

# セメントの化學的抵抗性について (六)

西 川 榮 三

## 第二十二節 瀝青質材料の塗布

混凝土の表面に瀝青質材料の被膜を形成せしむる事は、防水方法として有効ではあるが、もしこの被膜が、直接水と接觸する場合には、被膜自身吸水し（土木試験所報告 7 號 4 頁、昭和 2 年 7 月 23 日 及 12 號 67 頁、昭和 4 年 1 月 31 日）、又變質する傾向あり、(同上) 且つ外力の作用に依りて、其の一部が破壊せらるゝことあり、又、自然に剝離する事もあるを以て、適當の時期に、更に之を塗布する必要を生ずる。もし再塗し能はざる場合には、被膜は「記の理由に依りて防水の効果を減じ、混凝土は、結局、外界の有害水の作用を受けるに至るべし。

地下鐵道其の他の地下構造物に於ては、上記の如き缺陷を補はんが爲に、混凝土に瀝青質材料を塗布すると共に、瀝青質フェルト或はルーフィング類を用ひ、適當厚の防水層を形成し、更に其の上にセメントモルタル或は混凝土の保護層を設くる場合がある。又貯水池の如きものにありてはフェルト或はルーフィングの代りに瀝青質混合物を用ふることあり。而して之の方法は防水を完全にする爲には必要なる所とせられる。海水其の他有害水の作用を受ける場合には、瀝青質被膜は、施工後短期の間は一般に効果多きも、數年後に至れば、漸次、水又は有害物の化學的乃至物理的作用に依りて、

斑點を生じ、剝落を起し、或は皺を生じ、其の他諸種の缺陷を生じ易きを以て、長期の使用を目的とする構造物に對する保護層としては、之のみに信賴することは稍不安を作ふものゝ様である。

### 第二十三節 瀝青質材料の滲透に依る方法

この方法は、混凝土ブロック、パイプ等に對して應用しうるものにして、既に硬化せる混凝土を、熔融せる瀝青質材料中に浸漬し、混凝土の空隙中に、瀝青質材料を滲透せしむることによりて、空隙を充填し、水の滲透を防止するものにして、(特許 75439; Concrete Piles Impregnated with Asphalt for Sea Water Use in Los Angeles Harbour; G, F, Nicholson, Eng. News Rec, p 990 (1926) 及 p 732 (May, 6, 1926)) 混凝土パイプにアスファルトを滲透せしむる方法は概略下記の如くである。

先づ、配合  $1:1-\frac{1}{2}:3$  の混凝土混合物を型枠中に流し込み、外部約 5cm は、水量稍少き混合物を用ひ (低水面下約 91 cm  $\approx$  3 ft の所より頂まで) ニューマチックハンマーを以て周圍及頂部をたゞき密度大なる混凝土を造る。之を少くも 60 日間養生して、充分セメントを硬化せしめ、然る後空氣乾燥器内に於て、12 時間  $38\sim 82^{\circ}\text{C}$  ( $100\sim 180^{\circ}\text{F}$ ) の温度にて乾燥し、空隙中に吸収せられ居る水分を驅逐し、かくして乾燥せられたるパイプは、之をアスファルト注入機に入れ、32 in の眞空となし、この状態に 2 時間保ち、約  $82^{\circ}\text{C}$  ( $180^{\circ}\text{F}$ ) のアスファルトを、機内に送入し、熔融アスファルトを以てパイプを蓋ひ、然る後に漸次温度を高めて  $121^{\circ}\text{C}$  ( $250^{\circ}\text{F}$ ) に達せしめ、之に約 11 kg/cm<sup>2</sup> ( $150^{\circ}\text{lb}/\text{in}^2$ ) の壓力を約 時間作用せしめたる後、常壓に戻し、熔融アスファルトを機内より抜き去り、既にアスファルトを以て滲透せるパイプを機内より取り出し、自然冷却するを待つ。

アスファルトを注入せる混凝土と注入せざる混凝土との壓應力を比較するに、其の一例下の如し。

第四九表 アスファルト注入混凝土の壓應力

アスファルトを注入せざる混凝土	平均		最大
	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	
28 日	292	394	
60 日	352	439	
100 日	373	500	
アスファルトを注入せる混凝土	342	428	

