + + +

明 礬  $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$       + + + +

硫 酸 ア ル ミ ニ ヲ ム  $Al_2(SO_4)_3$       + + + +

石 膏  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$       + + + +

硫 酸 鐵  $FeSO_4$       + + + +

硫 酸 銅  $Fe_2(SO_4)_3$       + + + +

硫 酸 ニ ヲ ヅ ケ ル  $CuSO_4$       + + + +

硫 酸 亜 鉛  $Ni_2(SO_4)_3$       + + + +

硫 酸 亜 鉛  $ZnSO_4$       + + + +

鹽 化 物

鹽 化 苦 土  $MgCl_2$       + + +

泉 汞  $HgCl_2$       + + + +

鹽 化 ア ヲ モ ニ ヲ  $NH_4Cl$       + + + +

硫酸鹽はセメント・バチルス生成の原因をなし、  
 混凝土を破壊す。

セメント・バチルス生成の原因をなす。厚薄水、  
 地下水、河水等の中に存在す。

セメント・バチルス生成の原因となる。地下水、  
 湖水（鹽潮水）等の中に廣く存在す。

同上  
 硫酸鹽中にても其の作用最も激甚なるも、幸に  
 して天然水中には存在しない。

$K_2SO_4$  と同様

明礬と同様  
 セメント・バチルス生成。

同上

同上

同上

石灰過多きセメントを侵す。  
 石灰溶出

セメント中の石灰の作用により、鹽酸を遊離し、

鹽化石灰	$\text{CaCl}_2$	++	セメントを溶解す。 稀薄溶液は無害なるも、濃溶液はセメントを破壊す。
鹽化鐵	$\text{FeCl}_3$	++	石灰溶出
鹽化鎳土	$\text{AlCl}_3$	+	稀薄溶液は無害。強度少し低下す。 硝酸鹽は多くの場合無害
硝酸鹽			
硝酸曹達	$\text{NaNO}_3$	○	
硝酸石灰	$\text{N}_3(\text{NO}_3)_2$	○	
其の他の鹽類			
酢酸アンモニア	$(\text{NH}_4)\text{OAc}, \text{CO}_2$	++++	醋酸遊離せられ、石灰を溶出す。
炭酸曹達	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	—	}ホルトランド・セメントには無害なるもアルメナ・セメントを侵す。
炭酸カリ	$\text{K}_2\text{CO}_3$	—	
鹽素	$\text{Cl}_2$	++	水の存在する場合鹽度を生ずる傾向あるを以つて有害である。
元素其他			水の存在する場合臭化水素酸を生ずセメントを溶解す。又硫化し硫酸鹽となすを以つて有害である。
臭素	$\text{Br}_2$	++	鹽素に類するも、其の作用弱し。
弗素	$\text{F}_2$	++	空氣の存在する場合には、酸化せられて硫酸を生ずるを以つて有害である。
硫化水素	$\text{H}_2\text{S}$	++	脂肪酸脂はセメント中の石灰の作用に依つて脂

脂肪酸脂

(すべての動物性及植物性油脂を含む)

脂肪酸生じ、セメントを侵蝕す。

乳酸の作用によりて混凝土を侵す。

バター、ミルク、チーズ	—	+
肝油		++++
亞麻仁油		++++
罌粟油		++++

この他、純質油、コ、ア油、胡桃油、オリーブ油、棕櫚油、菜種油、蓖麻子油、牛脂油、牛油、骨油、牛脂、魚油、豚油、蠟、ワックス等は皆同様である。

糖類

蔗糖	$C_{12}H_{22}O_{11}$	++++
甜菊糖	$C_{30}H_{50}O_{11}$	++++
菊糖	$C_6H_{12}O_6$	++++
糖蜜	—	++++

アルコール類

エチル・アルコール	$C_2H_5OH$	+
-----------	------------	---

セメント中の石灰と化合してサツカートを造り、石灰を溶出す

無水アルコールは吸水作用によりて混凝土の強度を減少す。濃アルコールは混凝土中によく滲透し、其の内部膨脹を起し、且つ水分を吸収す。40%以下の溶液は害なし。

酸敗する時は、乳酸、醋酸等を生じ混凝土を侵蝕す。

逆離酒石酸の存在により、少しく有害。

フェノール類	葡萄	—	+
フェノール(石炭酸)	フェノール(石炭酸)	$C_6H_5OH$	++++
石炭酸石灰	石炭酸石灰	$(C_6H_5O)_2O_2$	++++

セメント中の石灰をフェノールとして溶出す  
 炭遊算酸を含むを以つて有害。

石炭ター	中	油	—	++	} 之等の中にはフェノール類を含むを以つて有害 硫酸鹽、殊に $\text{CaSO}_4$ 及 $\text{K}_2\text{SO}_4$ を含むを以つ て有害。 時として硫酸鹽、アソモニウム鹽を含有するこ とあり、かゝる場合は有害。然らざる時は無害。 時として鹽素を含み、鹽酸を生じ、混凝土を溶 解す。 屢酸を含むを以つて有害。 多くは無害。但し遊離酸又は硫酸鹽を含む場合 は有害。 多くの瓦斯は有害である。この中には $\text{SO}_2$ を 含む。 時として硫酸鹽を含むことありて有害なり。分 析の上判断することを必要とす。 石炭中の硫黄は空氣及水分に依りて酸化せられ て硫酸鹽を生じ、混凝土を侵蝕することあり。 硫酸マグネシウム、硫酸カルシウム等を含有す るを以つて有害である。 炭酸を含有する場合、硫酸を含有する場合等お
蒸溜生成物	重	油	—	++	
雑類	其の他中油以上.....		—	++	
	褐炭灰の消火に 用ゐたる水		—	++	
	都市	下水	—	+	
	漂	泊水	—	++	
	染料工業	排水	—	+	
	流	水	—	++	
	燃	燒瓦斯	—	+	
	地	下水	—	+	
	石	炭	—	++	
	海	水	—	++	
	沼	水	—	++	

