

論 說 報 告

土木學會誌 第十卷第四號 大正十三年八月

ソリデチャットに就て

會員 理 學 士 内 田 黍 郎

内 容 梗 概

ソリデチャットの一般的性質を始めに試験し、次に一、二の特別な性質につきて試験し既に擧げ得たる成績を報告せり、本文は仙臺高等工業學校紀要第二冊に掲載せるもの、轉載なり参考の資となれば幸なり。

緒 論

ソリデチャットとは硅酸を多量に含有し而して之を使用するには花崗岩碎石と混じ所謂碎石混凝土を構成することになり單に機械的に碎石とソリデチャットとが附着混在するばかりでなく組成分相互間に化學的作用を以て相凝結したる一種の人造石を形成するが故にポートルランド・セメントよりは優良なる混凝土材であると、特種工事に盛んに使用されんとしつゝある一種のセメントである、伊太利トリノ工藝學院實驗室にて行ひたるグキーチ博士の證明をみるに、耐壓強度が平均1平方糎に對して783基瓦を示してをるから之をポートルランド・セメント・コンクリートのそれに比すれば非常に強大にして約4倍である。尙道路舗床材料としては多くの點に於て優秀なるものとして伊太利にて盛んに使用されてをる。日本にありても東京市、鐵道省等にて試験的に使用することになつてをる。そこで余はソリデチャット製造會社より製品を買入れ、彼の施工法を實地に見學して以て供試體の製作を該混凝土の施工に則る様にして試験をなし、正しく優れる性質があればそれを利用して現在使用しつゝある混凝土材よりも優良なるものを得たいと思つたのである。此考へのもとに試験しつゝある試験成績の一部を報告することにした。

(1) 化 學 分 析

ソリデチットを分析せるに平均値として次の如き結果を得たのである。

硅	酸	34.97
礬	土	6.10
酸	化 鐵	2.32
石	灰	49.45
苦	土	1.06
硫	酸	1.72
灼熱減量		3.32

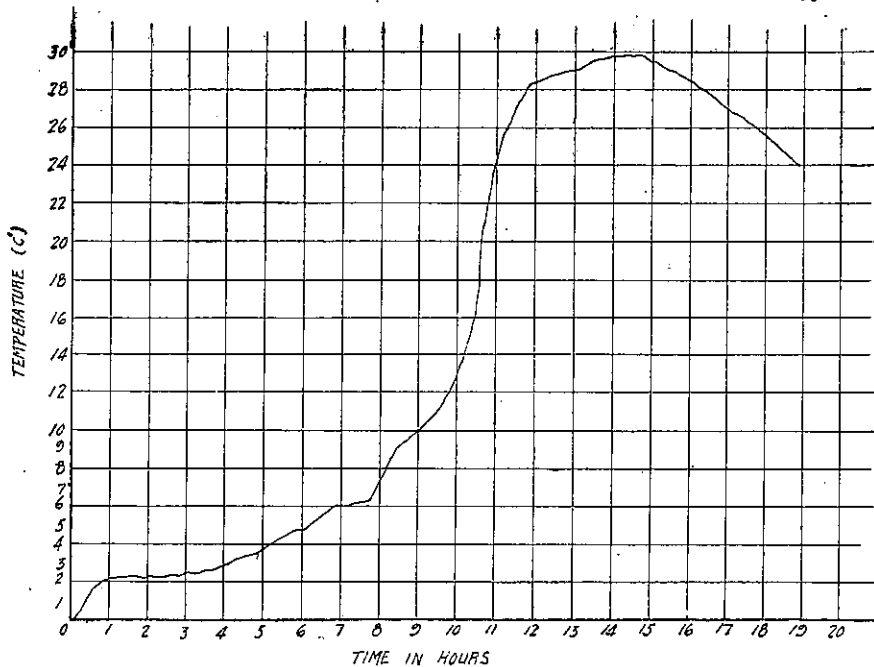
分析の結果硅酸を多く含有するも不可溶残滓が非常に多く、百分率 20.44 にして之を検するに雲母を可なり多く含んでをる。従て水硬率は小になり、強度が何倍と云ふほどに大であり得ないことは化學成分より判定し得られないこともない

(2) 粉 末 程 度

ソリデチット 100 瓦を秤量し每平方糎に 900 孔を有する篩にて篩別せるに 4 回行ひたるもの、平均値として残滓 2.2 瓦即ち百分率 2.2 である。之を通常のポートルランド・セメントに比するに粉末程度に大差がない。従て此點よりも強度が何倍と云ふものではなからうと推論し得るのである。