備考 アスファルトを注入せるものは、60~100 日間養生せるものである。アスファルト注入後は其の強度は餘り變化せざるものと思考せられる。

F, G, Nicholson の言に依れば、混凝土破損の現象は、太平洋沿岸に於ては、工事後間もなく現れ、最初の數年間に於ては、其の進行徐々なるも、7~8 年に達すれば、混凝土衰頹の進行は急激となる。この現象は主として、最低水位面とパイルの頂との間に起る。最高水位面以上の部分の衰頹は鹽水の繁吹、濃霧、鹽分を含みたる空氣等に依るものゝ如くである。通常の混凝土パイレル、瀝青質材料を塗裝せるパイレル、諸種の混合物を添加せる混凝土パイレル等はいつれも甚しく侵蝕せられた。

同氏はこの缺陷を補はんが爲に、ロスアンゼルス港に於て上記の如きアスファルト注入法を研究せるものにして、當初 Duacrete Pile と稱したるものは、負配合の混凝土にアスファルトを注入せるものであつたが、このものは、強度低く、其の後 The Los Angeles Harbour Engineering Department に於て幾多の研究を行ひたる結果、新なる規格を生み出すに

至つた。方法に於ては、密度高き混凝土を低温に於て、加壓の下にアスファルトを注入するものにして、表面より約 1.5<sup>m</sup> (3.75<sup>m</sup>) を防水することとしたものであり、其の強度及耐水性の兩者共完全なものである。

之を経済的に防腐木材と比較するに次の如くであると言ふ。

防 腐 木 材	耐 水 性	價 額
アスファルト注入混凝土パイエル	15 ~ 25年 平均20年	1
	永久或は最低40年	2.5

これに木材の取換に要する費用の莫大なるを見込み、其の他種々の費用及不便を考ふる時は、アスファルト注入混凝土パイエルを使用するを遙かに得策とするものである。

同氏は尙 1929年前記の方法を改良し (Improved Asphalt Treatment for Concrete Pile in Sea Water, G, F, Nicholson, Engineering News Record, Vol. 103, p95, July, 18, 1929) アスファルト混凝土に於て行はるゝ方法を發表して居る。改良方法に依れば、パイエルの最低水位面下約 91<sup>cm</sup> の所より頂部迄の間を更に厚 3.75<sup>m</sup> (1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> ") の混凝土外套を以て蓋ひ、この部分にアスファルトを滲透せしむるにある。この外套の混凝土は水量稍少く、セメント量低きもので、其の組成は凡そ次の如きものである。

セ	メント	1
骨	材	5 (3/4") 以下)
水	量	5 gal / sack (水セメント比 0.443)
ス	ラ	1/2" 以下 (1.25 cm 以下)

實驗の結果に依れば、アスファルトは外套部を滲透し、更に中心部に  $1/8 \sim 1/2$  (0.3~1.25cm) 滲透する。

内部凝土の組成は、

セメント	1
骨材	4.5
水	$6 \frac{3}{4}$ gal/sack (水セメント比 0.696)
スランプ	2" (5cm)

である。

内部及外套部の凝土は同時に施工し、凝土硬化後之を  $2.8^{\circ}\text{C}/\text{hour}$  ( $5^{\circ}\text{F}/\text{hour}$ ) の割合にて温度を高め  $93^{\circ}\text{C}$  ( $200^{\circ}\text{F}$ ) に於て水分を除去し、滲透槽中に之を入れ  $65 \sim 70\text{cm}$  ( $26 \sim 28'$ ) の真空となし、 $82 \sim 104^{\circ}\text{C}$  ( $180 \sim 220^{\circ}\text{F}$ ) に一時間保ち、次に之にアスファルトを流入し  $121^{\circ}\text{C}$  ( $250^{\circ}\text{F}$ ) となし、滲透槽が充さるゝ迄真空を繼續する。アスファルトの流入を了れば、 $121^{\circ}\text{C} \sim 149^{\circ}\text{C}$  ( $250^{\circ} \sim 300^{\circ}\text{C}$ ) に於て壓力を作用せしめ 3 時間放置する。最初の 1 時間はアスファルトの温度を  $121^{\circ}\text{C}$  ( $250^{\circ}\text{F}$ ) に保ち、其の後は温度を低下して  $116^{\circ}\text{C}$  ( $240^{\circ}\text{F}$ ) となし、3 時間後には徐々に冷却して、8 時間内に  $93^{\circ}\text{C}$  ( $200^{\circ}\text{F}$ ) に至らしめ、壓力は  $2.8\text{kg}/\text{cm}^2$  ( $40\text{lbs}/\text{in}^2$ ) 以上に於て低下せしめる。其の後アスファルトを排除し、凝土を徐々に冷却して常温に至らしめる。

