

彙 報

土木學會誌 第十一卷第三號 大正十四年六月

高 爐 セ メ ン ト

本文は八幡製鐵所の研究製作にかゝる高爐セメントに關して同所が發表せるものより再録せり。

熔鑛爐で銑鐵を精煉する際鐵鑛中の不純物である珪酸及び粘土質のものは加へらるゝ石灰と複雑な化合物を作つて鑛滓として爐外に排出されるのであります。この鑛滓が未だ熔融状態に在るものを高壓の水で吹かせ急に冷却すると共に破碎して硝子狀の鑛滓砂とするときこれは強いセメント類似の結合を持つて居る事が知られ、この性質を利用して色々のセメントを造る事に成功したのであります。その内主なものは次の様なものであります。

一 鐵ポルトランド・セメント

これは前に述べた急速に冷却された鑛滓 30% をポルトランド・セメント 70% と混和し粉碎したもので加へらるゝポルトランド・セメントには粘土と石灰石より造られた普通市販ポルトランド・セメント又は鑛滓と石灰石を原料として作つたセメント焼塊を使ふのであります。

二 高 爐 セ メ ン ト

これは前と同様の急冷鑛滓 70% をポルトランド・セメント 30% と混和し粉碎したもので加へらるゝポルトランド・セメントには粘土と石灰石より作られたる普通の市販ポルトランド・セメント又は鑛滓と石灰石を原料として作つたセメント焼塊を使ふのであります。

三 鑛 滓 セ メ ン ト

これは急冷鑛滓を主體とし、これに10% 内外の生石灰又は消石灰を加へこれを粉碎したものであります。

四 ポルトランド・セメント

鑛滓を石灰、硅酸及び礬土を含有する原料としこれと石灰石とから一般ポルトランド・セメントと同様のポルトランド・セメントを造るのも決して少量ではありません。

五 其他のセメント

尙近來急冷鑛滓と石膏のみを混合して優良なセメントを造る事が始められて居ります。

以上の様に種々のセメントが鑛滓から造られて市場に出る様になりまして後鑛滓に就ての了解が不充分であつた爲め色々な批難攻撃も起つたのでありましてこれは全く鑛滓はその種類の如何を問はず皆セメント類似の力のあるものとして早計にもこれを利用せうと考へた結果ではないかと思ひます。元來熔鑛爐で出來た鑛滓は必ず皆同様にセメント類似の結合力があるのではなく化學的性分によつて結合力に甲乙が出来るのでありまして一般にセメントに使用される鑛滓は鹽基性のものに限らるのであります、即その化學成分中石灰及び苦土の部分が硅酸及び礬土の部分に比し多く含まれて居るのでありまして次の様な式が大體の判斷の標準となつて居るのであります。

$$\text{即ち } \frac{(\text{石灰}) + (\text{苦土}) + \frac{1}{3} (\text{礬土})}{(\text{硅酸}) + \frac{2}{3} (\text{礬土})} \quad \text{左の割合が1よりも大なる値を取る事であります。}$$

尙上の様な式を満足しても各成分の間の割合の差でセメントの品質に多少の差が起つて來るもので大體次の様な範圍に在る事が必要と思はれます。

石 灰	礬 土	硅 酸	苦 土	滿 佈
42%以上	15%以上	35%以下	7%以下	5%以下

尙化學成分が上記の範圍内に在るときでも冷却工合の如何はセメントの品質に強く影響するものでありますからこの冷却を極めて迅速に行ふ事が必要であるのは勿論であります。

我が製鐵所に於きましては前の様な化學性分の鑛滓を作り、これを完全なる方法にて冷却し優良な鑛滓を作る事に永き努力を續けまして目下我々が高爐セメントとして使用する鑛滓はその化學成分が次の様な範圍に在るのであります。

石灰	礬土	珪酸	苦土	滿俺
45—48%	17—20%	30—33%	1.0—3.0%	0.5—1.5%

次の表は鑛滓の分析の一例であります。

灼熱減量	珪酸	礬土	酸化鐵	滿俺	石灰	苦土	硫黃
なし	31.26	19.15	0.84	0.40	46.15	1.03	0.51

これは $\frac{(\text{石灰}) + (\text{苦土}) + \frac{1}{3}(\text{礬土})}{(\text{珪酸}) + \frac{2}{3}(\text{礬土})} = 1.45$ となるのであります。

