

# 「ポルトランド、セメント」ノ風化作用ニ 因ル炭酸瓦斯吸收ニ就テ

技 師 服 部 武 彦

新鮮ナル「ポルトランド、セメント」ハ適度ノ風化ニ因リ品質ヲ改善ストノ感念ハ「セメント」製造者及使用者ノ一般ニ抱ク所ナルガ之ニ關スル理論ハ未ダ解決ノ十分ナラザルモノアリテ研究ノ餘地多シ灼熱セル「クリンカー」ノ窯ヲ出ヅルヤ直チニ注水シ更ニ之ヲ幾何カ風化セル後粉碎製出セル「セメント」ニアリテモ尙或期間内屋内ニ於テ風化スルヲ常トス往々粉碎後直チニ蒸氣ヲ通ジ特ニ之ヲ風化セザルモノアルモ坊間ノ「セメント」ハ大部分或程度ノ風化作用ヲ受ケタルモノト看做シ得ベシ「セメント」ノ性質ニ及ボス風化ノ影響ニ就テハ既ニ Candlot, Spalding, Frederick, Taver & Thompson 等ノ諸氏ノ論議セルモノアリ又市販ノ「セメント」ニ對シ更ニ風化ヲ續行スルコトニ因リ及ボス影響ニ關シ W. C. Rahling & N. A. Salinger ハ種々ノ實驗ヲ爲セリ (Phil. J. Sci. 1908, Sec. A, 3, 141-151) 之ヲ要スルニ風化ノ影響ハ「セメント」ノ種類ニヨリテ甚シク相違シ或ハ膨脹性ヲ減ジ凝結時間ヲ順調ニシ其他品質ヲ改善スルコト多クレドモ亦之ニ反シ健全ナル試料ヲシテ危險性ヲ帶バシムルニ至ルコト尠カラズ其關係甚ダ複雑ナリ例ヘバ市販ノ緩結性「セメント」ヲ短期間風化スルニ凝結ヲ遅緩スルコトアリ又促進スルコトアリ或ハ遅緩促進交モ至ルガ如キ不規則ナル作用ヲ呈スルコトアリ此等ハ主トシテ試料ノ化學的成分及氣温ノ關係ニ因ル(臺灣總督府研究所報告第四回、五一—五六頁、大正四年)膨脹性ニ關シテモ亦然リ La Chaudier 膨脹試驗法ヲ採用セル英國ニテハ試料ハ總テ二十四時間風化シタル後煮沸シ器ノ兩端端ノ距離十耗以上ヲ増加スベカラズトセリ然レドモ右試驗ニ適合

「ポルトランド、セメント」ノ風化作用ニ因ル炭酸瓦斯吸收ニ就テ

セザル試料モ七日間風化シタル後ニ於テ鉞端ノ間隔五耗以上ノ増加ヲ示サザレバ使用ニ適スト規定セリ本邦市販ノ「セメント」ニ就キ之ヲ試ミルニ多クハ七日間ノ風化ニ因リ膨脹ヲ減ズルモ往々之ニ反對スルノ事實ヲ看ル如斯ハ明カニ風化ノ悪影響ヲ示スモノナリ Munde ハ石灰ニ富メル「セメント」若クハ游離石灰ノ存在ニ基ク不健全 (Unsound) ナル「セメント」ハ風化ニ因リ品質ヲ改善スレドモ礬土ニ富メルモノ殊ニ煨燒ノ稍々輕度ナルモノニアリテハ凝結ヲ促進シ危險性ヲ帯ハシムト論ゼリ (Chem. Eng. 1907, 5, 341)

余ハ敍上ノ問題ニ興趣ヲ抱キ數年前研究ニ着手セシガ間モナク實驗ヲ中絶セザルベカラザルノ事情ニ逢遇シテ今日ニ及ベリ他日機ヲ得再ビ實驗センコトヲ期スレドモ爰ニ嘗テ得タル成績中風化ニ因ル炭酸瓦斯ノ吸收ニ就テ説述スル所アラントス