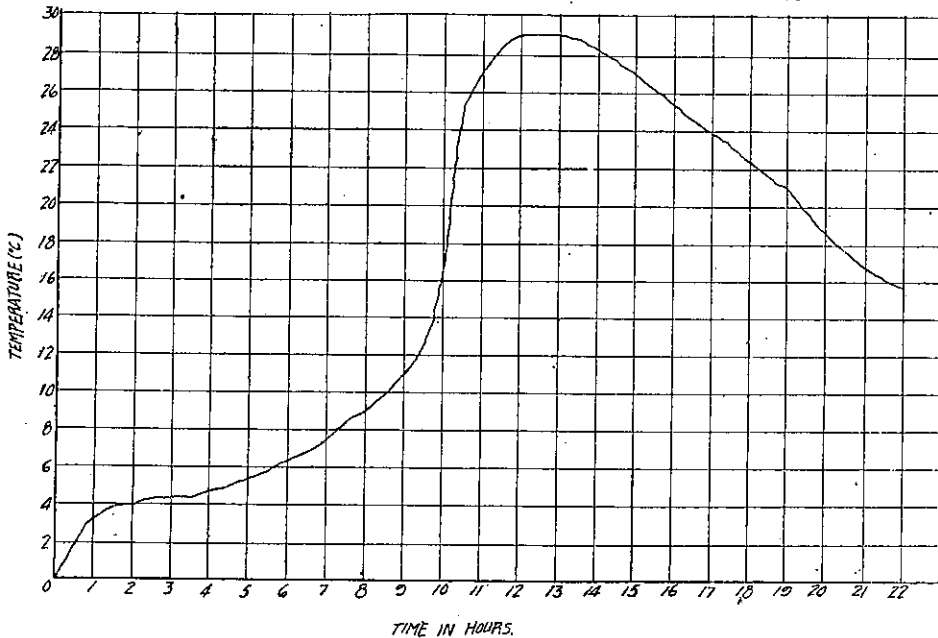
第 一 圖

HEAT EVOLUTION DURING SETTING OF SOLIDITIT WATER 24%



第二圖

HEAT EVOLUTION FOR SETTING OF SOLIDITIT WATER 24%



(3) 凝 結 時 間

ソリデチャットを正しく 400 瓦秤量し、之に淡水重量百分率26を混じつゝ、7分間上手に手早く混捏し、室温16°Cと19°Cの間に保ち Vicat 氏の硬化測定器を用ひて凝結時間を測定せるに3回の平均値とし凝結の始め1時27分、凝結の終り6時29分を得たり、凝結時間に於ても通例のポルトランド・セメントと大差なきことが分る。尙ソリデチャットにつき自分の凝結硬化測定装置にて水量重量百分率24及 25のものにつき測定せるに第一圖及び第二圖に示せる如く14時30分、12時30分と云ふ時間數を得たのであるから矢張通例のポルトランド・セメントに同一水量を用ひて混捏したものと大差なきを知るなり。

(4) 比 重

ソリデチャットの比重をピクノ・メーターを用ふる方法にて測れるに3回の平均値として3.16を得たり。但し室温は15°C~17°Cとす。比重も通例のポルトランド・セメントと大差なし。

(5) 膨 脹 性 龜 裂

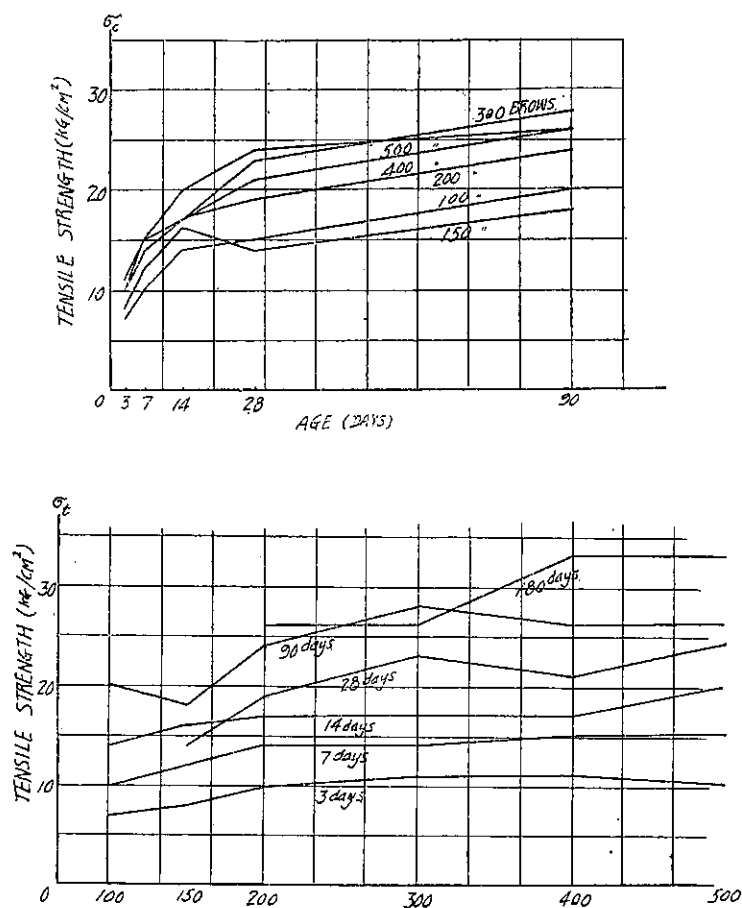
ポルトランド・セメントと同じく政府所定の試験法にて浸水法及び煮沸法にて膨脹性龜裂の有無を試験せるに何れも少しも異常を呈せず。