上の分析表は本所の鑛滓がセメント原料として卓越せる事を示して居ります、そして創業以來10餘年の經驗はこの事實を數學的に證明して居るのであります。

次に高爐セメントの製法及びその諸性質を略記して見ます。

一 製造方法

熔鑛爐から熔融状態で流出する熔滓を特殊な装置で水を用ひて極めて迅速且つ均一に冷却すると共にこれを破碎し急冷鑛滓を作り、これの35乃至40%を石灰石65乃至60%と共に配合粉碎し、焼成後の焼塊が一般ポルトランド・セメントと同様の成分とするのであります（一般ポルトランド・セメントは粘土20乃至30%を石灰石80乃至70%と共に配合粉碎して焼成したものであります）

斯して製造された焼塊の最少30%を乾燥した鑛滓の最大70%と共に混合しこれを極めて微細な粉末としたものが高爐セメントでありまして硬化速度の加減及び其他の必要の場合には石膏（5%以内）及び石灰（3%以内）を加へセメントに悪影響を與へる事なく品質の改善を計る場合もあります。

出來上つた高爐セメントは一般に次の様な化學成分を持つて居ります。

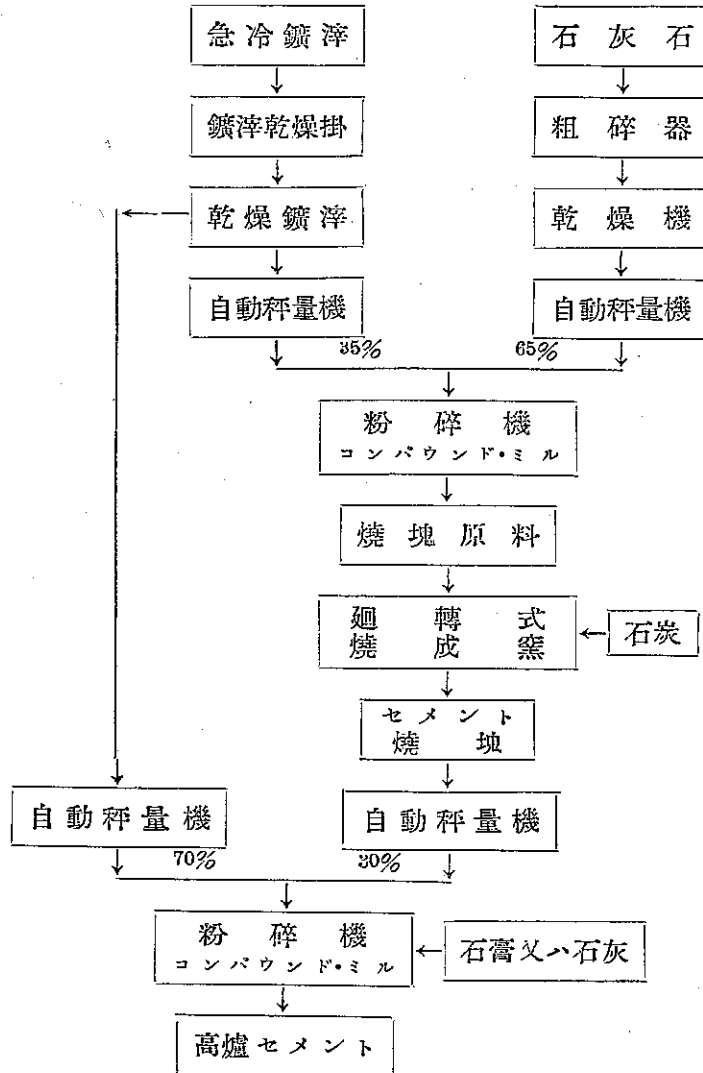
珪酸	礬土	石灰	苦土	滿俺
27—29%	12—15%	50—53%	1.0—3.0%	0.5—1.5%

次に以上の製造行程を圖示します。（次頁圖表参照）

二 高爐セメントの諸性質

（一）比 重

高爐セメントは鑛滓を主要成分としたものであるので、比重は鑛滓自身に近いもので約2.9から3.0の間に在るのでありまして一般ポルトランド・セメントが3.05以上の比重を持つて居るのに比較すると多少軽い傾向がありますが、これは生成原因の相違から來たもので止むを得ん事でありましてポルトランド・セメントに於て見る様に比重の軽いのは焼き方の不充分を原因とするものでは



