

REINFORCED CONCRETE NUMBER.

1. Recent Progress in Quality of Cement and Concrete.

By S. Nagaya.

最新研究の基本知識

コンクリートの話

鐵道省大臣官房研究所主任技師

工學士 長屋修吉

セメント及びコンクリートの化學的研究家の第一人者たる長屋工學士が現業員に理解せしむる爲に特に通俗に講話せられたものであるが、混凝土の基本知識を徹底せしむる絶對必讀の最新研究資料である、長文ではあるが先づ之だけは頭に入れてコンクリートの急處を掴んで貰ひ度い。(編者)

I

コンクリートの事を講話するに先だちセメントの性質を大略述べたいと思ひます。

ポルトランドセメントは粘土と石灰を微細に粉末にし之を焼きて再び粉末にしたものでありますが、其の化学成分は現在では (1) $3CaO \cdot Al_2O_3$ (2) $3CaO \cdot SiO_2$ (3) $2C \cdot OSiO_2$ の三種であるを謂はれて居る、其の内 (1) はセメントの凝結作用を起すもので (2) と (3) がセメントの硬結を來すものであります、(2) は早く硬結しますから一週間位で終ります、が (3) は六箇月を経て硬結を終ります、故に (1) の多きセメントは凝結が早く (2) の多きセメントは早く耐力を出しますが其の割合に六箇月経ても多大の増加がありません、(3) の多きものは一箇月内は割合に耐力は弱いですが六箇月後になりますと多大の増加を示します故に各セメント會社の製造品は (2) と (3) の割合が異なつて居りますから力も同一ではありません、或るものは短時日に完全に耐力を出し或るものは長時日の後に完全に耐力を出します。

此のセメントの凝結もセメントの粉末が微

細なればそれだけ早く化學反應を起しますからセメントとしては

粉末の微細なもの

ほご上等であるとも謂へます。

例へば一種平方に4900の篩目を有する網上に

留まるものは最早セメントの硬結を十分に起しません。

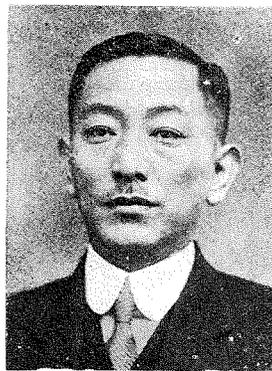
セメントの粉末が微細になればなるほご水分と化合し易くなりますから、若し大氣中に置きますと自然に水分を吸収しまして微細分の表面が化學反應を起します、故に

永く空氣中に置いた

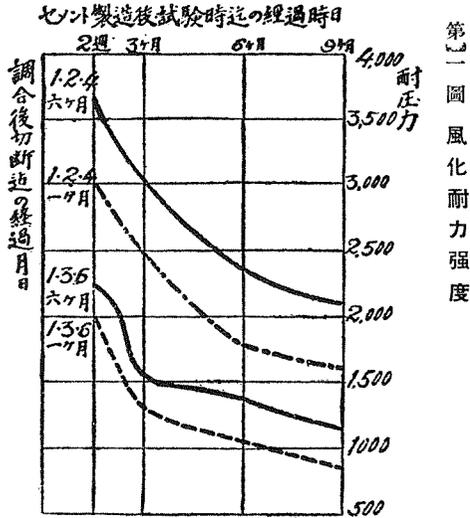
もの程耐力が弱いのであります、特に日本の空氣は常に澤山の水分を含有して居りますから古いセメント程耐力が弱いのであります、

其の例を示しますと六箇月空氣中に置いたセメントは約半分の耐力しか有つていないのであります。(第一圖)

價格から申しますと樽は中味の約四分の一位の價格ですから樽入は使用したくない、袋入が使用したい、然し袋入は三箇月も経つと中味が硬くなつて來る場合もあります、即ちセメントが水分を澤山吸収しまして既に反應を起して居りますから耐力が弱つて居りま



鐵道省大臣官房研究所
主任技師
長屋修吉氏
S. Nagaya.
Chief Engineer I. G. R.
Research Bureau.