(6) 耐伸強度

ソリデチット I に對し細粒砂 (研究用砂) 3 分を混じ所謂重量比で 1:3 モルタルとし、之に重量百分率 12 の淡水を混じて混捏し、之を斷面積 1 平方吋を有する

第三圖

TENSILE STRENGTH OF 1:3 (F) SOLIDITIT MORTAR



型に填充するにベーム氏の鐵鎚器を用ひ打撃數を 100 回、150 回、200 回、300 回、400 回、500 回、の 6 種とし浸水法にて貯藏し、ミハイリス氏のセメント試験器にて材齡日數にて 3, 7, 14, 28, 90, 180 に達せるものにつき夫々耐伸強度を試験せるに

次表の如き結果を得たのである。但し各種各材齡にて試験する供試體の個数は 6 個とし、之が平均値を以て成績を表はすことにせり。之を見易くする爲めに圖示したのが第三圖である。

此結果を見るにポートルランド・セメント・モルタルと比して大差なし、僅かに強度が大であると云ふ程度にして何倍と云ふ可きものでない。之は硅酸の含有量は大であつても強度にあづからぬ成分も又多い爲めである。特に花崗岩を原料とする點から雲母を多く含むことは強度を大ならしめない一つの原因になる。

1:3 ソリデチット・モルタルの耐伸強度 (疋/平方糎)

材 齡 (日數)	100	150	200	300	400	500
3	7.1	8.1	9.6	10.6	11.0	10.4
7	9.8	11.8	14.3	14.0	14.7	15.4
14	13.6	16.0	17.0	16.7	16.8	20.1
28	—	14.3	18.8	22.6	21.5	24.4
90	20.0	18.2	24.4	26.7	26.0	25.9
180	24.0	24.4	25.5	26.5	32.5	33.1

ソリデチットは施工法に特別な考を以てし最小水量にて最大のつきかためをやらぬと強度が現はれぬと云ふのであるから打撃を 100 回より 500 回まで變化して上の如く試験せり。其結果として

- (i) 各材齡に於て打撃回數大なる程強度が大であること、
- (ii) 各打撃數何れも材齡と共に強度増大すること、
- (iii) 材齡大となるにつれて打撃回數の影響大すること、
- (iiii) 材齡と共に強度が増大して行く率はポートルランド・セメントより大であること、

なることが分るのである。

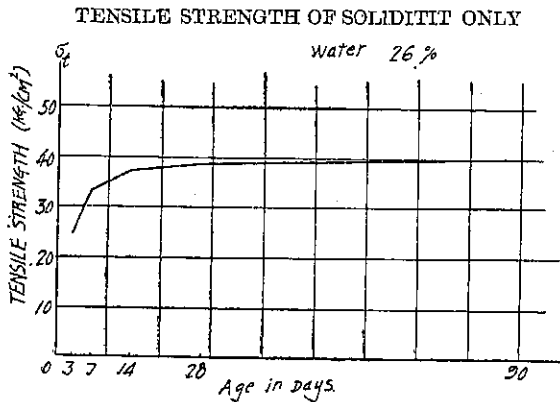
次にソリデチットを重量百分率 26 の水量を用ひて混捏し之を斷面 1 平方吋の型に填充し 24 時間は濕氣に富む空氣中に静置し、それより後は水中に貯藏し、これを材齡日數にて 3, 7, 14, 28, 90, に於てミハイリス氏のセメント試験器にて測定せるに次表の如き結果を得たり而して之を圖示したのが第四圖である。

純ソリデチットの耐伸強度

材齡(日數)	耐伸強度(疋/平方糎)
3	24.85

7	33.49
14	38.02
28	38.52
90	40.00

第四圖



此結果を見るに純ソリデチットの耐伸強はポートルランド・セメントのそれよりも稍大なれども大差なきことが分つたのである。更に此結果を用ひて Unwin 氏の式に入れ強度増加の有様を示す式を求めて見ることにする。氏の與へてをる材齡と耐伸強度増加量との間の關係式は $y = a + b(x-1)^{\frac{1}{3}}$ である。

式中 y はある與へられた時間に於ける強度、 x は水を混じ混捏してよりの週の數、 a は混捏後 7 日目の強度、 b は材料による恒數である。計算の結果を表示すれば

材齡(週數)	強度(吨/平方糎) y	$y-a$	$b = \frac{y-a}{\sqrt[3]{x-1}}$	計算より得たる強度
1	33.49	0	0	33.49
2	38.02	4.53	4.53	37.11
4	38.52	5.03	3.49	38.71
12.86	40.00	6.51	2.85	41.74
		平均	3.62	

それ故に $y = 33.49 + 3.62(x-1)^{\frac{1}{3}}$ なる形の式で表はし得る。 x なる材齡の値に 1, 2, 4, 12.86 を入れば y を算出し得るからそれを求めて上表最後の行に記載せり。斯くして Unwin 氏の示性式はある程度まで實驗と合ふと云ふてよい。

