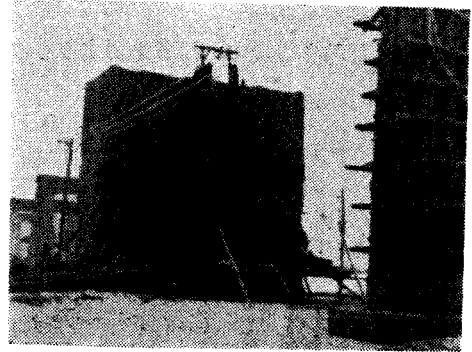
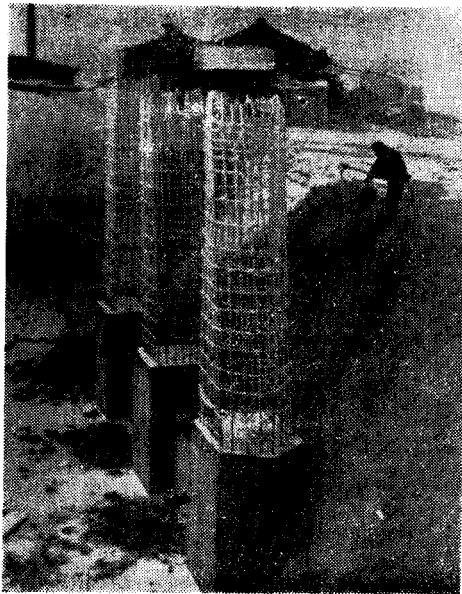


# 渾河橋下部築造工事を終りて

水力電気建設局技正 工務科長 津 田 賢 次  
奉天省土木廳 技 士 井 月 夫

## 目 次

緒 言	§ 4 骨 材
第 一 編	§ 5 型 枠
§ 1 天 候	§ 6 寒中混凝土の強度
§ 2 混 合 水	§ 7 寒中混凝土に於ける強度のコントロール
§ 3 セ メ ン ト	§ 8 寒中混凝土の施工



如何に責務の重且つ大なるかを感じる。此處に於て自己の不肖を省す。此の調査論説を發表し先輩諸先生の御指導を戴き一層の研究をなし、我が滿洲の季節土木建築工事を永續工事となす一助となす所以である。

## 緒 論

土木事業の根幹は國土開發、國力充實の大方針に準ずるは言を俟たない。即ち其處には一貫した立地的國土開發綜合計畫があり、其の事業遂行の休止は國家發展の遲滯である。願て我が國土木建築工事の現状を見るに、土木建築事業を季節工事と見做し、一ケ年の三分之一は大部分の事業が活動を停止し、又其れに従事する従業員の失業、多額の資金、資材運轉の停止するを考ふる時、非常時局下我等技術者の

本論文は第一編に於て渾河橋寒中混凝土工事に於ける設計と其の實績に就いて述べ、第二編に於て冬期土木工事の我が滿洲に於ける重要性並びに渾河橋施工に於て冬期夏期の工事施工の労働能率と經濟性に就いて述べ、後日第三編當現場に於ける基礎工の實績と一研究に就いて述べる。尙本論文作成に當つては諸先輩の尊い研究發表並に北滿に於ける寒中混凝土工事の經驗を有する津田科長、岡本技士の指導及び阿万克己技士の援助に預りたる事多く此處に感

謝の意を表はす。

### 第一編 寒中混凝土工事

冬期混凝土作業の成否は一に冬期作業に對する豫備知識、準備、施工法、監督並び作業員の注意の如何によるもので工事施工前に充分なる研究を爲し、且つ綿密なる注意のもとに工事施工計畫を樹立し施工に當らねばならぬ。

#### § 1. 天 候

經驗や統計より見ると土木建築工事に關する災害事故は晩秋及び早春に於ての冷濕な霧の多い天候に於て其の量が多いと言はれてゐる。實際に於て此の溫度は看過され易きものにて注意を要するものである。

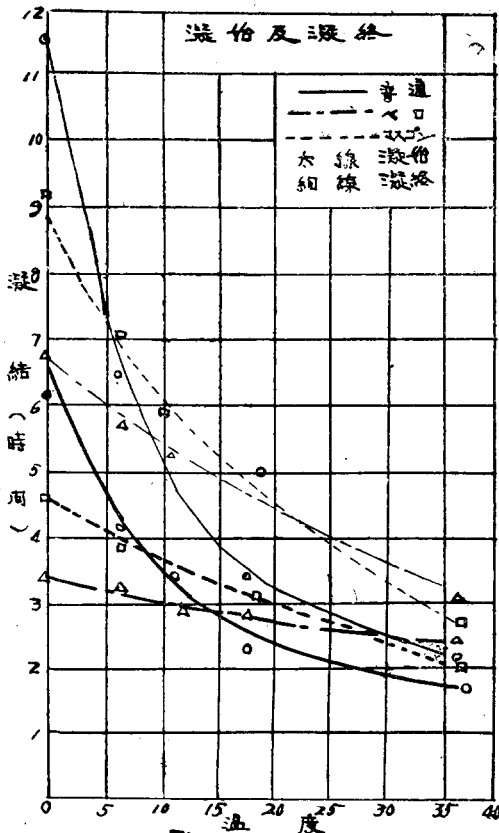


Fig. 1. 供試セメントの凝結

セメントの凝結が適當に行はれる爲めには溫度の一定範圍が必要で數多の實驗研究によると $15^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{C}$ の氣溫の下で行はれるセメントの凝結が最もよいとされてゐる。この標準溫度が上れば凝結作用が速かになり、下れば一般に遅くなる。Fig. 1. は普通セメント、ペロセメント、マスコセメントの各ペーストの凝結狀態の外氣による影響を示したものである。此等を圖表で見ると。

1. 概括的に言へば各セメントの凝結は何れも低溫度により影響を受けその程度はセメントの種類により著しく差違を生じ又高度にても同様に影響を受けるが低溫度の場合程激しくなく、即ち高溫度に對しては比較的鈍感である。
2. 標準試験溫度 $18^{\circ}\text{C}$ を基準として考へれば普通セメントの凝始、凝終は低溫度に對して著しく敏感で $10^{\circ}\text{C}$ 以下に於て急激なる遅緩を呈してゐる。ペロセメントは高温、低温の何れにも鈍感で従つて冬季用に好適である事が立證されてゐる。
3. 此を凝結時間に見るも普通セメントは $10^{\circ}\text{C}$ 以下で急に延長する傾向を増しペロセメントは遅緩丈も少ない。

