

硬化劑として硫酸亞鉛を使用した場合には混練土の表面は暗色に變色するから、美觀を必要とする場合には本劑は使用しない方がよからう。

溶液の種類によつて塗布と塗布との間の時間に大差があるのは、溶液の乾燥の度合に遲速がある結果であり、特に佳穀石灰即ち水硝子の如きは乾燥又は滲透が遅いので、床版の使用を開始する前に可なりの時日を置かなければならないのである。(續く)

ポルトランドセメントの規格並に 試験法に就ての考察 [六]

三 木 榮 三

(4) 高壓試験

Erdminger は1881年にセメント定年度の試験法として高壓試験に就いて述べ、又 R. R. G. Wig 及 H. A. Davis は米國標準局の Technologic paper No. 47 に於て同じく高壓蒸氣試験に就ての研究を發表して居る。同氏の實驗の結果を見るに、次の如き事が言ひ得る。

1. 高壓水蒸氣試験は、常壓以上の蒸氣中にて養生せらるべきセメント・モルタル、又はコンクリート製品に使用する

すべてのセメントには之を行ふべき試験である。

2. 純セメント或はリツチ・モルタルを通常の乾氣中に置いた場合の變化を豫想するには、高壓水蒸氣試験は充分價値あるものであるが、普通の狀況の下に於ける混凝土中のセメントの變化を豫想するには適しない。

3. 耐壓強度のみより考ふれば、高壓水蒸氣試験に合格するセメントは必ずしも、不合格品よりも膠着力が大であると
は言ひ得ない。

4. 本試験に合格するセメントは、標準規格には合格するも、本試験に不合格なるセメントに比して、耐久性強き混凝土を興へるものとは斷言出來ない。

5. 結局本試験は、混凝土の安定度を測定する尺度とはなしがたい。

如上の結果に見る如く、高壓水蒸氣試験は、多くの人が研究したにも拘らず、通常の狀況に於ける混凝土中のセメントの變化と直接並行せる結果を興へない爲に、其の後、餘り多く用ゐられて居ない。

(5) Payal's の試験

本試験は、供試體を $88 \sim 40.5^{\circ}\text{C}$ ($100 \sim 105^{\circ}\text{F}$) の濕氣中に置き 6 乃至 7 時間或は全く凍結し終るまで其體に保ち、次に之を $46 \sim 49^{\circ}\text{C}$ ($115 \sim 120^{\circ}\text{F}$) の溫水中に 24 時間放置し、其の後龜裂歪曲の有無を見、又ガラス板に密著し居るや否やを検するもので安定度試験としては最も寛大な試験方法である。

(6) Bauschinger's Caliper

本試験は長 10 mm. 断面 5 mm の凝固せる純セメント棒の長の變化を直接測定するものである。

上記の如く、安定度試験法は種々の方法を含んで居るが、現今各國規格中に採用せられて居るものは、ルンペラー法及煮沸法、浸水法及常壓蒸氣法の四者である。勿論之等の方法は全く同一の結果を與ふるものには非ざるも、便宜上之等が採用せられて居るので、之に合格したるセメントがすべての場合に於て、混凝土に使用して安定であるとは斷言できないが、先づ普通の用途に對しては比較的安定であるとせられる。特別の用途に對しては、夫々の場合に應じて特殊の考慮を拂はねばならないのは言ふまでもない事で、例へば、硫酸鹽類含有水の如きものの侵蝕を受くる場合の如きは、規格試験に合格せるセメントと雖も必ずしも安定なりとは言ひ得ない。

曩にも述べたる如く、安定度はセメントの性質中最も考慮を拂ふべき重大なるものであつて、殊に道路鋪裝に於けるが如く、混凝土の龜裂又は blowing up 等の現象が、工事の結果に極めて重大なる關係を持つ場合には、尙更深く注意しなければならぬ事柄である。

こゝに於いて安定度の低きものが、果して如何なる場合に生ずるかといふ事を知つて置くことは極めて必要な事柄であり、之が爲にはセメントの製造方法に造立ち長つて考へて見なければならぬ。この事は單に安定度の問題のみでない。凡て土木材料に關しては、常に製造業者の側のみならず、使用者側に於ても、其の製造方法の研究を行ふことは、土木工事の健全なる發達を期する上に必要歟くべからざる事柄であつて、單に與へられたる材料を如何に使用すべきかと言ふ事を研究するのみに止らず、材料其の者を如何にして使用の目的に適するものたらしむるかと言ふ事に關しては使用者側に於て之を研究し、而して之を製造業者に要求すべき性質の事柄であると思ふ。