(7) 耐 壓 強 度

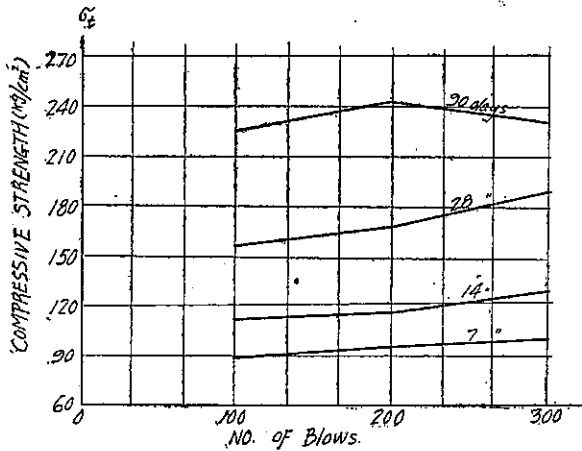
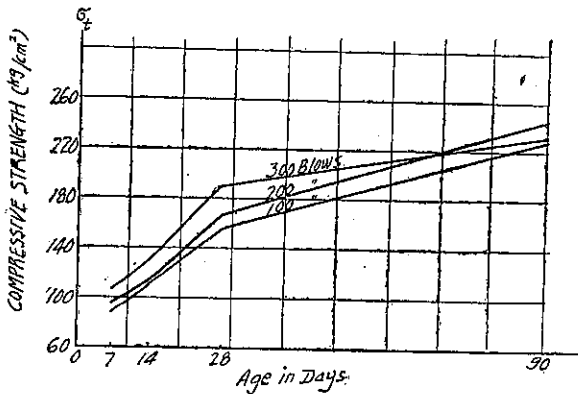
ソリデチット 1 に對して細砂 3 を混じ所謂重量比にて 1:3 ソリデチット・モルタルとし之を重量百分率 12 の水量にて混捏し 2 $\frac{1}{2}$ 吋立方體型に填充し (但し打撃回數は 110, 200 及 300 の三種とす) 24 時間濕氣にとむ箱中に靜置したる後水中に貯藏し材齡日數にて 7, 14, 28, 90, に達したるとき 60 噸振子式耐壓試験機にて試験せるに次表の如き結果を得たるのである。之を圖示すれば第五圖の如くなる。

1:3 ソリデチット・モルタルの耐圧強度(砵/平方糎)

材 齡 (日 數)	打 撃 100	回 數 200	300
7	88.0	95.1	104.8
14	112.0	114.6	129.1
28	155.6	167.3	189.0
90	225.1	242.0	230.2

第 五 圖

COMPRESSIVE STRENGTH OF 1:3 (F)
SOLIDITIT MORTER



材齡(日數)

耐壓強度(砵/平方糎)

3	72
7	100
14	109
28	146
90	215

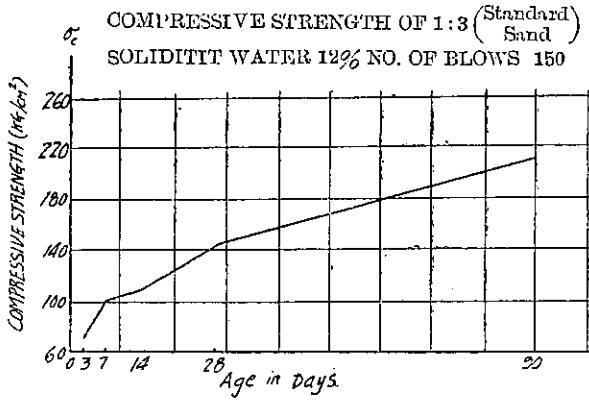
此結果を見るに耐壓強度も亦
1:3 ポートランド・セメントと大
差がない、而して

- (i) 材齡と共に強度を増大
してゆくこと、
- (ii) 打撃回数大なる程強度
を増すと云ふこと、

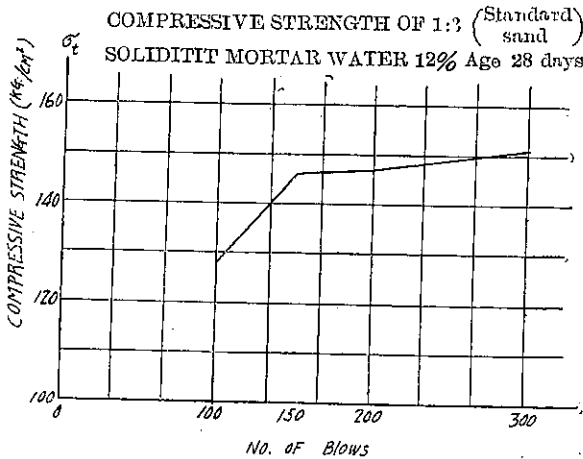
等が分る尙之等の増大率はポ
ートランド・セメントと似たも
のである。

次に細砂の代りに標準砂を用
ひて 1:3 ソリデチット・モルタル
を重量百分率12の水にて混捏し
150回打にて型に填充し材齡日
數にて 3, 7, 14, 28 及び 90に達せ
るとき耐壓強度を60噸振子式耐
壓機にて試験せるに次の如き結
果を得たり。之を圖示したのが
第6圖である。

