

論 說 報 告

土木學會誌 第十四卷第二號 昭和三年四月

英國製アルミナス・セメントに就て

准員 吉田 彌七

On the British Aluminous Cement.

By Yashichi Yoshida, Assoc. Member.

内容梗概

本文は英國製アルミナス・セメントの一般性質並に之を以て製作せるセメント・ペースト、モルタル及混凝土の主要性質に關する簡單なる試験報告なり。

Synopsis

The following is a description of the general properties of the British Aluminous Cement, giving the results of tests made on the nature of the cement paste, mortar and concrete made therewith.

目 次

緒 言	1
第一章 概 論	2
第二章 材 料	3
第三章 凝 結	7
第四章 強 度	11
第五章 流動性	20
第六章 結 論	23

緒 言

1824年ポルトランド・セメントの發明されて以來年を経ること百餘年此の間セメント工業は長足の發達をなし、鐵筋混凝土の發達と相俟て今日の如き混凝土時代を形成するに至れり。此の混凝土工業の發達は一方に於てはセメントの性質の物理的改良を誘致し他方に於てはその化學的の研究を促せり。元來ポルトランド・セメントの主要缺點とも稱すべきは其れが相等の強度を發揮する迄には相等の日數を要することなり。此の缺點を補ひたるものが所謂急

硬セメントなり。之に2種あり、一つは急硬ポルトランド・セメントにして他はアルミナス・セメントなり。急硬ポルトランド・セメントとは原料調合、焼成、粉碎等の作業方法を改良したるものにして主としてポルトランド・セメントの製造に物理的改良を加へたるものなり。反之アルミナス・セメントとは Bauxite 及石灰を熔解して製造せるものにして多量のアルミナを含有し普通のポルトランド・セメントに比し化學的に大差あり。此れ等2種の急硬セメントは何れも短時日例へば2, 3日間にして普通セメントの4週間の強度を發揮し得る大得點を有す。如此急硬セメントは普通セメントに比し其の性質を異にするものなれば之を充分に研究せざれば最も有効に、經濟的に利用することを得ざるべし。

本實驗の目的も亦如上の主旨に外ならず。幸に英國製アルミナス・セメント 3 樽三井物産株式會社の手を経て購入することを得たれば之に就て簡單なる試験を行ひ併せて淺野ポルトランド・セメントの試験をも施行しその結果の相違をも吟味せり。本文が該セメントの使用に關し多少なりとも参考とならば著者の幸甚とする處なり。

本研究は大正 15 年 10 月より昭和 2 年 5 月の間に施行せるものにして助手白木源藏、江口貞雄兩君の勞による所甚だ大なり。著者は此處に感謝の意を表す。

第一章 概 論

1 概 要

アルミナス・セメントは佛國に於て 1908 年 Jules Bied 氏が發見し其の後米國に於ても之の製造に成功せり。即ち最近 20 年間に發達したるものにして歐米に於ては之に關し有益なる研究論文が逐次發表され、又我國に於ても土木試験所の報告等の發表あり。本論文も亦之に關する簡單なる實驗報告にして、第一にセメント自身の性質を研究し、次に之を以て製作せるセメント・ペースト、モルタル及混凝土の土木建築工事に必要なる一般性質を研究し併せて普通のポルトランド・セメントを以て製作せる混凝土等の間に如何なる相違點が存在するかを探究せるものにして、本材料使用に關し誤なきを期したるものなり。

2 實驗の範圍

本實驗の範圍は次の如し。

1^o 材料 材料に關しては本實驗に使用せるもの即ちセメント、砂及砂利の物理的並に化學的試験を施せり。

2^o 凝結 セメントの凝結は工事施工に當り特に重要なる性質なり。故に本實驗に於て異なりたる水量及溫度の下に於て如何に其のペーストの凝結の現象が變化するものなるかを確め、延ひてはモルタル及混凝土に及べり。

3^o 流動性 流動性は混凝土の主要性質の一にして、其の施工の難易は主として此の性質

によりて支配さる。本實驗に於てはアルミナス・セメント混凝土の流動性が其の加水分量及捏混後の経過時間と共に如何に變化するかを強度の實驗と相連關して求めたり。

4° 強度 混凝土の強度も亦流動性と共に重要な性質なり。本實驗に於てはセメント・ペースト、モルタル及混凝土に關し、其の耐伸及耐壓強度と溫度、水量、養生方法、材齡等の關係とに就て吟味せり。

第二章 材 料

3 セメント 本實驗に使用せるセメントは British Aluminous Cement 及淺野ポルトランド・セメントなり。

い アルミナス・セメント 本實驗に使用せるアルミナス・セメントは詳細は不明なるも、その商標より見る時は英國 London の The British Portland Cement Manufacturers Ltd. 製 Lightning Brand の Aluminous Cement にして The Cement Marketing Co. Ltd. の販賣に屬し、三井物産株式會社の手を経て購入せるものなり。數量は3樽にして實驗室着は大正15年6月13日にして彼地を發して以來6箇月位経過せるものと思はる。本セメントの容器は木製の樽にして荷造は相等に嚴重なり。而して本實驗室に到着後は直ちに葉鐵製罐内に詰め代へ其の後の品質の變化を妨げたり。故に本セメントは製造當初とは多少其の性質の相違はあるも、概念的性質は知る事を得べきものと信ず。セメント試験規程は大體に於て昭和二年商工省告示第九號に依れり。但し強度の試験は標準砂の外は獨逸國の1925年の高級セメント試験規程によれり。次に其の結果を示せり。

第一表は化學分析の結果にして本校化學教室甲斐助教授の盡力を煩せるものなり。

第 一 表

Chemical Composition of the British Aluminous Cement.

Composition.	Per Centage.
Silica (SiO ₂)	8.570
Alumina (Al ₂ O ₃)	35.460
Ferric Oxide (Fe ₂ O ₃)	14.490
Lime (CaO).	39.333
Magnesia (MgO)	1.249
Sulphuric Anhydride (SO ₃)	0.149
Alkali	0.220
Water and Loss	0.529
Phosphorus and Manganese	Trace
Total Sum	100.000
and Ignition Loss	0.906
Insoluble Residue	1.610
Soluble Silica	7.061

試験 4 回の平均値を示す

第二表は物理試験の結果なり。

第 二 表

色				帶褐灰白色	
比重				3.012 at 21°C	
粉末の程度	#65 に止りたるもの			0.20	
	#65 を通過し #100 に止りたるもの			1.12	
	#100	"	#200	"	4.20
	#200	"	鍋	"	94.425
合 計				99.945	
標準稠度				30.5%	
凝結	初結			2 時 27 分 at 21°C	
	終結			4 時 00 分 "	
膨脹性龜裂				異状なし	
強度 (1:3 モルタル)	3 日後	耐伸強		29.51 kg/cm ²	
	"	耐壓強		330.67 "	
	28 日後	耐伸強		34.93 "	
	"	耐壓強		500.00 "	

ろ ボルトランド・セメント

アルミナス・セメントとの比較試験に用ひたるボルトランド・セメントは淺野セメントにして同セメント株式會社門司支店の製品にして2回に亘り同會社熊本販賣店より購入せるものなり。今其の實驗記號を A₁ 及 A₂ とす。A₁ は大正 14 年 8 月本實驗室に到着後葉鐵製罐に移し貯藏せるものにして1年以上を經過せり。かくの如く殊更に古材料を使用せる目的はアルミナス・セメントが製造後約 1 年位經過せるものと思はるれば最も信實らしき相對的關係を見出さんとするの主旨に外ならず。而して此のセメントは主として混凝土の實驗に使用せり。A₂ は大正 15 年 12 月に實驗室に到着せるものを上記の罐中に貯藏したるものにして新しき材料なり。今此れ等の供材の試験の結果を示せば第三表の如し。

第 三 表

	A ₁	A ₂		
比重	3.066 at 20°C	3.125 at 21.5°C		
粉末の程度	#65 に止りたるもの			
	#65 を通過し #100 に止りたるもの			
	#100	"	#200	"
	#200	"	鍋	"
合 計				
標準稠度	30.5%	27.5%		
凝結	初結			
	終結			
	4 時 30 分 at 20.5°C	2 時 50 分 at 20.5°C		
	10 時 00 分 " (?)	9 時 00 分 "		