現今セメント不安定の原因として考へらるゝ所は下記の數條である。

- 1 極端に石灰の高き事
- 2 灼熱の不完全
- 3 灼熱の不均一
- 4 原料及クリンカーの粉砕の不充分なる事

極端に石灰含有量の高き場合には時として、セメント中に遊離石灰の存在する場合がある。否すべてのセメント中には少量ながら常に之を存するセメントの不安定なる原因はこの遊離石灰の量が或程度以上に達して居ることにある。遊離石灰は、セメント其自身が凝結硬化せる後に消化し、容積膨脹を起し、其の爲に供試體に龜裂歪曲等を生ぜしめる。すべてのセメント中には少量の遊離石灰は存在するものである事は多くの學者が認むる所で、これが不安定の原因となるのは其の量の如何、其の物理的状況の如何によるものとせられて居る。今セメント中の遊離石灰の量を見るに次の如くである。

第一表 本邦セメント中の遊離石灰の量

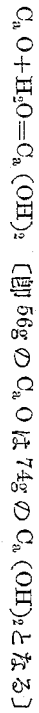
大正15年春季製品	昭和二年春季製品	昭和二年秋季製品	昭和三年製品	昭和三年製品
(A) 1.04%	(a) 0.89%	(1) 1.74%	(51) 1.11%	(65) 2.10%
(B) 1.09	(b) 0.97	(2) 0.49	(52) 1.63	(66) 0.54
(C) 0.66	(c) 1.47	(3) 1.74	(53) 2.29	(67) 0.61
(D) 0.78	(d) 0.78	(4) 1.76	(54) 1.24	(68) 2.34
(E) 0.62	(e) 0.86	(5) 1.12	(55) 0.32	(69) 2.39

諸 種 セ メント	高爐セメント 0.32	高爐 ゾエロセメント 1.23 シリヂヂチツト 0.73	ゾエロク リート 2.39 ルムチイト 0.01	平均	1.36	(F)	0.96	(f)	1.55	(6)	1.39	(66)	0.64	(70)	0.48					
						(G)	1.38	(g)	0.94	(7)	1.12	(67)	1.79	(71)	0.84					
						(H)	0.90	(h)	1.12	(8)	1.20	(59)	2.35	(72)	1.28					
						(i)	1.59	(9)	0.99	(60)	2.04									
						(j)	0.40	(10)	2.50	(61)	0.59									
						(k)	1.39	(11)	1.53	(62)	1.02									
						(l)	0.94	(12)	1.86											
						平均	0.93	平均	1.04	平均	1.45	平均	1.36	平均	1.32					
						高爐 ゾエロセメント シリヂヂチツト (49)	1.83	2.00	0.29	平均	1.32	(49)	2.00							
												(55)	0.29							
スベソナル(46)	0.54																			
						リユーバー(47)	0.86													

即ち、遊離石灰の量は最低0.4%位より最高2.5%位まで種々あり、平均0.93%乃至1.50%の間にある。(後述米國製品
の項参照)

ポルトランド・セメントに生石灰を加へて Meade の試験せる所に依れば、最高5%迄は、煮沸法並に浸水法(28日)に於て、不安定の結果を生じなかつたと言ふて居るが、之は、其の生石灰の粉末の程度、混合の良否等に依るもので、ポルトランド・セメント中に常にこの位の遊離石灰があつてもよろしいとの意味にはならない。

Alton. J. Blank (1920) に依れば、遊離石灰を含むセメントを乾燥上に用ゐたる場合には、混合水の作用に依り、遊離石灰は消化せられるが、この消化作用が凝結時間中に起りたる場合には、其の強度は著しく害せられ、又之が凝結硬化の完了せる後に起る時は、膨脹の結果崩壊作用を起す。其の變化を化學的に見るに