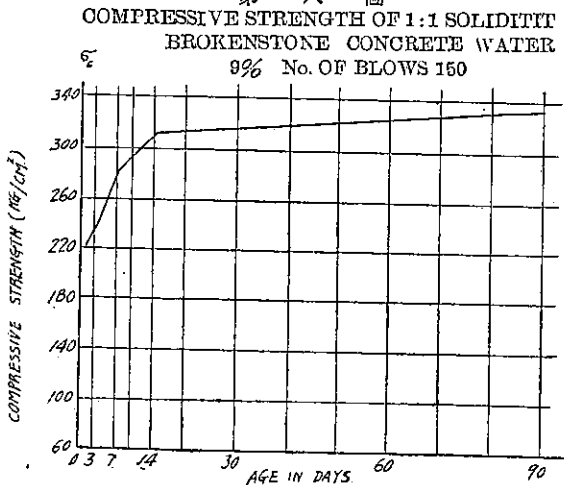
第六圖



第七圖



第八圖



此結果を見るに標準砂を用ひたるときも細砂を用ひたるときと同じことが云はれる只稍しく強度が標準砂を用ふるならば大である。

之と全く同様にして打撃回数を 100, 150, 200, 300 に變化して試験せるに次の値を得たり、而して之を圖示したのが第七圖である。

打撃(回数)	耐壓強度 (kg/平方糎) 材齡 28 日
100	128
150	146
200	147
300	151

之を見るも打撃回数によりて強度を増すが其増加率は左程大でないこと云ふことが分る。

次に重量にてソリデチットに對し花崗岩碎石 1 の割合に混じ 1:1 碎石混凝土を重量百分率 9 の水量にて混捏し、之れを 2 呎立方體型に填充して (150 回打ち) 供試體を製作し 24 時間は濕氣にとひ空氣中に静置したる後水中に貯藏し材齡日數にて 3, 7, 14, 28, 及び 180 に達したるとき 60 噸振子式耐壓機にて試験せるに次表の如き結果を得たり、

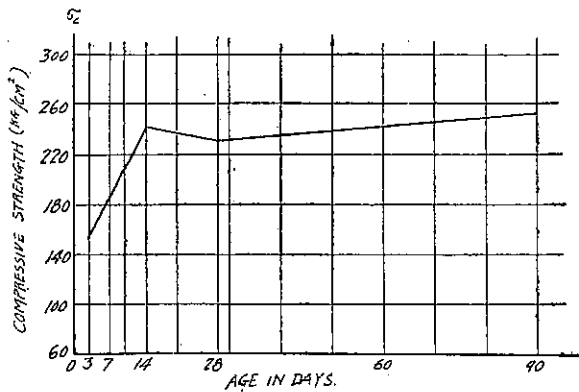
これを圖示したのが第八圖である。

材齡(日數)	耐壓強度(砵/平方糎)
3	221.0
7	253.5
14	279.0
28	315.2
180	330.4

次に花崗岩碎石を2とし所謂1:2 ソリデチット・コンクリートを重量百分率7の水量にて混捏し 1:1 のものと全く同様にして試験せるに次表の如き成績を得たり而して之を圖示したのが第九圖である。

第九圖

COMPRESSIVE STRENGTH OF 1:2 SOLIDIT-BROKEN STONE CONCRETE
WATER 7% No. OF BLOWS 150



材齡(日數)	耐壓強度(砵/平方糎)
3	154.5
7	183.1
14	244.2
28	230.2
90	252.2

此結果を見るに碎石混凝土にありても

- (i) 材齡と共に強度を増大してゆくこと、
- (ii) 割合のよきものは強度大なること、

等が分る、而して之をポルトランド・セメントに碎石を混じたる混凝土に比して稍強度大なるも大差なきを知るなり。

ソリデチット・モルタルの耐壓強度と耐伸強度との比

細砂を用ひたる 1:3 モルタルにつきて得たる前述の成績を再記すれば次の如し

材 齡 (日數)	打 撃 回 數								
	100			200			300		
	耐壓強 度	耐伸強 度	比	耐壓強 度	耐伸強 度	比	耐壓強 度	耐伸強 度	比
7	88.0	9.8	8.98	95.1	14.3	6.67	104.8	14.0	7.48

