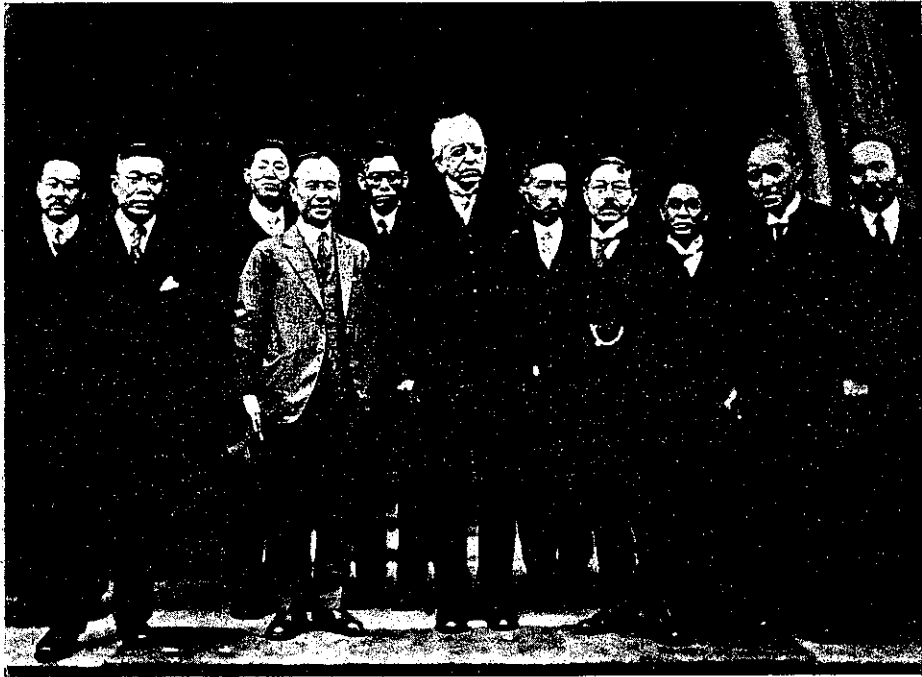


第 2 圖



1929年東京帝國大學安田講堂前にて

バー教授は American Society of Civil Engineers, Institution of Civil Engineers of Great Britain, 及び American Academy of Arts and Sciences の會員として學界の爲、殊に米國土木學會に對しては寄與するところが非常に多大でありました。

氏はまた終始一貫して清き嚴肅なる基督教徒であり、セント・ジョン寺院 (Cathedral of St. John the Divine) のトラスチャーでありました。

養生法を異にしたセメント製品の耐壓強度に就て 附, 養生法の一考察

(本文は鐵道技師張忠一氏の厚意により特に本會に寄稿せられたものである)

大 澤 禎 郎*

セメント製品 (コンクリート或はモルタル) の強度試験に於てその経過中に於ける養生法が強度に影響することの大なるは云ふまでも無いこと乍ら、往々にして養生手段の嚴密を缺いてその試験結果に不安を來さしめることが

* 鐵道技手 鐵道省大臣官房研究所勤務

ある。簡単な例を試験室作業に取れば水中養生を行ひ 豫定の期限に達した試験片を養生槽より取り出し試験機に依り強度試験をする際に作業に要する時間の経過が數時間に渉るような場合は實際に於て初めの試験片は終りの試験片と強度に差異あるを認めるのである。長期の養生をした時間の経過に比して試験時間の経過は甚だ短時間ではあるが、然も試験片の強度に多少ながら影響することを思へば養生方法或はその後の取扱手段等は嚴密に行はねばならぬこと勿論である。

本實驗はセメント製品の養生方法を異にしたもの或は養生後の取扱手段を異にしたものゝ強度はどの位の相違を生ずるものであるかを知らんとして行つたものである。但しコンクリートの耐壓強度は同様な粘稠さを有するものたるの夫れと殆んど同じ傾向を示すものであるから、總ての本實驗はモルタルを試験片として比較研究をすることゝした。試験片の大きさは直徑 5 cm, 高さ 10 cm の圓筒型のものとし水量は何れも軟練程度に使用した。尙本實驗を通じてセメントは同一品を、砂は標準砂を又充填方法はコンクリート抗壓強度試験に關する標準方法に準じた棒突法を用ひた。