膨脹性龜裂		異状なし	異状なし
強度 (1:3 モルタル)	耐伸強 1 週後	25.30 kg/cm ²	28.60 kg/cm ²
	" 4 週後	36.99 "	41.11 "
	耐壓強 4 週後	335.00 "	398.66 "

上記の第二、第三表中粉末の程度は Tyler's Standard Sieves を用ひ Ro-Tap Testing Sieve Shaker にて 15 分間篩へる結果なり。上表より比較する時は A_1 は製造當時とは多少の性質の變化あるを知るべし。

4 砂 本實驗に使用せる砂は數種にして混凝土製作に使用せるは熊本縣綠川より採取せるものにして主として片麻岩質にして、石英片岩及花崗岩質のものをも含有し、熊本地方の最優良砂なり。色度試験の結果によれば有害なる有機物、不純物を含有せず。モルタルに使用せる砂は舊新即ち東京及相馬標準砂なり。綠川砂の試験の結果は第四表に示すが如し。但し試験の方法は A. S. T. M. の規程によれり。

第 四 表

綠 川 砂 試 験 成 績 表

比重		2.669
吸水率 (15 分間後)		0.45 %
有機物		含有せず
泥滓、粘土又は塵埃		0.56 %
單位重量		1 629 kg/m ³
空隙率		38.97 %
強度 (1:3 モルタル)	耐伸強 4 週間後	44.68 kg/cm ² (セメント A_1)
	" " "	36.99 " (セメント A_1 , 相馬標準砂)
粒度調合 (Grading)		

篩の番號 (Tyler's Standard Sieve)	篩目の空間隙 m.m.	篩に止れるもの、百分率
100	0.147	99.34
48	0.295	95.96
28	0.589	69.00
14	1.168	30.97
8	2.362	9.74
4	4.699	2.18
粒度係數 (Fineness Modulus)		3.072
表面係數 (Surface Modulus)		15.341
有機物及強度の試験を除き其の他は試験 4 回の平均なり。		

標準砂は新舊即ち相馬及東京標準砂を使用せり。此等標準砂に就ては之以上説明の要なからん。只注意すべきは相馬砂の方が大なる強度を與へる點なりとす。

5 砂利 本實驗に於て混凝土試験に採用せる砂利は砂同様緑川の産にして本縣下に於ける最も優良なる砂利の一なり。次に本砂利の試験の結果を示せば次表の如し。試験の方法は A. S. T. M. の規程によれり。

第 五 表

緑川砂利試験成績表

岩質	主として片麻岩にして、其の他石英片岩、花崗岩等をも含む。
比重	2.705
吸水率 (15 分間後)	0.9 %
有機物	含有せず
泥滓、粘土又は塵埃	殆んど含有せず
單位重量	1 808 kg/m ³
空隙率	33.17 %
粒度割合	

篩の番號	篩目の空間隙 m.m.	篩に止れるもの、百分率
100	0.147	99.45
48	0.295	99.36
28	0.589	99.14
14	1.168	98.40
8	2.362	95.77
4	4.699	85.30
$\frac{3}{8}$ -in.	9.423	56.73
$\frac{3}{4}$ -in.	18.850	23.03
$1\frac{1}{2}$ -in.	38.100	0
粒度係數		6.572
表面係數		1.574
有機物試験を除き其の他は試験 4 回の平均なり。		

上表より明なる如く本砂利は優良なるものと認むるを得べし。只缺點とも稱すべきは #4 篩を通過するもの即ち砂が約 14% も混じ居ることなり。故に本砂利を以て混凝土の配合を設計するに際しては此の事實を考へに入れざるべからず。

6 水 水は熊本高等工業學校水道の清水を使用せり。

第三章 凝 結

第一節 概 説

7 概要 凝結土工事に當りその凝結及硬化は工事進行上緊要なる問題なり。凝結土はセメントを結合材として成立せるものなれば、その凝結時間は主としてセメント・ペーストのそれに随ふものと見て差支へなかるべし。本アルミナス・セメントはその化學性分に於て普通のポルトランド・セメントと甚だその趣を異にするものなり。随つて短時日にして強大なる強度を發揮するを得べし。然らばその凝結の模様は如何と言ふに必ずやそこにポルトランド・セメントとの間に相違あるを豫期せざるべからず。若し甚だしき相違ありて施工上不便あらんか、その利用發達は期して待つべからず。ポルトランド・セメントに關しては己に拙論“Portland Cement Paste の凝結並に流動性に就て”(本誌第十二卷第五號)に於て述べたり。故に本章に於ては大體に於てポルトランド・セメントの場合に準じて實驗を行へり。即ち

第一アルミナス・セメント・ペーストの凝結とその加水分量との間に於て如何なる關係が存するかを確めたり。

第二は一定の加水分量の許に於て本セメントの凝結と溫度との間に於て如何なる關係あるやの問題に就て吟味せるものなり。

以上の 2 問題は凝結土工事の際のその凝結に關する重要々素たるを失はず。

本試験は Vicat の稠度計を使用しその標準針の透入度によりて決定せり。

本試験は大正 15 年 10 月より昭和 2 年 3 月の間に行ひたるものにして、材料は 3 に記載せるものなり。試験の結果は最も信實と思はるゝ代表的のものを示せり。

第二節 實驗の方法及結果

8 アルミナス・セメント・ペーストの凝結に及ぼす使用水量の影響に就て

ポルトランド・セメント・ペーストの場合同様過多なる加水はアルミナス・セメントの場合に於ても其の凝結を遅延さすものと想像することを得。本實驗に於てはその凝結時間と加水分量との關係を求めたるものにして併せてポルトランド・セメントの場合(拙論“Portland Cement Paste の流動性並に凝結に就て”参照)と比較せり。溫度も亦關係を有するものなるが本試験は單に大略飽和状態に於てのみ行へり。

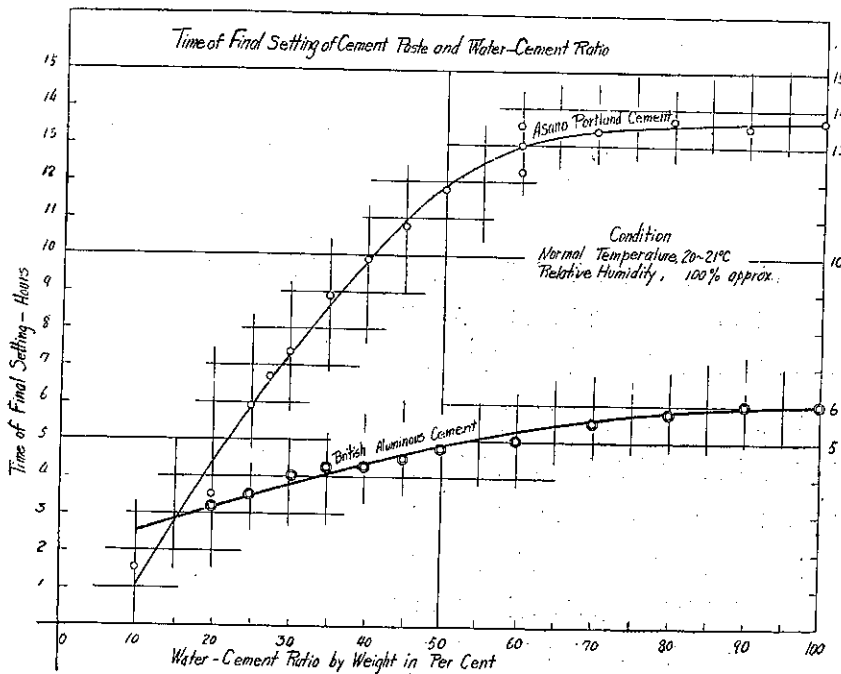
(1) 試験設備 本試験に於てはポルトランド・セメント標準試験用の器具を使用せり。Vicat の稠度計は 2 個を使用せり。セメント・ペーストを容るべき型は漏水を防ぐため徑 8 糎高さ 5.5 糎の薄鐵鍍製の底附圓筒罐を利用せり。本試験は秋より春に亘りて行ひたれば常溫蒸氣室を利用せることもありたり。

(2) 實驗の方法 實驗室は略々 $18^{\circ}\sim 21^{\circ}\text{C}$ の溫度に保ち常に撒水して濕度を高め、常溫蒸氣室を安置しその内部を $20^{\circ}\sim 21^{\circ}\text{C}$ の常溫に保てり。