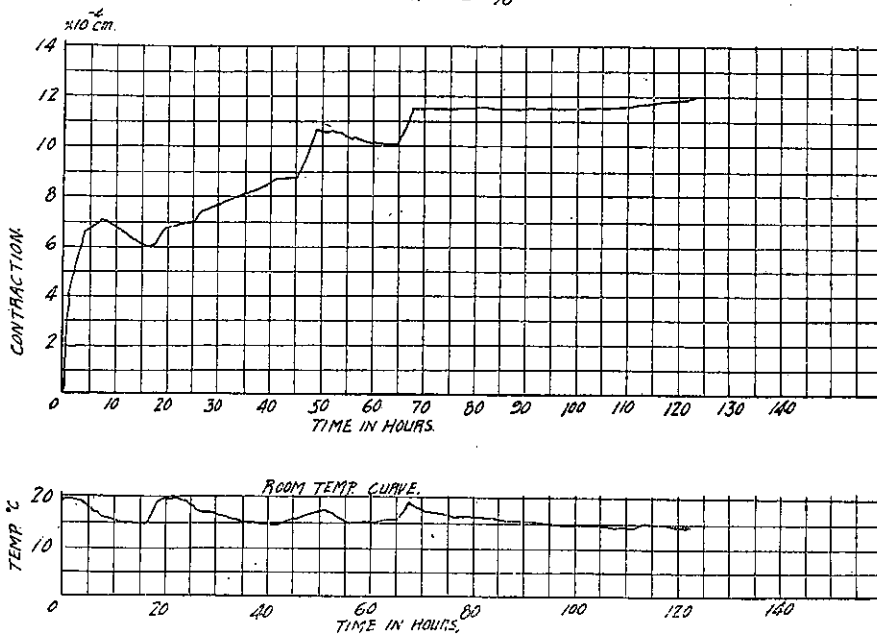
14	112.0	13.6	8.23	114.6	17.0	6.74	129.1	16.7	7.73
28	155.6	—	—	167.3	18.8	8.89	189.0	22.6	8.36
90	225.6	20.0	11.28	242.0	24.4	9.91	230.2	26.7	8.62

此結果を見るにポートルランド・セメント・モルタルに於て既に求めたる 8.1 なる比に比較すれば 200 打にて 8.9, 300 打にて 8.4 ならば大なる値を示してをることになる、以上は材齢 4 週日のものにつき比較せるなり、更に他の材齢に於て比較するも常にソリデチット・モルタルの比の方が大である。

ソリデチットの凝結硬化の際の長さの變形量

ソリデチットを重量百分率20の水を以て混捏し之を2平方糎断面長さ10糎の柱型に填充したる後直ちに膨脹係數測定装置に移し測定を開始す、尺度の読みをとると同時に室温を見て記入す。測定の結果を圖示すれば第十圖の如くである。混捏してより次第に收縮をなし約70時間にして大體終り、それより後は極めて僅かの收縮をなす圖は120餘時間續いて測定せるものを示せり。斯の如くソリデチットも凝結硬化の途中に於て可なり大なる收縮をなすものであることが分る。

第十圖
CHANGE IN LENGTH DURING SETTING AND HARDENING OF
SOLIDITIT UNDER ROOM TEMPERATURE
W = 20%



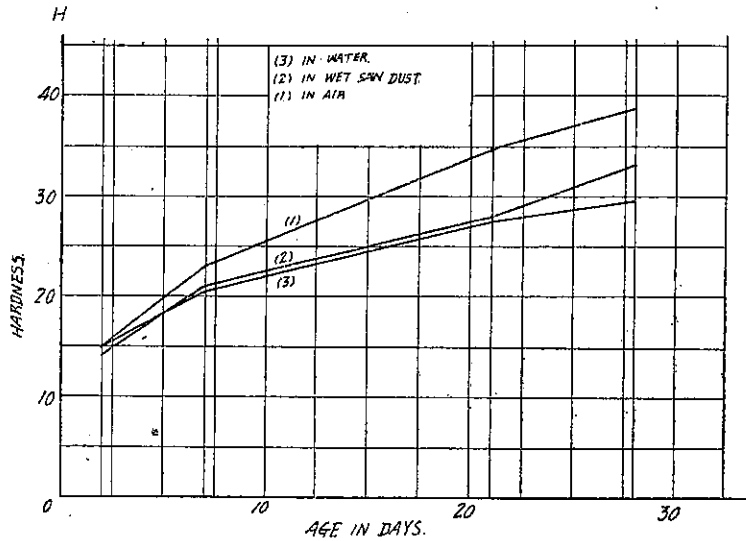
(8) ソリデチットの硬度

ソリデチットを重量百分率22の水を用ひて混捏しこれを3粒平方断面、4粒長さの柱形型に填充したる後24時間湿氣にとむ空气中に静置し、型よりはづして空气中、水中及び湿せる鋸屑中に夫々貯藏し、材齡日數にて2, 7, 21, 28に達したるとき Brinell 氏の硬度計を用ひて硬度を測りたるに次表の如き結果を得たり。

製作日	試験日	材 齡 (日數)	貯 藏 法				水 中	
			空 氣 中		濕れる鋸屑中		d	H
			d	H	d	H		
12年12月24日	26	2	4.02	15	4.1	14	4.0	15
		31	3.2	23	3.4	21	3.46	20.6
		14	2.71	35	2.9	28	2.96	27.7
		21	2.53	39	2.7	33	2.88	29.6