試験第 1. 水中に一定期間養生した試験片に就きその後の取扱い即ち處理を異にした場合に試験片の強度はどの位違ひを生ずるものであるかを比較したもので本試験ではモルタルの配合はセメント 1 に對し砂 2 を用ひ水量はセメントの重量に對して 40% とした。上記大さの鐵製圓筒に充填後 24 時間を経て純セメントで上面を平滑となし、更に約 20 時間を経て脱型し水槽に移し 30 日間の水中養生後次の各處理を行ひその強度の比較を試みた。水中養生中の水槽の温度は 23~25°C であつた。

- (イ) その儘同一水槽に 6 晝夜水中養生を繼續したもの
- (ロ) 硝子製乾燥器の底部に水を充たし上部氣中には炭酸ガスを充滿させた中に試験片を並べ之を密閉し、此の硝子製乾燥器を 35°C に保つた恒温槽の中に 6 晝夜養生したもの
- (ハ) 前同様の硝子製乾燥器の底部に水を滿たしその上部の空氣中に試験片を並べて密閉し、是を前同様 35°C に保つた恒温槽中に 6 晝夜養生したもの
- (ニ) 試験片を視のみ 35°C の恒温槽中に並置し 6 晝夜養生を行つたもの、槽中は 35°C の温風循環し湿度は大約 65% 位であつた。
- (ホ) 35°C に保つた恒温槽中に密閉し 6 晝夜靜置する間水銀柱約 38~70 cm の眞空で前後約 48 時間試験片を乾燥したもの

以上各種の水中養生後の處理を行つたものについて試験片の強度を容量 30 ton のオルゼン試験機に依り比較試験した、結果第 1 表通りの成績を得た。

以上の試験の結果を見るに水中養生の後の處理に依つて相當大きな強度の差を生ずることが判る、上記試験中 (イ) は全期間を通じて水中養生を行つたもので温度も一貫して 23~25°C の間にあつた。但し (イ) に於て 35°C の水中養生を行へば更に幾何かの強度が増進することは明ではある。(ロ) は水中養生後の處理を 35°C の温度で行つたのものにもかかわらず、その強度は (イ) と大差なく (ハ) は之より稍高い強度を示して居る、(ニ)、(ホ) は前のものに比して格段の差を表はして居る。即ち (ロ) 及び (ハ) は關係湿度の相當に高い濕氣中に養生した爲に水中養生を繼續したものとその條件が似て居るが爲に強度も相似寄つたことゝ思はれる。但し (ロ) は炭酸ガスの影響するところがある様に認められ、(ハ) は温度の影響によつて (イ) よりも高強度である様に見受けられる。(ニ) 及び (ホ) は前者に比して可なり湿度は低く (ニ) は約 65% 位である。(ハ) はそれよりも遙に高い湿度で恐らく飽和の状態と考えられるが装置の大きさの關係上湿度の測定を行はなかつたのは遺憾である。兎に角水中の養生を行つた後の處理として湿度の少い所に置き或程度の乾燥をさせることは高強度を發揮させる原因であること云ふこと

が以上の実験に依つて明らかに判つた。

第 1 表

試験第 2. 前述実験に依れば水中養生後の処理の条件就中濕潤の程度に依つて強度に影響する所が多いが此の濕潤の状態に於て時間的には如何なる結果を呈するか、之を知らんとして行つたのが次に述べる実験である。試験片の配合はセメント 1 に對し標準砂 3 の 1:3 モルタルとし水量はセメントの重量に對し 60% の軟練を用ひた。製作後 24 時間を経て上面を純セメントで平滑に仕上げ、

番 號	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)
1		334.9	362.4	539.8	528.6
2	415.1	359.6	358.0	584.4	562.5
3	402.0	362.1	358.5	592.8	591.8
4	491.7	400.8	438.8	608.3	610.6
5		403.4	471.3	608.7	611.9
6		421.2	478.2	617.3	614.2
7		421.9	480.3	617.5	617.8
8		427.8	485.1	619.8	626.4
9		456.8	493.0	634.8	626.9
10		461.2	497.6	635.1	633.8
11		467.0	501.9	657.2	642.0
12		435.6	519.7	663.4	647.3
13		497.1	521.3	668.4	651.4
14		506.0	—	694.2	672.0
平均	436.3	429.0	458.9	624.4	616.9