又 Graf 氏の實驗に依ると $1^{\circ}\text{C}$ では $18^{\circ}\text{C}$ に比し凝結時間が3~7倍になり、或るポルトランドセメントは $3^{\circ}\text{C}$ では $18^{\circ}\text{C}$ に比し11時間のものが48時間にも

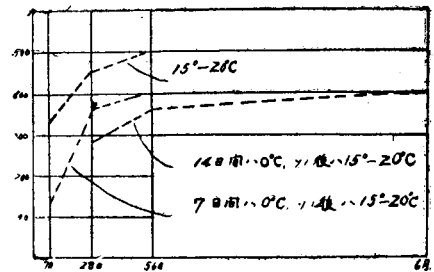


Fig. 2. 普通セメントの凝結

より3米50種以下に於ては+8°C~10°Cを得る事は困難でない。1日の施工混凝土量にもよるが、當現場に於ては混凝土1m<sup>2</sup>當り30kgより50kgの石炭を以て混合温水を得る事が出来た。New YorkのTurner 鐵筋混凝土會社の經驗によると骨材を1°C高めるに付水温6°Cを要すると云つ

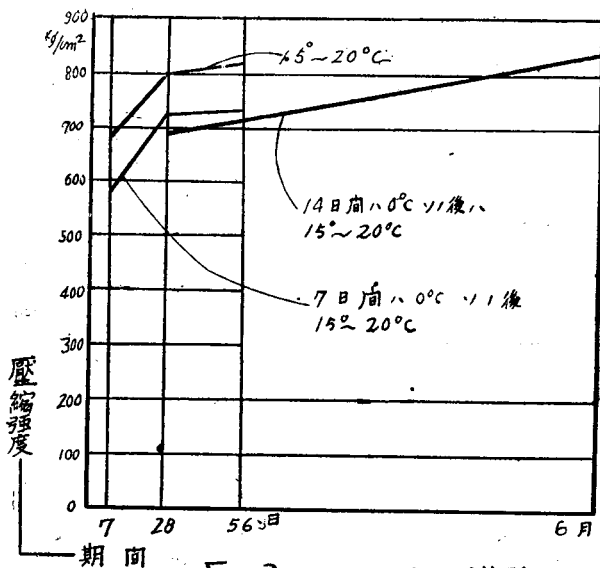


Fig 3 アルミナセメント=ヨル試験

延長してゐる。尙又此處に注意すべきは凝始凝終に於ける外氣溫度が強度に及ぼす影響で之に就てはFig2, Fig3に示す實驗表がある。

即ち普通セメントでは冷所に置いたものは6ヶ月後の強度でも常溫の材齡56日強度に及ばない。處がアルミナセメントは有利で7日及至14日冷處に置けば硬化力で壓縮強度は減少するけれどもその減少の割合は微小である。尙又之のセメントで作つた試験體は14日間冷所に置いたものでも6ヶ月後には常溫で放置したる試験體の強度と同じである。以上の諸氏の研究發表より見ると次の結論を得る様である。

1. ポルトランドセメントを使用する時は外氣が10°C~0°Cの溫度でも既に警戒の必要を要す。
2. アルミナセメントでは5°C~0°Cの溫度でも凝結時間及び硬化力の影響少ない。

§ 2. 混 合 水

水は高い比熱を有し充分に捏混すれば骨材の全表面を潤すから骨材への熱の傳導は非常によい。然し混凝土の調合に加へる水量は比較的少ないから極寒の地にては此の様な方法だけでは充分の練上り溫度を作る事は困難であらう。然し南滿に於ては私の考へでは混合水を温める事のみで充分と思ふ。好都合の事には河水の水温は-25°C~-30°Cに於ても最低0°Cで地下水は河岸の砂地に於ても+4°C~+5°Cより+7°C~+3°Cを得る事が出来、又地表面

てゐるが南滿に於ても大體適用出来る様である。

水の最高溫度の許容値に就いては色々の説があるが何度まで熱してよいかはセメントの反應により定まり一律に行かない。併し此處で問題になる事は熱に對する感度のみでなく、混凝土の強度に及ぼす影響にも注意すべきである。Gulf Islandの堤防工事では水温38°C~66°Cのものを使用したのが特に沸點まで熱したのものを使用した時であつたと云つてゐる。Richarz氏は實驗の際生コンクリートを52°Cにせんため熱湯を80°C~84°Cに熱して使用したが尙此の溫度では何等他に影響を及ぼさなかつたと發表してゐる。David氏は80°Cを限界の溫度とすべしと主張してゐる。當現場に於ては以上の發表より極寒に於ては85°Cに達した事もあつたが出来形に於て何等變る所はなかつた。只注意すべきは汲上げた温水をセメントに出来るだけ直接にあてない様に捏混する様監督者の注意が必要ではないかと私は考つてゐる。

次は混凝土の練上り溫度がウオカビリテイーに及ぼす影響であるが之に就ては淺野セメント會社の發

表がある。次表に明なる如く冬期には少ない水でウオカブルな混凝土を作る事が出来る様である。

Table 1.

セメント 練上り 温 度	浅野ペロ	浅野普通	某社高級	備 考
3°C	2.0(192.2)	9.0(200.0)	6.0(192.2)	配合1:2:4,水セメント比0,60( )内ハフロー
20°C	2.0(184.2)	4.0(184.3)	2.0(176.5)	"
30°C	1.5(176.0)	1.5(180.4)	2.0(184.3)	"

§ 3. セメント

A セメントの貯蔵

セメントは低温にありても乾燥状態に於ては品質は失はない。故にセメント貯蔵に就いては夏期と別に變つた所はなく唯濕氣を避くべき事は絶対に必要である。セメントは長年月の中には自から濕氣を吸収して塊状となり凍期に於て氷結する怖れがある。又此處に特に注意すべき事は乾燥状態にあるセメントでも餘り長く貯蔵すると凝結力を失ふものである。

B セメントの凝結熱

セメントは凝結開始と共に熱を發する。此の凝結熱はセメントの品質並びに製造法により異なる様である。Toye 氏はセメントの凝結熱を 1kg に就て 25~40 K W—C al. と見積つてゐる。混凝土の温度上昇に就いては色々の研究發表があるが一般に次の關係がある事が明かにされてゐる。即ち

