

ポルトランド・セメントの規格並に 試験法に就ての考察 [10]

三木榮三

(凝結時間續き)及強度

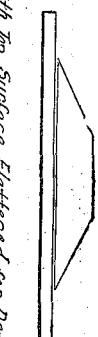
凝結時間測定方法 B. Gilmore Needle による方法。

本方法は主として北米合衆國に於て使用せらるゝところにして、 Vicat Needle による方法と等しく、便宜的に定められたものである。

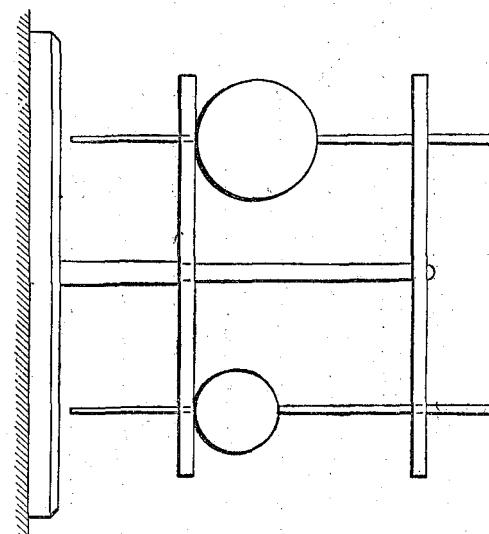
本方法に依りて凝結時間を測定せんとするには、まつ純セメントの糊状體(徑約 7.5cm=3in, 厚 1.25cm=0.5in) を造り、之を標準温度のものとなし 25°C (70°F) の湿氣中に貯藏し、 Gilmore Needle に依りて測定を行ふものである。

Gilmore Needle による始發時は、徑 2.1mm($\frac{1}{12}\text{in}$) にして、重量 118g($\frac{1}{4}\text{lb}$) の針が、糊状體により支へらるゝに至りたる時を以てし、終結は徑 1.05mm ($\frac{1}{24}\text{in}$) 荷重 450g (1lb) の針が糊状體により支へらるゝ至りたる時を以てするものである。(圖面参照)

C. 其の他の方法



(a) Part with Top Surface Flattened for Determining Time of Setting by Gillmore Method.



(b) Gillmore Needles.

1: 號) は、凝結時間測定に電氣的方法を應用して居る。其の要點はセメントの凝結過程に於て、凝結の進行とともに電氣的抵抗の變化する性質を利用したもので、同氏は最近同方法を用ひて、高礫土セメントと、熔鑄鉛錫洋との混合物の性質

に關する研究（金屬の研究 p271 昭和3年7月20日5巻7號）をも行つて居る。同氏の主張せらるゝ所に依れば、本方法は不正確なる點少く、純セメントのみならず、モルタル、混凝土等の試料に就いても、凝結時間を測定し得べきものとして居る。

(3) ボルトランド・セメントの凝結の原因

ボルトランド・セメント・クリンカーの主成分は、多くの學者に依りて認めらるゝ所に依れば、 $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, $\text{3CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ 等であるが、この中 $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ は、凝結著しく激しく且つ急速なるものでクリンカー其れ自身の凝結は一般に甚しく急速なるものと認められて居る。昔時、米國に於てボルトランド・セメント工業の創設時代、クリンカーの凝結早きため、該工業發達上大いに苦慮せる時代あり、幾多苦心の結果之に石膏を添加する事に依りて、凝結時間を適宜に調節しうることを知るに及びて、該工業は俄然として、大いに發展せるものと言はれて居る。かくの如きは現今之の知識より見れば、誠に幼稚なるが如きも、製造工業の初期にありては、如何にも、さもありけんと頗かるゝ所である。即クリンカバーの凝結速くなるは、主として $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ の存在に依るものにして、之に石膏を添加する時は、 $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ の作用を緩和し得るを以つて、こゝにはじめてボルトランド・セメントとして、適度の凝結時間を有するものが得られるのである。この $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ の作用は、鐵セメントの如く、殆ど之を含有せざるセメントに於ては、凝結時間の頗る永きに見ても知らるゝ所である。