更に 20 時間を経て脱型し水中に浸漬して 28 日間の水中養生を行つた。その後の処理を 2 通りとし、その各につき 5 時間、24 時間、72 時間経過後の強度を測定したものである。後の処理の 2 通りとは

(イ) 40°C の恒温水槽中に引き續き水中養生を行つたもの

(ロ) 40°C の恒温空気槽中にて真空ポンプを用ひ減壓して乾燥させたものである。真空の示度は水銀柱約 38~50 cm で減壓時間は

乾燥時間 5 時間のものに對しては 5 時間

乾燥時間 24 時間のものに對しては約 12 時間

乾燥時間 72 時間のものに對しては約 20 時間であつた

試験の結果は第 2 表の通りである。

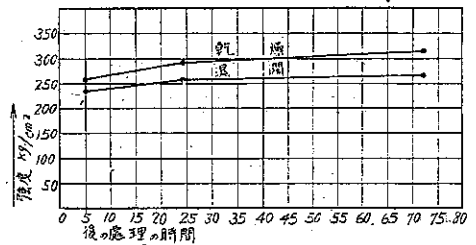
圖示すれば第 1 圖の通りである。

以上の結果に依れば水中養生後乾燥を行つたものは引きつゞいて水中養生を行つたものよりも強度は明かに増大し、然かも時間とともに増進することが認められる。之に依て考えるに相當の時間を経過したモルタルは強度の増進のためには多量の水を要するものでなく極く僅かなる濕分にて足りることを示すものゝ様である、過剰の水分のあることは反つて分子間に潤滑性を與え分子の運動を容易にさせる傾きもあるから夫れが強度に多少の影響をするものではあるまいか。

試験第 3. 或期間中水中養生を行つた試験片の水中養生後の取扱と強度との關係に就ては大略前述の様であるが水中養生を行はず或は極く短期間水中養生を行つたものに就ての各種養生法が試験片の強度に及ぼす影響ほどの位であらうか、此の結果を見るために以下數種の養生方法に依り養生したものゝ強度を試験比較して見た。配合は 1:3 モルタルとし水量はセメント重量に對し 60% の軟練りを用ひた。モルタル充填後 24 時間を経て純セメントで上面を平滑とし更に約 20 時間の後に脱型夫々各種の養生にうつしたものである。

(イ) 硝子製容器中に水を充たしその中に試験片を浸漬し容器を密閉したもの

第 1 圖 水中養生 30 日目



第 2 表

試料 番 號	5 時間養生		24 時間養生		72 時間養生	
	温 水 中	乾 燥	温 水 中	乾 燥	温 水 中	乾 燥
1	181.1	235.9	216.7	239.9	250.6	300.3
2	186.9	239.1	220.6	241.4	253.1	300.5
3	205.0	240.4	223.9	242.8	254.6	302.5
4	214.9	252.3	247.6	245.2	258.4	305.6
5	227.6	252.6	253.2	249.1	259.2	305.8
6	232.4	252.6	261.1	269.9	260.6	306.8
7	232.7	254.2	263.7	284.4	261.1	310.4
8	238.1	254.9	267.0	288.6	262.4	311.2
9	238.6	255.0	267.6	290.1	262.9	312.5
10	243.5	257.0	268.1	293.6	264.3	312.9
11	243.9	258.3	268.8	296.9	269.1	315.7
12	255.1	258.6	272.2	300.1	277.0	316.2
13	257.7	259.8	273.1	312.1	277.3	317.0
14	267.6	264.0	277.5	313.3	280.3	317.6
15	272.1	267.4	282.2	324.7	290.1	319.2
16	275.5	269.8	292.3	326.0	—	319.6
17	277.6	270.9	—	—	—	323.3
18	—	275.6	—	—	—	326.9
19	—	277.9	—	—	—	327.4
20	—	280.1	—	—	—	332.3
21	—	283.0	—	—	—	—
平均	233.3	260.0	259.7	282.7	266.4	314.2