供試體は全部實驗室内部にて製作するものとす。水・セメント重量比（以下水比と稱す）が $10\sim 35\%$ の間はセメント 400 瓦を秤量し之を鐵皿に移し 20°C の水を加へ一定の標準の下に捏混型詰を行ふ。35% 以上の水比となれば豫めセメント・ペーストの容積増加の實驗を行ひ型詰後の出來上りペーストの深さが 40 耗なるが如くセメントを秤量し、之を罐に移し所要の水量を加へ充分攪拌捏混したる後型に注入す。然る後蒸氣室に入れてその凝結を検す。

(3) 實驗の結果 本試驗より得たる終結時間を示せば第一圖の如し。本圖に於ては参考のため淺野ポルトランド・セメント・ペーストの終結時間も示せり。本セメントは其の凝結に際し非常なる高溫を發するものなり。故に加水分量少きペーストにありては其の水分の蒸發特に甚だし。

第 一 圖



アルミナス及ポルトランド・セメント・ペーストの終結時間と水比との關係

9 アルミナス・セメント・ペーストの凝結に及ぼす溫度の影響

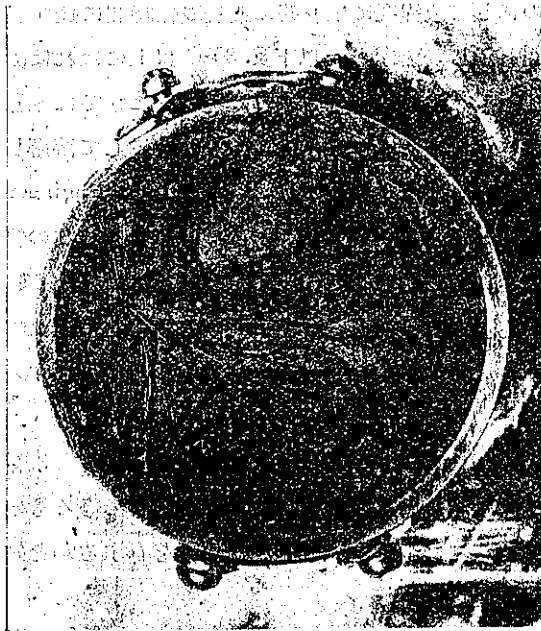
セメント・ペーストの凝結時間は捏混當時の大氣の溫度並に加水の溫度によりて支配されるものなり。既に述べたる如く水比、溫度は一定なるもその時の濕度によりて凝結時間は多

少の變化を受けるものなれば本實驗に於ては可成的關係濕度が 100% なる場合を標準とせり。本試驗に於ては 20°C 以上の溫度に對しては常溫蒸氣室を利用し、それ以下の低溫度の時は實驗室を利用し出來得る限り濕度を高めたり。

本實驗は溫度と凝結時間との間の正確なる關係を知るために施行したるものなれば他の條件は出來得る限り不變なる様力めたり。而して試驗は標準稠度(水比 30.5%) 及普通鐵筋混凝土工事の場合の普通の加水分量(水比 60%) に就て行へり。

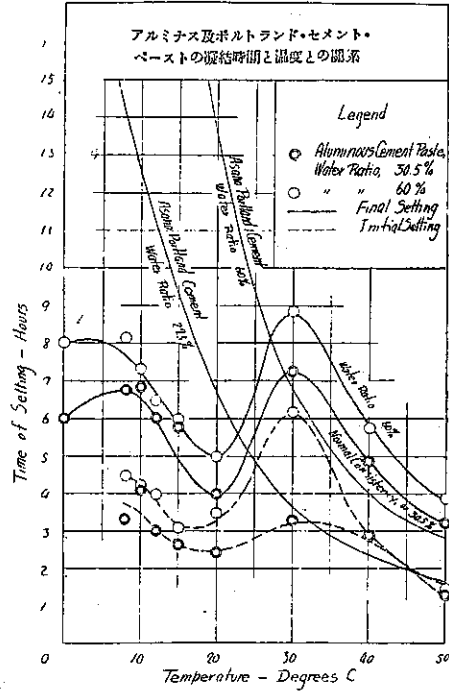
(1) 試驗設備 8 に説明せると同様なり。標準稠度に就ては型はポルトランド・セメント試驗用のものを使用せり。

第三圖



アルミナス・セメント・ペーストが一旦氷結せる後凝結硬化せる状態

第二圖



(2) 實驗の方法 20°C 以上の實驗には實驗室内は 20°~21°C に保ち常溫蒸氣室を利用す。水比は 30.5 及 60% に就て行へり。低溫の實驗は可成的寒冷の日を擇び行へり。(詳細は拙著 “Portland Cement Paste の凝結並に流動性に就て” 参照)

(3) 實驗の結果 本試驗の結果をポルトランド・セメントの凝結と共に示せば第二圖の如し。第三圖に示すは一旦氷結後アルミナス・セメント・ペーストが凝結せる際の寫眞なり。之に就て少しく説明せん本試驗は 0°C の時成型せるにその後氣溫漸次降下し 12 時間後の -3°C の時は圖に示すが如く表面は遂に氷結せ

り。但しその内部の方は既に凝結し居れり。その後數時間して表面を検せるに前に氷結せる部分も完全に凝結し居れり。以上の結果より見る時は本セメントの凝結はポルトランド・セメントのそれと少しく趣を異にするを知るべし。

第三節 約 説

10 約説 アルミナス・セメント・ペーストの凝結に關し如上の實驗の結果より略々次の如く約言する事を得べし。

1° アルミナス・セメント・ペーストの凝結は其の水比によりて變化を受く。即ち水比少き程凝結時間は短縮するものなり。特に 60% 以下の水比の場合然りとす。而してそれ以上の水比に對しては左程に變化なきものゝ如し。然るに之をポルトランド・セメント・ペーストの場合と比する時は其の傾向は同様なるもその變化の程度は左迄甚だしからず。即ち第一圖より明なる如く終結時間は 10% 水比の時 2 時 30 分間にして、60% 水比の時 5 時 00 分間 100% 水比の時 6 時 00 分間程度なり。試験溫度は勿論標準溫度とす。

2° アルミナス・セメント・ペーストの凝結は溫度によりて支配さる。此の事實は水比の如何に關せず、初結終結に對して眞實なるものゝ如し。本實驗は 30.5% 及 60% の水比に對して行ひたるも共に 0°C~30°C の氣温に對しては、20°C の場合凝結時間最短にして其れより氣温高きも低きも共に凝結時間短縮するものにして或程度に至り共に最長凝結時間に達す。

即ち約 7.5°C 及 30°C に於て最長凝結時間を示し、又 7.5°C 以下及 30°C 以上になれば凝結時間は短縮す。而して此處にポルトランド・セメントの場合と少しく趣を異にするは氷點以下の場合にして、即ち氷點以下數度となればペーストは一旦氷結するも暫時にして溶解し凝結する事なり。此の事實は可成低溫度の場合にも起る現象の如し。(Canadian Engineer, July 8, 1924 參照)。即ち以上の實驗より推定せば普通の溫度即ち 0°C~35°C に於ては其の終結時間は 20°C の際最短にして 30.5% の水比に對し約 4 時間、60% の水比に對し約 5 時間にして最長時間は 30°C の時にして、30.5% の水比に對し 7 時 15 分間、60% 水比に對し約 9 時間なり。第二圖より明なる如くポルトランド・セメント・ペーストの凝結と比する時は甚だ其の趣を異にするものあるを知るべし。

要之本實驗の範圍内にてはアルミナス・セメント・ペーストの凝結は其の水比、溫度(氷結せざる範圍内に於て)等に關せず初結は 2 時間以後に起り、終結は 10 時間以内に終るものゝ如し。此の點のみより言ふもアルミナス・セメントが如何に優良なる性質を有するかを知るを得べし。

以上の事實は之を混凝土の場合に於ても適用することを得べし。寒中混凝土工事はポルトランド・セメントを使用する場合には最も困難を感じる處なるもアルミナス・セメントの場合

には割合に容易に行ふ事を得るは實例の證する處なり。又夏日の工事の場合反つて凝結時間が幾分遅延するが如きも吾人が認むる處なり。之等の事實は混凝土の施工を一層容易にするの要素たるを失はず。