### 供試「セメント」ノ化學的成分並ニ強度及細末度

供試「セメント」二種(甲、乙)ハ特ニ小野田セメント株式会社ノ製造ニ係ルモノニシテ即チ廻轉窯ヨリ出タル「クリンカー」ヲ其儘貯藏倉庫ニ二日間放置シ後 B. M. M. ニテ粉碎シ能ク攪拌混淆セルモノナリ而シテ試料甲ハ「クリンカー」粉碎ニ際シ適量ノ石膏ヲ加ヘタルモノ乙ハ何等ノ添加物ヲ含有セザルモノトス左表ニ於テ硫酸量ニ差異アルハ之ガ爲ナリ

熱的質量	セメント甲		セメント乙		セメント甲		セメント乙	
	1.50	1.50	1.50	1.50	62.74	1.73	63.50	
珪	24.83	24.83	24.83	24.83	57.36	57.36	57.36	
鐵	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	
礬土					2.74	2.74	2.74	
酸					2.66	2.66	2.66	
炭化								
酸								
量								
石								
炭								
酸								
量								
炭								
酸								
量								

右試料ハ到着ノ翌日適量ヲ分取シ強度試驗用供試體ヲ製作シ別ニ三十「キログラム」宛ヲ六十種平方深サ二十種ノ木製亞鉛張ノ容器ニ採取シ毎朝一回充分ニ攪拌混淆シ以テ風化ニ因ル種々ノ影響ヲ檢セリ

### 耐伸強及耐壓強

週 間	セメント甲			セメント乙		
	耐伸強	耐伸強	耐伸強	耐伸強	耐伸強	耐伸強
一週	67.9	21.4	21.5	61.9	17.5	162
二週	83.6	29.2	357	73.2	24.1	289
三週	88.4	34.3	454	84.9	29.4	398
六週	95.3	34.5	484	89.6	30.0	454

### 細末度

篩	セメント甲		セメント乙		セメント甲		セメント乙	
	篩上殘存%	篩上殘存%	篩上殘存%	篩上殘存%	篩上殘存%	篩上殘存%	篩上殘存%	
每平方釐ノ孔數	0.91	1.01	1.01	1.01	30.96	29.53	33.40	
2700	8.56	10.06	10.06	10.06	33.04	32.53	33.40	

### 凝結ニ及ボス風化ノ影響

供試「セメント」ノ凝結ニ及ボス風化ノ影響左ノ如シ

標準稠度ニ適スル水量ハ試料甲、乙共ニ増大ス然レドモ甲ニアリテハ初メヨリ一定ノ比率ヲ以テ徐々ニ増進シ乙ニアリテハ風化八週間ニ及ブ迄殆ド著シキ影響莫ク十週間後ヨリ漸ク増加シ始メ爾後甲ヨリ大ナル速度ヲ以テ進ム試料甲ノ凝結初發期ハ稍々不規則ナルガ風化ノ影響小ナルモノト認メラル終結期ハ明カニ遲緩ス試ニ到着時及十八

「セメント」ノ風化作用ニ因ル炭酸瓦斯吸收ニ就テ

週間後ノ凝結ヲ比較スルニ後者ハ室温五度以上高キニ拘ハラズ約一時間遅緩ス試料乙ノ凝結初發期ハ二週間及四週  
間ノ風化ニ因リ著シク遅緩ス然レドモ六週間後ニ至レバ遅緩程度前者ノ如ク甚シカラズ終結期ニ對シテハ著明ノ影  
響莫キモノ、如シ表掲ノ凝結時間ハ種々ニ變ズレドモ如斯ハ風化ヨリモ温度ノ影響ニ因ルモノト看做スヲ穩當トス