- (ロ) 硝子製乾燥器の底部に水を充たし乾燥しない様にし此の空氣中に炭酸ガスを充たし試験片を並置し容器を密閉したもの
- (ハ) 硝子製乾燥器の底部に食鹽の飽和水溶液を充たし器中を常に 75% 程度の關係濕度とし此の氣中に試験片を並置して密閉し養生を行つたもの
- (ニ) 硝子製の乾燥器中の底部に 2 重クロム酸曹達 ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) の飽和水溶液を充たし器中を常に 52% 程度の關係濕度とし此の氣中に試験片を並置し密閉して養生を行つたもの
- (ホ) 硝子製真空用乾燥器を用ひ底部には煨總石灰の塊を充たしその上部の氣中に試験片を並置して密閉し更に真空ポンプにて器中を真空とし石灰と共に可及的試験片の乾燥につとめた、此の場合の真空示度はマノメターの水銀柱 20~30 mm で毎日 8 時間宛運轉し之を養生期間中繰返した。

以上 5 種の方法を採用し尚温度の條件を同一にするために前述の硝子製容器は總てを 1 個の大水槽中に静置し水槽中の水は常に攪拌して温度の差異なき様につとめ 30 日の間養生を繼續した。此の間水槽中の温度は 25~27°C であつた。

試験片の強度の表及び圖表は第 2 圖及び第 3 表である。

第 3 表

試片番 號	水中養生	炭酸ガス 氣中養生	75% 濕 氣中養生	52% 濕 氣中養生	乾 燥 氣中養生
1	232.7	215.1	260.3	241.4	180.4
2	245.5	219.3	285.2	287.2	191.0
3	267.9	221.3	294.6	292.8	191.5
4	272.0	234.3	303.5	301.0	192.8
5	280.0	270.9	306.3	310.7	196.7
6	284.4	279.6	321.6	317.3	197.4
7	285.2	293.9	324.4	317.8	200.4
8	287.8	299.2	325.2	321.9	201.7
9	296.4	302.8	330.0	323.4	204.7
10	302.0	304.6	330.8	324.7	206.2
11	304.3	306.9	332.6	325.9	207.1
12	306.3	315.8	340.0	337.7	208.6
13	306.3	328.2	341.0	346.1	210.9
14	307.4	328.8	343.5	349.4	211.4
15	327.0	333.6	347.3	353.5	213.1
16	—	339.2	357.5	—	213.9
平均	287.0	287.1	321.5	316.7	201.7

前記試験結果を見るに耐圧強度に関しては水中養生、炭酸ガス氣中の養生、乾燥氣中の養生何れも濕氣中養生には及ばぬことを明らかに示して居る。濕氣中養生の3者は他に比較して著しく良好な結果を示して居るが、此の3者を更に比較するときその強度は大體に於て大差を認めぬが多少の區別をつけるならば關係湿度75%の氣中に養生したものと52%

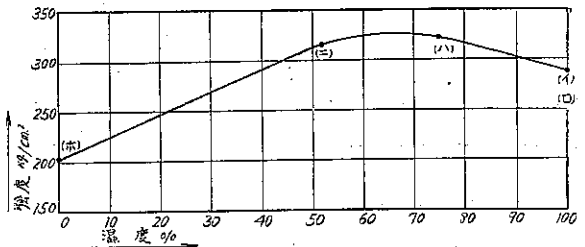
のものより僅かに高強度を示して居ることが判る。即ち試験片の養生法として乾燥せしめることは最も效果薄く炭酸ガス中にて養生したものは耐壓強度試験に對しては殆んど水中養生と變るところなく適當に調節した濕氣中の養生が最も好ましいと云ふことである。但しその適當なる湿度範圍は今後の研究にまつ所多く前述の試験のみでは判明する所でない。

試験第4. 次にモルタル製作後直ちに短期間の水中養生を行つたものにつき濕氣中養生を繼續したもの及び最初より濕氣中の養生を行つたものとの比較を行つた所第4表の様な結果を得た。

但しこの試験片は配合1:3のモルタルで水量はセメントの重量の60%製作方法も前同様であるが初期の水中養生を僅かに2日にしたこと、全養生期間を15日にしたことと異なる點である。又初期の短期水中養生を施したものと施さないものとの試験試料のバッチが異なるために強度に多少の相違が認められる。