此處に附言したき事あり。之他なし、此のアルミナス・セメントはポルトランド・セメントの30~80%を混する時は其の凝結は殆んど瞬間的なる事なり。故にポルトランド・セメントとを混することは充分注意するを要す。然らざれば豫期せざる失敗を招く事あり。此の點に關しては Concrete, 1925, 土木試験所報第四號等に研究の發表あれば著者は重ねて此處に實驗を行はざりき。

第四章 強 度

第一節 概 説

11 概要 混凝土の強度はその流動性と共に二大主要性質なり。此の強度の大小により構造物の設計に大なる差異を來すものなり。故に著者はその強度が如何なる條件によりて如何に支配さるゝかに就き實際使用上の見地より研究を進めんとす。而してその結果よりアルミナス・セメント混凝土が如何にポルトランド・セメント混凝土と異なるかを知らんとするものなり。又アルミナス・セメント・ペースト及モルタルの強度が如何に變化するかにつき混凝土同様研究し、尙進んでペースト、モルタル及混凝土の間に如何なる關係が存するやにつき吟味せり。

12 實驗の範圍其他

本章に於て述ぶる試験は次のものよりなる。

- 1° アルミナス・セメント・ペースト、モルタル及混凝土の耐壓強度と水比との關係
- 2° アルミナス・セメント・ペースト、モルタル及混凝土の強度と材齡との關係
- 3° アルミナス・セメント・モルタルの強度と養生方法との關係
- 4° アルミナス・セメント・ペースト、モルタル及混凝土の強度と溫度との關係

以上の實驗に當りては次の規程によれり。即ち混凝土の耐壓強度試験は主として A. S. T. M. C 39-21 T によれり、只 4° の内、混凝土の耐壓強度に及ぼす溫度の影響を吟味せるものに於ては止むを得ず 15 種立方の供試體を用ひたり。又セメント・ペースト及モルタルの試験は商工省告示第九號の規程を標準とし之と異なるものは其の都度記載せり。

本實驗は大正 15 年 10 月 1 日より昭和 2 年 5 月 20 日までの間に行ひたるものなれば強度に及ぼす溫度の影響は 4° によりて明なる如く多少は存するものなるも此處には之を考慮せず。又セメントの貯藏による強度の減少に對しても同様なり。

本實驗に使用せる材料は既に述べたれば詳細は其の都度記載す。

第二節 實驗的方法及結果

13 アルミナス・セメント・ペースト、モルタル及混凝土の強度と水比との關係

ポルトランド・セメント混凝土の耐壓強度は普通施工の範囲内に於ては大體に於て其の水比によりて變化するものにて、又ペースト及モルタルに關しても略々同様なる關係あるは D. A. Abrams 教授の水比説によりて明なる事にして、著者も亦確め得たり。

本實驗に於てはアルミナス・セメントの場合に於ても果して如上の關係が成立つものなるや否やを求めたるものなり。

い アルミナス・セメント・ペーストの耐壓強度と水比との關係

一 供試體及試験法

供試體はポルトランド・セメントの試験規程同様なり。製作法は水比が 25% 迄は自働セメント攪拌機により捏混し、然る後ペーナー式自働セメント鐵槌機にて型詰し約 24 時間を経て脱型せり。而して 30% 以上 50% 迄は供試體 1 個分宛葉藏製罐にて材料を充分攪拌捏混し之を型に詰め鋼製撞棒にて 25 回撞固めたり。50% 以上は水量大なるため撞固め困難なれば型を充分震動し尙鏝にて撞き出來得る限り空氣空隙を除去せり。而して 30% 以下は容積變化を來すものなれば數時間の後セメントが十分沈澱するを待ち上型を外し規定の寸法に均し然る後硝子板を冠せり。かくて成型の當時より約 24 時間濕布にて覆ひ、然る後脱型するものとす。供試體の製作に當り型には全部白色ワゼリンを塗り漏水を防げり。脱型後各重量、寸法を測定し尙 24 時間濕氣室内に養生するものとす。かくて注水より 2 日間經過したる後耐壓試験を行へり。試験機は Olsen New Hydraulic Compression Testing Machine にして能力は 150 匁なり。試験方法は A. S. T. M. の標準に依れり。

二 實驗の結果 各水比の許に於ける標準立方體の 2 日後の耐壓強度は第四圖に示すが如し。同圖に於ては 1:1.55 綠川砂、モルタルの強度をも共に示せり、供試體は本則として 3 個とし其の平均を示し、疑しきは再試験を行へり。その供試體の單位重量は第七圖に示せり。本實驗は昭和 2 年 4 月 11 日より 21 日の間に行ひたるものにして其の期間中の平均気温は 15.1°C なりき。

ろ アルミナス・セメント・モルタルの耐壓強度

一 供試體及試験法 本試験に於てはセメント・ペースト及混凝土との關係を明にするため 1:1.55 の重量配合に依れり。砂は綠川砂及同砂刊の内第 4 番節を通過せるものゝ混合にして Fuller's Practical Curve により調合せるものなり。而してその粒度係數 3.585, 單位重量 1.700 匁/立なり。供試體寸法、製作法及試験法等凡てペーストの場合に準ずるものなり。只異なるは 25% 以下の水比のモルタルに對しては捏混に際し砂が破壊する事を防ぐた

め捏鍋を用ひ手練とせる點なり。70%以上の水比に對してはセメントと砂とが分離する傾向特に著し。

二 實驗の結果 實驗の結果はペーストの強度と共に既に第四圖に示せり。出來上りモルタルの單位重量も既に第七圖に示せり。本實驗は昭和2年5月6日より14日の間に行ひたるものにしてその期間中の平均気温は 18°C なりき。

は アルミナス・セメント混凝土の耐壓強度

一 材料 セメントはアルミナス・セメント及比較試験のため淺野ポルトランド・セメントを使用せり。砂は上述の綠川砂、砂利は同綠川砂利を利用せり。

二 供試體及試験法 先づ配合を正確にするため重量配合とし、混凝材は混合混凝材とし Fuller's Practical Curve に隨ひ調査をなせり、その粒度係数は 6.488 にして單位重量は 1.965 疋/立 なり、フーラー氏曲線は第八圖に示せり。此の配合率を重量配合に換算すれば 1:1.55:4.85 となり、セメントと混合混凝材の容積比にて示す時は 1:4.6 となる。又第四番篩に止まるものを砂利とすればそれ等の單位重量は 1.779 疋/立 ならば容積比にて示せば 1:1.28:3.32 となる。尙比較のためのポルトランド・セメント混凝土の配合はアルミナス・セメントの場合と同様のもの及普通の 1:2:4 の容積配合を用ひたり。此の 1:2:4 混凝土に於てはセメントの重量は 1.400 疋/立 として重量配合に換算して計量せり。混凝材は前述のものなり。供試體製作、養生及試験法は前述の A. S. T. M. C 39-21 T に依れり。但しアルミナス・セメント混凝土は 2 日試験にして、24 時間後脱型し、重量を測定し然る後帆布にて包み充分撒水して養生せり。

三 實驗の結果 實驗の結果は第五圖に示すが如し。本圖に於ては Abrams 教授の水比曲線をも示せり。

1° 1:1.55:4.85 アルミナス・セメント混凝土は大正 15 年 10 月より 11 月の間に行ひたるものにしてその期間中の平均気温は 16.4°C なりき。材齡は 2 日なり。

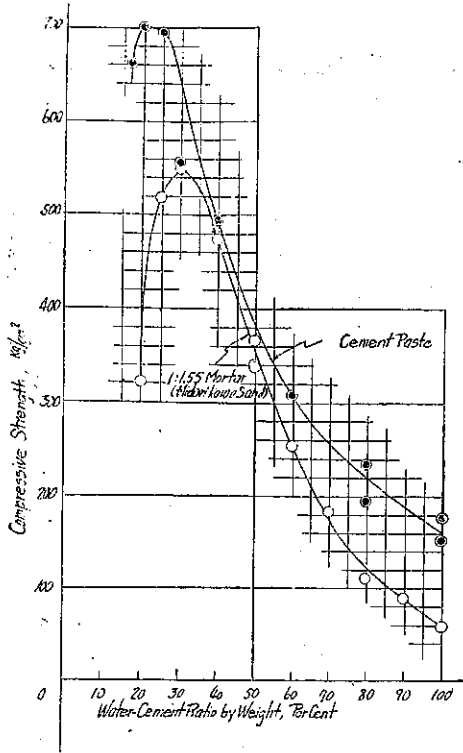
2° 1:1.55:4.85 淺野ポルトランド・セメント混凝土は昭和 2 年 2 月より 3 月の間に行ひたるものにしてその間の平均気温は 6.3°C なりき。セメントは實驗記號 A_2 なり。材齡は 4 週なり。養生は濕砂中なり。