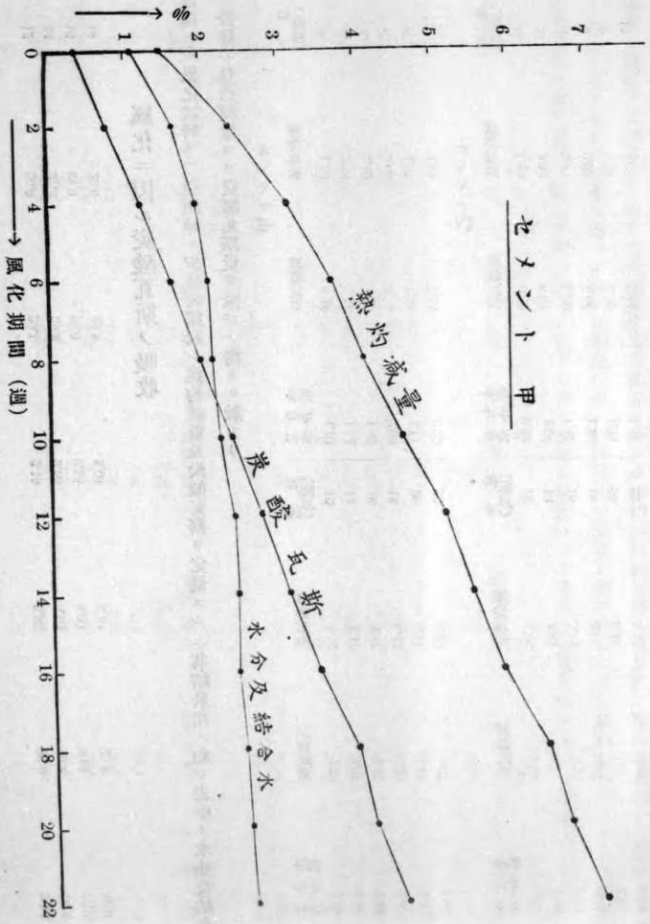
風化 (週間)	セメント甲				セメント乙			
	水 量 %	水 温	凝結ノ始 時分	凝結ノ終 時分	水 量 %	水 温	凝結ノ始 時分	凝結ノ終 時分
0	23.0	24.0	23.25	1.05	24.0	24.1	24.1	80.7
2	23.0	24.1	2.15	3.40	24.0	24.1	3.20	83.4
4	24.0	23.8	2.35	4.35	24.5	23.8	2.95	87.0
6	24.5	26.3	2.15	4.30	24.5	26.3	2.50	79.4
8	25.0	27.9	2.40	4.70	24.5	26.3	2.50	82.1
10	25.5	28.5	2.20	5.35	24.5	26.3	2.55	82.7
12	26.0	29.1	1.50	6.40	24.5	26.3	2.55	78.4
14	26.5	29.8	1.35	5.55	24.5	26.3	2.50	76.6
16	27.0	29.0	1.35	5.30	24.5	26.3	2.55	75.0
18	27.5	28.8	2.15	5.00	24.5	26.3	2.15	69.9
10	25.5	28.6	2.15	5.55	24.5	26.3	2.15	82.7