同氏の説く所によれば、アスファルトを滲透せしめざる鐵筋凝土は、14年間之を研究したるも遂に之を海水に對して不滲透性となす事能はず、然るに之にアスファルト處理を施す時には、全く防水性となし得るものにして、而も且つ小龜裂はすべて之を填充してしまふことが出来た。而してアスファルト以外には、適當なる防水性物質を未だ發見し得なかつ

たと主張して居る。

### 第三十四節 硫黄の透過に依る方法

硫黄をセメントに加へて混練土を造るも、強度の増加を來すことなく、たとひ後に之を加熱して内部の硫黄を熔融するも効果はないが、混練土硬化後、之を熔融せる硫黄中に浸漬し其の空隙を硫黄を以て充填する時は、強度の増加を來すと共に其の吸水性をも減少する。(Strengthening and Insulating Concrete with Sulphur W, H, Koble, Eng. News Rec, p940 June, 10, 1926) 事はアスファルトを混練土に滲透せしめた場合に類する。

硫黄を透過する方法及其の結果について理解するには、先づ硫黄の性質について知る事を要する。

#### (1) 硫黄の性質

硫黄 (S=32,065) には次の如き種々の異性體がある。

結晶性硫黄	$\alpha$ 型	比重 2.039
	$\beta$ 型	比重 1.982
非結晶性硫黄	$\gamma$ 型	

$\alpha$  硫黄は比重 2.038 にして、Rohmshio Octahedron の結晶をなし、最も安定のものにして、98°C 以下の熔融硫黄より冷却生成し、二硫化炭素 (CS<sub>2</sub>) の飽和溶液中よりも析出せられる。硫化水素 (H<sub>2</sub>S) をピリチン (C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>N) に溶解したる後、之を酸化するも  $\alpha$  硫黄を生ずる。又  $\beta$  硫黄を 5000 気壓或は非結晶硫黄を 6000 気壓に加壓することによりて  $\alpha$  型に變化せしめうる。

$\beta$  硫黄は、比重 1.982 にして、単斜晶系の結晶をなし、アルコール ( $C_2H_5, OH$ )、ベンゼン ( $C_6H_6$ )、クロロホルム ( $CH_2Cl_2$ )、テルペン油、等の温溶液より析出する。硫黄を  $120^\circ C$  以上に加熱し、其の表面に皮殻を出したる時、之を破りて内部の熔融部分を流出して急冷すれば  $\beta$  型硫黄を生ずる。

$\gamma$  型硫黄は硫黄乳 (Milk of Sulphur or Lac sulphuris)、硫黄華 (Flower of Sulphur)、黒硫黄 (Black Sulphur)、青又は綠色硫黄 (Blue or Green Sulphur)、 $\delta$  硫黄或は膠状硫黄 ( $\delta$ -Sulphur 或は Colloidal Sulphur) 等として知られて居る。

硫黄を熔融する時は、温度の變化に従つて、其の粘度を著しく異にする。即ち下表の如く、其の比重は右表の如し。

硫黄の粘度		各種硫黄の比重	
温度	$C, G, S$ 單位 粘度	種別	比重
123 °C	0.1094	非結晶硫黄	2.04
150	0.0709	Rhombohedral S	2.135
159	0.0759	液状硫黄 (沸點)	1.801~1.815
		沸點	44.5 °C

硫黄の熔融點は次の如し。

Rhomhic -S	114.5 °C
Prismatic -S	120 °C

Plastic -S 定熔融點を有せず

硫黄の比熱は  $0 \sim 100^{\circ}\text{C}$  の平均  $0.1712$  にして、其の發火溫度は空氣中、常壓に於て  $261^{\circ}\text{C}$ 、酸素氣中に於て  $255^{\circ}\text{C}$  である。