3° 1:2:4 淺野ポルトランド・セメント混凝土 セメントは殊更に貯藏セメント即ち實驗記號 A_1 を用ひたり。本實驗は大正 15 年 10 月より 11 月の間に行ひたるものにして平均気温は 15.5°C なりき。

本實驗に於ては流動性の試験をも行ひたり。其の結果は改章に於て述ぶべし。

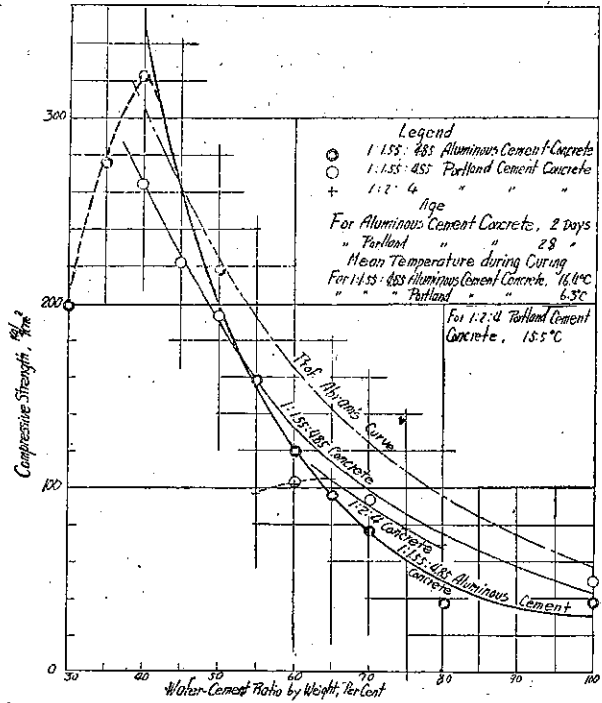
に A. S. T. M. の標準圓筒形供試體に換算せる場合のアルミナス・セメント・ペースト、モルタル及混凝土の強度の相互關係並に其れ等と水比との關係

第四圖



アルミナス・セメント・ペースト及モルタル立方體の耐壓強度と水比との關係 (2日後)

第五圖



アルミナス及ポルトランド・セメント混凝土圓筒 (20^{cm} × 40^{cm}) の耐壓強度と水比との關係

混凝土は 20 糎 × 40 糎の圓筒供試體を用ひたるもペースト及モルタルは 7.07 糎立方なれば之の強度を圓筒の其に換算して比較するを妥當と思考す。本實驗室に於てポルトランド・セメント及 1:3 のモルタルに就て行ひたる實驗の結果は次表の如し。

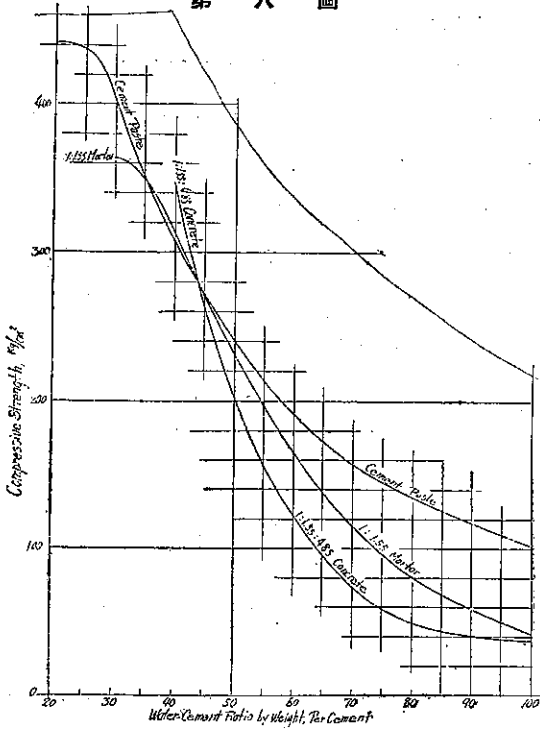
第六表

配合率	供試體寸法	單位重量	單位耐壓強度	立方體と圓筒との強度の比
セメント・ペースト	5 糎 × 10 糎圓筒	2.251 kg/litre	483.8 kg/cm ²	} 1.585
"	7.07 糎立方	2.263 "	766.7 "	
1:3 モルタル	5 糎 × 10 糎圓筒	2.318 "	287.8 "	} 1.385
"	7.07 糎立方	2.320 "	398.7 "	

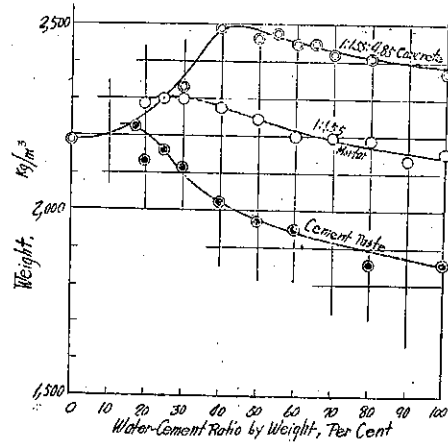
上表は我國及 A. S. T. M. の規程に依れるものにして 6 回の平均なり。

第六圖は上表を基として A. S. T. M. 規程を標準として修正をなしたるものなり。即ち立方體の強度にペーストに對しては 63%, 1:1.55 モルタルに對しては 66% を乘じたるものを圖示したるものなり。之によりて見る時はセメント・ペースト最も強く混凝土最も弱し、

第六圖



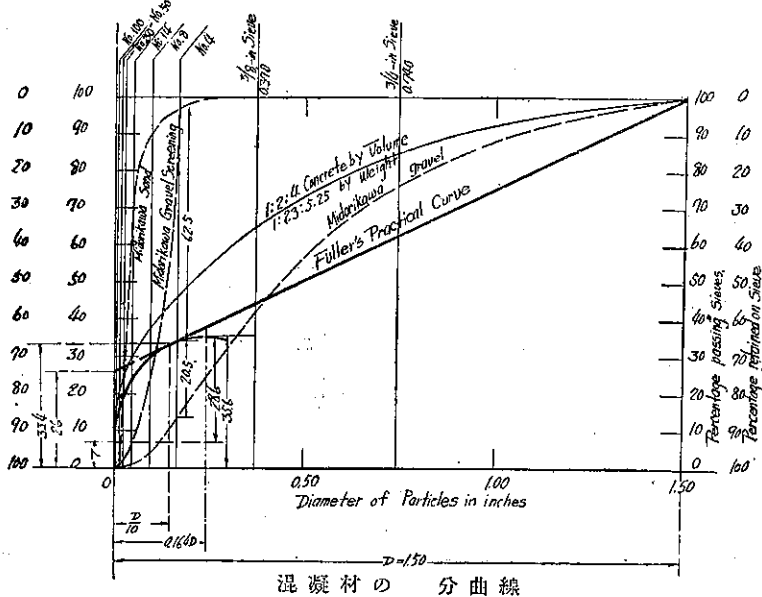
第七圖



アルミナス・セメント・ペースト、モルタル
及混凝土供試體の單位重量

アルミナス・セメント・ペースト、モルタル及混凝土圓筒の耐壓強度（ペースト及モルタルは立方體より換算せる値）と水比との關係（2日後）

第八圖



混凝土の分曲線

勿論 50% 以下の水比の場合には殆ど、差なきを知るべし。

14 アルミナス・セメント・ペースト、モルタル及混凝土の強度と材齢との關係

アルミナス・セメントは硬化の最初に於てポルトランド・セメントに比し非常に大なる強度を發揮するものなり。然らば長年月を經過すれば其の強度は如何に變化するかを吟味しその上に於てポルトランド・セメントとの優劣を比較せざるべからず。本實驗は如上の主旨に基けるものにしてセメント・ペースト、モルタル及混凝土に就き材齢と強度との關係を吟味し、その相互關係をも知り併せて淺野ポルトランド・セメントに就ても實驗し其の結果を比較せり。而して此處に發表せんとするは材齢 3 箇月迄の分なり。(本問題に就ては Otto Graf 教授 G. Haegermann 氏の研究、或は我土木試験所報等あり)

