

第 3 章 セメント及びセメント混和材

第 1 節 總 説

§ 26. セメントの種類

セメントの種類は澤山あるが、現今コンクリート及び鉄筋コンクリートに使用されて居るセメントの主なものは、

- (1) ポルトランド セメント (普通ポルトランド セメント及び早強ポルトランド セメント)
- (2) 混合セメント (高爐セメント, 珪酸質混合セメント, ソリヂテツト)
- (3) アルミナ セメント

等である。是等のうちで、普通ポルトランド セメントが最も廣く用ゐられて居つて、單にセメントと言へば、普通ポルトランド セメントのことである。本書でも、以下單にセメントと言ふのは普通ポルトランド セメントのことである。

各種のセメントは、其の成分及び性質が異なるから、夫等を使用するコンクリートの性質も亦、多少異つて居るが、施工に就いては、大いした差がない。本書では、主として、ポルトランド セメントを使用するコンクリートの施工に就いて述べる。

鉄筋コンクリート標準示方書は、第 7 條に、セメントは日本標準規格に合したるものたるべきことを、規定して居る。セメントの規格は、§ 414 に掲げてある。

§ 27. セメントの水和

各種のセメントに軟かいセメント糊を造るに十分な丈の水を加へて混合しておくと、時間の経つに従つて、セメント糊は漸次固まり、遂に非常に硬くなる。之はセメントと水との化合に因るもので、之をセメントの水和と言ふ。

セメントと水とを混合して出来るセメント糊が固まつて、或る一定の壓縮力に耐へ得る丈に硬くなつた時、セメントは凝結したと言ふ。セメントが凝結する迄の時間は、之を試験する時に加へられる壓縮力の大きさによつて、便宜上、凝結始めと凝結終りとに區別される (§ 34 参照)。セメントの品質によつて、凝結に緩急がある。水を混和して後 1 時間以上経つてから凝結を始めるものを緩結性セメントと言ひ、1 時間以内で凝結を始めるものを急結性

セメントと言ふ。

セメントは其の凝結を終つて後も、水分があれば、其の水和作用を長年月繼續するものである。之をセメントの硬化と言ふ。

セメントの凝結は餘り早くないこと、又、餘り遅くないことを要する。餘り早く凝結すれば、コンクリートが固まる前に、之を運搬し、打込むに十分な時間がない。餘り遅ければ、工事の進捗上不便である。

普通工事に使用されるセメントは緩結性で、年月を経るに従つて次第に強度を増すものである。急結性のもは注水後約 5 分間位で凝結を始めるものがある。急結性のもは短時間で比較的高度の硬化をなし、其の強度が大きいけれど、其の後に成りて強度を増加することが小さい。急結性のセメントを使用してコンクリートを造つた場合には、之に長時日十分水を加へて養生することが特に大切である。

早強セメントは急硬性で、硬化作用が著しく、短時日に大きな強度を出すけれども、凝結は普通のセメントと同様に緩結性である。急結性と急硬性とを混同してはならない。

ポルトランド セメント及び其の他のセメントは、水中で凝結硬化する性質がある。之をセメントの水硬性と言ふ。

セメントを空中に曝露して置くと、空中の水分及び炭酸ガスを吸収して其の容積を増し、従つて單位容積の重量が減する。此の作用をセメントの風化と言ふ。セメントの風化久しきに互ると、凝結時間に變化を生ずるばかりでなく、強度も減する。

第 2 節 ポルトランド セメント

§ 28. 種 別

ポルトランド セメントは Joseph Aspdin の發明 (1824 年) で、同氏の造つたセメントが固まつた時、英國産のポルトランド石に似て居つたので、此の名がつけられたと言ふことである。

日本臨時標準規格第 149 號には、ポルトランド セメントの種別を、普通ポルトランド セメントと早強ポルトランド セメントとの 2 種にして居る。單にポルトランド セメントと言へば、普通ポルトランド セメントのことである。

早強ポルトランド セメントは、成分に於て、普通ポルトランド セメントと殆ど異なる所がないが、硬化が速かた、規格第十條第 2 表 (§ 414 参照) に示してある様に、3 日乃至 28 日に於ける強度が大きいものである。之が早強セメントと言ふ名のつけられた所以である。

淺野セメント株式會社で製造するベロセメントは早強ポルトランドセメントである。

ポルトランドセメントが他のセメント類と異なる特徴は、比重の高いこと、及び石灰含有量が高いに拘はらず品質が安定で強度の大きいこと、等である。

尙ほ、堰堤工事などには、發熱量の少い低熱型ポルトランドセメントが使用されて居る。近來コンクリートの用途に應じ、其の目的に最も適合するセメントが製造される傾向にある。

§ 29. 製 造

臨時日本標準規格第 149 號は、

『第三章 製造法』

第三條 普通「ポルトランドセメント」及早強「ポルトランドセメント」ハ主成分トシテ「シリカ」、「アルミナ」、酸化鐵及石灰ヲ含有スル原料ヲ適當ノ割合ニテ十分ニ混和シ之ヲ殆ド熔融セムトスル迄灼熱シタル後粉砕シテ粉末ト爲シタルモノトス

「ポルトランドセメント」ハ他ノ物質ヲ混和スルコトヲ得ズ 但シ其ノ重量ノ 3% 以下ノ石膏ヲ混和スルハ此ノ限ニ在ラズ』

と規定して居る。よつて、ポルトランドセメントの製造には、主成分としてシリカ、アルミナ、酸化鐵及び石灰を含有する原料を適當の割合を定めて十分親密に混和すること、次に之を殆ど熔融せんとする迄灼熱して各成分を化合せしめること、次に之を粉砕して微粉末となすこと、を必要條件とし、且つ原料灼熱後に於ては 3% 以下の石膏を混和するほか、一切他物の混和を許さないものである。

上述の條件に適合するものはポルトランドセメントであつて、其の原料の種類、各成分の量比等は限定されて居ないが、安定で、強度の大きいセメントを得る爲に、其の成分は、自然極限されるのである (§ 30 参照)。

ポルトランドセメントの原料として、我國では石灰石と粘土とが最も多く用ゐられて居る。セメントを焼く時に、原料の熔融點を低下させること及び其の他の目的で、粘土に少量の鐵を混入するのが普通である。鐵の原料としては鐵滓、銅滓などが用ゐられる。原料配合の割合は原料の成分によつて一定しないが、大凡、重量比で石灰石 4、粘土 1 である。是等を混合する方法に乾式及び濕式がある。

乾式は各原料を乾燥状態の儘、混和する方法である。

濕式は各原料を調合した後水と共に粉砕機中に送り、粉砕してスラリーとなし、タンクに入れ、更に調整タンクで成分を調整すると共に均齊ならしめる方法である。猶ほ熱經濟の目

的から、スラリーフィルターを設置して水分の一部を除去し、スラリーケーキとして窯に送入する方法も一部採用されて居る。

乾式法に較べて濕式法の長所とする點は、粘土を乾燥する必要のないこと、粉砕の能率が良いこと、成分の調整並に混合の目的を達するに便利なこと、等である。濕式法の短所とする主要點は、焼成に多量の燃料を要すること、焼出量の少いこと、等である。

いづれにしても、親密に混和した材料を回轉窯の上端から入れ、窯の回轉につれて降下せしめる。窯の下端から粉末石炭と空氣とを送風機で送つて、大凡、1400°C 乃至 1600°C に熱すれば原料は殆ど熔融の状態になり、燒塊となつて下口から出る。是を冷却機に送つて冷却する。良く焼けた燒塊は帶緑色の堅硬質のもので、良き艶を有し、輝光を發する斑點が見える。次に凝結作用を調整するために燒塊に少許の石膏を混入し、粉砕機によつて要する粉末度を得る迄粉砕すれば、ポルトランドセメントができる。