にして、 C_aO の比重は 3.08~3.18 平均 3.13、 $C_a(OH)_2$ の比重は 2.078 であるから、結局 C_aO 及 $C_a(OH)_2$ の容積比は、

$$\frac{56}{3.13} : \frac{74}{2.078} = 1 : 1.99 \approx 1 : 2$$

となる。即ち C_aO が $C_a(OH)_2$ に消化するに際しては其の容積は約2倍となる。

尙同氏の言によれば、米國に於けるポルトランドセメント中には0.24%以下の遊離石灰を含むものはなく、大體遊離石灰は0.30%乃至1.20%であり、平均0.35~0.85%であり、而して上記の範圍に於ける量は、ルンペラー膨脹試験及強度試験の結果には、大なる影響なき事下の如くであると言ふ。

第二表 遊離石灰とセメントの安定度及強度との關係

セメント	No. 4	No. 1	No. 2	No. 3	No. 5
遊離石灰 %	0.34	0.56	0.56	1.68	1.72

其他の成分	%	20.00	6.69	20.00	6.63	20.30	6.77	20.00
SiO ₂	20.00							
Al ₂ O ₃	6.52							6.86
Fe ₂ O ₃	3.48		3.01		3.57		3.33	3.34
CaO	62.00		61.91		62.22		62.40	62.54
MgO	2.24		2.17		2.05		2.18	2.17
SO ₃	1.88		1.92		1.97		1.90	1.88
灼減	1.80		2.00		1.96		2.00	1.92
石灰比	2.06		2.05		2.06		2.03	2.07
粉末の程度 200番通過	%	87.2	87.4	87.0		88.0		88.0
安定度 ルシヤテリ- (mm) 拡張力 lbs/in ² 1:3モルタル	1.0	2.0	2.0	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0
24 時間	165	206	147	176	187			
3 日	299	224	198	308	290			
7 日	330	319	309	345	334			
28 日	407	400	418	427	407			
3 ヶ月	432	418	455	468	420			

セメント製造方法の進歩せる現今に於ては、原料並に製品の粉砕工程は大いに進みたるを以て、この方面よりする不安定は多く表れない事と思ふ。又灼熱の不均一又は不完全も之を豫防し得る事と思はれるが、短期高強度を望む事より石灰を極端に高くしたるにも拘らず、灼熱方法が之に伴はない時は、遊離石灰を生ずるのみならず、原料間の化合は不充分と

なり、クリンカー粒の外部は比較的良性質を有するも、其の内部に化合不完全なる部分を残すが如き憂なきを得ない。かゝるクリンカーを粉砕してセメントとなす時は、そこに不安定の製品の生ずる事は免れ得ない所であらう。然しながら上記の實驗に見るに 1.5% 位までの遊離石灰は規格試験の安定度に対して、あまり重大なる影響なきもの如くである。

尚 Harold H. Steinoir 及 Hubert Woods (1930) に依れば遊離石灰の量はセメントの短期耐壓強度に影響を及ぼすこと次の如し。

第三表 遊離石灰の量と耐壓強度との關係

セメント	組成 No.	1:3 モルタル耐壓強度			3CaO, SiO ₂ %
		3 日	7 日	28 日	
1	(1) 0.00%	4087	5451	6759	61
4	(2) 0.00	4034	5064	6540	60
7	(3) 0.05	3358	4193	5416	54
9	(4) 0.13	3718	5176	6771	53
10	(4) 1.16	2985	4502	6335	54
5	(2) 1.19	3502	4670	6097	55
2	(1) 1.24	3810	5618	7006	56
3	(1) 1.53	3359	4217	6517	55
6	(2) 1.97	2845	3890	5701	52
8	(4) 2.10	2498	3558	4990	46

備考 組成 No. は番號を同じくするものは其の組成を同じくするものである。唯其の中の遊離石灰は同じ欄に記入せるが如き%を有し、セメントの主成分3CaO, SiO₂を算出すれば最後の欄の如く、同組成のセメントにありても遊離石灰の量多きものは3CaO, SiO₂の量は少くなる。従つて其の強度を減する。

上記の表の示す如く、同組成のセメントにありては、遊離石灰の多き程 8 日乃至 7 日の耐圧強度は低く、之を遊離石灰 0.00~0.13%; 1.16~1.24%; 1.53~2.10%の三組に分ちて考ふるも其の平均は次の如く、遊離石灰多きもの程強度は低い。