本實驗中 1:3 モルタルに用ひたる砂は東京標準砂の粗砂のみなれば相馬砂に比し強度は小なり。淺野セメントは實驗記號 A₁ の分なり。供試験は 13 の場合と同様にして凡て標準形なり。養生は全部濕砂中にして混凝土は室外、其の他は室内に於て貯藏せり。

い アルミナス・セメント・ペーストの耐伸及耐壓強度

一 供試體及試験法 特殊なる點を除き耐伸、耐壓共商工省規程に依れり。成型後直ちに槓桿式分離機により脱型し濕氣室に貯藏し、注水後 1 日を過て濕砂中に養生せり。供試體の水比は 17% なり。實驗は大正 15 年 12 月より昭和 2 年 3 月の間に行ひたるものにして實驗室内月平均気温は 5.4°~8.3°C なり。

二 實驗の結果 實驗の結果は第九圖に示せり。之に依れば耐壓強度は 1 日にして 4 週の強度の約 80%、耐伸に於ても 60% 位あるものなり。耐壓強度と耐伸強度との比は次表の如し

第七表

材 齢	1 日	2 日	3 日	1 週	4 週	13 週
耐壓強度	12.23	8.24	9.97	9.15	9.26	10.44
耐伸強度						

上表に依れば大略 10 なり。

ろ アルミナス・セメント・モルタルの耐伸及耐壓強度

一 供試體及試験法 本實驗に於ては砂は東京標準砂粗砂を用ひ、配合率は 1:3 にして、水比は 28% 即ち全乾燥材料の 7% なり。其の他はい同様なり。

二 實驗の結果は第九圖に示せり。砂モルタルも材齢を重ねる程強度大となる。耐壓強度と耐伸強度との比は次表の如し。

第八表

材 齢	1 日	2 日	3 日	1 週	4 週	13 週
耐壓強度	9.20	9.10	8.75	9.43	9.28	7.97
耐伸強度						

は ボルトランド・セメント・モルタルの耐伸及耐壓強度

セメントは淺野セメントなり。其の他ろに準ず。實驗の結果は第九圖に示せり。耐壓耐伸強度の比は次表の如し

材 齡	1 週	4 週	13 週
耐壓強度	5.80	6.70	7.27
耐伸強度			

上表より見るにボルトランド・セメントに於ては材齡大なる程耐壓強度の増加率が耐伸強度に比して大なる事を知るべし。

に アルミナス・セメント混凝土の耐壓強度

配合率は 1:1.55:4.85, 水比 60% にして材料, 供試體製作, 試験方法は 13 はと同様なり。養生は脱型後室外の濕砂中に於てなせり。本實驗は大正 15 年 10 月より昭和 2 年 2 月の間に行ひたり。實驗の結果は第九圖に示せり。圖示の如く 3 箇月の強度が減少せるはその原因不明なるも或は寒冷なる氣候の影響なるやも計られず。

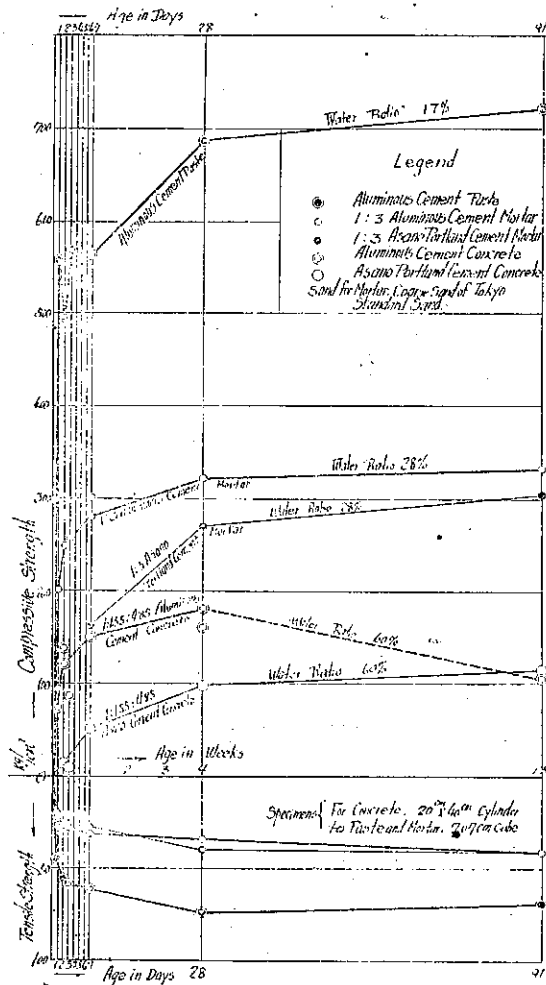
ほ ボルトランド・セメント混凝土の耐壓強度

配合率, 水比はにと同様にして材料, 供試體製作, 養生, 試験方法は 13 はに述べたるものに準ず。實驗の結果は第九圖に示せり。

15 アルミナス・セメント・モルタルの強度と養生方法との關係

アルミナス・セメント・モルタル或は混凝土がその養生方法の如何によりて強度に如何なる影響を被るものなるやの問題はその施工に當り主要問題の一たるを失はず。即ち空中養生, 水中養

第九圖



アルミナス及ボルトランド・セメント・ペースト, モルタル及混凝土の強度と材齡との關係

生によりて如何なる相違あるものなりや、又ポルトランド・セメントを結合材とするものとの間に何程の相違ありやに就て吟味せんとするものなり。既にペースト、モルタル及混凝土の間の関係を知るを得たれば此處に於ては單にモルタルに就き試験をなし混凝土の場合を推定せんとするものなり。

1 材料 前述のアルミナス・セメント、及相馬標準砂を用ひたり。

2 供試體及試験法 前述の如く商工省のポルトランド・セメント試験規程により成型せり。水比は全部 28% にして、配合は 1:3 なり。耐伸、耐壓の兩試験を行へり。

養生方法は次の 3 通りなり。

1° 空中養生 成型後 24 時間濕氣室内に置き、以下實驗室内に設置せる箱の内に養生し上より濕布にて覆へり。

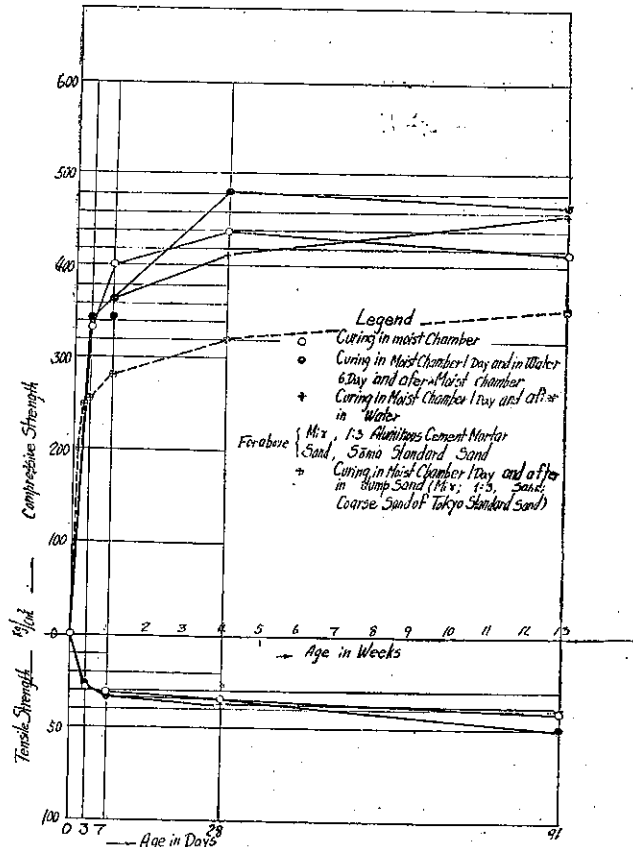
2° 組合せ養生 獨逸式の養生方法にして 1° 同様 24 時間濕氣室内に置きその後 6 日間水中に置き以下空中養生なり。