早強ポルトランドセメントの製造に於ては、原料を精選すること、原料の配合を正確にすること、焼成の溫度を高めること、粉末度を高めること、等、凡ての製造過程に於て、普通ポルトランドセメントの場合よりも、細心の注意が拂はれる。

斯くして出來たセメントは之を樽、又は紙袋に詰めるか、或は其の儘貨車積にして送り出す。樽詰には正味 170 kg、袋詰には正味 50 kg のセメントが入れてある。

特に白色のモルタル又はコンクリートを造る目的に對するセメントとして、**白色ポルトランドセメント**がある。セメント特有の灰黑色は主として酸化鐵によるものであるから、白色ポルトランドセメントの製造には、特に酸化鐵の含有量を少くするため粘土の代りに陶土を用ひ、燃料として石炭の代りに重油などを用ゐる、粉砕にはフリント球を用ゐる。我國では小野田ポルトランドセメント製造株式會社が之を製造販賣して居る。

§ 30. 化 學 成 分

ポルトランドセメントの化學分析の結果は、各種元素の酸化物で示される。セメントの

第 3 表

ポルトランドセメントの化學成分

酸 化 物	重 量 百 分 率	
	平 均	範 圍
酸 化 石 灰 (CaO)	63	63—66
珪 酸 (SiO ₂)	22	20—26
礬 土 (Al ₂ O ₃)	6	4—7
酸 化 鐵 (Fe ₂ O ₃)	3	2—5
酸 化 マ グ ネ シ ム (MgO)	2	1—3
無 水 硫 酸 (SO ₃)	2	1—2

化学成分は、各製造会社の製品によつて多少異なるが、大體第3表の如くである。

是等の酸化物は、セメント中に於て種々な化合物の形で存在する。主な化合物は次の4つであるとされて居る。

- (1) 珪酸3石灰 (3CaOSiO_2)
- (2) 珪酸2石灰 (2CaOSiO_2)
- (3) 礬土酸3石灰 ($3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$)
- (4) 礬土酸鐵酸4石灰 ($4\text{CaOAl}_2\text{O}_3\text{Fe}_2\text{O}_3$)

セメントに於ける上記の化合物の量は、窯の温度その他によつて異なるが、焼塊が出来る時の化学反応が平衡に達して居り、又、焼塊が出来た後、冷却その他によつて、是等の化合物に変化が起らないと假定すれば、セメントの分析によつて求められる酸化物の割合から容易に計算することが出来るものである。猶ほ、是等の化合物のほか、遊離石灰、酸化マグネシウム、石膏及び灼熱減量としてあらはれる他の化合物の少量が含まれる。

一般に、原料に於ける石灰の量が少し増加すると、珪酸3石灰の百分率が増加し、珪酸2石灰の百分率が減ずる。鐵の量が増加すると、礬土酸鐵酸4石灰が多くなり、礬土酸3石灰の百分率が減ずる。

市販のセメントに於て、セメントの分析の結果から普通に計算される丈け、主要化合物が存在するかに就いては疑問があるけれども、上記の4つの化合物の百分率は、セメントの性質を判断するに、大いに助けとなるものである。ポルトランドセメントに於ける是等の4つの主要化合物の百分率は、大體第4表の如くである。

第4表

ポルトランドセメントの主要化合物の百分率

種別	主要化合物の重量百分率				
	珪酸3石灰	珪酸2石灰	礬土酸3石灰	礬土酸鐵酸4石灰	
早強セメント	平均	56	15	12	8
	範囲	34~70	0~38	7~17	6~10
普通セメント	平均	43	31	12	8
	範囲	29~54	22~43	9~14	6~10
中庸熱セメント	平均	42	30	6	14
	範囲	29~50	22~45	3~9	10~18
低熱セメント	平均	20	52	6	14
	範囲	10~33	40~60	3~8	6~18

§ 31. ポルトランドセメントに於ける主要化合物がセメントの性質に及ぼす影響

ポルトランドセメントに於ける主要化合物の主なる特性は第5表の如くである。

第5表

ポルトランドセメントに於ける主要化合物の特性

	各化合物の性質の相互關係			
	珪酸3石灰	珪酸2石灰	礬土酸3石灰	礬土酸鐵酸4石灰
水和の速度	中庸	遅	速	遅
單位重量の化合物の發熱量	中庸	小	大	小
單位重量の化合物の膠結作用	早期	良	貧	貧
	長期	良	良	貧

第5表に示した各化合物の性質から考へて、是等の比率を變化して、セメントの性質を左右し得ることが判かる。例へば、コンクリート堰堤に使用するための發熱量の少いセメントを造るには、珪酸2石灰の量を比較的大きくし、珪酸3石灰及び礬土酸3石灰の量を少くすべきであることが判かる。

一般に、珪酸3石灰の百分率が高いポルトランドセメントは、早期強度が大きい。但し、十分水分を與へて養生しても、約6ヶ月後に於ては、珪酸2石灰の百分率の高いものよりも強度が小さい。

第4表から判かる様に、珪酸3石灰と珪酸2石灰との百分率の和はほぼ一定で、70%乃至75%である。各製造工場の製品についても、珪酸石灰の百分率には大差ない。但し珪酸石灰の百分率が増加すると凡ての材齡に於て強度が増加する。

礬土酸3石灰は、セメントに水を加へてから、1日の間にセメントが出す強度に貢献し、4つの主要化合物のうちで、最も早く水和するものであるが、是等のうちで最も望ましくない化合物である。一般に、礬土酸3石灰が少いセメントは、發熱量が少く、之れが多いセメントよりも耐久性が大きい。

§ 32. 色、比重、及び單位容積の重量

(1) 色 セメントの色は原料、焼成度、等により多少の差があるが、帯緑灰白色のものが多い。同一工場の製品の色が變つて居る場合には、セメントの試験を特に嚴重にする必要

がある。

(2) 比重 ポルトランド セメントの比重は、各種セメントのうち最高で、之が此のセメントの特徴である。我國で製造されるポルトランド セメントの比重は、3.15 位である。セメントが生焼の時、不純物を含む時、或は風化した時は、比重が小さい。然し、比重の大きいセメントが必ず良好であると言ふ譯ではない。粉末度の高いセメントは幾分比重が小さいけれども、其の強度は大きい。

(3) 単位容積の重量 セメントの単位容積の重量は灼熱の温度、粉末度、風化の程度、等によつても異なるが、其の測定法によつても大差を生ずる。普通、弛く測れば 1m^3 につき 1250kg 乃至 1300kg 位であるが、十分に搗り込めば 2000kg 位にも達する。

コンクリートの施工上セメントの単位容積の重量を定める必要のあるのは、コンクリートの配合を容積比で表はす時 (§ 99 参照)、使用すべきセメント容積を重量に換算する時、等である。之が爲には、セメントの単位容積の重量は、或る程度迄、従來の習慣に従つて便宜的に之を定めて差支へない。それで、外國の標準示方書其他に於てセメントの単位容積の重量を規定するものを見ると、 1m^3 の重量を最低 1200kg 、最高 1500kg として居る。我國では、土木學會及び建築學會の標準示方書、内務省の市街地建築物施行規則、等に、セメント 1500kg を以て 1m^3 とすることが規定してある。

§ 33. 粉 末 度

セメントの化學成分に關せず、セメントと水との化學反應の速度に大きい關係のあるのは、セメントの粉末度である。普通ポルトランド セメント焼塊の極微粉碎が早強セメントを造る1方法ともなる程で、粉末度の高いセメントほど、強度が高く、耐久的なコンクリート又はモルタルを造るに適して居る。それで、近來益々粉末度の高いセメントが製造される傾向である。但し、粉碎の費用と、粉末度の非常に高いセメントは濕氣の影響を受け易いと言ふ關係とから、自ら其の限度が出来て來るのである。