1. 水量の多い程温度上昇高が小さい。

Joye 氏の實驗の結果セメントペーストに於ては水量25%にセメント量の多い程最高温度が高いと稱されてゐる。又浅野セメント會社の發表によ

ると Fig. 4 の如く水量の少ない程温度高く且短時間に最高温度に達してゐる。

2. Rüdgersdorf

では2~3ヶ月も貯蔵して置いたセメントは凝結時の最大温度が著しく低下する事を確めた。

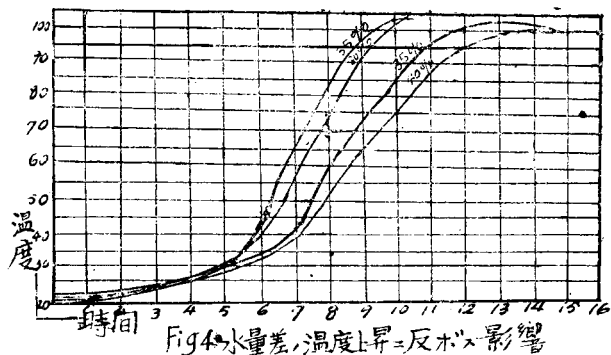
3. 浅野セメント會社の發表によると粉末程度の小さい程粉末の大きいものより短時間に高い温度に達する事を實驗により確かめた。

又冬期工事に用ひるセメントの選擇に關しは絶対に重要な問題がある。即ち

凝結の際出来るだけ多量の熱を發して然も出来るだけ短時間に凝を開始し混凝土自體が寒氣の害を防ぐ事の出来るセメントを選ぶべきである事。此がためには先づアルミナセメントが最もよい。然し高級セメントも捨て難い。Rüdgersdorf 氏の試驗によると高級セメントでも堅窯式のものより廻轉窯式のものの方が發熱量が多いと稱してゐる。

§ 4. 骨 材

冬期間使用の混凝土用骨材は出来るだけ結氷前に土を含まない砂、砂利を採集して霜雪並びに凍害を



防ぎ置く事が最もよい事がある。然し冬期に於ても河原の砂丘より採集すれば砂丘は地下水の關係にもよるが大體に於て 20cm 程氷つてゐるので容易に當現場に於ては採集が出来た。寒中混凝土に於て特に

注意すべき事は粘土等の不純物を含まない事で、骨材がローム等に包まれ又此が塊状を混在すると混凝土は不慮の低温に遇つた時、此が氷結して空隙を作る事になる。又 Joye 氏の説によると凝結の際遊離する熱は全く水とセメントとの相互の反應に基くもので砂、砂利等の骨材は不活發で發熱作用には無關係である。只夫等は固有の比熱に隨つて熱を吸収して温度がその周圍の温度に等しくなる迄上昇するに過ぎない。

尙當現場に於ては骨材の保温はなさず混合水を  $55^{\circ}\sim 85^{\circ}\text{C}$  に熱することにより練上り温度  $12^{\circ}\text{C}\sim 7^{\circ}\text{C}$  を得る事が出来た。勿論捏混に際しては熱の發散を防ぐためミキサーを作業中保温した。

#### § 5. 型 枠

冬期間に於ける混凝土の型枠は寒氣にそなへて出来るだけ厚い板を使用すべきである。又一回の混凝土打 upper 高さも養生其の他の經濟上より夏期に於けるより長くなり、當現場に於ては井筒10米80種を3セットに施工し、各ロツトの長さ2米80種、3米70種、4米30種となした。構柱に於ても平均6米60種を1回に填充した。一回打 upper 高が高いと搗固めが困難となるが前節に述べた如く冬期間は夏期に比較して少ない水量でウオカブルな混凝土を捏混し得る傾向があるので出来形に於ては夏期と同様の成績を上げる事が出来た。

型枠の存置期間に就いては混凝土(セメント)の性状、材種、構造物の大きさ及び形状並びに混凝土の填充後の養生の如何により定まるもので天候状態の良好なる時(最低温度  $5^{\circ}\text{C}$  以上なる時)獨逸鐵筋コンクリートの委員會に於ては通常は型枠存置期間を最小限度に次表の如く決定してゐる。

只此處に注意すべきは混凝土填充前 5~6 時間型枠、鐵筋及び既設混凝土の施工繼手を温め温水を以

Table 2.

使用セメント種	梁ノ側面及柱ノ假枠	床、スラブノ假枠	梁及び長徑間ノスラブヲ支ヘルモノ
普通セメント	3 日	8 日	3 週 間
早強セメント	2 日	4 日	8 日

て此等を洗ひ然る後填充すべき事である。

#### § 6. 寒中混凝土の強度

一般に混凝土は充分に硬化したるものであつたならば酷寒に遇つても殆んど影響はないと云はれてゐる。凝結又は硬化の途中にある所謂練立ての混凝土とか又は漸く硬化して未だ日數の経たない若い混凝土に對しては其の強度の發育に非常な障害を來たし有害な影響を與へる。然らば混凝土の凍害が如何なる経路を経て進むかと云ふに Graf 氏は氏の研究に基き次の如き發表をなしてゐる。

a. モルタル又は混凝土が型枠、填充の直後に凍結すると凝結過程は一時的に停止する。その結合力は後に温度が再び上昇すると最も凝結は遅く且つ幾分弱くなるも復活する。

b. 若しモルタルや混凝土が  $15^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{C}$  で24時間を徑た場合に相當な強度に達するか又は更に凝結が進んだ後始めて凍害を受ける場合は解氷の際何等の龜裂を認めない。

c. 然し混凝土が型枠に填充して4時間後凍結すると凝結は非常に不利な状態となり。遂には停止し角型の如き試験體は解氷の際に破壊する。

又 Fig. 5 は淺野セメント會社の實驗發表であり、其の(一)は天候  $-11^{\circ}\text{C}$ 、配合 1 : 2 : 4、水セメント比 0.60 の混凝土を寒氣の特に厳しい夜を選び海岸の吹き曝しの處で型詰しそのまゝ凍らせて脱型後雪中に埋め1ヶ月、2ヶ月、3ヶ月の材齡で強度の試験をした。勿論混凝土上は水を加へて練つてゐる間