第四表 遊離石灰の量と耐圧強度

遊離石灰 %	3 日 H	7 日 H	2 8 日 H	3CaO, SiO ₂ %
0.00~0.13	3798 lbs./in ²	4971	6372	58
1.16~1.24	3432	4930	6479	55
1.53~2.10	2901	3888	5736	51

上記の如く、遊離石灰は不安定の原因となるものであるが、かゝるセメントも、之を空氣中に長く放置する時は空氣中の水分、炭酸瓦斯等の作用により C_2O は $C_1(OH)_2$ 或は C_2CO_3 に變化するを以て、安定度は漸次よろしくなる。勿論この爲にセメントの主成分も其の影響を受くるを以て、強度其の他の性質の同時に變化する要はある。之を一例に見れば第五表の如くである。

第五表 安定度に及ぼす空氣中貯蔵の影響

新碎後空氣中に於ける日數	セメント No.1	セメント No.2	セメント No.3	セメント No.4	セメント No.5
0	龜裂	一部崩壞 甚しく龜裂	龜裂	龜裂	龜裂
1	龜裂	龜裂	龜裂	完全	全く崩壞

3	僅かに龜裂 完全	甚しく龜裂 龜裂	僅かに龜裂 僅かに龜裂	……	一部崩壊 甚しく龜裂
7	……	……	……	……	……
14	……	僅かに龜裂	完全	……	……
21	……	僅かに龜裂	……	……	……
28	……	完全	……	……	……
90	……	……	……	……	完全

備考 セメントは紙袋に入れ實驗室内に放置し、5⁰の蒸氣試験を行つたものである。

上記の試験によれば、5種のセメントのいづれも、空氣中に放置することによりて、不安定のもものが遂には安定のものに變化して居る。勿論セメントの質によつて、不安定より安定に移るに要する日數は甚しく異なる。

通常の場合に於けるセメントの安定度は上述の如くであるが、海水或は河水、地下水等の作用を受けるが如き場所にて之を使用する場合には、其の水中に含有せらるゝ酸或は鹽類等の作用により、セメントの安定度は著しく害せられる場合がある。セメントは其の硬化に際しては $C_2(OH)_2$ を生ずるを以て、酸によりては $C_2(OH)_2$ は分解せらるゝのは當然であり、従つて硬化セメントは酸に依り漸次侵蝕せられる。この際の分解生成物が水に可溶性のものなる場合には、硬化セメントは甚しく溶解減少し其の強度を減じ、遂には崩壊するに至る。分解生成物が水に不溶解の場合には溶解作用は前者の場合よりは緩慢ではあるが、やはり其の影響を受けずには止まない。又鹽類によりても諸種の影響を受けるものにして、殊に硫酸曹達、硫酸マグネシウム等に依りては著しく其の安定度を害せられ、強度を減じ、遂には破壊作用を受けるに至る。

これ等の影響の大小はセメントの種類を異にするに従つて甚しく差異あるを以て、かゝる特殊の用途に對しては、單に規格試験に合格したる事のみを以つて、その善悪を判斷する事は困難である。之等の事例に對しては別に適當の試験を行ひ、特に之を研究する事を要するもので、現今の所では、短時間間に其の適否を判別するに適當なる方法は見當らない。

中路結構橋垂直材の設計に付いて

小澤久太郎

中路結構橋とは獨逸語の Offene Brücken. 英語の Half

Through truss bridge 又は Pony truss bridge と同意語で

あつて上部對風綾構を有せざる結構橋を云ふ。

1. 緒

近來構造簡單にして重量極き爲と、上部に何等の障害無くして通行人に爽快の感を與ふる爲に短煙間の橋梁としては、上部對風綾構を有せざる所謂中路結構橋が屢々用ひられる。上弦材、下弦材、斜材、等の計算は他の一般結構橋と異なる所は無いのであるが、垂直材は設計の基礎が全然異つてゐるのである。即ち上部對風綾構を有する一般結構橋にあつては上弦各格點は上部對風綾構に依つて其の位置固定せらるゝを以て、垂直材は單に格點に懸る垂直材を受けて壓應力、又は張