セメントの粉末度を定める爲に、我國で用ゐられて居る方法は、篩別試験 (§ 419 参照) である。臨時日本標準規格第149號第七條には (§ 414 参照)、『セメントハ日本標準規格第408號標準試験篩ノ標準網篩 0.088 (150×60) ライテ篩ヒ別ケ其ノ殘滓量 12% ラ越エザルコトヲ要ス』とある。現今、我國で製造されて居るセメントの粉末度は、上記の試験による時、殘滓量が 2% 乃至 4% である。

最も有效なセメント粒子の大きさは 10 ミクロン 乃至 15 ミクロン 以下のものとされて居る。それで、セメントの粉末度試験に於ては、其の大小粒子の割合を試験するのが適當であ

るが、篩別試験は此の目的に適しない。それで、セメントの大小粒子の割合を試験するために、風篩試験、沈降試験、等が行はれる。

風篩試験に就いては、日本ポルトランド セメント業技術會も之を研究し、澤山の報告書を出版して居る。

沈降試験に於ては液體中に於けるセメント粒子の沈降に關する法則を假定し、ある時間毎に、混吊して居るセメントの量を觀測し、それから大小粒子の割合を計算する。Wagner 及び Klein のタービヂメーター (Turbidimeter) が此の目的に對して用ゐられる。

セメントの大小粒子の割合を知れば、粒子が球であると假定し、且つ最微粒子の大きさに關して假定を設けて、見懸け表面積 (Specific surface) と稱する値を計算し、之によつて、粉末度をあらはすことが出来る。見懸け表面積は1グラムのセメントに於ける粒子の全表面積を平方 cm で示したもので、セメントの粉末度が高い程、見懸け表面積が大きい。セメント粒子の表面積は粒子の直徑の自乗に比例するから、セメントの最も有效な粒子即ち 10 ミクロン乃至 15 ミクロン以下の粒子の割合が見懸け表面積を著しく増加することになるのである。

セメントの見懸け表面積は、眞の表面積の近似値に過ぎないが、セメントの粉末度を示すに甚だ満足なもので、見懸け表面積と粉末度の影響を受けるセメントの性質との間の關係は、相當研究されて居る。

米國のセメント規格では、粉末度を見懸け表面積で示すことになつて居る。

Klein のタービヂメーターによる時、普通ポルトランド セメントの見懸け表面積は、 1g につき 1400cm^2 乃至 1700cm^2 位であり、早強セメントは 1900cm^2 乃至 2600cm^2 位である。見懸け表面積が $1600\text{cm}^2/\text{g}$ よりも小さいセメントを用ゐると、コンクリートのウオーカビリチーが悪くなり、水がコンクリートから分離する傾向が大きい。

Wagner のタービヂメーターで得られる結果は、Klein の装置によつて得られる値よりも約 20% 大きい。

§ 34. 凝 結 及 び 硬 化

セメントの凝結に要する時間は、其の化學成分によつても多少影響されるが、セメントの粉末度、セメント糊の水セメント比及び温度の影響を受けることが甚だ大きい。

普通の粉末度の範圍に於ては、粉末度の高い程、凝結が早い。それは、セメントの微粒子ほど、化學反應が活潑であるからである。そして、あまり粉末度が高い時は凝結することがある。

セメント糊の水セメント比が大きい時、温度が低い時は、凝結がおそく、水セメント比が

小さく、温度が高い時は、凝結が促進される。

セメントの規格試験に於ては、水量を調節し、一定の軟かさ即ち標準稠度 (§ 420 参照) のセメント糊の凝結時間を試験する。標準稠度のセメント糊を得るに適する水量はセメント重量の 27% 内外である。標準稠度のセメント糊は、凝結試験及び膨脹龜裂試験丈けに用ゐられるもので、一般のコンクリートに於けるセメント糊の水セメント比は、之よりもずつと大きいものである。従つて、普通、コンクリート工事に使用されるコンクリートに於けるセメント糊の凝結の始發及び終結の時間は、セメント規格に示された標準稠度の時よりも餘程大きいものである。

ポルトランドセメントの凝結につき、臨時日本標準規格第 149 號は、次の様に規定して居る。

『第八條 普通ノ用途ニ供スル「セメント」ハ 15°C 乃至 25°C = 於テ注水ヨリ 1 時間以後ニ凝結ヲ始メ 10 時間以内ニ凝結ヲ終ルコトヲ要ス』

普通、1.5 時間乃至 3 時間で凝結を始め、3 時間乃至 5 時間で凝結を終る。焼塊を粉末にしたものは、非常に急結性であるから、之に石膏を加へて、凝結時間を調整するのである。

セメントの凝結及び硬化の過程に關して、いろいろな説明が試みられて居る。詳細は猶ほ不明であるが、多くの大家が認めて居る説明は、次の如くである。

水がセメント粒子の表面を溶かし始めるとすぐに、膠質のゲル (Colloidal gel) が出来る。之は加水分解及び水和作用が進むに従ひ、漸次容積及び固さを増して来る。此の状態に於て、石膏とアルミナの作用によりある結晶が出来る。標準稠度のセメント糊に於て、水と混合してから 2 時間乃至 4 時間後に、セメントの各粒子から成長する觸毛状の流れの様なゲルが互に交つて、急に硬くなるのがセメントの凝結の始發に相當する様である。凝結の終結は、セメント糊が任意的に定められた一定の壓縮力に耐へ得る強さに達したことを示す以外に、特別な物理的意味がない。水和作用がセメント粒子の内部に進むに従ひ、化合の速度は緩になるが、なほ更にゲルが出来、前に出来て居るゲルを一層硬く且つ強くし、結晶に似た様なゲル構造となる。或る結晶が其の中に出来るかも知れないが、結晶は、硬化の過程に於て主要な部分を占めないと、現今は、一般に信ぜられて居る。セメント粒子の水和作用は、時間が経つと共に緩慢になり、普通のコンクリート内に於けるセメント粒子が、全部完全に水和することはない。含水量の變化によるコンクリートの容積變化は、硬化したセメントに於けるゲルの構造に關するもので、乾燥によるゲルの收縮及び強さの増加が、乾燥した時のコンクリートの壓縮強度が濡れた時よりも大分大きい理由であると考へられる。

§ 35. 膨脹龜裂

セメントの最も大切な性質の 1 つは、膨脹龜裂を生じないことである。固まつたセメントの膨脹龜裂は、セメントの或る組成分の甚だしい膨脹によつて起るもので、供試體の龜裂、歪曲又は崩壊によつて示される。従つて、膨脹龜裂を生ずるセメントを使用したコンクリートは、龜裂、歪曲を生ずることがあるのみならず、甚しければコンクリートが崩壊する惧れがある。依つて、斯の如きセメントは、決して之を使用してはならない。近來は、膨脹龜裂を生ずる様なセメントは殆どないが、以前は時々あつたので、膨脹龜裂の試験は最も重要視されて居たのである。

膨脹龜裂試験については、§ 421 に述べてある。

セメントが膨脹龜裂を生ずる原因の 1 つは、セメント粒子の内部に包まれた石灰が水和することによるものと考へられて居る。セメント粒子の外殻は、初め石灰の水和を妨げるが、セメントが凝結した後水が遂に石灰に達すると、之が數倍の容積に膨脹し、水和する時大きい力を出す。此の、後に起る石灰の水和が、凝結したセメント糊に膨脹龜裂や歪曲を生ずるとされて居る。凝結の遅いセメントの 1 つの利點は、セメント糊が硬くなる前に、石灰の水和に對して、時間の餘裕があることである。

セメント原料の粉末度を高くして親密に混合すれば、焼塊に石灰の残る機會が少い。原料を十分に焼けば、石灰の量を減ずる。

セメントの粉末度を高くすれば、石灰が露出され、早く水和するから、膨脹龜裂の生ずる惧れが少い。

膨脹龜裂を生ずるセメントを數日間風化すれば、石灰が水和する機會が與へられ、膨脹龜裂を生じなくなる。然し、セメントの風化は、其の強度を害するから、此の目的以外には、セメントを風化してはならない。