$\alpha$  硫黄を加熱すれば、 $113^{\circ}\text{C}$  に於て熔融し、薄き液状となる。溫度上昇すれば、最初は粘度減少するも約  $160^{\circ}\text{C}$  に至れば、粘度増加し、暗黒色に變じ、 $180^{\circ}\text{C}$  に於ては粘度最大となり、其の外観は濃稠なる糖蜜状を呈するに至る。溫度尚上昇して  $48^{\circ}\text{C}$  に至れば引火するも、空氣の接觸なき場合には、 $340^{\circ}\text{C}$  に於て流動し易き暗色の液となり、 $444.6^{\circ}\text{C}$  に於て沸騰する。これ等の性状は硫黄を混凝土に滲透せしむる操作を行ふ上に知悉しおく必要ある事柄である。

硫黄自身は、殆ど總ての酸の稀薄溶液には侵されず、又多くの濃酸にも堪へ得る。電氣的にも絶縁性大にして、熱的には傳導度は小である。

## (2) 混凝土に硫黄を滲透せしむる方法。

混凝土に硫黄を滲透せしむるには、混凝土を  $160 \sim 170^{\circ}\text{C}$  に於て  $2 \sim 3$  時間、硫黄浴中に加熱し、其の後  $125 \sim 130^{\circ}\text{C}$  の溫度となすもので、真空、加壓等の操作を適當に應用すれば、滲透を容易にすることは勿論であり、混凝土中には水分をあまり含まぬことを要する。

硫黄を滲透せる混凝土は、其の強度を増加すること下の如し。

### 第五〇表 硫黄滲透混凝土の強度

S 滲透後 滲透前



1 : 5	アルミナ・セメント・モルタル	986	kg/cm <sup>2</sup>
1 : 5	ポルトランド・セメント・モルタル	605	kg/cm <sup>2</sup>
	混凝土圓礫	588	

(North Calorima 標準混凝土道の配合による)

硫黄の滲透に依りてかく強度の増進することは、混凝土の空隙中に熔融硫黄が滲透して之を充填し、冷却後、熔融硫黄は固化するに際して其の容積を減少するを以て、空隙の各壁を索引するによるものである。前記固形硫黄と熔融硫黄との比重より容積の減少を算出すれば次の如くである。

	比	重	比	容
熔融硫黄	1.801	~ 1.815	0.556	~ 0.551 = 平均 0.553
固形硫黄	1.96	~ 2.13	0.510	~ 0.470 = 平均 0.490
				(88.6 %)

即、容積はを 11.4% 減少して居る。

硫黄滲透混凝土は、其の強度を増加するのみならず、其の吸水性を減じ、吸水率は 2~3% となる。硫黄自身は、前記の如く、水及稀薄酸、ある種の濃酸等に對する抵抗性大なるを以て、硫黄滲透混凝土は、其の中の硫黄が化學的變化を受けざる限り、之等のものに對する抵抗性も強大なる譯である。現今硫黄滲透混凝土は、北米合衆國に於て、電解槽に應用せられ居るも（祭融鹽類處理に供せらる）未だ一般に土木用としては使用せられて居ない様である。之をアスファルト滲透混凝土と比較するに、硫黄の高價なると、燃焼に際して亞硫酸瓦斯を生じ、又滲透作業に於て悪臭を發する等の點は、

一步を輸するが如く、其の應用範圍もパイール、ブロッツク其の他滲透槽に送入しうる程度の物體に限られる。尙、硫黄滲透パイールをアルカリ土壤中に埋没せる試験の結果による時は、混凝土に滲透せる硫黄は漸次酸化せられて硫酸を生じ、却つて混凝土の破壊を促進するものゝ如く、土壤中に使用する混凝土に對しては、硫黄滲透法の効果は頗る疑問視せらるゝ所である。

即ち P, H, Bates の實驗に依れば、次の如き結果を示して居る。同氏は Drain Tile (外径6", 内徑5") をホルトランプ・セメント及砂を用ひて製造し、7日間空氣中硬化をなし、其の後硫黄滲透を行ひ、(110°~150° C に於て1時間)、之をアルカリ土壤中に埋めて試験を行つて居る。其の概要下記の如し。