ありませず従つて品質とは何の関係もありません。

(二) 粉 末 度

高爐セメントは一般ポルトランド・セメントより一層粒が小さく 普通毎平方糎 4,900 孔を有する篩で篩ひ分けて 12%以上の残滓はない事にしています。

(普通ポルトランド・セメントにありては毎平方糎 900 孔篩の残滓3%以内)此粒子は小なるは化學的作用が完全に行はるゝに便なるは言ふ迄もありません。

(三) 凝結時間

高爐セメントは創業後暫くの間は一般ポルトランド・セメントに比較して多少凝結時間の遅くなる傾向を示したのでありますが、これは従来當所で鑛滓の性質に合致した焼塊を製造する設備がなく鑛滓に混合するポルトランド・セメントは選擇が不可能で一般の市販品を使つて居つたのでこの缺點がありました。其後焼塊製造の設備も完成し使用鑛滓の性質に合致した焼塊の製造にも成功し、従来批難されて居つた緩結性の傾向も殆ど除去されて現在の製品はポルトランド・セメントに比較して凝結時間も變りなく仕事も全く同様に出来る様になつたのでありまして如何なる場合でもポルトランド・セメントの規格に照して何等の遜色を見ないのであります。

(四) 膨張性龜裂

ポルトランド・セメントでは時々膨張性龜裂の起る事がありましてこの點に對する製造者及び使用者の心配は甚しいのでありますが高爐セメントでは膨張性龜裂は如何なる嚴格な試験方法で取扱ふても、この慮れが絶対にないのは高爐セメントの一大特長とされて居ります、殊に海水及び其他の鹽類を含む水中に於ても此性質が完全に保持され海水を5倍以上の濃度にして取扱ふても龜裂崩壊を起す心配がない試験成績を示して居ります、それ故高爐セメントを海水、下水等の工事には推薦する次第であります。

(五) 強 度

強度はセメントに取つて一番大切な必要條件でありますので、この點に就ては完全な品物を作る事に永年努力を續けて參りました、そして凝結時間の改善と共に現在に於ては強度に於ても充分改善された品を作る事が出来る様になりまして現在製品は諸公共の試験所や自工場に於ける試験で完全にポルトランド・セメントと伯仲する結果を出す事が出来るのであります、即ち最近では 1:3 モルタルに於ては耐伸強度は 4 週間にて 25 甎を超え、耐壓強度は 4 週間にて 250 甎を超える成績を舉げて居るのであります。

(六) 苦土、硫黄及び其他

高爐セメントには苦土が約 1 乃至 3%入つて居ります、一般ポルトランド・セメントでは此苦土が膨脹龜裂の原因となり厭はれて居りますが高爐セメントでは 8%迄位の苦土は此惡影響を起す事なく充分使用に耐へるものであります、

高爐セメント中には硫酸化合物及び硫化物として1%内外の硫黄を含有して居ります、その爲に人に依つては高爐セメントは鐵筋混凝土に使用するとき鑄を誘ふ原因となるのを恐れますがこれは全くの杞憂で、高爐セメント中の硫黄化合物が鑄を誘ふ様な事は決してありません、これは本工場に於て長年月の試験の結果及び諸外國に於ける試験の結果疑ふ餘地のないものであります、又其他の點で硫黄化合物はポルトランド・セメントにはあまり歡迎されない成分でありますが高爐セメントでは硫黄化合物は問題にされて居ないのであります、この點は從來ポルトランド・セメントの使用に馴れて居る人々に特に充分了解して頂きたいのであります、硫黄化合物である石膏の如きはこれを加へて高爐セメントの品質を著しく改善することが出来るのであります加へる石膏の量は15%になつても高爐セメントの品質を害する事はないのであります、これは高爐セメントの特性であります。

從來高爐セメントに對し兎角の批難を受けて居りましたが其後技術者の苦心と試験掛の研究と相俟つて品質向上に不斷の努力を續けた結果現在では總ての點で高爐セメントはセメントとして諸所要點を完備して居る確信を以て販賣する事の出来る様になつたのを喜ぶものであります一日も早く一般に普及するのを祈るのであります。

次に高爐セメントの一般試験表を添付します。

試験項目	年度及び 試験所名	大正十一年度		大正十三年度
		大阪工業試験所	東京工業試験所	大阪内務省土木出張所
比 重 %	{	2.93	2.92	※
		ポルトランド・セメント規格に於ては 3.05 以上		
殘 滓 % 4,900孔篩	{	3.14	7.06	9.33
		ポルトランド・セメント規格に於ては 900孔篩にて 3%以下		
凝 結	始 時分	3.30	2.19	2.16
	終 時分	7.50	6.16	4.46
温 度		18~22	23	25~27