セメントに膨脹龜裂を生ずる他の原因は、マグネシヤ及び無水硫酸がある限度を越えることである。臨時日本標準規格第 149 號 (§ 414 参照) 第十八條には、セメント中に含有するマグネシヤは 3% 以下、無水硫酸は 2% 以下たるべきことが、規定してある。

§ 36. 收縮龜裂

セメントは其の凝結中及び其の後に於て乾燥すれば、他の材料と同様に、收縮する。乾燥は一般に外部から始まる。外部は乾燥しても内部はなかなか乾燥しないから、外部は收縮するが内部はさほど收縮しない。依つて外部に引張應力、内部に壓縮應力を生ずる。此の引張

應力度がセメントの引張強度を超過すれば、表面に所謂収縮龜裂が現はれる。それで、セメントの引張強度が小さい、凝結中又は硬化の初期に於ては、乾燥によつて特に収縮龜裂を生じ易い。之が、収縮龜裂を防ぐために、凝結中及び硬化の初期に於て、乾燥しない様にする必要がある理由である。又、内外ほぼ齊等に乾燥したにしても、セメントの収縮が外力によつて制限されれば収縮應力を生じ、之がセメントの比較的小さい引張強度を超過して、龜裂を生じ易いのである。依つて、セメントを結合材とするコンクリートも乾燥によつて収縮し、之が、コンクリートに龜裂の生ずる主な原因の一つになるのである。

§ 37. 強 度

コンクリート及びモルタルの強度は或る程度迄セメントの強度に比例するから、強いコンクリートを造る爲には、強度の大きいセメントを使用するのが得策である。それで、近來益々強度の高いセメントが製造される様になつて居る。

セメントの強度は、主として、使用水量、温度及び注水してからの経過時日即ち材齡によるもので、セメント糊が軟かい糊の様な状態である範囲に於ては、使用水量が大きい程強度を減じ、30°C 位迄は氣温の高い程強く、材齡の増加に伴つて強度が増加する。

セメントの強度を試験するには、セメント糊の強度に就いて試験するのが正當であることは明白であるが、セメント糊の強度はコンクリート又は、モルタルに使用した時の強度に必ずしも比例しない。例へば、粉末度の高いセメントは、セメント糊で試験すれば粉末度の低いものよりも強度が小さいことがあるが、コンクリート又はモルタルとして使用すれば、粉末度の低いものよりも強度が大きいことがある。而して、セメントの主要な用途はコンクリートの結合材としてであるから、使用上の目的からセメントの強度を論ずる爲には、同一骨材、同一配合及びウオーカビリチーのコンクリートの強度を試験するのが望ましいのである。然し、セメントの強度試験の目的に對し、一々コンクリートを造つて試験をすることは面倒であると言ふ理由で、現今の所では、セメントと標準砂とを一定の割合に配合し、之に一定量の水を加へて造つたモルタルの強度試験によつて、セメントの強度を試験することが一般に行はれて居る。JES 第28號 A4、JES 第29號 A5 及び臨時日本標準規格第149號 (§ 414 參照) のセメント強度試験も、此の方法によつて居る。

普通に、セメントの強度と言ふのは規格の試験方法に従つて試験した、モルタル供試體の示す強度のことである。

JES 第28號及び第29號の強度試験法は、極めて硬練りのモルタルを鋳打して造つた供試體を用ゐるために、各種セメントの水和による強度の特性を表はさないこと、實際に使用さ

れるコンクリートに於て水セメント比の増加による各種セメントの強度低下の特性を知り得ないこと、材齡の増加による強度増進の割合が實際のコンクリートに於ける強度増進の割合と平行しないこと、コンクリートに使用した場合風化したセメントの強度低下を示さないこと、等の缺點があるので、臨時日本標準規格第149號では、軟練りモルタルによる強度試験法を規定して居る。軟練りモルタルによる強度試験に於ては、コンクリートに於て實際に使用される程度の水セメント比のモルタルを型枠に流込むで成形する供試體を用ゐる。それで、實際コンクリートに使用する場合のセメントの強度の特性を知るのに便利である。將來は軟練りモルタル試験法が日本標準規格の試験法になる筈であるが、試験設備の関係もあるので、當分は硬練りモルタルの試験によつてもよいことになつ居る。従つて、セメントの示方書に於ては、いづれの規格によつて試験するかを明記する必要がある。

本邦に於けるポルトランドセメントの耐壓力及び抗張力を、JES 第28號の試験法によつて試験した結果の平均は、大體第6表の如くである。

第6表

硬練りモルタル試験による本邦産ポルトランドセメントの強度

	材齡	普通ポルトランドセメント	早強ポルトランドセメント
抗 張 力 kg/cm ²	1	23	34
	2	28	36
	3	29	41 (30以上)
	7	32 (20以上)	43 (34以上)
	28	38 (25以上)	45 (38以上)
耐 壓 力 kg/cm ²	1	170	350
	2	280	490
	3	350	570 (400以上)
	7	480 (220以上)	650 (500以上)
	28	600 (300以上)	720 (600以上)

第6表に於ける括弧内の數値は、JES 第28號の規格強度である。

臨時日本標準規格第149號によつて試験した、本邦産の普通ポルトランドセメントの耐壓力及び抗折力は、第7表の如くである。

第7表

軟練りモルタル試験による本邦産普通ポルトランドセメントの強度

	強 度 (kg/cm ²)		
	材 齢		
	3 日	7 日	28 日
耐 壓 力	70—130 (35以上)	120—200 (70以上)	220—315 (150以上)
抗 折 力	18—34 (10以上)	30—44 (20以上)	46—68 (30以上)

第7表に於ける括弧内の数値は、臨時日本標準規格第149號の規格強度である。

§ 38. 早強ポルトランドセメント

早強ポルトランドセメントの化学成分は、普通ポルトランドセメントと大差ない。唯、シリカ、アルミナ及び酸化鐵の全量に對し、酸化石灰の量が概して多い丈けである。早期高強度を出す主な原因は、原料の嚴選、原料配合上の絶對均齊、焼成窯に於ける高温度焼成によるセメント中の化合物組成、及び燒塊の極微粉碎、等である。

セメントの化合物組成が硬化に及ぼす影響に就いては、§ 30 に述べてある。粉碎機の進歩により、原料の粉末度を高めることが容易になつたので、之が燒かれる時よく化合する。乾式に於ける十分な原料の混合、殊に濕式の發達による原料の親密な混和と、窯の長さの増大とによつて、優良な燒塊が得られる。此の燒塊を、普通セメントの場合よりも一層十分に粉碎すれば、早強ポルトランドセメントが得られるのである。粉末度に就いては、§ 33 に述べてある。

早強ポルトランドセメントが、大體に於て、普通ポルトランドセメントが材齢28日を出す強度を3日を出すことは、第6表の如くである。材齢28日の耐壓強度は、早強セメントの方が普通セメントよりも高いのが一般である。然し、材齢數箇月に於ては、兩者の強度は略ぼ逕庭なきに到るのが通例であつて、結局の絶對強度に就いて言へば、早強セメントは普通セメントよりも常に強度が大きいと言ふ譯ではない。

早強ポルトランドセメントが短期に出す高強度は、24時間以内に著しい高強度を出すアルミナセメント (§ 43 参照) に及ばないが、7日以内の高強度發生状態に就いて比較すれば大差はない。且つ、早強ポルトランドセメントの強度の増進が比較的長く繼續することは、アルミナセメントよりも優つて居る。

§ 39. 早強ポルトランドセメントコンクリート

早強ポルトランドセメントは緩結性で、其の凝結は普通ポルトランドセメントとほぼ同様である。依つて、此のセメントを用ゐるコンクリートの打ち方は、普通ポルトランドセメントと同じである。