第 十 一 圖

HARDNESS OF SOLIDITIT



此結果を圖示したのが第十一圖である。

硬度を測定するに加ふる壓力は200 庇を採用せり、これ標準とする500 庇の壓力を加ふるときはソリデチットにありては crack を起すからである。硬度の計算に凹痕の直徑を d にて表はし、球の直徑を10粒とすれば

$$\text{硬度 (H)} = \frac{12.7}{10\sqrt{100-d^2}}$$

d を實測して此式に入れば H が求まる。

以上の結果は實驗の途中にあるものであるが硬度は材齡と共に増大して行くこと

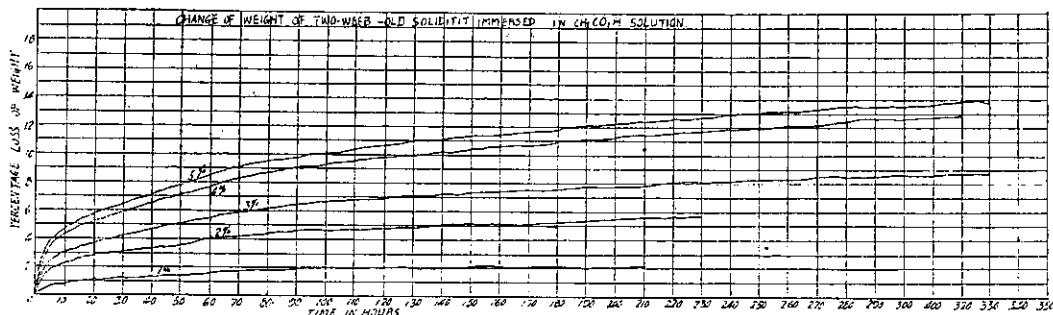
が何れの貯藏法によるも分るのである、而して水中よりは濕れる鋸屑中、それよりも空氣中の方が硬度を早く増すことも分るのである。

(9) 酸類腐蝕試験

ソリデチットが凝結硬化の際に酸類の爲めに如何なる程度の腐蝕を受けるかと云ふことを知らんが爲めに行ひたるものである。ソリデチットを重量にて百分率20の水を用ひて混捏し之れを3糎平方の斷面積を有し長さ4糎なる柱形の型に填充し24時間は濕氣に富む室中に靜置したる後6日間濕れる鋸屑中に貯藏して置き材齡7日に至りて之を厚さ約1糎を有する slice に切り離し、秤量瓶を用ひて重量を秤り鹽酸、硫酸、錯酸の各何れも百分率1, 2, 3, 4, 5の溶液中に浸す、但し實驗は各液各種何れも3個に就き行ひ平均をとりて夫々の値とせり。

第十二圖

CHANGE OF WEIGHT OF TWO-WEEK-OLD SOLIDIIT IMMERSSED IN CH₃CO₂H SOLUTION



錯酸につきての測定を圖示すれば第十二圖の如くである、各百分率何れも時間と共に次第に腐蝕されて行き而して濃度の異なるもの程多く腐蝕さるゝことが分る。けれども濃度を増すも同一程度にて腐蝕されず、これ腐蝕するには或る速度があり濃度大なりとて其速度以上に早く化學作用を行ふ能はざるによる。

次に鹽酸につきて測定せるものを圖示すれば第十三圖の如くである各百分率何れも時間と共に次第に腐蝕されて行くこと及び濃度の異なるもの程多く腐蝕さるゝことが分る而して濃度が異なるや何時までも腐蝕の度を高め一定となることがない。矢張濃度大なりと云ふも一定の時間なければ腐蝕されないから濃度倍になればとも倍の腐蝕はないと云ふことになる。次に硫酸につきて測定せるものを圖示すれば第十四圖の如くである。之を見るに百分率1にありては重量の増加を

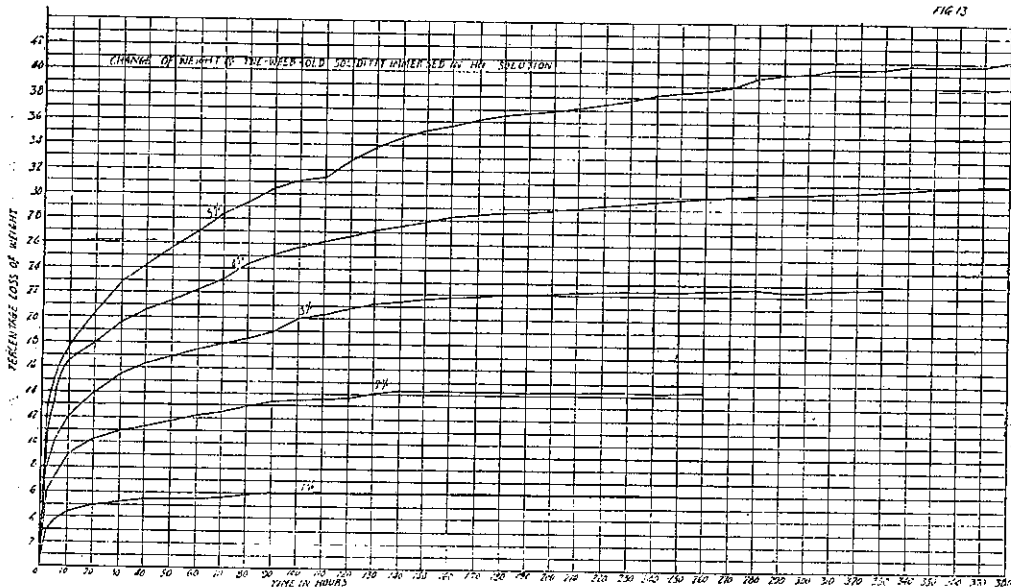
來す、而して時と共に相當に大となり殆ど一定の値に達して止むこれ硫酸イオンがソリデット中のカルシウムと結合して硫酸カルシウムが試験片に附着し爲めに重量を増すものと思ふ。各百分率何れも始めは重量の増加を見るがある時間の後は減少し始め時と共に其減度を増す而して濃度大なる程初めの重量を増す間が短くなり終にある濃度以上となると初めより重量の減少を來すこと他の酸類の如くである。