(4) 凝結時間に及ぼす添加物の作用

ボルトランド・セメントに他の薬品を加ふる時は、其の薬品の種類に依りて或は凝結時間を促進し、或は之を退緩せし

め、又其の添加量によりて、促進、遲緩の度を異にする。上記の石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$) の如きは遲緩剤にして、鹽化石灰 (CaCl_2) の如きは促進剤である。この點に關しては、多くの研究あるも、こゝには本問題外に屬するを以て之を省略するが、唯凝結時間測定に際しては、水の性質が其の結果に重大なる差異をもたらすものたることを記し置くに止める。

(1) セメントの強度セメントの使用上、其の強度は最も重要な性質である事は何人も認むる所であらう。然し強度に關しては、之を廣義に解釋すれば、其の物理的強度 (Mechanical Strength) 及化學的強度或は化學的抵抗性 (Chemical Resistance) の兩者を考へなければならない。セメントを使用せる構造物は、日常物理的諸種外力の作用を受けつゝあると共に、又風雨露雪乃至河水、海水、地下水等の化學的作用をも常に被るものである。從て構造物の耐久性を考へる場合には、これら諸種の物理的及化學的諸種の外的外作用の總合せる影響に對して最も抵抗性の大なる事を必要とする。而して其の物理的強度及化學的抵抗性の兩者は互に相關連するものであつて、化學的抵抗性の少いものは、ある場合に於ては、結構其の物理的強度も著しく低下し、甚しきに至りては崩壊作用をすら起すに至ることは時々見受けらるゝ所である。從てセメントの強度について理解するには、其の化學的性質を充分理解した上でないと正論を失する場合が多い。

更にセメントの強度について考ふべき事柄は、其の判定に用ふる試料に關し、純セメントに依るか、モルタルに依るか混凝土に依るか、大體三種の場合が想像せられる。而してこの三種の試料に就て得らるゝ試験の結果は、必ずしも相平行して居ない。依へばモルタルに於て強度大なるものが必ずしも混凝土に於て強度大なるものではない。又、等しくモルタル或は混凝土と雖も、配合、水量其の他種々の條件を異にするに従つて、試験の結果は異なる。故にセメントの強度を判定する上に其の試料として如何なる種類を選び、試験の條件を如何に定むるかは大いに考慮を要すべき問題である。

尙進んで考ふるに、單に物理的強度のみについて見るも、之を廣義に解すれば、抗張、耐壓（應力）抗曲、衝擊に對する抵抗、磨耗等に對する抵抗及其の他種々の性質が考へられる、セメントの用途に依りては、其のいづれの性質に重きを置くべきかを熟慮しなければならない。

かく考へ来る時は、現今通常の規格に於て、純セメント、或はモルタルについて抗張及耐壓強度を以て、セメント強度、判定の材料として居る事は、頗る便宜的の一方便であつて完全なものでない事は勿論である。殊に十數年來、混擬土に對する研究が大いに行はるゝに至つてより、從來の試験方法によるモルタル強度と、實地使用せる混擬土の強度との間に屢々矛盾せるが如き結果を示すものもかなり多く見受けらるゝを以て、現今に於いては、セメントを使用するものの間においては、從來の規格の多くが、あまりに不完全なる事を感じないものは少いであらう。然るにも拘らず之が根本的の改正の行はれざるは、各國共に類似の方法を長く使用し來りたる習慣に依るものにして、一方現今未だ他に完全なる方法が確定せられないからであらうが、この點に關しての研究は既に多くの方面で行はれて居る所である。

(2) 今、純セメント、モルタル及混擬土の三者に就いて、其の強度に影響を及ぼすべき因子を考ふるに次表の如し。

第一表 純セメント、モルタル及混擬土の強度に影響を及ぼすべき因子

純 セ メ ン ト	モ ル タ ル	混 擬 土
1. セメントの性質	1. セメントの性質	1. セメントの性質
2. 混合水の性質及其の量	2. 混合水の性質及其の量	2. 混合水の性質及其の量
3.	3. 砂の性質（化學的物理的性質、粒度）	3. 砂及砂利或は碎石の性質（同上）