早強ポルトランドセメントは、早期に著しく高い耐壓強度を發揮するから、此のセメントを使用するコンクリートは、之と同一骨材及び配合の普通ポルトランドセメントコンクリートよりも、早期に著しく高い壓縮強度を有する。依つて、此のセメントを用ゐれば、急速にコンクリート工事を進行させることが出来る。それで、戦時に於ける砲臺、堡壘の築造、急速を要するコンクリート道路及び其の修繕、一般の建築物、等に於ては、早強ポルトランドセメントを使用するのが特に利益である。又、普通ポルトランドセメントを使用する場合よりも早く型枠を取外し得るから、同じ型枠を繰返し使用する場合には、型枠費を大いに節約することが出来る。

早強セメントは、其の粉末度の高いこと及び急硬性であることにより、硬化の初期に於ける發熱量が普通セメントよりも大きいから、之を用ゐれば、比較的安全に寒中コンクリートを施工し得る利益がある。

早強セメントの價格は、普通セメントよりも幾分高いが、之の使用による工事の進捗、型枠費の節約、及び一般に高い許容應力度を使用し得ること、等を考へると、普通セメントよりも頗る廉價である場合が多いのである。之が、早強ポルトランドセメントが益々盛に使用される様になつて居る理由である。

然し、早強セメントは、總ての點に於て、普通セメントよりも優良であると言ふ譯ではない。早強セメントコンクリートは、之の養生に就いて特に注意しないと、乾燥して龜裂を生じ易い。又、コンクリートの早期強度が大きいから、コンクリートのクリープを利用するにも不便である。發熱量が大きいので、大塊のコンクリートに於ては温度の上昇が著しいから、コンクリートが外部から冷却する時、外部に引張應力を生じて、コンクリートに龜裂を生ずる惧れが大きい。

早期高強度のコンクリートを造るに、早強セメントを用ゐることは必ずしも必要でない。普通セメントでも、水セメント比を小さくすれば、凡ての材齢に於て、高強度コンクリートが得られる。但し、水セメント比を小さくし、セメント使用量を増大すると、發熱量が大きくなるので、後に大きい收縮を生じ、色々の不都合を起す缺點がある。

第 3 節 混合ポルトランド セメント

§ 40. 高 爐 セ メ ン ト

熔鑛爐で鉄を精鍊する際、鑛中の不純物である珪酸及び粘土質のものは、加へられる石灰と複雑な化合物を作り、鑛滓として爐外に排出される。此の鑛滓が未だ熔融状態に在るものを、特殊な装置で水を用ゐて極めて迅速且つ均一に冷却すると共に之を破碎すれば、急冷鑛滓が出来る。之を乾燥し、鑛滓の重量 100 に對し、ポルトランド セメント焼塊 45 以上を混和し、粉碎して粉末としたものが高爐セメントである。凝結速度の加減及び其の他の必要に應じて、石膏 (5%以下) 及び石灰 (3%以下) を混和することがある。

臨時日本標準規格第 149 號セメントには、

『第三章 製 造 法

第四條 高爐「セメント」ハ冷碎シタル鐵熔鑛爐ノ鑛滓ノ重量 100 = 對シ「ポルトランドセメント」焼塊 45 以上ヲ混和シ粉碎シテ粉末ト爲シタルモノトス

高爐「セメント」=ハ他ノ物質ヲ混和スルコトヲ得ズ 但シ其ノ重量ノ 5% 以下ノ石膏及 3% 以下ノ石灰ヲ混和スルハ此ノ限=在ラズ』

とある。

我國では八幡製鐵所、淺野セメント株式會社其の他が高爐セメントを製造販賣して居る。

本邦製高爐セメントの化學成分は大體次の如くである。

シリカ 25~28%, アルミナ 8~8.5%, 酸化石灰 56~57%, 酸化鐵 2~3%, 酸化滿俺 1~1.5%, マグネシヤ 1~2%

高爐セメントの比重は 2.90~2.95 位で、ポルトランド セメントに較べて小さいが、其の他の諸性質はポルトランド セメントと殆ど同じである。只、材齡 3 日、7 日、等の強度はポルトランド セメントに及ばない。今日の所、材齡 28 日の耐壓強度がポルトランド セメントと略同様になる様に造られる様であるから、夫以前では高爐セメントの方が弱い。然し、其の後の強度の増進は大きい。是等の點に注意すれば、高爐セメントはポルトランド セメントと同様にコンクリート及び鐵筋コンクリート工事に使用することが出来る。膨脹係数の小さいこと、海水及び下水等に對する化學的抵抗の大きいこと、溫度係数の小さいこと、材齡の増加に伴ふ強度の増進が大きいこと、等は此のセメントの特徴と考へられて居る。

高爐セメントの色は褐灰白色で、ポルトランド セメントよりも白いから、之で建築物の表面仕上げをすると、感じがよいと言はれて居る。

高爐セメントは其の仕上げ後に表面に緑青色を呈することがあるが、之は暫くすると消えるもので、強度其の他には影響のないものである。

高爐セメントの臨時日本標準規格は § 414 に掲げてある。

高爐セメントの規格が普通ポルトランド セメントの規格と異なる點は、前記の製造法のほかに、比重 (2.85 以上)、マグネシヤ及び無水硫酸の量 (夫々 5% 以下及び 3% 以下)、等である。

§ 41. 珪酸質混合セメント (シリカセメント)

珪酸質混合ポルトランド セメント、所謂シリカ セメントは、ポルトランド セメント又は其の焼塊を主體とし、之に珪酸質混合材を加へ、微粉碎して得られる混合セメントである。凝結速度の加減及び其の他の必要に應じて、石膏 (3% 以下) 及び石灰 (3% 以下) を混和することがある。

臨時日本標準規格第 149 號には、

『第五條 珪酸質混合「セメント」(以下單=混合「セメント」ト稱ス)ハ「ポルトランドセメント」焼塊ノ重量 70 = 對シ珪酸質混合材 30 以下ヲ混和シ粉碎シテ粉末ト爲シタルモノトス。混合セメント=ハ他ノ物質ヲ混和スルコトヲ得ズ 但シ其ノ重量ノ 3% 以下ノ石膏及 3% 以下ノ石灰ヲ混和スルハ此ノ限=在ラズ』とある。

珪酸質混合材の主なもの、火山灰、珪酸質岩石の煨焼物、石炭燼、等であつて、是等を混和する主な目的は、ポルトランド セメントの性質を改善するにある。

ポルトランド セメントの主要化合物のうちで、約 75% を占めるものは、珪酸 3 石灰及び珪酸 2 石灰で、是等が化學反應を起すと、珪酸石灰と水酸化石灰とを生ずる。水酸化石灰が出来る量は、セメントの水和の程度によるが、普通のコンクリート中に於て、セメントの重量の約 20% 程度と考へられる。此の水酸化石灰は水に溶けるもので、殊に炭酸ガスを含む水、酸を含む水、等によく溶ける。又、水酸化石灰は、550°C で生石灰と水とに分解する。従つて、ポルトランド セメント コンクリートが炭酸ガス、酸、鹽類、等を含む水に遇ふ時、又は高熱に曝される時などには、水酸化石灰は、コンクリートに取つて、不利な存在である。依つて、可溶性珪酸の多い珪酸物質即ち火山灰、珪藻土、等を混和すると、水酸化石灰と珪酸物質中の活性珪酸とが化合して、不溶性の珪酸 1 石灰が出来、且つ強度も増加する。

セメントに珪酸質の物質を加へることは、古くから行はれたのであるが (§ 49 參照)、單にセメントの混和材として用ゐたのでは、セメントとの完全な混合が到底望み難く、混和材が一局部に偏在し、其の爲に、コンクリートに弱點を生ずることがあるので、混合セメント