3° 水中養生 1° 同様にして 24 時間以後は水中に於て養生するものなり。

本實驗は昭和 2 年 1 月より 4 月の間に行ひたるものにして冬期の實驗なり。材齡は 3 箇月を以て最高とす。

3 實驗の結果 實驗の結果は第十圖に示せり。本圖に於ては 14 に掲げたる結果をも示せり。此のモルタルは配合率は同様なるも混凝土材が東京標準砂粗砂にして、養生は濕砂中なり、圖より明なる如く耐壓強度は最初は空中養生大なるも材齡を重ねるに連れ水中養生の方大となるを知るべし。

第十圖



アルミナス・セメント・モルタルの耐壓強度に及ぼす養生方法の影響

16 アルミナス・セメント・ペースト・モルタル及混凝土の強度と温度との關係

ポルトランド・セメント混凝土の耐壓強が氣温の高低によりて支配さるゝ事實は A.B. Mc Daniel (Bulletin No. 81, July 1915. Eng. Experiment Station, University of Illinois) により明なる事なるが果してアルミナス・セメント 混凝土の場合に於ても同様の現象を認むることを得るものなりや否や疑問たり。故に著者は此の點に就き簡單なる概念的の實驗を行ひその間の關係を知らんとするものなり。

1 材料 既に述べたるアルミナス・セメント，相馬標準砂，綠川砂及綠川砂利を用ひたり。

2 供試體及試験法

1° セメント・ペースト，耐伸及耐壓，水比 17%。

2° 1:3 モルタル，耐伸及耐壓，水比 28%。

以上 2 種の供試體は商工省規程に依り製作し成型後直ちに脱型し濕氣室に養生す。

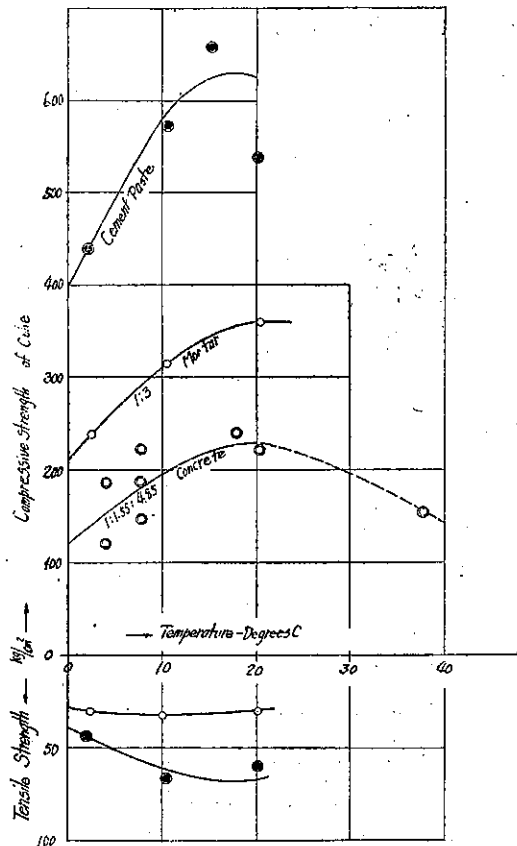
3° 1:1.55:4.85 混凝土 供試體の製作，混凝土の配合率等既に述べたる處と同様なり。尺寸法は 15 種立方を採用し型は木製にして充分注意して漏水を防げり。搗混後試験前まで型詰のまゝ養生せり。

本實驗は昭和 2 年 2 月より 5 月の間に行ひたるものにして，セメント・ペースト及モルタルの供試體は實驗室内濕氣室に，混凝土は型詰のまゝ實驗室内，野外，汽籠室等に於て養生したり。

供試體は何れも材齡 2 日にして試験するものなり。而して重量の測定も行ひ實驗の精密を期せり。

3 實驗の結果 本實驗の結果は第十一圖に示せり。同圖に依れば 20°C の場合までは温度に殆んど比例して強度は増加するもそれよりも高温となれば強度は

第十一圖



アルミナス・セメント・ペースト，モルタル及混凝土の強度に及ぼす温度の影響

反つて減少するものには非ざるかを疑ふものなり。

各供試體の重量は測定の結果によれば既に述べたるものと大差なきを知れり。

第三節 約説

17 約説 アルミナス・セメント・ペースト、モルタル及混凝土の強度に關し如上の實驗より次の如く約説する事を得べし。

1° アルミナス・セメント・ペースト、モルタル及混凝土は大體に於てポルトランド・セメントを結合材とせるもの同様、その耐壓強度は水比に隨つて變化す。即ち水比大なれば、強度は減少するものなり。而してペースト、モルタル及混凝土の強度の相互關係はペーストの場合最大にして混凝土の場合最少なり。即ち配合率が劣悪なる程同一水比に對する強度は減少するも其の差は僅少なり。

之によりて之を見ればセメント・ペーストの耐壓強度を知れば間接にモルタル或は混凝土の強度を知るを得べし。

2° アルミナス・セメント・ペースト、モルタル及混凝土の強度は材齡と共に増加するものなり。而して其の増加率は硬化の初期に於ては大なるも4週間以上を經過すれば左迄大ならず。此の現象はポルトランド・セメントを結合材とするものゝ場合と大いにその趣を異にする所なり。即ちアルミナス・セメント、混凝土は僅か1日餘にしてポルトランド・セメント混凝土の4週の強度を出し得る得點を有するものなり。

3° ポルトランド・セメント・モルタルの強度は養生方法の如何によりては左迄影響を被らず。即ち硬化の初期に於ては空中養生の方強度大なるも長年月を經過すれば水中養生の方強度大なり。此の事實は混凝土の場合にも適用することを得るものと信ず。勿論成型後約1日間の養生は充分なる注意を要す。

4° アルミナス・セメント・ペースト、モルタル及混凝土はポルトランド・セメントを結合材とせるものゝ場合同様 20°C 位までの間は高温なる程強度は大なるも 20°C 以上となれば反つて強度は減少するものゝ如し。以上は勿論空中養生に就て眞なり

第五章 流動性

第一節 概説

18 概要 混凝土の最主要性質は實に強度と流動性となり。即ちその強度は構造物の設計を支配する根本的要素にして、その流動性はその施工の難易を支配する根源たり。著者は既に強度に就ては略々概念を得たれば尙進んで流動性を吟味し果してアルミナス・セメント混凝土が普通のポルトランド・セメント混凝土の如き程度に施工し得るものなりや否やを検

せんとす。

19 實驗の範圍其の他

本實驗は混凝土に關して行ひたるものなり。而して混凝土の耐壓強度の試験と相連關して行ひたるものにして實驗期間は第四章の場合と同様なり。混凝土の材料、配合率は全部第四章の通りなり。流動性の測定には種々の方法あるも著者は A.S.T.M. の規程に隨ひ Slump 及 Flow に依れり。勿論此の二つの測定方法には非常なる缺點あるは著者も充分認むる處なるも止むを得ず此等の方法を採用せり。吉田徳次郎博士考案の流動性測定装置によれば、より優良なる結果を得らるべし。勿論著者が採用せる方法にても大略の結果は得らるゝものと信ず。次に本實驗の範圍を掲げん。