第五一表 オツクハ砂モルタル抗張強度

配合 (重量)	S を せ ぜ するもの kg/cm <sup>2</sup>	S を せ ぜ するもの kg/cm <sup>2</sup>	S 吸 收 量 %
1 : 3	18.9	25.2	6.4
1 : 4	14.6	31.8	10.1
1 : 5	7.4	44.2	13.6
1 : 6	7.9	52.3	16.9

Tile を製造せるまゝにては、抗張強度は硫黄を滲透せるものゝ方が遙かに強きこと、第五一表の如くである。尙種々の硫黄處理を行ひたるものゝ吸水率 Supporting Strength は第五二表の如くである。

第五二表 Drain Tile の 試験

セメント・砂 (容積)	S 處理方法	S %	H <sub>2</sub> O 吸水率	Supporting Strength lbs / foot

1 : 2	滲透せざるもの	0	10.5	935
	表面塗布	8.8	10.4	625
	滲透せるもの	17.7	3.9	1925
1 : 3	表面塗布	28.1	3.7	2035
	滲透せざるもの	0	10.3	975
	表面塗布	9.8	9.5	625
1 : 4	表面塗布	15.9	4.7	1955
	滲透せるもの	25.8	4.9	2035
	滲透せざるもの	0	11.0	695
1 : 5	表面塗布	10.8	.....	345
	滲透せるもの	15.4	4.6	1740
	滲透せざるもの	28.5	5.3	1855
1 : 5	表面塗布	0	16.6	340
	滲透せるもの	12.6	17.3	155
	滲透及塗布	25.8	5.4	1220
		39.7	4.8	1395

同氏は Drain tile を Colorado 州 Montrose に送り、1923年 7月 之を the North Mesa Siphon of the U, S, Bureau of Reclamation 附近のアルカリ土壤中に埋めた。

土壤中のアルカリ成分は分析結果として次の如き成分の存在を示して居る。

	N <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Ca O	Mg O	S O <sub>2</sub>	Cl
11.27	痕跡	2.58	39.80	46.40	0.03	

註 主として N<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, Mg SO<sub>4</sub> を含むものと見られる。

1925年8月即約2ヶ年後、之を取り出し検したるに、39箇の中4個は完全に取出すことを得たるも、他はすべて軟弱となり、膨脹し、龜裂し、取扱ひ中に粉碎せられてしまつた。完全に取り出された4個の Tile は硫黄滲透處理を行ひたるものなるも、龜裂縱横に走り、些の強度なきまで侵蝕せられて居た。

上記の如く硫黄滲透混凝土は、少くともアルカリ土壌中には、耐久性全くなきものゝ如くである。

### 第二五節 モルタル、混凝土等の衰頹防止方法の批判

モルタル、混凝土等の衰頹の原因は上記諸項に説きたる如く種々雑多にして、各場合毎に其の趣を異にし之が防止の方法も種々の方面に於て考へらるゝを以て、之を一概に批判し去ることは出来ないが其の概要を略記すれば下の如くである。

(1) セメントの種類、性質等を適當に選擇すること。

モルタル、混凝土等が有害水によりて侵蝕せらるゝ場合、主として其の侵蝕作用を受くるものは、其の中に存在する凝固セメントである。従つて、いかなる状況の下にあるものについても、セメントの選擇よろしきを得ることは、最も必要なる事柄たることは言ふを俟たない。現今、考へ得らるべきセメントとしては、

- 1 ポルトランド・セメント
- 2 高爐セメント
- 3 鐵ポルトランド・セメント
- 4 鐵セメント
- 5 高礬セメント

等である。之等セメントの特性を要約すれば次の如くなる。

1. ホルトランド・セメント。ホルトランド・セメントは  $\text{CaO}$  65%前後、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  5~9%、 $\text{SiO}_2$  20%前後、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  2~3% 其の他  $\text{MgO}$ 、 $\text{CaSO}_4$  等を含み、其の主成分は 30% $\text{CaO}$ 、 $\text{SiO}_2$ 、20% $\text{CaO}$ 、 $\text{SiO}_2$ 、30% $\text{CaO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、20% $\text{CaO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  等にして、其の硬化に際しては、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$  を生ずる。こゝに生ずる  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  は無機、有機の酸に依りて、一般に溶解、破壊せられる。(例外として磷酸、磷酸の如きは、全く不溶性の石灰鹽を形成するを以て悪影響を受けない。)