風化ニ因ル炭酸瓦斯ノ吸收

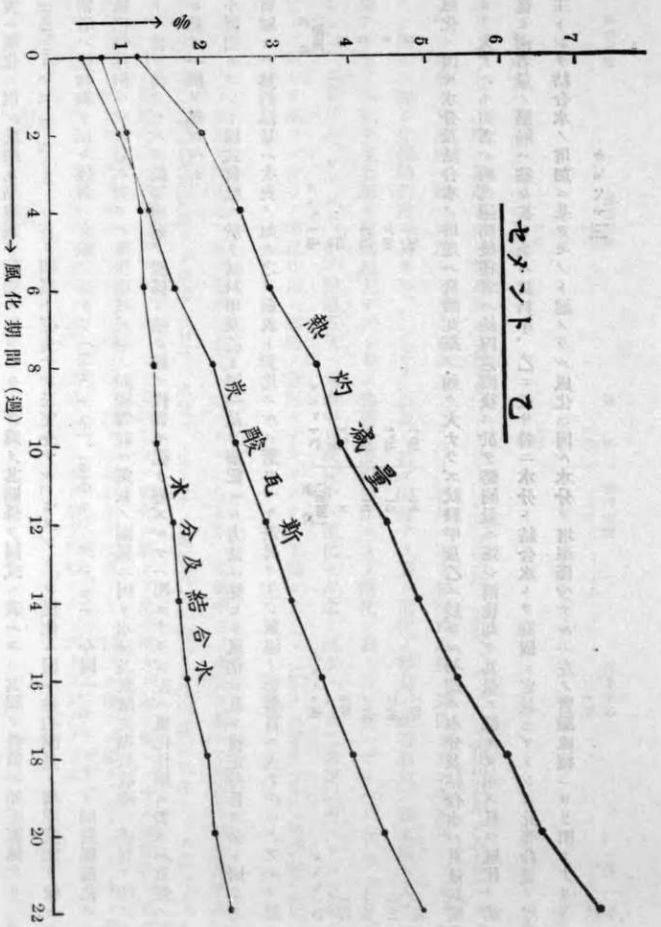
前述セル風化試料ヲ二週間毎ニ少量宛採取シ熱灼減量及炭酸瓦斯ヲ定量スルニ其結果左ノ如シ表中ノ水分及結合  
水ノ含量ハ熱灼減量ヨリ炭酸瓦斯量ヲ減ジテ得タル數ナリ

風化 (週間)	セメント甲				セメント乙			
	熱灼減量 %	炭酸瓦斯 %	水 分 %	炭酸瓦斯 %	熱灼減量 %	炭酸瓦斯 %	水 分 %	炭酸瓦斯 %
0	1.50	0.40	1.10	1.2	1.50	0.48	1.02	1.2
2	2.38	0.76	1.62	1.4	2.03	0.97	1.06	1.4
4	3.12	1.30	1.82	1.6	2.53	1.32	1.21	1.6
6	3.66	1.88	2.08	1.8	2.92	1.66	1.26	1.8
8	4.07	1.96	2.11	2.0	3.55	2.16	1.39	2.0
10	4.58	2.36	2.22	2.2	3.85	2.44	1.41	2.2
12	5.12	2.72	2.40	2.30	4.45	2.85	1.60	2.3
14	5.47	3.07	2.40	2.40	4.84	3.15	1.69	2.3
16	5.87	3.47	2.40	2.50	5.25	3.5	1.80	2.3
18	6.45	3.95	2.50	2.58	6.00	3.95	2.02	2.3
10	6.71	4.18	2.58	2.61	6.48	4.37	2.11	2.3
10	7.18	4.57	2.61	2.64	6.48	4.38	2.11	2.3
10	7.22	4.57	2.64	2.64	7.22	4.57	2.64	2.3

「セルトラマント・セメント」の風化作用二因の炭酸瓦斯吸收二就テ



セルトラマント 乙



「セルトラマント・セメント」の風化作用二因の炭酸瓦斯吸收二就テ



爰ニ風化ニ因ル炭酸瓦斯増進ノ状態ヲ明カニセンガ爲メ其關係ヲ圖式ニ表ハスニ其線ノ性質ハ始テ直線ナリ「C. Rabling & F. D. Royce」ハ管ヲ煨燒不完全ナル「セメント」ノ風化ニ因ル熱灼減量ノ増進状態ヲ檢セルニ前者ハ拋物線ヲ描キ後者ハ直線ヲ描ケリ (Phil. J. Sci., 1910, Sec. A, 5, 404.) 今同「セメント」ヲ同期間風化スルモ風化條件例ヘバ容量ニ對スル風化面積及層ノ粗密等並ニ氣候ノ關係ニ因リ水分及炭酸瓦斯吸收率ニ差異ヲ生ズルコトハ言ヲ俟タザルガ此等増進ノ關係ヲ描ク線ノ性質モ從テ變ズルヤハ明カナラズ左ニ風化作用ニ對スル氣候ノ影響ニ就テ一例ヲ舉グベシ