り。分析の上判断する必要あり。

考 備 上記の表中

- は無害のもの
- 十 は有害、無害の一概に確言し得ざるもの
- ++ は有害なるもの
- +++ は有害の程度強きもの

上記第一表及第二表を仔細に點檢すれば、混凝土中のセメントを侵蝕せざるもの、侵蝕するものの區別をなし得べく、之を侵蝕する物質の中には、鹽基類及鹽類中のあるものを除きて、其の他の物質種々あり。物質の化學的性質を異にするに従つて、其の侵蝕作用の性質をも異にすることが分る。

其の作用の性質の上より見て、混凝土衰頹の様式を分類して見ると次の様になる。

1. セメント中の成分、特に石灰を直接溶出する場合
  2. セメント中の成分、特に礬土に作用し、別種の化合物を作り、膨脹、龜裂、崩壞等に導く場合
  3. セメント中の成分、石灰の作用により、分解せられて、有害化合物を形成し、二段的にセメントに作用する場合
  4. 其物自身は、セメントに對して有害ならざるも、空氣中の酸素或は水分、其の他の物質の助をかりて有害化合物に變じ、セメントを侵蝕する場合
1. セメントの成分 石灰に直接作用し、之を溶出する場合

石灰と化合して、水溶性鹽類を生成する酸類、例へば鹽酸、硝酸、醋酸、乳酸の如きものの作用、糖類、フェノール類

等の作用は之に屬する。

2. セメントの成分 礬土に直接作用し、有害化合物を形成する場合

礬土と化合して、セメントパチルス  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot3\text{CaSO}_4\cdot3\text{H}_2\text{O}$  を形成し、このもの容積膨脹によりて混凝土を破壊に導くものにして、多くの硫酸鹽類、例へば、硫酸曹達、硫酸苦土、硫酸石灰等のき如もの作用は之に屬する。

3. セメント中の成分石灰の作用により、分解せられて有害化合物を生成し、二段的にセメントに作用する場合  
 この中には、有害化合物として酸を生ずる場合、鹽類を生ずる場合の兩者がある。フンモニウム鹽類——例へば鹽化フンモニウム——の如きはセメント中の石灰の作用によりて鹽酸を生じ、鹽酸は更に石灰に作用してセメントを溶出する。脂肪油脂類の如きも之に屬し、セメント中の石灰によりて遊離脂肪酸を生じ、この脂肪酸は更にセメントを侵蝕する。硫酸の如きは、先づセメント中の石灰に作用して硫酸石灰となり、硫酸石灰の一部は水中に溶解し去るも、其の大部は溶解し去る以前に於て、セメント中の礬土と作用してセメントパチルスを形成し、再び混凝土を侵蝕するものにして、硫酸フンモニウムの如きは、上記兩種の作用を兼備し、其の害大なるものがある。

4. 其の物自身はセメントに對して有害ならざるも、空氣中の酸素、水分、其の他の物質の助をかりて有害物に變じ、セメントを侵蝕する場合

鹽素、臭素、硫化水素、硫黄、石炭等の如きは乾燥状態に於ては、混凝土に作用しないが、空氣中の水分により、或は水分及酸素に依り、鹽酸、臭化水素酸、亞硫酸、硫酸等を生じ、二次的にセメントに作用するもので、空氣中或は地下中に存する水分量があまり多からざる時に於ても、長年月の間には甚しい破壊作用をなすことがある。

## 第二節 混練土中の硬化セメントの衰頽に對するセメントの種類の影響

上記第一節に於て記述せる所は主としてボルトランドセメント或は、ボルトランド系のセメントに對して、有害物の及ぼす作用を柳觀せるもので、セメントの種類を異にする場合には、同一種の有害物と雖も其の作用を異にする。

Karl Bieli は、水、酸、アルカリ、鹽類等の溶液が諸種のセメントに及ぼす影響を研究し、其の凝結時間の變化、硬化の狀況、1ヶ年半後の状態等を檢し、其の成績を表示して居る。同氏の實驗に供したるセメントは、ボルトランドセメント、高礬土セメント、高灰セメントの三種にして、溶液としては次の如き種々のものを使用して居る。

### 1). 蒸溜水

### 2). 酸類

1.  $N/10$  鹽酸
2. 0.9% 硫酸
3. 0.45% 同
4. 0.225% 同
5. 0.11% 同

### 3). アルカリ類

6.  $N/2$  苛性曹達
7. 飽和石灰水
- 4). 鹽化物
8. 1% 鹽化石灰
9. 1% 鹽化苦土

- 5). 硫酸鹽類 10. 1% 硫酸苦土  
 11. 1% 硫酸曹達  
 12. 1% 硫鹽鐵  
 13. 1% 硫酸アソモニウム  
 14. 1% 硫酸アルミニウム  
 15. 1% 硫酸銅  
 16. 飽和硫酸石灰溶液  
 17. 1% モール氏鹽  $\{(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O\}$   
 18. 1% 明礬  
 6). 炭酸鹽類 19. 1% 炭酸曹達  
 7). 砒酸鹽類 20. 1% 砒酸アソモニア  
 8). 有機物 21. 1% セラチン溶液  
 22. 1% 砂糖溶液  
 9). 種々の鹽類 23. 人工的海水 (但し濃度は普通海水の5倍とせるもの)

上記8種のセメントに對する、上記23種の溶液の影響は下記の如くである。(未完)