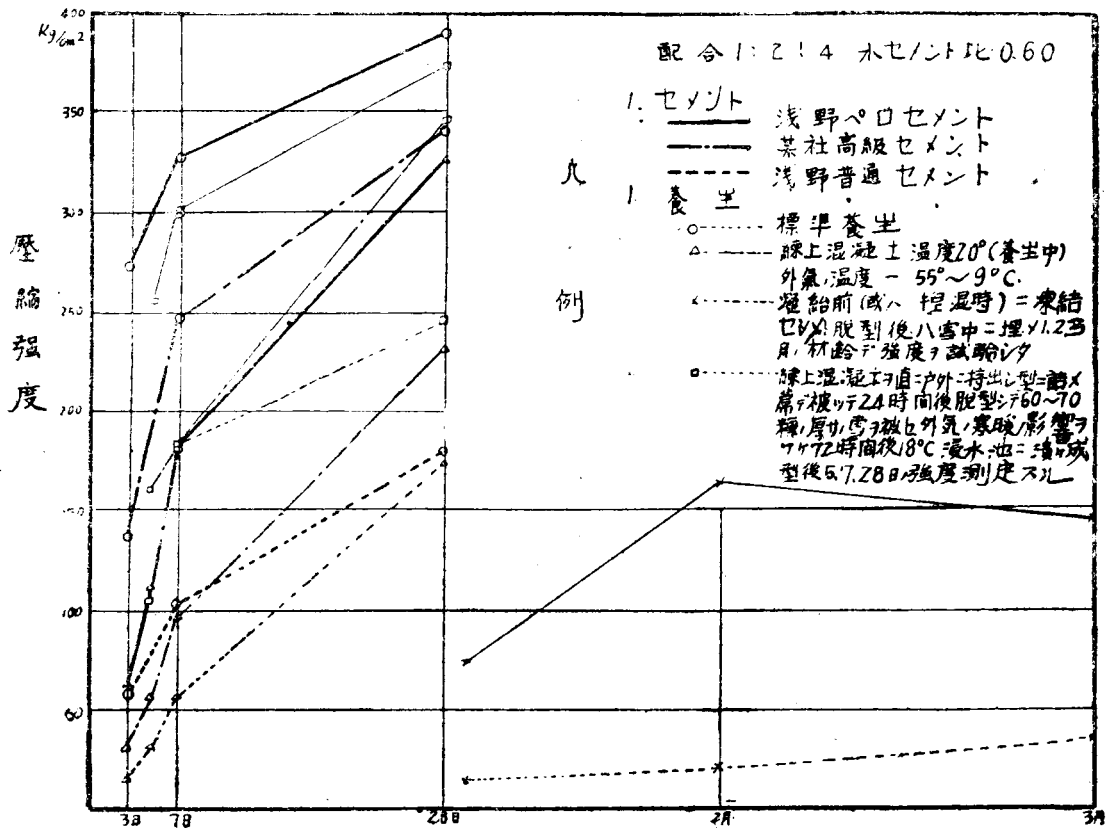


Fig. 5

に凍つて行つたので型詰は困難を極め成型は満足であつた。只此處に注意すべきは斯様な悪条件でもポロセメント使用の混泥土は可成の強度を出してゐる事である。其の(二)は寒中混泥土の寒中養生の混凝

る。養生温度は此の板圍の中で養生期間中一日四回宛測定した気温の最高、最低を取つたものである。混泥土は練上り温度が20°Cとなる様に骨材及び混合水を加熱して練上つたものは直に戸外に持出し

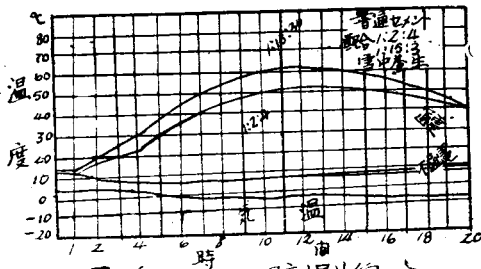


Fig. 6 電気コンクリート温度上昇曲線

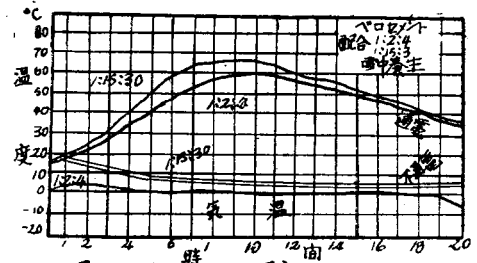


Fig. 7 電気コンクリート温度上昇曲線

土強度に及ぼす影響の實驗發表で寒中養生の保温設備として席で一方を被つた簡単な板圍で此の中に試験體を入れて寒風の直接に當るのを防いだわけであ

て模型に充鎮して板圍の中に納め翌日注意して脱型しその後の養生を續けた。又 Fig. 6, Fig. 7, Table 3 は同様に浅野セメント會社の實驗發表で混泥土電気

加温法によりたるもので混凝土を詰めた型枠は雪の中に詰めその周圍には雪にて覆ひて叩きつけその厚

Table 3

セメント	配合	w/c	電 流	壓縮強度 $\text{kg/cm}^2$		
				1日	1週	1週
ベロ	1:2:4	0.60	不 通	176	221	313
	1:16:30	0.50	不 通	225	145	390
普通	1:2:4	0.60	不 通	96	113	205
	1:16:30	0.50	不 通	197	87	226
				110	200	240
						318

電氣加温コンクリート凍結強度  
雪中養生

さ少くとも15種になる様にした。即ち混凝土は最高が零度で養生された事になる。以上の各研究発表等より大體次の結論を得ると思ふ。

若い混凝土の酷寒に對する影響は捏混時に入れた混凝土中の混合水の凍害により起るもので混凝土中には最初セメントの化學作用に必要な水以外に多量の水を含有してゐるので之等が全部或ひは化學作用の未だ起らない殘部の含有水が凍結するとセメントの化學作用が停止する許りでなく、此の混合水が容積の膨脹を來たし混凝土の組織を馳める結果となり、最早組織が緻密とならぬ故強度が永久に低下して回復する事が困難となるからである。

然らば混凝土が寒氣に直前する前に何程の強度に達しなければならないかと云け問題が起る。此の問題に關しては多數の大家の實驗発表がある。

獨逸鐵筋混凝土委員會では“低溫はモルタル、混凝土の凝結硬化を妨害し凝結過程に於ては甚しく緩慢となるか或は全く害される。未だ  $100\text{kg/cm}^2$  の壓縮強度に達せざる混凝土は凍結及び解氷により著しく強度の減少を來たす”と云つてゐる。即ち  $100\text{kg/cm}^2$  を限界としてゐる様である。