として其の目的を達するのが適當だと言ふことになるのである。

珪酸質混合セメントは、我國で、多くのポルトランドセメント製造会社が製造販賣して居る。

本邦製珪酸質混合セメントの化學成分は、大體次の如くである。

シリカ 25~43%, アルミナ 5~11%, 酸化石灰 44~55%, 酸化鐵 2.6~3.1%, マグネシヤ 0.9~2.2%, 無水硫酸 1.0~1.6%

比重は 2.8~3.0 である。

優良な珪酸質混合セメントは、

- (1) 化學的抵抗が大きいこと、
- (2) 水密性の大きいコンクリートを造るに適すること、
- (3) 長期強度が大きいこと、
- (4) 高熱に對する抵抗力の大きいコンクリートが得られること、
- (5) 發熱量が少いこと、
- (6) ウォーカビリチーのよいコンクリートが得られ易いこと、

等の特徴を有する。

珪酸質混合セメントは、材齡 28 日に於ては、普通ポルトランドセメントに較べて強度が低いのが普通であるが、6ヶ月、1年となれば、大體同じか、又は幾分高い強度を出すものである。珪酸質混合セメントがポルトランドセメントに較べて劣る點は、

- (1) 使用水量の増加による強度減少の割合が、ポルトランドセメントよりも大きいこと、
- (2) 早期に於けるコンクリートの強度が低いこと、
- (3) 混合セメントコンクリートは乾燥による収縮が大きいから、龜裂を生ずる惧れが大きいこと、

等であるとされて居る。然し、是等の點に關し、ポルトランドセメントに劣らない珪酸質混合セメントも製造されて居る。但し、斯の如きセメントは、ポルトランドセメントよりも一般に高價である。單に燃料節約の目的で製造される混合セメントの品質が、ポルトランドセメントよりも劣ることの多いのは、寧ろ當然である。珪酸質混合セメントの、臨時日本標準規格は § 414 に掲げてある。混合セメントの規格が普通ポルトランドセメント規格と異なる點は、前記の製造法のほかに、比重 (2.75 以上)、マグネシヤ及び無水硫酸の量、(夫々 4% 以下及び 2% 以下)、等である。

現今の珪酸質混合セメントを使用するコンクリートの施工に就いて、注意すべき事項は、次の如くである。

(1) 珪酸質混合セメントは其の臨時規格が漸く出来たばかりで、市場に澤山出る様になつてから日も浅いので、其の品質に就いてポルトランドセメントよりも一般に不安の點が多い。故に、此のセメントを使用する時には、コンクリートに關する各種の試験を行ふことが特に大切である。配合及び水量の決定に當りては、尠くとも壓縮強度試験を行ふのが適當である。

- (2) 定められた水セメント比を嚴守することが特に大切である。
- (3) 早期の強度が比較的小さいから、型枠除去の期間に就いて一層注意を要する。
- (4) 収縮龜裂の發生を防ぐため、養生を一層十分にしなければならぬ。

§ 42. ソリヂチット (Soliditit)

ソリヂチットは伊太利で發明 (1907) された一種の混合ポルトランドセメントである。之は、花崗岩を約 1000°C で煨焼したもの約 1 分をポルトランドセメント燒塊約 4 分に混和し、粉碎して製造される。我國では、日本ソリヂチット株式會社が、之を製造販賣して居る。

ソリヂチットの化學成分は大體次の如くである。

シリカ 30~33%, アルミナ 5.5~8%, 酸化鐵 3.2~5%, 酸化石灰 48~53%, マグネシヤ 1~1.5%, アルカリ 1.6%, 無水硫酸 0.9~1.3%

此の成分を見ると、ポルトランドセメントに比較して、シリカが多く、酸化石灰分の少いものであることがわかる。此の成分に於ける差異が、ソリヂチットの特性を發揮する理由である。

ソリヂチットの比重は 2.88 位で、其の強度上の品位は高爐セメントに類似し、其の特徴も共通の點が多い。強靱性に富み、衝撃、震動、磨耗、海水の侵蝕、等に對する抵抗力の大きいこと、各種加工品の製造に適すること、等が其の特徴とされて居る。

花崗岩の碎石を骨材として使用し、適當に施工したソリヂチットコンクリートは磨耗が均一である。依つて、ソリヂチットは道路の鋪裝用コンクリートに最も多く用ゐられる。ソリヂチットコンクリートは新舊の繼目に於て十分な強度を有することも其の特長の一つであり、又、花崗石の修繕工事にも適して居る。

ソリヂチットをして十分其の特徴を發揮させる爲には、其の使用法に就いて、次の注意が大切である。

- (1) 骨材 磨耗に對する抵抗力の強大な點を利用せむとする時には、骨材として花崗碎石を使用するがよい。之は、花崗碎石の磨耗に對する抵抗力とソリヂチットの磨耗に對する抵抗力とが殆ど相等しい爲に、鋪裝用コンクリートとして其の磨耗が一樣で、常に平坦な路

面を得ることが出来るからである。

(2) 配合 舗装又は防水工事に於ては、碎石とソリヂテットのみを用ゐる、砂を用ゐない。此の場合、配合は容積比で $1:1\frac{1}{2}$ 乃至 $1:2$ である。碎石の最大寸法は舗装面の厚さの約 $\frac{1}{3}$ とし、大小粒よく混合して居るものを用ゐる。

(3) 混合用水量を可及的小量ならしめることが特に大切である。普通は、使用ソリヂテットの重量の2割5分乃至3割の水量を用ゐる、硬練りコンクリートを使用する。使用水量が多くなると、此のセメントの特徴を失ふものである。

(4) 硬練りコンクリートを使用するのであるから、十分な締固めを行ふことが極めて大切な条件で、コンクリートの表面一様にセメント糊が浮出す迄、十分締固めを行はなければならない。施工後の養生法其の他はポルトランドセメントコンクリートに於けると同様である。

第4節 アルミナセメント

§ 43. アルミナセメント

アルミナセメントは超早期高強度のセメントで、佛國で發達したものである。佛國のシマンフェンデユ、獨逸のアルガツェメント、米國のアトラスルムナイトセメントなどは、アルミナセメントの代表的商品である。

アルミナセメントは、主原料として、普通、アルミニウムの原礦であるボーキサイトを用ゐる、之にほぼ等量の石灰石を混和し、電氣爐などで熔融燒成し、急激に冷却し、微粉としたものである。

アルミナセメントの化學成分は、大約、アルミナ 40~44%、酸化石灰 35~40%、シロカ 8~12%、酸化鐵 7~15%、マグネシヤ、酸化チタニウムの少量、等である。主要化合物は礬土酸石灰鹽と珪酸石灰鹽とであつて、アルミナセメントの早期高強度は、主として礬土酸石灰鹽によるものと考へられて居る。

アルミナセメントの特徴は、早強ポルトランドセメントよりも一層早期高強度であること、海水中の鹽類の作用に對する抵抗力の大きいこと、及び、凝結硬化に於ける發熱量が非常に大きいこと、等である。アルミナセメントの耐壓力は、1:3の硬練りモルタル試験で、材齡1日に於て $500\sim 600\text{ kg/cm}^2$ 位にも達し、2日又は3日では確實に 600 kg/cm^2 を超える。

アルミナセメントは、海中工事、寒中コンクリート工事、等に重要視されて居る。然し

原料の關係上、其の産額も尠いし、値段も高い。我國では大阪窯業セメント株式會社が、アルミナセメントを製造販賣して居る。

第5節 セメントの選擇、購入、受入試験及び貯藏

§ 44. セメントの選擇

第2節乃至第4節に於て、各種のセメントの性質について述べた。是等のセメントは夫々特徴があるから、是等が其の特徴を十分發揮し得る用途に、是等を使用することが必要である。

また、近來、セメントの製造技術が著しく進歩したので、同じポルトランドセメントでも、工事の種類に應じ、或る程度まで、其の工事の目的に適合する性質のセメントを使用し得る様になつて來た。それで、例へば、コンクリート道路工事用としては、膨脹收縮が尠く然も引張強度及び曲げ強度の大きいコンクリートの製造に適する道路用セメントを、堰堤工事には發熱の小さい低熱型のセメントを、海水工事其の他に對して耐水性、耐酸性の優れたセメントを、使用する傾向である。