ホルトランド・セメントは多くの鹽類溶液に依りて、悪影響を受くるものにして、アンモニア鹽類、硫酸鹽類、醋酸鹽類、或る種の鹽化物等には多大の影響を受ける。殊に天然に存する海水、地下水、温冷泉、河水等中には硫酸鹽、鹽化物等を含む場合多きを以て、この二者に對しては多くの考慮を費す必要がある。就中、硫酸鹽は其の害顯著なるものあり、硫酸アルカリ、硫酸苦土、硫酸石灰、硫酸鐵、硫酸礬土等は最も普通に存在するものにして、而も、其の種類を異にするに従つて、齊しく硫酸鹽に言ふも、其の作用を異にする。又ハロゲン屬元素(鹽素、臭素、弗素等)、硫化水素等も空氣及水等の存在する場合には影響を及ぼす。油脂は硬化セメント中の  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  の作用によりて脂肪酸を生じ、セメントを侵蝕し、糖類フェノール類も亦石灰と化合して、之を溶出し、いづれも有害作用を及ぼす。

更に純粹なる水は  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  を溶出すべく、 $\text{CO}_2$  を含む水は、尙溶出作用が激しい。而して齊しくホルトランド・セメントと言ふも、其の製造原料を異にし、製造の方法を異にする場合には、上記諸種の有害物に對する抵抗力を異にするものにして、耐久性の上より見て、すべてのホルトランド・セメントを同一視する譯にはゆかない。

大體に於てホルトランド・セメントは諸種の有害水に對して、上記の如き缺點を有するものにして、之等有害作用を受

くる懸念ある場合には、特に其の耐久性を増大するが如き特種の方法を講ずる必要がある。

2 高爐セメント、鐵ポルトランド・セメント。この二者はいづれもポルトランド・セメント・クリンカーに溶融爐鐵滓を混和し粉碎したるものにして、其の成分は  $\text{CaO}$  50~60%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  10~15%  $\text{SiO}_2$  25~30%、その他  $\text{FeO}_3$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaSO}_4$  等を含み、結局ポルトランド・セメントに比し、 $\text{SiO}_2$ 、多く  $\text{CaO}$  少く硬化に際して遊離の  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  を生成すること少く、従つて有害水の悪作用を緩和せるものである。但し酸に對しては溶解作用を受くこと、ポルトランド・セメントと異なる所少く、大體に於て、混和物を以て、ポルトランド・セメントの性質を稍變化せしめたものと見做される。

3 鐵セメント。鐵セメントは、同じくポルトランド系のセメントに屬するも、其の中の  $\text{Al}_2\text{O}_3$  量少く、 $\text{FeO}_3$  量多く、ポルトランド・セメントの礬土酸石灰が硫酸鹽に依つて、スルフォアルミ酸石灰を生じて、混凝土の崩壞を惹起する原因となるにより、其の中の  $\text{Al}_2\text{O}_3$  を極端に減じ、之に代ふるに  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  を以てせるものと見做し得べく、海水、硫酸鹽含有地下水等に對する抵抗力を増大せるものである。然しながら、ポルトランド・セメントの初期の凝結硬化が主として礬土酸石灰の力に依るを以て、礬土酸石灰を減じたる鐵セメントは凝結硬化の緩慢なる缺點を有する。酸類に對しては、通常のポルトランド・セメントと略同様と見做して差支ない。

4 高礬土セメント 上記の諸種のセメントは、いづれもポルトランド・セメントを改良せるセメントにして、其の成分、性質に於てポルトランド・セメントと共通なる點多きも、獨り高礬土セメントはポルトランド・セメントとは全く其の趣を異にし、其の原料に於ても製造の方法に於ても又其の主成分に於ても全く別種のものである。其の組成は  $\text{CaO}$  28~47%、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  30~70%、 $\text{SiO}_2$  5~15%、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  5~20%にして、特に  $\text{CaSO}_4$  を加ふることなく、其の主成分は大體