又 Graf 氏は數多のモルタル試験を行つた後次の結果を發表してゐる。即ち25回氷結と解氷を繰返し

て行つたモルタル及び混凝土は壓縮強度が少くとも  $150\text{kg/cm}^2$  に達してゐるものならば適當な抵抗が見られるが  $100\text{kg/cm}^2$  の強度では充分とは言はれない。尙斯様な場合には骨材自身も充分抵抗出来るものでなければならぬ。又結氷、解氷が1回或ひは2回、3回反覆の場合即ち一般建築工事特に濕氣や冷氣が單に一時的に作用する場合に於ける工事にては  $80\text{kg/cm}^2$  でよいと云つてゐる。

7. 寒中混凝土に於ける強度のコントロール

I 根本的な注意は先づ現場に棒状寒暖計最高最低寒暖計を用意して置き溫度表は嚴密に記入して置く事。

現場に寒暖計を用意して置き氣溫の變化並びに防寒室の溫度を測定する事は必要な事で。我が滿洲に於ては特に氣候が大陸の氣候で晝夜の氣溫の變化が大で最高  $30^\circ\text{C}$  になる事は稀ではない。現場員は現地に於ける前年の氣溫を調査し之により防寒設備を豫め設計し此が凍害を防ぐと共に養生溫度の如何、混凝土溫度の如何により防寒室の取除日を決定すべきである。

II. セメントの選擇に注意する事

セメントの選擇に就いては前節に於て述べし如く出来るだけ新しいセメントを使用する様心掛け、又作業日の天候と防寒設備の如何によりセメント量を加減して構造物をして均等の強度を持たしめると共に、出来るだけ寒中工事に於ては早強セメントを使用す可きものと思ふ。早強セメントが寒中混凝土に於ける強度の上に及ぼす影響に就いては前節の通りで此處には略するが經濟的にも優れてゐる。ポルトランドセメント同業會の強度試験発表によると早強セメントの強度は3日にて標準養生で  $150\text{kg/cm}^2$  の強度に達するに對し普通セメントは3日にて  $100\text{kg/cm}^2$  1週間に  $170\text{kg/cm}^2$  の強度となる。依つて

90~100kg/cm<sup>2</sup>を以つて一般工事に於ける混凝土の限界強度とすれば普通セメントは現場に於は大野博(内務技師)外一名の實驗發表60~116%と見積ると養生4日~7日間を必要とするに對し早強セメントは1日~3日を必要と見るべく煖房費に於て半減する事が出来る。即ち本橋梁現場の混凝土(1:2:4)1m<sup>3</sup>の單價32圓にて之の中セメント代價は28%である。本現場に於ける煖房費は13.00~8.00圓最低8圓と見て混凝土の25%に相等し即ち普通セメントでは12%の工費となるに對し早強セメントを使用するとセメント代價が8.5%なるも煖房費が12.5%となり結局120.5%の工費となり早強セメントを使用する事が普通セメントを使用するより4.5%の經濟となる。

III 混凝土打を行ふに當り練上り溫度並びに最初の24時間の養生に特に注意する事。

混凝土打に當り練上り溫度並びに最初の24時間の養生が特に必要な事に就いては Fig. 8、Fig. 9 により明らかである。Fig. 8、Fig. 9 は當現場に於ける現場混凝土(井筒)に就いてセメント水和熱の測定の実績である。Fig. 8 は防寒設備の際の溫度測定で、Fig. 9 は3月末の混凝土を只シートで覆つたのみの防寒設備の時の混凝土の溫度測定である。溫度測定には井筒上端50cmの中央に16mm、長さ50cmの孔を掘り此の棒状寒暖計を入れて栓をなし一定時間に此を讀取つた。圖により明らかなる如く寒中混凝土は混凝土搥混直後より凝結開始まで凍害に對し特に大切であり、又練上り溫度も外氣に對する設備の如何により定まり最悪の場合を考慮して定めるべき事が明らかとなつた。

然らば何度の練上り溫度が合理的であるか此の問題は實驗的に明らかにして定めるべきで此處には當現場の練上り溫度決定の計算例を以て諸兄の參考とす。

混凝土を型枠に入れる迄の時間は昇降機を使用するにより1.0分~1.5分でその間の熱の損失は殆んど無いと見てよく又型枠填充により型枠並びに鐵筋による熱の損失も可成り大であるが當現場に於ては工事施工前5~6時間此等を温める事により熱の損失を避ける事が出来た。因て吾人が注意すべき事は不慮の低温に遇ひたる時型枠に入れたる生の混凝土の溫度が凝結まで  $t_2 = 0^\circ\text{C}$  の溫度に養生された時何度の冷却をなすかが問題である。

今混凝土1:2:4 1m<sup>3</sup>を作るには

$$315\text{kg}\cdots\text{セメント溫度}-3.0^\circ\text{C} \quad \text{比熱} C_c = 0.20$$

$$1900\text{kg}\cdots\cdots\text{砂、砂利 混合物 溫度}-3.0^\circ\text{C}$$

$$C_b = 0.20$$

$$230\text{kg}\cdots\cdots\text{溫水 溫度}85^\circ\text{C}\sim 55^\circ\text{C} \quad C_w = 1.00$$

混凝土の比熱

$$C = (315 \times 0.2 + 1900 \times 0.2 + 230 \times 1.0)$$

$$\div (315 + 1900 + 230) = 673 \div 2445 = 0.275$$

ミキサーに入れる時の各成分の有する熱量は

$$\Sigma G.C.t_1 = 315 \times (-3) \times 0.2 + 1900 \times (-3) \times 0.2 + 230 \times 70 \times 1 = 14,771\text{kg-cal}$$

$$\therefore t_1 = 14,771 \div (2445 \times 0.275) = 21.9^\circ\text{C}$$

今骨材が5%の水分を含むとすれば氷の融解のため1kgの水量に80kg-cal.を必要とす。即ち

$$1900 \times 0.05 \times 80 = 7,600\text{kg-cal.}$$

依つて

$$\Sigma G.C.t_1 = 14,771 - 7,600 = 7,171\text{kg-cal.}$$

$$\therefore t_1 = 7,171 \div 673 = 10.6^\circ\text{C}$$

今此の練上混凝土が型枠填充により  $10.0^\circ\text{C}$  とおつたとすれば

$$\text{型枠の厚さ} \quad 0.025\text{m}$$

$$\text{生混凝土} \quad 33\text{m}^3$$

$$\text{全表面積} \quad 110\text{m}^2$$

なる構柱つ混凝土に於ては次の冷却となる。



熱抵抗係數

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{6_a} + \frac{0.025}{\lambda} = 0.05 + \frac{0.025}{0.15} = 0.216$$