腐蝕の程度を測定せる 後液の濃度及び生成物を分檢 せる に大要次の如くである。

腐蝕試験をなせる爲液の濃度が如何なる程度に變りをするかを檢するに何れも鐵分を相當に含有するを以て容易に決定し得る方法を見出し得ざるを以て普通に行ふ方法に依て最初と最後とに於て濃さがどれだけ異なりをするかを求めたり、始め鹽酸につき行へるに次の結果を得たり。

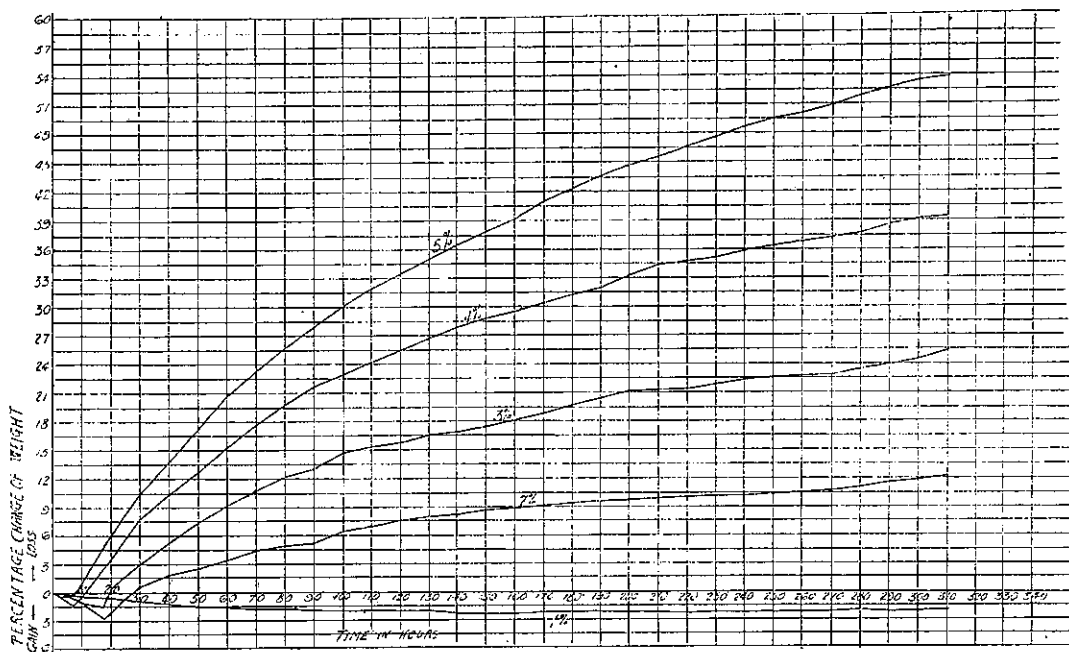
第 十 三 圖

CHANGE OF WEIGHT OF TWO-WEEK-OLD SOLIDITY IMMERSSED IN HCL SOLUTION



HCl %	Normalty		
	Initial	No.1	No.2
5	1.369	0.0501	0.0522
			No.3
			0.0520

4	1.099	0.0206	0.0211	0.0191
3	0.825	0.0122	0.0188	0.0100
2	0.550	0.0071	0.0078	0.0068
1	0.274	0.0031	0.0028	0.0036



尙硫酸、錯酸につきて實施せるに次表の如くである。

H ₂ SO ₄ %	Normalty				CH ₃ CO ₂ H %	Normalty			
	Initial	Final				Initial	Final		
		No. 1	No. 2	No. 3			No.1	No.2	No.3
5	0.951	0.054	0.052	0.056	5	0.283	0.276	0.235	0.268
4	0.843	0.034	0.039	0.036	4	0.668	0.175	0.212	0.194
3	0.628	0.036	0.029	0.028	3	0.501	0.092	0.113	0.112
2	0.422	0.019	0.019	0.021	2	0.333	0.033	0.048	0.052
1	0.241	0.036	0.040	0.043	1	0.166	0.010	0.015	0.011

之を見るに酸の性質としては相當に濃きものであるが量の上からは可なり薄められてをることが分る。完