1° アルミナス・セメント及ポルトランド・セメント、混凝土の流動性と水比との關係

2° 捏返し混凝土の流動性

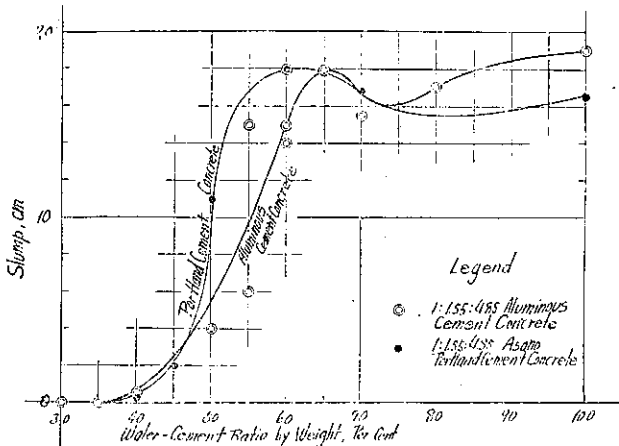
第二節 實驗の方法及結果

20 アルミナス・セメント

及ポルトランド・セメント 混凝土の流動性と水比との關係

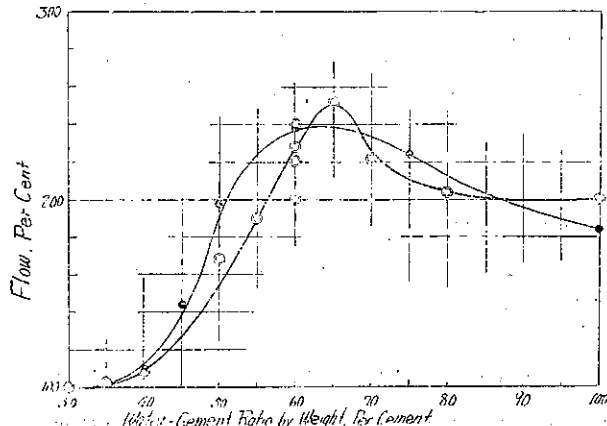
配合率は 1:1.55:4.85 にして既に述べたる如く捏混後直ちに Slump 又は Flow を測定せり。其の結果は第十二圖及第十三圖に示せり。圖より明なる如く 40% 以下の水比に對しては流動性は大差なくそれ以上 65% 位までは水比に略々正比例して流動性良好となる。65% 以上に對しては反つて流動性は悪くなるものなり。之即ちセメント・ペーストと混凝土材とが分離するに歸因するものなり。此の點より言ふも水量が過大なる混凝土

第十二圖



アルミナス及ポルトランド・セメント混凝土の Slump と水比との關係

第十三圖



アルミナス及ポルトランド・セメント混凝土の Flow と水比との關係

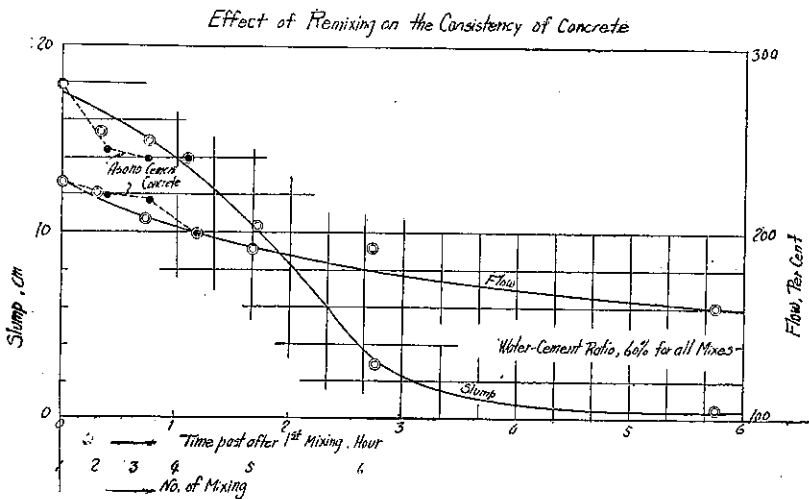
ペーストと混凝土材とが分離するに歸因するものなり。此の點より言ふも水量が過大なる混凝土

土は不可なり。而してポルトランド・セメント混凝土とアルミナス・セメント混凝土との流動性を比較するに前者の方が少しは良好の如きも左したる差異は認められず。

21 捏返し混凝土の流動性

混凝土の配合率其他 20 と同様なり。但し水比は 60% なり。アルミナス・セメント及ポルトランド・セメント混凝土の一練り宛を作り一定時間隔に 8 回宛捏返したる場合各捏混直後に於ける Slump 及 Flow は第十四圖に示すが如し。本則として捏返しは實際施工に於ては禁止するも参考のため本實驗を行へり。

第十四圖



アルミナス・セメント混凝土の流動性に及ぼす捏返しの影響

圖によれば流動性は 3 時間位までは急に悪くなり其れ以上時間経過すれば大差なきを知るべし、而してポルトランド・セメント混凝土もアルミナス・セメント混凝土も大差なきを知るべし。

第三節 約説

22 約説 アルミナス・セメント及ポルトランド・セメント混凝土の流動性に關し次の約説を得たり。

1° 兩セメント混凝土の流動性はその水比の増加により良好となるも或一定の値となれば其れ以上變化なきものゝ如く、又兩混凝土の間に於て差したる相違を認めず。

2° 兩混凝土共その流動性は捏混後時間を経るに隨ひ不良となるも或程度以上は即ちセメント初結以後は殆んど變化なきに至るべし。即ち此の點に關しても兩者の間にさしたる相違

を認めず。

第六章 結 論

23 結 論

1 に説明せる如く本試験は British Aluminous Cement に関する簡單なる豫備試験程度のものにして、供試體の數少く實驗上不完全の點も有之べく、尙試料も相當年月を經過せるものなれば完結は期し難しと雖も而も本實驗の範圍内には次の結論をなし得べきか。

1° British Aluminous Cement (以下單にアルミナス・セメントと稱す) の化學性分はポルトランド・セメントとは大分趣を異にす。大體に於て他のアルミナス・セメントの化學性分と大同小異なり。

2° 本アルミナス・セメントの物理的試験の結果次の如し。色は帶褐灰白色にして一見してポルトランド・セメントの其と異なり、比重は少しく小にして粉末の程度は淺野セメントと大差なし。

3° アルミナス・セメント・ペーストの凝結はポルトランド・セメントとは多少趣を異にす、即ちポルトランド・セメント・ペースト同様加水分量によりて凝結時間異なるも、差まで甚しからず。即ち 30~100% の水比に對しては凝結時間は約 4 時間~6 時間なり。即ち普通混凝土工事に用ふる程度の水比なれば凝結時間は略々一定と考へて差支へなし。次にセメント・ペーストの凝結は溫度によりて變化するもポルトランド・セメントの場合の如く甚しからず。而して此のアルミナス・セメントが凝結する際特に注意すべきは高熱を發する事なり。故に養生其の宜しきを得ざればペーストの水分蒸發し凝結に支障を來すことあるべし。然れども其の反面に於ては、此の高溫を發するために割合低溫度に於ても氷結すること無く凝結するを得べし。

4° アルミナス・セメント・ペースト、モルタル及混凝土の耐壓強度はポルトランド・セメント同様水比の影響を受くる事大なるものあり。即ち大體に於て D.A. Abrams 教授の説に従ふものなり。

5° アルミナス・セメント・ペースト、モルタル及混凝土の耐伸、耐壓強度は材齡と共に増加す。其の増加率はポルトランド・セメントとは趣を異にし硬化の初期に於て大なり、特に耐壓強度に關して然りとす。而してアルミナス・セメント混凝土は僅か 1 日餘にしてポルトランド・セメント混凝土の 28 日の耐壓強度を出し得る特徴を有するものなり。

6° 成型後 1 日間濕氣養生を施せば其の後の養生方法の如何は左程アルミナス・セメント・モルタルの強度に影響を與へず。同混凝土の場合に於ても同様なるべし。

7⁷ アルミナス・セメント・ペースト、モルタル及混凝土の耐伸、耐壓強度は温度の影響を被むるもポルトランド・セメントの場合とは少しく趣を異にするものゝ如し。即ち 0°~20°C の間に於ては温度高き程強度大なるも 20°~40°C となれば反つて強度減少するものゝ如し。

8⁷ アルミナス・セメント混凝土の流動性はポルトランド・セメント混凝土の場合と略同様なり。

要之混凝土工事に際しアルミナス・セメントは初期の強度を必要とする場合使用して最も便宜なるものにして、その施工上注意すべき點も次に述ぶるものゝ外ポルトランド・セメントを使用する場合と左まで異なる處なし。只注意すべき點とは混凝土打より 1 日間の養生を怠らざる事即ち充分濕氣を保たしむる事及ポルトランド・セメントと故なくして混用せざる事なり。而して此のアルミナス・セメントの一大缺點と稱すべきはその價格の貴き事なれば、若し容易に Bauxite を得られ自由に之を製造する事を得、随つて其の價格がポルトランド・セメントと大差なきに至らば必ずやアルミナス・セメントはポルトランド・セメントを驅逐するを得ん。只現今に於ては價格の貴きが故を以て未だ一般的に使用さるゝに至らざるは止むを得ざる所なり。

以上述べたる如く本實驗の結論は既に概念的に知られ、又は大家先輩の研究と一致したる事實多しと雖も而も此のアルミナス・セメントの實際使用に當り聊裨益する處あるを信するものなり。

(完)