$\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $5\text{CaO}$ ,  $5\text{Al}_2\text{O}_3$  等の底石灰の礬土酸石灰よりなり、其の硬化に際しては  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  を生ずることなく、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  及礬土酸石灰の含水結晶を生ずる。従つて硫酸鹽に對しては一般に抵抗性強き理である。殊に  $\text{MgSO}_4$  に對しては抵抗性大であり、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$  に對しても或る程度の抵抗性を示して居る。然し  $\text{FeSO}_4$  溶液には侵蝕せられ、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  及  $\text{Na}_2\text{PO}_4$  溶液によりて破壊せらるゝ缺點を有して居る。乳酸、醋酸等によりては短期間に侵蝕せられ、 $\text{FeCl}_3$  蔗糖溶液によりては強度を減じ、 $\text{MgCl}_2$  稀薄鹽酸、臭素水、稀薄硫酸等に對してはポルトランド・セメントに比して抵抗性大である。

5 上記の如くセメントの種類を異にするに従つて、其の各種有害水に對する抵抗を異にし、各セメントは各其の特性を有し、甲液に對して抵抗性大なるもの、必ずしも乙液に對して抵抗性大なるものとはなしたがたく、従つて、築造物の浸漬せらるべき周囲の状況、水の成分等をよく調査せる後適當なるセメントを選択して之を使用することを要する。

而してポルトランド系諸種のセメントに於ても、高礬土セメントに於ても、各其の製造原料、工場等を異にする場合には有害水に對する抵抗性を著しく異にするを一般とするを以て、各個の場合に、使用せんとするセメント其れ自身有害水に對する作用をよく窺むることが必要である。

## (2) 密質なる混凝土を作ること

密質なる混凝土即ち空隙少き混凝土を造ることも、いかなる防水方法を講ずる場合と雖も必要である。之には骨材粒度の配合、セメント量、水量、施工等に特に注意を要する。E. Squire の意見にては海水に對するモルタル、混凝土等の配合は次の程度をよしとして居る。即ちモルタルにありては配合 1:1.5 混凝土にありては、配合 1:1.5 程度とし、スランプ 7.5~12.5cm (3~5in) 28日の強度  $176\text{kg/cm}^2$  ( $2500\text{lb/in}^2$ ) 以上のものを推奨して居る。之に用ふる骨材は海水の作用を

受けず吸水性がなきものをよしとし砕石よりも砂利を便とす。之に一定量の石粉、細砂、珪藻土等を加ふるは差支ない。

(3) 空空中養生により炭酸石灰の防水層を形成せしむる方法。

この方法は、混凝土施工後長時日を要し、且つ被膜は外面的にして、機械的外力により破壊せられやすく、酸には溶解せらるゝものにして、之に多くの期待をもつ譯にはゆかない。

(4) 混凝土施工後之を炭酸アンモニア  $\{(NH_4)_2CO_3\}$  稀酸  $(O_2O_4H_2)$ 、或は稀酸鹽溶液、又は珪弗化水素酸鹽溶液中に浸漬するか、或は之等の液を塗布して、混凝土の表面に防水皮膜を造る方法。

$(NH_4)_2CO_3$  溶液によれば、防水皮膜として  $CaCO_3$  の薄層を生じ、稀酸或は稀酸鹽溶液によれば、稀酸石灰の薄層を生じ、珪弗化水素酸溶液に依れば、弗化石灰  $(CaF_2)$ 、珪酸  $Si(OH)_4$ 、金属水酸化 Me 物  $(OH)_2$ 、(不溶性の場合と、可溶性の場合とあり)の防水皮膜を生ずる。

これ等の皮膜はいづれも外面的にして機械的外力により破壊せらるゝ憂あり、且つ  $CaCO_3$  は弱酸によりても分解せられ、稀酸石灰は鹽酸、硝酸の如き強酸には溶解せられ、鹽化物には概して不溶解である。若し土類の鹽類熱溶液には溶解し、鹽化第二銅、硝酸銀等の如き重金属鹽類溶液によりては分解せられ、重金属の稀酸鹽及可溶性の石灰を生ずるを以て、かかる鹽類溶液の流るゝ場所には稀酸法は効果がない。

珪弗化水素酸による方法より生ずる  $CaF$ 、 $Si(OH)_4$  は比較的安定なるものにして  $CaF$  は濃硫酸には分解せらるゝも稀鹽酸、稀硫酸には作用せられず  $KOH$ 、 $NaOH$  の沸騰溶液にも溶解せられず、皮膜として化學的には比較的強固である。但し之等の方法は其の皮膜が薄い爲に其の効果を長期に亘りて期待しうべきものとは思はれない。(未完)