小野田セメント株式會社ニ於テ試料甲及乙ト同一品ヲ前記セル方法ニ從ヒテ風化シ且ツ檢定月日ヲ余ト同ジクシテ實驗セル熱灼減量ハ次表ノ如ク之ヲ前表ト對比スルニ驚クベキ差異ヲ生ジ氣温ノ影響實ニ大ナルモノアルヲ認ム

風化 (日數)	セメント甲	セメント乙	風化 (日數)	セメント甲	セメント乙
0	1.83	1.84	8	2.25	1.67
2	1.97	1.63	10	2.43	1.75
4	2.10	1.67	12	2.50	1.91
6	2.20	1.65	14	2.60	1.98

風化ニ因ル水分及結合水ノ増進ハ炭酸瓦斯ノ如ク大ナラズ試料甲及乙ニ於ケル初期ノ水分及結合水ハ其量炭酸瓦斯ヨリ大ナルモ前者ハ約九週間後後者ハ約四週間後ニ於テ略同量ニ達シ爾後却テ其量ノ低キヲ示ス且ツ風化ノ進ムニ從ヒ兩者量ノ懸隔ハ益々甚シ余バ試料甲、乙ニ就キ特ニ水分結合水ト別個ニ定量セザリシガ此等含量ノ増進ハ主トシテ結合水ノ増加ニ基クモノト認メラル風化ニ因ル水分ノ増率僅少ナルハ左ノ實驗成績ニヨリ明カナリ

セメント丙

風化日數	熱灼減量	水分	風化日數	熱灼減量	水分
0	2.40	0.60	14	4.75	0.85
3	2.96	0.79	21	5.54	0.94
7	3.88	0.81			

但シ水分ハ 100-110°C.ニ於ケル量

凡ソ「セメント」中ノ游離石灰ハ消石灰、生石灰及「シスター」石灰ノ三種ニ區分スルコトヲ得消石灰ノ存在ハ「セメント」ニ何等ノ危険性ヲ與ヘズ然レドモ生石灰及「シスター」石灰ハ屢次膨脹性龜裂ノ原因ヲ爲ス生石灰ハ「セメント」ノ混捏ニ際シ比較的消化シ易キモ「シスター」石灰ハ甚ダ困難ナリ蓋シ消化ノ難易ハ此等石灰ノ細末度ト大ナル關係アルモノニシテ生石灰モ粒狀粗大ナルトキハ普通ノ混捏操作ニヨリ消化シ盡スコト能ハザルベシ E. D. Campbell & A. H. White, 「セメント」中ノ游離石灰ハ混捏中及凝結中ニ消化セズ之ヲ浸水スルモ二週間以内ニテハ完全ニ水化セズ而シテ斯カル徐々ノ消化作用ハ膨脹ノ原因トナルモノナリト論セリ (J. Amer. Chem. Soc., 1906, 28, 1273-1303)

「セメント」ノ炭酸瓦斯吸收ハ先ツ游離消石灰ニ始マルベシ生石灰ハ空氣中ヨリ水分ヲ奪ヒテ消化シ後炭酸石灰ニ變ズ Rablingハ顯微鏡的實驗ヨリ游離生石灰ハ水化スルヤ直チニ炭酸石灰ニ變ジ其作用甚ダ迅速ナリト謂ヘリ「セメント」中ノ游離石灰ハ其量僅少ナルニ拘ハラズ炭酸石灰ハ風化ニ從ヒテ漸次増大ス表ニ據レバ十八週間後ニ於ケル炭酸瓦斯ハ約四割ニ達ス斯カル多量ノ炭酸瓦斯ハ獨リ游離石灰ノ吸收ノミニ歸スル能ハズ即チ「セメント」中ノ細微粉 (Flour) ガ風化ノ爲メ徐々ト水化シ同時ニ生成セル石灰ガ之ヲ吸收スルニ因ラズンバアラズ