(  $\frac{1}{6_a}$  ..... 放熱抵抗係數、  $\frac{1}{\lambda}$  ..... 傳導抵抗 )

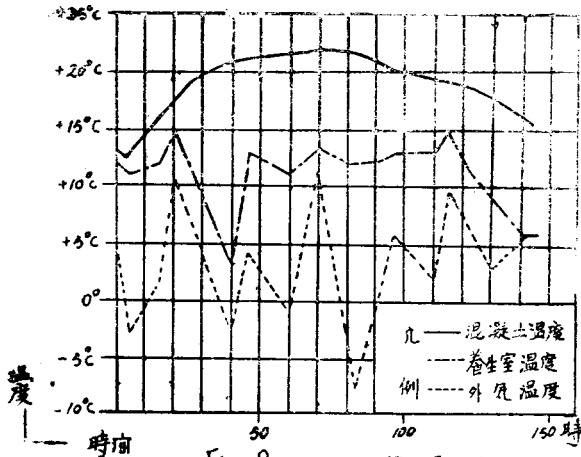


Fig 8 コンクリート温度上昇曲線

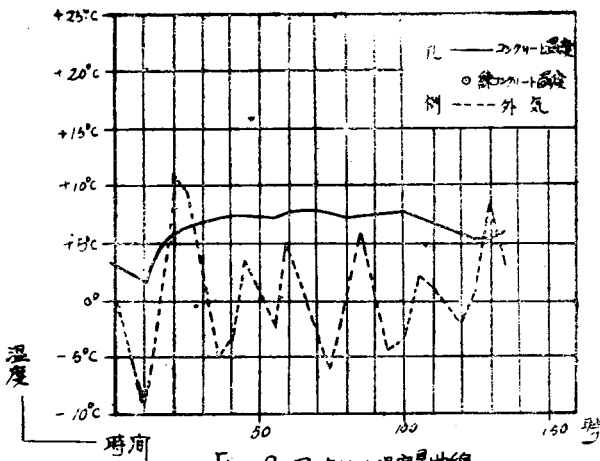


Fig 9 コンクリート温度上昇曲線

∴  $k=4.63$   $F \cdot k=4.63 \times 110=509.3 \text{kg-cal./h}^\circ\text{C}$

間隙を考慮に入れて

$$k \cdot F=509.3 \times 1.2=611.16 \text{kg-cal./h}^\circ\text{C}$$

混凝土の熱容量

$$\Sigma G \cdot C=33 \times 2,000 \times 0.275=18,150 \text{kg-cal.}$$

故に  $\lambda_1=18,150/611.16=29.69$ 時間

凝始に要する時間を 4.5 時間とすれば降下温度

$$t = \lambda / Z_1 (t_1 - t_2) \\ = 4.5 / 29.69 (10 - 0) \\ = 1.16^\circ\text{C}$$

又前と同様な構造物の型枠を 6cm の礎で被覆した時外氣が  $-15^\circ\text{C}$  になる時を考へて見る。

熱抵抗係數

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{6_a} + \frac{0.025}{\lambda} + \frac{0.06}{\lambda_1} \\ = 0.216 + \frac{0.06}{0.07} = 1.074$$

$$k \cdot F=110 \times \frac{1}{1.074} = 102.42 \text{kg-cal./h}^\circ\text{C}$$

空隙を考慮に入れて

$$k \cdot F=102.42 \times 1.5 = 153.63 \text{kg-cal./h}^\circ\text{C}$$

混凝土の熱容量

$$\Sigma G \cdot b=18,150 \text{kg-cal.}$$

$$\lambda_1=18,150/153.63=118.13 \text{時間}$$

$$t = \frac{\lambda}{\lambda_1} \{10 - (-15)\} = \frac{15}{118.13} \times 25 = 3.17$$

$17^\circ\text{C}$  即ち 15 時間放置しても最悪の場合 3.17。C の温度降下となり回復の豫地がある。

IV 混合水には過剰な水量を出来るだけ避ける事

§ 6. に於て混凝土の凍害の経路に於て述べた様に混凝土の酷寒に對する影響は捏混時に入れた混合水の凍害により起る混合水が少なれば凝結熱が早く起り凍害に對する抵抗力を増し凍害が少ない。又經驗ある亞米利加の施工會社の意見も工事現場に於て寒氣が強い程施工の場合の水を減すべしと言つてゐる。

§ 8. 寒中混凝土の施工

寒中混凝土工事に當り如何なる方法及び設備が必要であるかと云ふに現在取り得る方法は次の六種に別けて考へられる。

(1) 材料(混合水及び骨材)の混合前に於ける加熱

- (2) コンクリート實體の保温養生
- (3) 高發熱性早強セメントの使用
- (4) 耐寒劑の使用
- (5) 電気加熱法
- (6) 露國式凍結施工法

一般には此等の方法を氣温或は施工の大小により單獨或ひは適當に組合せる事により施工が行はれてゐるが最も良く使用されてゐる方法は(1)、(2)、(3)の組合せである。

I. 寒中混凝土の養生温度並び養生方法。

冬期施工の最善の保護手段は勿論構造部を完全に被覆して温める事である。丈も之は部分的にも當筋ことである。而してこの被覆期間は混凝土が寒期に對して抵抗力を生ずる迄である事は前述の如く明らかである。養生温度を何度になすべきかと云ふに亞米利加の實驗では強度の硬が現れるまでを被覆期間としてゐる。混凝土打が終りて最初の5日間は最小限15°C~16°Cに保ちそれに續