4. 配合割合	4. 配合割合
5. 混合時のセメント及水竈に周囲の温度	5. 混合時のセメント、砂、水竈に周囲の温度
6. 差異	6. 同 左
7. 空氣中養生期間及日數、空氣の温度	7. 型の形狀、大小
8. 水中養生期間及日數、水の性質並に温度	8. 供試體成形の方法
9. 其の他の養生方法の期間温度	
10. 型の形狀、大小	
11. 供試體成形の方法	

A. 純セメントの強度を試験するには、セメントと水とを混捏して一定の型に詰め込み（或は流し込み）これを一定の方法で養生したる後、所定時間（通常は24時間）を経たる上、試験機に依りて求める強度を定めるものであるが、こゝに得らるる強度は、第一表、第一行の諸種事項によりて左右せらるるものである。従つて純セメントに依る試験に於てセメントの強度を比較せんとするには、上記諸項目中の(2)以下の項目を、出来得る限り一定に保たなければならないのは當然である。

B. モルタル強度を試験する場合には、砂といふ因子が加はる砂について、砂の性質及其のセメントに対する配合割合は、其の影響頗る大なるものがある。モルタルに依る試験に於てセメントの強度を比較せんとするには、(2)以下の諸項目を出来得るだけ一定に保たねばならない。

C. 混凝土の強度を試験する場合には、砂の外に更に砂利（或は碎石）なる因子が加はる。従つてモルタルの場合に比して、事柄は、層複雑となり、供試體は大となり、型詰の操作其の他の實驗上の注意は専多岐となるをまぬかれない。即ち、セメントの強度を比較する上には、セメントの性質以外、水、砂、砂利（碎石）等他の物質の性質、量、温度、湿度、型の形状大小、實驗操作上の種々の差異等多くの因子が混入し来るものにして、實驗の行ひ方如何に依りては、セメントの影響よりも他の因子の影響の方が大となることなきを保し難い。この事柄はセメント強度を試験する上に深く考へなければならぬ點である。

凡セメントは、純セメント、或はモルタルとして使用する場合も勿論ありうちも、最も多量にセメントを使用し、其の強度に就て最も考慮を拂はねばならぬ場合は、混凝土工事に於てである。従つてセメントの強度を考ふるに當つては、混凝土として使用したる場合の強度と相關連して之を考ふるのが至當である。この點に於て現今之試験方法及規格は、果して當を得たるものであらうか、大いに熟慮を要する事柄である。

(3) 先づ本邦ボルトランド・セメント強度に關する規格を見るに、次の如し〔日本ボルトランド・セメント規格、昭和五年八月改正のもの、第六條乃至第十一條〕

A. セメントの強度は、耐壓試験に依りて之を定むるものとい、抗張試験を以つて之に代うる事を得るものとして居る。即ち耐壓試験に重きを置くものと見られるが、この點は果して當を得たものであらうか、勿論、現今之規格試験法に依る時はセメントの耐壓強度と抗張強度との比は、大體 12~13 位の間にありて、其の一方が知る時は他方を死そ推測をしうべきも、この比はセメントの質によりて異なるを以つて、強度比較の意味に於て嚴格に見る時は、耐壓強度と抗張強度とは

互に一方のみを以つて、他方に代ふることは不適當である。又抗張強度を輕視せるが如きことも、考慮を要する問題にして、セメントの他の性質抗曲、扭力等と抗張力との間に何等かの關係あるものと考ふるときは、抗張力は重大なる意味を持つものとしなければならない。

B. 耐壓試験及抗張試験は成形後 7 日（空氣中 24 時間、水中 6 日間）及 28 日（空氣中 24 時間、水中 27 日間）を経たる供試體に行ひ之を行ひ、試験は各 箇の供試體に付之を行ひ其の平均値を以つて、其の成績を表はすものとして居る、而して其の強度は、次表の規格に合格したる上、且つ 28 日の力は 7 日の力より大なることを要するものとして居る。

成形後の日數	7日	28日
耐壓力 kg/cm ²	220以上	30以上

抗張力 kg/cm² 20以上 25以上

尙、上記の試験を行ふ時日なき時は、3日（空氣中 24 時間、水中 2 日間）及 7 日（空氣中 24 時間、水中 6 日間）を経たる後耐壓試験を行ひ強度を定めることを得、其の耐壓力は次表の規格に合格し、且つ 7 日の力は 3 日の力よりも大なることを要するものとして居る。