實際の工事に當つては、所望の性質のセメントを入手することが困難の場合も非常に多いのであるが、コンクリート技術者は、工事一切の事情を考慮して、最も安全に、經濟的に、目的を達するコンクリートを造るに適するセメントを選擇することに、努力しなければならない。

§ 45. セメントの購入及び受入

重要な工事に於て、多量のセメントを使用する場合に、購入すべきセメントを決定するに當りては、單に數回の試験成績丈けに信頼すべきではない。品質が規格に合すべきは勿論であるが、品質が常に同じであると言ふことが甚だ大切である。セメントの品質が時々變化したのでは、齊等性のコンクリート構造物を造ることが出来ないことは明瞭である。現今、各セメント工場で製造されるセメントの強度其の他の性質は殆ど優劣がない。甲工場の製品が乙工場の製品よりも優つて居ると言ふのは、甲工場が乙工場よりも、常に同じ品質のセメントを供給すると言ふことであると考へられる。品質が常に同じであるか否かを知るには、絶へず、セメントの試験を行はなければならない。材齡28日に於ける、軟練りモルタル試験による耐壓強度が 150 kg/cm^2 でも 250 kg/cm^2 でも規格には合するのであるが、平常 250

kg/cm²程度のセメントを供給して居るのに、たまにでも、150 kg/cm²のセメントを供給する様な工場の製品は、常に同じ品質のセメントを供給すると言ふ點からは、不合格とすべきである。大工事の場合には、此の點に關する示方が大切であると思はれる。尙ほ、各製造會社には、夫々其の特徴や特性があるから、それを十分研究することも大切である。

依つて、セメントを購入するに當りては、製造工場の信用の程度、製造能力、工場の設備、作業の状況、等を調査し、且つ輸送の難易及び之に要する時日、等を考慮して、セメントの性質と價格とから、購入するセメントを判定すべきである。

臨時日本標準規格第149號(§414 參照)第二十一條に、

『セメント』ノ受渡=用フル重量ノ單位ハ噸トス』

と規定してあるから、購買、建値共に噸を單位とするのが正當である。

セメントの包装重量が區々になつて居ると統一を亂し、従つて、又、包装費を高からしめるのみならず、取引に不正を招く恐れがあるので、臨時規格第二十二條に、『セメント』ノ包装容量ハ袋入ノ場合ニハ正味 50 kg, 樽入ノ場合ニハ正味 170 kg トス 但シ袋入ノ場合ニハ正味 40 kg トスルコトヲ得』と規定してある。

袋詰セメントは樽詰セメントよりも包装費が安い丈け安價である。それで、一般に、袋詰セメントが使用される。

袋は極く特別の場合のほか、紙袋が用ゐられる。紙袋は、紙3枚乃至5枚を重ね合せて造られる。紙の枚數によつて値段が異なるのであるから、セメントを購入する時には、セメント袋の取扱ひ方、運搬距離、貯藏期間、等を考慮して、何枚の紙袋で包装するかを契約する必要がある。

樽詰はセメントを長距離に輸送するとか、運搬又は貯藏中に濕氣を受けてセメントが變質する恐れがある様な、特別の場合だけに使用されて居る。近來出來たセメント工場は、樽詰の設備を有しないものが多い。

現今、袋詰セメントでも、其の包装費は、中味のセメントの價格の數割に相當する。それで、包装費を節約する目的で、大工事では、セメントを其の儘、鐵道貨車又は自動車に積むで運搬し、之を現場のサイロに貯藏して使用することがある。之を**バラ セメント**と言ふ。

セメントが到着したらば、到着の月日、名稱、數量、製造者の試験成績表、等を記帳し、§47 に述べてある様に、適當に之を貯藏する。

§46. 受入試験

現今、我國に於ては、ポルトランドセメントの製造も著しい進歩をしたので、其の製品

は外國の一流セメントに比して優つて居るものも尠くない。然し多量の製産をすることであるから、製品の品質が常に同じであると言ふことは望み得ない。同じ品質の原料を用ゐ、完全な設備と方法とで製造された一流會社の製品が、規格に合しないと言ふ様なことは極めて稀ではあるが、無いこともない。又、使用者の手に渡されるセメントが如何なる状態で製造されたかを知り得る機會は尠い。良いセメントが製造されたにしても、其の運搬中又は貯藏中に害を受けて、工事現場で悪いセメントが渡されることもある。依つて、セメントは使用前に之を試験して、不良なセメントを受取らない様になければならない。「セメントが悪かつたから」と言ふことは、工事施工者として申譯にならない。

セメントの品質を試験する爲に、化學的試験と物理的試験とが行はれる。而して後者の方が大切であつて、後者が一般に行はれて居る。

永い經驗の結果として、セメントの良否を判定するために用ゐられる物理的試験は、(1)比重、(2)粉末度、(3)凝結、(4)膨脹龜裂、(5)抗張力及び耐壓力、等の試験である。各人各所に於て行はれる是等の試験が、比較し得る結果を與へる爲には、制定された標準試験方法に従ひ、試験方法の差によつて起る差異を最小ならしめることの必要を十分に會得した人が、試験を行はなければならない。セメントの試験は専門家でなければ出來ないとは言へないが、試験器具さへあれば誰でも出來ると思ふのは間違ひである。少くとも1週間位は熟練家の指導を受け、同一セメントを試験した時に起る誤差が相當に小さくなつたら、試験の資格が出來たと考ふべきである。

臨時日本標準規格によるセメントの試験方法は、§415 乃至 §423 に述べてある。

§47. セメントの貯藏

セメントを永く倉庫に貯藏して置くと、空氣中の濕氣及び炭酸ガス等を吸収して、著しく初期に於ける其の強度を減じ、凝結時間も亦遅延する。場合によると、セメントの一部が塊状をなすに到ることがある。

セメントの貯藏による強度減少の割合は、セメントの種類、期節、天候、濕氣、倉庫の構造、等によつて著しく異なるので、一般の數値を示すことは困難であるが、セメント使用者としては、普通の現場に於て、セメントを數ヶ月貯藏すれば、數割其の強度を減ずるものと考へるのが安全である。耐壓強度の低下は早期に於て著しい。抗張強度は左程低下しない。

6ヶ月以上も貯藏したり、又は濕氣を受けた疑あるセメントは、其の使用前に試験を行ひ、其の結果により、使用量の増大其の他を決定しなければならない。

セメントがひどく風化すると、二重凝結を起すことがある。二重凝結と言ふのは、凝結の

始發が2度現はれることである。即ち、注水後、急結性セメントの様に、急激に凝結の始發が起るが、時間が経つと漸次軟くなり、次に普通の凝結の始發時間と殆ど變らない時刻に、再び本當の凝結の始發を示すものである。二重凝結は餘程注意しないと見出し難いものであるが、二重凝結を起すセメントを工事に使用すれば、コンクリートの運搬又は打込み中にコンクリートが固まつて、工事に非常な困難を感じるものである。二重凝結はセメント中に於ける石膏の量が適當でないために起ることもある。

コンクリート工事が迅速に且つ連続的に施工される爲に、相當の量のセメントを貯藏する必要があることは勿論であるが、以上に述べた様に、セメントは貯藏によつて其の品質に變化を來すものであるから、セメントの1日の使用量、運搬の難易、等を考慮して、工事の進捗に差支へない程度に於て、セメントの貯藏量を少くし、使用量に應ずる様に、セメント製造工場から供給を受ける様にすることが、肝要である。