上記の結果を比較して見るに殆んど違ひを認められないが、強て區別をつけるならば、やはり75%程度の濕氣中に養生したものが僅かに高い強度を示して居る。初期の短期水中養生を施したものと施さないものとを比較して見ると多少の開きがある様に見えるが、是れは前述の通りバッチの相異のために生じたものと如く(條件を同じくして居る表中左右の水中欄の強度参照)養生法に關しての相違は殆んど無いのではあるまいか、初期に

第 2 圖



於ける水中養生期間と強度との關係に就ては尙試験繼續中である。前記諸試験に依り云ひ得る所の結論を擧げれば

第 4 表

試料 番 號	2 日間の水中養生をせざるもの			2 日間の水中養生をせるもの		
	水 中	75%	52%	水 中	75%	52%
1	129.2	144.7	141.3	132.8	149.2	129.7
2	130.1	144.7	143.3	134.0	149.6	136.5
3	131.7	147.7	145.7	138.8	149.9	144.3
4	132.3	149.3	146.1	144.6	153.2	156.6
5	133.6	149.6	147.0	145.4	158.4	159.9
6	133.9	150.2	147.6	145.9	161.2	161.8
7	136.1	150.6	150.4	—	164.2	162.0
8	136.3	152.8	151.2			
9	140.7	158.5	155.9			
10	143.6	—	157.7			
平均	134.8	149.8	148.6	140.2	155.1	150.0

1. 水中養生を行つた試験片は水中より引き上げ後直ちに試験したものと時間の経過に依り乾燥したものを試験したものと強度に差を生じ乾燥したものの方が大である。

2. 水中養生を行ひたる試験片の水中養生後の処理として

炭酸ガス氣中に放置しても強度の増進は行はれない。

3. 水中養生を行つた試験片を乾燥氣中に置いて養生する場合はその乾燥には程度がある、之は試験片の連結強度試験には最も影響の大なる所である。

4. 水中養生を行つた試験片を乾燥氣中で養生する場合には程度の高い乾燥状態でも強度の増進は認められる。従て後期の強度増進には濕分は極く僅かにて足りるものと考へられる

5. 濕氣中に養生したものは水中養生をしたものよりも強度は大である、此の場合も炭酸ガスの存在は強度に影響を與えない。

6. 濕分の程度にもある限度がある此の實驗では關係濕度 75% 附近が最も大であつた。

7. 初期に於ける極く短時間の水中養生は適當の濕氣中養生に比して強度に差異なき様に思はれるが、此の問題は更に實驗を繼續して研究するつもりである。

以上の諸點から試験片の養生法を考察するに養生法の簡易及び確實性と云ふ點から云へば水中養生が種々の點から最も容易であり、且確實であると云ふこと勿論である。併しながら實際の土木建築の構造物の養生期間に於ける養生處置と考へ合せる時は水中養生は非常な相違となり、寧ろ濕氣中養生法が之に近い手段と思はれる。濕氣養生法の最も困難な 1 つは一室内を常に同一の恒濕に保つこと及び温度に依つてその濕度が常に變化すると云ふことである。之を水中養生法に比較すると濕度の條件だけでも 1 個多いこととなる、従て確實性も少い譯ではあるが、此の點は或鹽類の飽和溶液を使用して一定温度を與えた場合には簡単に或恒濕を得ることが出来るから都合が宜しい。中でも食鹽 (NaCl) の飽和水溶液を密閉した氣中は常温に於て殆ど 75% の恒濕となり、多少の温度の變化には影響されない特點を有してゐる。故にかゝる鹽類を用ひて養生槽をつくり試験片の養生に充つるが宜しいと思ふ。即ち養生の點も實際工事に於ける養生手段に近く養生槽の調整も比較的簡単に確實性も相當にあるからである。

次に實際工事に於ける構造物の養生期間の取扱手段を考へるに前述の結果から見てコンクリート充填後初期の短期の間は特に濕分を多量にして養生を嚴重にしなければならぬことは云ふまでもないが幸ひなことに構造物をつくる型板は多く木材を用ふるからして之を適當に利用すれば相當の防乾層となるから、此の型板の處置によつて充分目的が果されると思ふ。従て脱型時期が夏も冬も相當に考慮に入れられなければならないことは論を俟たない。その後には於ては日光の直射を避けて乾燥に過ぎぬ様にして豫定の期間の養生をすれば足りることと思ふ。即ち日光の直射を受けた面は温度の上昇によつて、その面に觸れてゐる空氣中の濕度は關係的に非常に乾燥したことになるから此の日光の直射だけは手段を盡して避けねばならぬのである。かくして自然に養生を行ふならば日本内地