第一圖 風化耐力強度

い、従つて弱い、此のものも能く混泥しますと可なり耐力を出しますが新じきもの、様には耐力が出ません、一般に二分間位混泥しますと耐力が強いです、つまり

能く混泥すると

云ふ事はセメントの表面の風化されたる部分を取り去り、風化されてるない新じき表面を再び水に觸れさせる様にするのであります。

セメントの凝結にも硬結にも熱が必要ですから冬よりは夏が耐力を早く出します一般に謂ひますとセメントは急結性のものでもありますから製造者は之に石膏を加へて緩結性に直して販賣しますが、若し急結を要する場合は石膏を混じないセメントを購求すればよいのです。

若し急硬性の得られない場合は少量の珪酸曹達か鹽化石灰を加へて凝結を早めるが宜しい、特に冬季に向はんとする場合に古きセメントを使用せんとする場合には硬結を早める方法を考究した方が宜しい様に思ひます一朝

凍結でもすると大失敗

を來しますから早く硬結させた方が便利だと思ひます。

セメントの硬結には水分が必要ですから或る時日間は乾燥せしめぬ様に保護しな

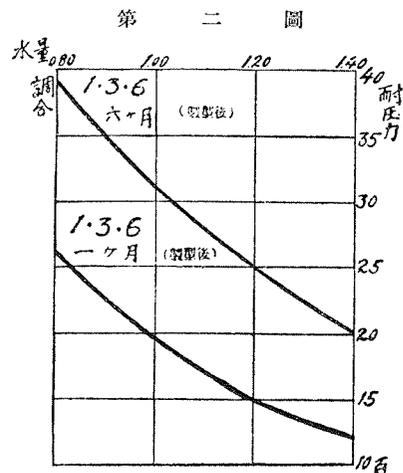
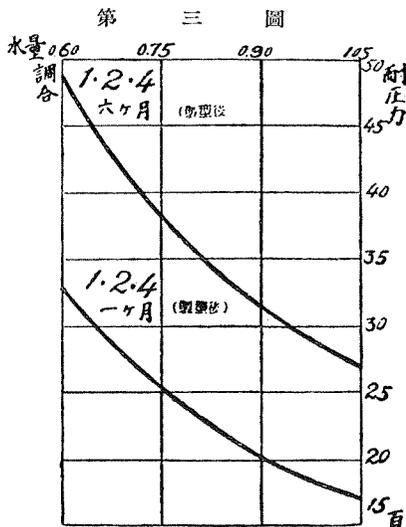
す故結局利益にはなりません。

結局

工事に近き工場

から必要な量だけ宛袋入を求めるのが最も安価でよいのであります、セメント工場を遠く離れて居る所では出来得る限り地面よりの水分又は雨水を防ぐ様に貯藏する事が必要であります、一旦空気中から水分を吸収して風化したるセメントは凝結が後れます、若し凝結の後れるのは左程でないにしても硬結が非常に遅い、即ち耐力を發揮する事が非常に遅

混泥土水量と耐力表 (W/C)



ければなりません、冬に近き頃は寧ろ凍結せぬ様に保護する事がより以上に必要であります。

一旦凝結しかけたセメントを練り返して使用する事は古きセメントを使用すると同結果になりますから、凝結は非常に遅れますが能く丁寧に長く練り返せば耐力は弱いが使用の出来ぬものではありません。

簡単にセメントの良否

を判定するには

(一)セメントに水を加へ能く練り合せるときは其の中から水と分離したり又は混泥物が軟くて流れない程度に水量を止め之を茶碗に充たし一斤の重量を有する細き錐で時々突き凝結せるや否やを検する事。