セメントの貯藏について最も注意を要するのは、濕氣の豫防である。我國の様に濕氣の多い所に於て殊にそうである。又、近來製造される粉末度の高いセメントは、在來のものに較べて、濕氣の影響を受け易いものであることを忘れてはならない。濕氣を吸収した結果として塊状になつたセメント、又は一部が硬化したセメントは、譬へ是等を篩ひ出したにしても、強度が著しく低減し、規格に合しないことが多い。故に、斯くの如きセメントを使用してはならない。但し同じ袋のセメントでも別段凝結した形勢のない部分は、悪い部分を除いた上、強度の低減に就いて相當の考慮を拂へば、之を使用してもよい。

袋入セメントを積み重ねて置く時、下部のものが上部のものの重量の爲に固まりて、塊状をなすことがある。之は手指の先で軽く押しつぶせる程度のもので、セメントが害を受けて居るのではないから、濕氣を吸収して固まつたものと混同してはならない。斯の如き場合には袋を床の上に落すか、轉がせばよい。

セメント貯藏倉庫は、防水、防風的に造らなければならない。普通の現場に於ける木造倉庫などでは、床は地表面から30 cm以上あける必要がある。セメントの取扱ひ上からは、倉庫の床面を、鐵道貨車又は貨物自動車の床面と同高に造つて置くのが便利である。特に地面からの濕氣を防ぐ必要がある時には、核剝にした床板を互に直角に2層用ゐる、其の間に防水紙の類を入れれば完全である。側壁にも防水紙を張れば濕氣豫防に有效である。

セメントは倉庫の側壁に觸れない様に積まなければならない。袋詰セメントを積み重ねる高さは最大14袋位である。斯の如き時には轉倒しない様に長手小口式に積むがよい。一時的ならば高く積んでもよいが、少し長く貯藏する時には、7袋以上積み重ねない方がよい。之は、重量のために下部の袋のセメントが塊状になるのを防ぐ爲めと、倉庫内に於けるセメ

メントの取扱ひの便利の爲めとである。

セメントを積み込む時には、各部のセメントを容易に検査することが出来、且つ各荷毎に識別し得る様にする。

セメントを倉庫から取り出す時には、古いセメントから取出し、先に倉庫に入れたセメントが常に下積となることがない様に注意する。

工事中一時セメントを野天に置く時は、天氣の時でも、夜は、防水布で覆つておく必要がある。

セメントの貯藏に就いて、鐵筋コンクリート標準示方書は、次の様に規定して居る。

『第19條 セメントの貯藏

(1) セメントは地上30 cm以上に床を有する防濕的の倉庫に貯藏し、検査に便利なる様配置すべし。

(2) 6ヶ月以上貯藏し、又は濕氣を受けた疑あるセメントは再試験を行ふべし。

(3) 幾分にも凝結したるセメントは工事に使用すべからず。』

第6節 セメント混和材

§ 48. セメント混和材の種類

セメント混和材には、粉末状のものと、液體状又は溶液として用ゐられるものがある。粉末の混和材としては、珪藻土、火山灰、等の珪酸質物質が多く用ゐられる。優良な珪酸質混和材に對する條件は、(1) 水酸化石灰と常温でよく化合し、コンクリートの強度及び水密性の増進及び其の他のコンクリートの性質を改善すること、(2) 可溶性珪酸の量が多いこと、(3) 粒子が小さく、比重がなるべく重くてセメントとよく混和すること、(4) 供給を受けることが容易で、價格が低廉であること、等である。

コンクリートの水密性を増加する目的で消石灰及び粘土などを用ひることもある(§ 336及び§ 337参照)。

溶液として、最も普通に用ゐられるものは、鹽化カルシウム(CaCl₂)である。

§ 49. 混和材使用の目的

一般に、コンクリートに混和材を使用する目的は、

(1) コンクリートに於ける材料の分離を防ぎ、齊等性のコンクリートを造ること、

- (2) コンクリートの流動性を増加すること、
 - (3) セメントの水和の際に生ずる水酸化石灰と化合させて、コンクリートの強度を高めること、
 - (4) 水密性を大ならしめること、
 - (5) 海水の作用に対する抵抗力を大ならしめること、
 - (6) セメントの使用量を節約すること、
- 等である。

珪酸質の混和材即ち珪藻土、火山灰、等の混和が、コンクリートの強度の増進、水密性の増加、化学的作用に対する抵抗力の増大、等に對して有効である理由は、§ 41 に述べた通りである。

液體又は溶解して用ゐる混和材は、コンクリートの凝結硬化の促進又は水密性の増大等の目的に使用される。

§ 50. セメント混和材の價値

品質のよいセメント混和材を適當に使用して、好結果を得た實例は決して尠くない。然し品質が適當でなかつたこと、セメントとの混合が十分でなかつたこと、等の爲に、失敗を招いた例もある。コンクリートの施工上に於ける混和材の缺點は、之をセメントと十分に混合することが頗る困難であること、使用水量の少し多いコンクリートに於て混和材が分離してレイダンスを生じ易いこと、等である。

混和材がコンクリートの性質及び價格に及ぼす影響は、混和材の種類及び其の使用量によつて異なるが、セメントの性質、骨材の粒度、及びコンクリートの配合にも大きい関係がある。同じ種類のセメントを使用するコンクリートでも、セメントの製造工場が異ると、混和材の影響が異なるものである。

火山灰及び珪藻土の様なものは、其の産地が異ると、其の成分其の他も非常に異なる。従つて、或るポルトランドセメントと或る火山灰とを使用した場合に好結果を得たにしても、他の工場で製造するポルトランドセメント又は他の火山灰を使用する場合に常に同様な結果が得られるとは限らない。猶ほ、是等の混和材は、同一産地のものでも、其の品質が一定でない場合も多い。

それで、如何なる混和材が最も良いかと言ふことは一般的に言へない。殊に、コンクリートのウオーカビリティーを良くする目的で混和材を使用する様な時にそうである。故に混和材を使用せむとする時は、其の性質及び經濟的關係について十分研究しなければならない。

一般に、適當な材料と適當な配合を用ゐるコンクリートに於ては、混和材の使用を必要としない。比較的貧配合のコンクリートに於て、細骨材が粗である時、水の分離を防ぐために、混和材の使用が考へられる。依つて、混和材を使用すべきか否かを決定するには、セメント使用量の増加、粒度のよい骨材の使用、使用水量の制限を一層嚴密にすること、等の方法により、經濟的に所望のコンクリートが得られないかどうかと、比較研究しなければならない。斯く、混和材の使用による利益は、場合によつて異なるのであるから、混和材を使用する時には、其の混和材がコンクリートの強度、容積變化、耐久性及び密度、等に及ぼす影響を試験して、其の使用方法を決定すると同時に、絶へず混和材の品質を試験することが必要である。

或る狀況に於ては、混和材の使用により、他の方法では經濟的に得られない特性をコンクリートに與へ得ることは事實である。然し、混和材を使用しても、良いコンクリートを造るために必要な施工を怠れば、効果はないものであることに留意しなければならない。

之を要するに、セメント混和材の價値は、各々の工事につき、各個に論ずべきで、之を一般に定めることは出來ないものである。

混和材の使用法に就いては、§ 97 (5) 及び第15章第2節、等に述べてある。

§ 51. 鹽化カルシウム

コンクリートの修繕工事や、寒中コンクリート工事の場合などに於て、コンクリートの硬化を促進する目的で、最も普通に使用される混和劑は、鹽化カルシウムである。

鹽化カルシウムを適度に使用すれば、早期に於けるコンクリートの強度が大きくなる。但し、長期強度にはあまり関係がない。

適當な使用量は、セメントの性質によつて異なるから、試験の上で、之を決定するのが安全である。普通の場合、セメント重量の1%乃至5%の範囲で使用される。1%乃至3%の程度は、引張強度に餘り影響がないが、早期の壓縮強度を高めるに効果がある。使用量が大きすぎるとコンクリートが凝結し、強度が減ずる。

鹽化カルシウムは潮解し易いから、密封して之を貯藏し、使用の際、密封罐から出して、之を混合用水に溶解する。