成形後の日數	3日	7日
耐壓力 kg/cm ²	150以上	220以上

C. 配合及砂の性質

本試験に用ひる供試體は重量に於てセメント 1 砂 3 のモルタルを用ひるものとし、砂の性質は左の如く定めて居る。

砂は、下の如き一定の標準砂を使用することとし、標準砂は、福島縣相馬郡産の石英砂より、なるべく石英砂粒を損せざる様夾雜物を除去し、充分洗いたる後、之を乾燥し、1 號篩 ($64\text{fL}/\text{cm}^2$ 、金の太さ 0.4mm) 及 2 號篩 ($144\text{fL}/\text{cm}^2$ 金の太さ 0.29mm) を以つて順次分け、2 號篩の底に殘留せるものにして次の各號に合格するものとして居る。

1. 2 回以上、毎回 100g 試料を探り 1 號篩及 2 號篩を以つて筛び分けを行ひ、1 分間各號の通過量 1gr 以下となりたる時、筛び分けを止め 2 號篩の底に殘留する量平均 90% 以上なること。
2. 夾雜物は重量に於て 2.5% 以下なること。

上記の砂の性質より見る時は、其の質は甚だ純なるもので、其の粒度は略一定の大きさの粒子のみを含む様考へられる。かくの如き砂を使用して作るモルタルは、水セメント 0.6 以上となる場合には、水の分離を起すを以つて、勢い水セメント比の小さな試料を要求する。尙砂の性質とモルタルの強度とに關しては後述する所あるべし。

D. 混合水の性質と量

規格に依れば、供試體を造るに要する水分の量は鐵鍬を以てモルタルを敲くこと 100 回乃至 110 回にして供試體の裏面に少しく水分の滲み出すを以つて適度として居るが、この量はセメントの質によりて多少異り、凡そモルタル（水分を除きたる）に對して 6~8%，水セメント比 24~32% に相當するものである。然しながら各試験毎の水分の些少の差が、案外試験の結果に重大なる影響を及ぼさないとは保證できない所である。（後述）尙水の性質については明記して居ないが、勿論、清水を用ゐるものである。厳格に言へば蒸溜水を用ふ、少くとも固形物少しき水道の水を使用すべきである。（後述）

E. 混合の時のセメント、砂、混合水、大氣の溫度

規格によれば、型詰より浸水に至る間の室内の温度、水槽の水の温度は 15°C 以下に降らざることを要するものとしてある點より考へて、セメント、砂、混合水、室内空氣の温度(型の温度)は勿論 15°C 以下に降らざる様保つべきである。

F. 養生方法

規格による養生方法は、成形後、供試體を 24 時間空氣中(濕氣ある)に凍結硬化せしめたる後、残りの日數(2日、6日、27日)を水中にて養生せしむるものにして、養生期間中の温度は 15°C 以上である。水の性質は勿論清水である。

G. 型の形状、大小

耐壓試験に用ゐる供試體は立方形にして、其の各面の面積 50cm^2 (縦の長 70.7mm)である。抗張試験に用ゐる供試體は、其の中央部に於ける最小斷面積 5cm^2 である。

H. 供試體成形方法

供試體成形の方法は、先づセメント及標準砂(1:3 by wt)を混和し、標準混交機(スタインプリュック・シメルツアー型)の皿内に輸布し、混交機を 20 回轉せしめたる後適量の水を加へ更に 2) 回轉せしめ充分攪ね交ぜ、之を成形型(内面に少しく鉛油を塗る)の中に充し、鐵心を嵌め、標準鐵錘機(ペーメマルテンス型)を以つて 150 回打をたゞき、型上の過剰部分を削り去り、其の上面を平滑にするものとする。混交機の 20 回轉及鐵錘機の 150 回打に要する時間は各約 2.5 分として居る)この成形方法は、上記の如き砂及水量によるモルタルとしては、止むを得ざる所であるが、道路工事用鉄製表層に用ゐる極めて水分少き混擬土を除きては、多くの混擬土はかかる試験と其の状態を著しく異なるものと思はれる。(未完)