總括

「ポルトランドセメント」ノ風化作用ニ因ル炭酸瓦斯吸收ニ就テ

- 「セメント」ノ風化ニ因ル炭酸瓦斯吸收速度ハ試料ノ物理的及化學的性質並ニ風化面積ト容量トノ關係及氣候的條件ニヨリテ相違ス
- 「セメント」中ノ游離石灰ハ消石灰、生石灰及「シクター」石灰ノ三種ニ區分シ得ルガ孰レモ風化ニ因リテ炭酸石灰ニ變ズ然レドモ其變化ノ速度ハ相互ニ著シキ差異アリ
- 「セメント」ハ長期ノ風化ニ因リテ固結力ヲ失フ之レ「セメント」中ノ細微粉ガ徐々ニ水化シ同時ニ生成セル石灰ガ炭酸鹽ニ變ズルガ故ナリ
- 炭酸瓦斯ヲ自由ニ吸收シ得ルガ如ク風化セル試料甲及乙ノ風化期間ト炭酸瓦斯吸收量トノ關係ヲ圖式ニ表ハスニ描ク線ノ性質ハ直線ナリ
- 因ニ本實驗ニ關シ材料ノ送附及ビ其他ノ便誼ヲ與ヘラレタル小野田セメント株式會社工務課員諸氏ニ對シ特ニ記シテ余ノ深厚ナル謝意ヲ表ス (大正六年八月)

### 「ホルトランド、セメント」ノル、シヤテリエ

#### 膨脹試験法ニ就テ

「ホルトランド、セメント」ヲ「モルタル」又ハ「コンクリート」トシテ使用セル後ニ於テ若シ其容積ニ認ムベキ變化ヲ來スガ如キコトアレバ龜裂ヲ發生シ極メテ危險ナリト謂ハザルベカラズ其甚シキニ至レバ遂ニ崩壊ヲ招クベシ故ニ「セメント」ノ品質判定上膨脹性ヲ有スルヤ否ヤヲ檢スルハ最モ肝要ノ事項ナリ右檢定法トシテ廣ク用ヒラルルハ「セメント」ヲ以テ圓頭形體ヲ作り濕空中ニ二十四時間靜置シ凝結全ク終リタル後水中ニ浸漬スルコト二十七日間ニ及ブ時々龜裂ノ有無其他ノ狀態ヲ檢シ何等異狀ヲ呈セザレバ健全ナル「セメント」(Sound Cement)トシテ安全ニ使用シ得ベキモノト認ム此方法ハ簡單ナルガ長時間ヲ要シ便利ナリト謂ヒ難シ又一面ヨリ看レバ短期ニ過グルノ試験法ナリ何トナレバ水中ニ浸漬スルコト約一箇月ニテハ完全ニ膨脹性ノ有無ヲ認識シ得ザレバナリ「セメント」ニ存在スル游離石灰ハ膨脹ノ原因ヲ爲スモノナルガ此ノ石灰ハ高温度ニテ煨燒セラレシ爲メ容易ニ消化セズ故ニ試料ガ充分ニ膨脹スルニハ往々數箇月ヲ要スルコトアリ游離苦土モ亦惡影響ヲ及ボス其水化作用ハ一層緩漫ニシテ E. D. Campbell 及 A. H. White ニヨレバ苦土ノ影響ハ「セメント」ヲ水中ニ浸漬スルモ二箇月以内ニアリテハ何等ノ認ムベキ異狀莫ク一箇年後ニ至リ明カニ膨脹現象ヲ現ハシ五箇年若クハ夫レ以上ニ互リ漸次増大スト、玆ニ於テ短時間ニ且ツ比較的明瞭ニ膨脹性ヲ知ルノ必要ヲ生ジ之ニ關スル考案工夫ノ發表セラレシモノ夥シ然レドモ孰レモ高温

技師 服部 武彦  
 技手 藤澤 國太郎