く10日間は最低5°Cを下つてはならない事にしてゐる様である。1932年4月改正になつた。獨逸鐵筋混凝土委員會では嚴寒の時の混凝土の部で次の様に規定してゐる。即ち混凝土打後最初72時間は少くとも2°C以上に保つべしと云つてゐる。昭和九年建築學大會に於て工學博士内田詳三氏の外一名の昭和七年五月中旬より昭和八年七月中旬迄1回に25回宛25回、即ち625回の試験體を作製し124813週間の強度試験を發表した。論文中より練上り温度、養生温度(試験體は1日及至2日の後型より取り出して貯藏槽内の濕砂中に入れ隨時灌水して砂の乾燥を防ぎ温度を測定し試験時まで養生した)別に5°C以下10°C以下、15°C以下、20°C以下、20°C以上のものに分類して次のTable4及びFig10の興味ある關係を見る事が出來た。養生温度は一定範圍を13週續けたものは少なく、3週迄を目標としたがTable4より明らかなる様に平均は同範圍温度内にあつた。此より見ると養生

Table 3 平均温度別強度表

試験體作製到 強度試験施工 マテ構内/總平均温度	材齡別度 (N/cm <sup>2</sup> )及平均温度					
		1 通	2 通	4 通	8 通	13 通
5°C 以下	強度 構内平均温度 練上り混凝土	44.2(25) 2.8°C 5.8°C	108.1(25) 25°C "	180.5(25) 25°C "	235.9(25) 28°C "	255.6(25) 41°C "
10°C 以下	強度 構内平均温度 練上り混凝土	65.2(20) 2.9°C 9.8°C	132.2(20) 8.2°C "	188.3(20) 8.4°C "	235.4(20) 8.9°C "	273.8(20) 9.5°C "
15°C 以下	強度 構内平均温度 練上り混凝土	96.4(10) 13.0°C 15.6°C	148.2(10) 13.5°C "	198.8(10) 12.3°C "	250.4(10) 9.8°C "	274.7(10) 5.2°C "
20°C 以下	強度 構内平均温度 練上り混凝土	99.8(20) 1.7°C 17.6°C	152.8(20) 17.8°C "	203.1(20) 17.6°C "	252.5(20) 18.7°C "	272.7(20) 19.7°C "
20°C 以上	強度 構内平均温度 練上り混凝土	119.5(20) 25.3°C 24.4°C	171.5(20) 25.2°C "	204.2(20) 25.4°C "	234.1(20) 24.5°C "	230.9(20) 21.8°C "

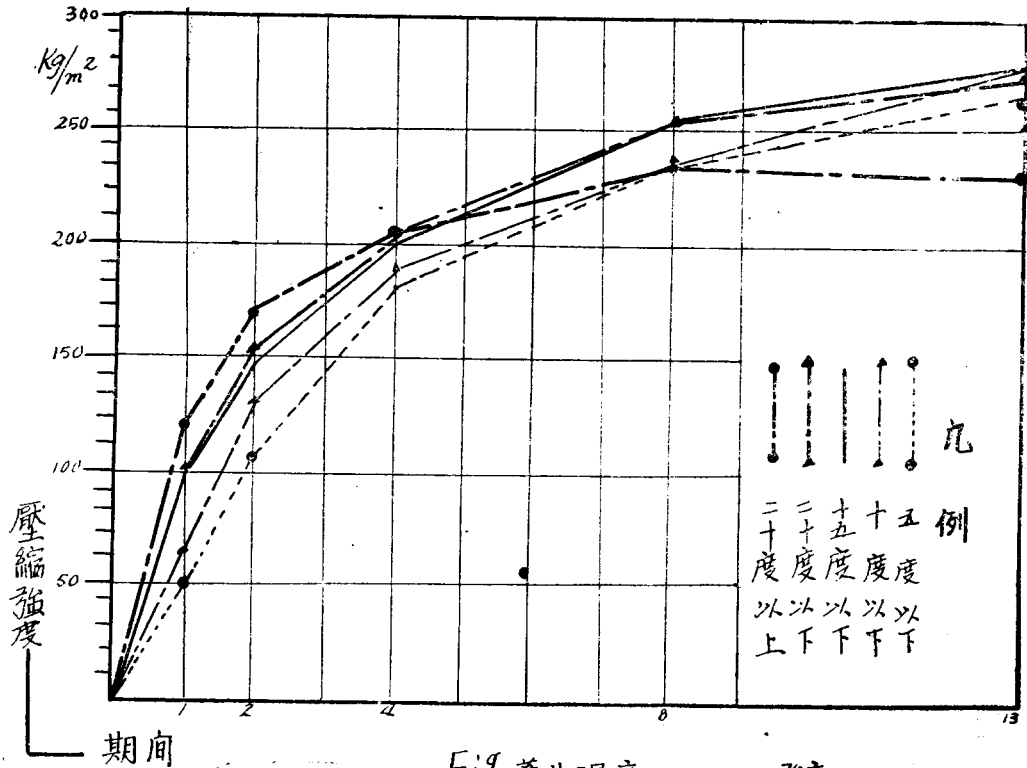


Fig. 養生温度とコンクリート強度

温度 10°C 以下に於ては 1 週、2 週の強度は少ないが 13 週に於ては 15°C ~ 20°C のものと同様の強度に回復する事が出来一方 20°C 以上に於ては早期に強度を出すか 13 週に於ては 15 ~ 20°C のものより 15% の減少を見る。10°C ~ 15°C の養生温度にては 1 週に於て 15 ~ 20°C のものと同様に於て 3 週にして少々減少し 13 週に於ては少々強度を増してゐる。

以上の研究發表其の他により當現場に於ては次の養生温度の目標と決定して保温設備を行つた。

1. 早強セメントを使用するときは混凝土打後 2 日 ~ 3 日間を 10°C ~ 15°C の温度にて養生すること。
2. 普通セメントに於ては混凝土打後 24 時間は 15°C ~ 20°C の温度に養生して續行 5 日 ~ 6 日

間 10°C ~ 15°C 温度を養生をなす事。

次に養生方法に就て述べると此には水蒸氣を使用する方法とストーブを使用する方法とがある。水蒸氣を使用する場合は、保温上有效である事は 100°C の水より 100°C の水蒸氣となり 100°C の 1 kg の水蒸氣が 15°C の水に冷却されるには 621.5 kg-cal を必要とするに對し水 100°C が 15°C の水に冷却されるには 85 kg-cal. となる事により明らかである。只此處に問題になるには水蒸氣を得る設備の困難な點より當現場に於てはダルマストーブを使用した。外氣の被覆状態により異なるが帆布を使用する時 -20°C ~ -30°C に於て 8m² 當り 1 個の割にて 15°C ~ 10°C の保温設備を得る事が出来た。勿論防寒室内に於ては上部の方が 1°C 2°C、下部の温度より高くあつた。使用石炭は石炭の質