備 考 ※ 内務省土木局大阪出張所に於ける試験は比重は測定せず1リットル目方を計り 1,033瓦とせり

温 水 試 験		大阪工業試験所		東京工業試験所		大阪内務省土木出張所	
		安 全		安 全		安 全	
強度1:3モルタル	耐 伸	1 週	22.20 ^{kg}	27.00 ^{kg}	23.50 ^{kg}		
		2 週	31.13	30.20	28.75		
		3 箇月	36.16	33.40	32.75		
		6 箇月	37.40	36.70	33.50		
		1 箇年	38.61	38.30			
	耐 壓	1 週	140.25	148.00	211.25		
		4 週	184.75	225.00	263.50		
		3 箇月	227.00	264.50	333.75		
		6 箇月	251.75	258.00	334.50		
		1 箇年	244.00	296.00			

ホルトランド・セメント規格に於ては 18 匁
ホルトランド・セメント規格に於ては 140^{kg}

		大阪工業試験所	東京工業試験所	土木局出張所
砒 酸		29.06%	29.24%	28.66%
礬 土		11.41	10.51	13.56
酸化マンガン		0.76	2.71	1.02
石 灰		50.49	49.55	51.21
苦 土		2.73	2.04	2.29
硫 黄		1.01	1.05	0.90

セ メ ン ト 種 別	試 験 項 目 重 別	比 攝 氏 一 五 度 に 於 て	一 〇 け る 平 方 孔 に 於 て	凝 結		稠 度 水 量 %	試 験 中 の 温 度 ℃	膨 脹 沸 騰 龜 裂 法	1:3モルタル強度 kg/cm ²			
				始	終				成水 型量%	耐 伸		耐 壓
										1週	4週	
ホルトランド・セメント	No.1	3.115	0.17	1 ⁴¹ / ₄₁	4 ⁰¹ / ₄₁	23.6	19	安全	7.5	26.5	31.5	264.5
	No.2	3.036	0.02	3 ⁵³ / ₃₉	3 ⁵⁹ / ₃₉	26.7	〃	〃	8.0	27.5	33.3	299.3
	No.3	3.115	0.07	2 ²⁶ / ₂₄	7 ²⁴ / ₂₄	24.5	〃	〃	7.5	23.1	27.9	196.0
	No.4	3.135	0.14	0 ¹⁰ / ₃₃	4 ³³ / ₃₃	25.0	〃	〃	8.5	18.1	23.3	—
	No.5	3.135	0.32	1 ²⁵ / ₂₀	6 ²⁰ / ₂₀	23.6	〃	安全	8.5	23.3	29.1	265.3
	No.6	3.105	0.60	2 ¹⁹ / ₃₁	6 ³¹ / ₃₁	25.2	〃	〃	9.0	29.3	32.5	242.6
	No.7	3.145	0.03	3 ²⁰ / ₄₀	7 ⁴⁰ / ₄₀	25.4	〃	〃	7.5	23.2	31.9	227.7
	No.8	3.056	0.07	2 ⁰⁷ / ₄₂	5 ⁴² / ₄₂	26.0	〃	〃	7.5	24.7	31.2	210.0
	No.9	3.068	0.56	2 ⁴⁴ / ₄₄	10 ⁴⁴ / ₄₄	26.9	〃	〃	8.0	22.8	29.4	190.6
	No.10	3.105	0.10	0 ⁰⁹ / ₂₂	8 ²² / ₂₂	26.3	〃	〃	8.0	27.2	34.6	296.0

セ メ ン ト	試 験 項 目 種 別	比 (攝 氏 一 五 度)	一〇け 平〇る 方孔殘 糊篩に に於九	凝 結		稠 度 水 量%	試 験 中 の 温 度 C	膨 脹 沸 騰 法	1:3モルタル強度 kg/cm				
				始	終				成 水 型 量%	耐 伸		耐 壓	
										1週	4週		4週
=ポルトランドセメント													
No.11		3.135	0.02	3 ⁴⁷ _分	9 ⁰² _分	24.0	19	安全	8.0	17.9	26.2	187.7	
No.12		2.068	0.32	3 ⁰⁹ _分	10 ²⁷ _分	26.9	〃	〃	8.0	27.3	31.3	232.0	
No.13		3.164	0.02	1 ⁵⁹ _分	7 ⁴⁴ _分	24.5	〃	〃	7.5	24.0	32.1	286.3	
No.14		3.095	0.10	—	—	—	—	—	7.5	22.5	27.8	—	
高 爐 セ メ ン ト	※	2.9-3.0	0.33	2 ¹⁶ _分	4 ⁴⁶ _分	25.0	25	安全	—	23.5	28.8	263.5	

※ 大阪土木局出張所にて試験比重は測定せられざるを以て一般の數字を記入す

上記の試験表は大正十一年平和博覽會に於て全國セメント會社の出品を審査せる結果を十三年度高
爐セメント試験表と比較せるものなり

(完)