での構造物の養生はそれで充分ではないかと思はれる。日本内地の湿度は諸外國に比し相當に高く大體 60% 以上であるからである。

小樽港鐵道省石炭船積棧橋新設工事概要

會員工學士 鮫 島 午 吉*

1. 計畫概要

本工事は昭和 3 年度初頭より約 6 箇年の繼續工事（其の後 11 年度一部完成に變更）として 800 萬圓の工事豫算を以て、小樽築港驛を中心とする地域に 施工中なる鐵道省小樽水陸連絡設備工事の一部にして、現在港内北端手宮驛頭に腐朽しつつも巍然として偉觀を呈してゐる木造高架石炭棧橋（明治 45 年建設）に代り石炭の船積をなすもので、棧橋上には 1 時間最大 800 ton（平均 600 ton）を取扱ふ石炭積込機 2 基を設け、石炭船積には是が後方施設として陸上にミュール・ホーレーヂ・マシン、廻轉式カー・ダンパー（1 時間最大能力 30 ton 積石炭車 30 輛）、及びベルトコンベヤー等の設備を附帶して居る。本工事は昨年 6 月に起工し既に 1 セクション（總延長の 3 分の 1）の桁鐵筋コンクリート工を完了し、本年 11 月末竣功の豫定にて目下施工中のものである。

2. 設計概要

本棧橋は延長 145 m、幅員約 35 m で岸壁面に左 75° の角度にて岸壁より 170 m 突出する。海底底深面は平均干潮面下 8.5 m にして 2000 ton 級以下の船舶は兩側に 2 隻宛、2000 ton 級以上 7000 ton 級以下の船舶は兩側に 1 隻宛繫船し得る。本棧橋の設計並に施工に當り最も考慮すべきは當港内の特殊事情である。當港は 10 月より 5 月中旬迄は所謂時化時期にして、殊に危険なる北寄りの風烈しき時は本工事區域附近は時に波高丈余に及び（第 2 圖）此の種工事の實施には一大脅威にして爲に設計及び施工に對し種々なる制限を受けたる事は特記すべき事項である。棧橋構造は第 3 圖の如く總延長を 3 セクションに分ち各々獨立せる縦横の 3 徑間鐵筋コンクリート造で、脚柱には單獨なる圓筒形ケーソンを使用し徑間も大にして波浪の撃衝を避けた。本棧橋構造にして埋築式とすれば來襲せる波浪は棧橋前面に激突昇騰し石炭積込機其の他の工作物に被害を及ぼし、一面棧橋自體にも強大なる外力を與ふる不利あるに反し、本型式の如く橋梁式になし上部構造も縦横の鐵筋コンクリート桁にて橋脚用ケーソンを連結補強せるのみで其の間は吹抜構造なるが故に、激浪の襲來に際し波浪は何等抑制せらるゝ事無く通り抜け得るを以て埋築式に比し上部工作物の安全は固より棧橋自體の受くる波力は著しく軽減せらるゝ事は明かである。尙桁鐵筋コンクリートには淺野ペロ・セメントを使用し短期に高強度を發揮せしめ、コンクリート施工直後に於ける浪害の危険を避け萬全を期した。

3. 施工概要

1. 緒言

當改良工事は從來凡て請負工事を以て施工して來たが、屢々浪害を受けた経験もあり、旁々本棧橋工事は直營工事で施工した。當局に於ては此の種工事を直營にて施工せるは始めての事にして制度は勿論設備萬端凡て新規に考究準備せねばならなかつた。一方 10 月以降の施工は前述の如く浪害の危険を豫期せねばならぬのと、期限の關係上 1 セクション（全延長の 1/3）丈はそれ以前に完成の必要があつた爲に準備期間を極度に短縮せざるを得なかつた。

* 鐵道局技師 札幌鐵道局工務課工事掛長