にもよるが市場の良質の石炭にてはストーブ1個  
當り1晝夜使用量は120~200kgを必要とした。

### II 水中混凝土

地表面は晝間は太陽の輻射に依りて其の溫度變  
化し又夜間は地表面より熱を輻射し冷却する。而  
して地表面は夏期日中にありては極めて高温で  
35°~40°Cとなり冬期は又極端に冷却し硬く凍結  
する。この溫度は次第に地中に傳播して行くので  
あるが此の爲め地中溫度が季節により變化する深  
さは滿洲では略12m~13mであらうと推測されて  
ゐる。此より深くなると年變化は無く地熱により

は11月~12月頃に現はれる。即ち4m~5mの溫度  
は夏に低く冬に高いと云はれてゐる著者の當現場  
に於ける測定の一例をTable 5. に掲ぐ。

橋脚基礎に於ては水替を長くする程高い水溫を得  
る事が出来又此を放置しても水面下3.5m以下に  
於ては1週間は+3.2°Cを保ち又長い日數放置し  
ても+0°Cで水面が凍結するのみである。依つて  
當現場に於ては養生溫度を3.0°C~10°Cを目標と  
なし養生なをせるも出来上りに於ても夏期と同様  
な結果を得る事が出来た。

### III 水際の混凝土施工

Table 5.

年 月 日	外 氣		水 溫			備 考
	最 高	最 低	水 面	水 面 下 0.30m	水 面 下 3.5m	
6. 12. 1	+ 0.5°C	- 16.0°C	+ 9.0°C	”	”	2號基礎橋脚水替直後
7. 1. 6	+ 2.5°C	- 22.0°C	+ 4.0°C	+ 4.5°C	+ 5.5°C	橋脚基礎水替後第2日目
7. 1. 11	- 12.5°C	- 23.0°C		+ 2.0°C	+ 3.2°C	橋脚基礎水替後第7日目

Table 6

年 月 日	外 氣		養 生 溫 度		備 考
	最 高	最 低	水 面	室 内	
7. 2. 14	+ 5.0°C	- 12.0°C	+ 9.0°C	+ 8.0°C	水替P. M.S 時迄ニテ中止
7. 2. 15	+ 6.0°C	- 12.0°C	+ 9.0°C	+ 10.0°C	水替ナシ養生2日目
7. 2. 16	+ 3.0°C	- 12.5°C	+ 7.0°C	+ 10.0°C	” ” 3日目
7. 2. 17	- 1.0°C	- 16.5°C	+ 6.0°C	+ 9.0°C	4日目
7. 2. 18	+ 6.0°C	- 16.0°C	+ 6.0°C	+ 8.0°C	5日目
7. 2. 19	+ 4.0°C	- 4.0°C	+ 6.0°C	+ 8.0°C	6日目

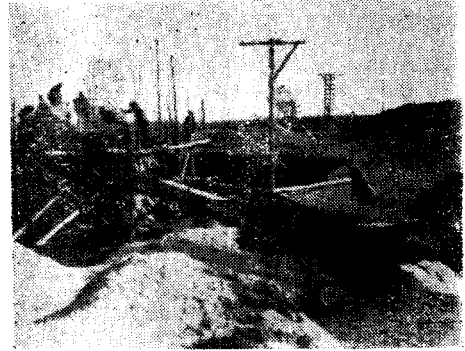
次第に溫度は上昇して行くのであるが熱の傳播の  
速度は極めて遅く地下4m~5mの處では地表に於  
ける冬期の低溫が漸く6月頃に到達し夏期の高温

水際に於ては水替をなし施工を行なふ故型枠を  
永く放置する事は工事進行上並びに凍寒を防ぐ上  
よりも不可能な事で當現場に於てな寫眞に示す如

く水替をなしながら陸上混凝土保温設備と同様の保温設備をなし、養生温度  $8^{\circ}\sim 10^{\circ}\text{C}$  を得る事が出来た。Table 6 は橋脚26 流水擦混凝土施工の記録である。

同混凝土は7日目に暖房を止め10日目に型枠を取除きたるも角部のかける所もなく充分固化せる混凝土を得た。

(未 完)



—○—

参考文献

1. 冬のコンクリート 著者クラインローゲル

工学博士 濱田 稔 共 譯  
工学士 松下 清夫

2. 現場コンクリートの強度並に之に及ぼす施工条件の影響

著 者 大 野 博  
佐 藤 寛 政

土木學會誌 第二十四卷 第二號

3. 滿洲に於ける寒中コンクリート工事の一報告

著 者 眞 鍋 簡 好

土木學會誌 第二十三卷 第十一號

4. 冬期混凝土工事 著 者 松 本 光 夫

業務の友 昭和九年十一月號 昭和十年一月號

5. 寒中コンクリート施工に於ける電熱養生法に就て

著 者 布 施 忠 司

日本技術協會報告 第十三卷 第四號

6. 混度の變化に依るコンクリートの強さに就いて

著 者 工學博士 内 田 詳 三

工學士 大 澤 邦 吉

建築學會大會論文集 第四十八輯 第五百八十四號

7. コンクリート耐寒試験 著 者 林 部 庚 次

堤 信 夫

セメント工業 昭和十一年六、七、十一、十二月號

8. セメントペーストの温度上昇狀況に就て

著 者 林 部 庚 次

堤 信 夫

セメント工業 昭和十三年三月號

9. 寒中コンクリートに就て

著 者 近 藤 泰 夫

園野内 藏之助

セメント界彙報昭和十四年二月號

10. 滿洲の氣象に就いて 著 者 土 佐 林 忠 夫

滿洲國土木講集會講演集 第四號

11. 最近のセメントの趨勢に就て

著 者 西 脇 寛

滿洲國土木講習會講演集 第四卷

12. 滿洲調査月報

南滿洲鐵道株式會社

昭和九年一月號—昭和十三年十二月號

13. 滿洲土木建築雜誌

滿洲土木建築協會

昭和九年一月號—昭和十三年十二月號

14. 寒中コンクリート工法

著 者 交通部技佐 勝 海 恭 太 郎