(二)其のセメントの混泥の一部を以て鐵板上にて鑊頭形のものを作り、24時間後に鍋で8時間煮沸し、龜裂又は崩壊を來さざるや又は強度を有するや否やを検する事。

(三)砂入モルタルの少量を造つて其の硬結を試験する事。

極めて簡単な試験ですが此の三種を試験すれば其の當時に於て使用して良いか否かは判然と知る事が出来ます、勿論数字的には分りません、

既に合格して居る

セメントでも風化の程度に依つて性質の變化が非常に大なるものも小なるものもありますから数字的に判らんでも良否が判れば使用する事が出来ます、私は現場に在つてはセメントの異なる毎に、使用時日の異なる毎に試験される事を望みます、斯くして置けば工事後に硬結せぬこか又は力が弱いこかの問題を起す事はありません、是れからは種々特種のセメントが使用目的に向つて供給せらるゝに到るのは明かですが孰れにしても上記の試験が必要です。

近く現場に使用されんとしてゐる

特種のセメント

即ち

第一フォンデュ(フューズドセメント)はアルミの多いセメントで凝結はセメント同様で硬結が早い、従つて製型後24時間後に於ける耐力はポートルランドセメントの二倍以上強いセメントです。

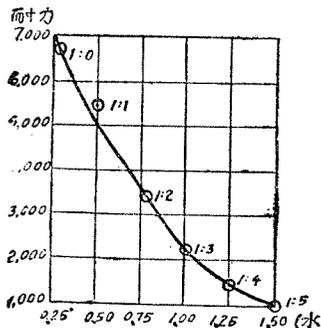
第二、クイック・ハードニング、セメントは石灰分の多いセメントで普通よりは早く硬結し耐力を早く發揮するセメントです。

第三、高爐セメント、スラッグに石灰を混じ之を焼きてセメント、クリンカーを作り之に

モルタル水硬率

$$\frac{\text{水 (容積)}}{\text{セメント (容積)}} = \frac{W}{c}$$

註 1:0 1:1 等はモルタル配合のセメント砂の比を示す。

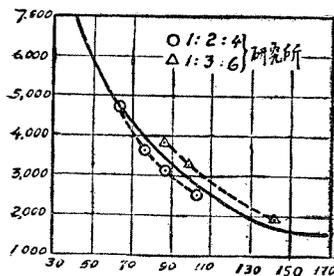


第四圖

モルタル水硬率

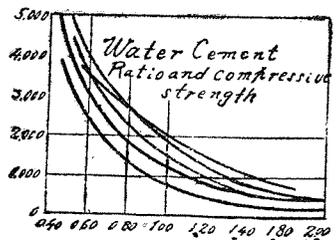
$$\frac{W}{c} = \frac{\text{水 (容積)}}{\text{セメント (容積)}}$$

註 本圖は米國にて行へるものと鐵道省研究所にて行へる試験とが殆んど同じ傾向を表はすを示す。



第五圖の一

W/c 混水量とセメント量の容積の比



第五圖の二

(圖表は何れも一平方吋に對する耐壓強を對度にて示す)

七割のスラッグを混じたものです。
 第四、ソリデチット、セメントは普通セメントに約三分の花崗石の粉末を加へたものですが、之は膨脹の少ないのび弾力性の強いのが特性であります。

II

コンクリート施工の際使用する水量はコンクリートの耐力に大なる影響を及ぼすものである事は數年來種々の報告がありますが、研究所で試験しました結果をセメントと水量との比で耐力を示しますと第二圖乃至第五圖の如くw/cの比が大きくなれば耐力は漸々減少します。

第六圖は米國で發表しましたもので、最高の耐壓力を示した水量を100と定めて其れより水量の増減に依て耐力の減少を示して居ります。

又砂及砂利が多くなれば作業上多量の水量を要します、流し込み程度のモルタルの耐力を示しますと第四圖の如く表はれます。

斯くの如く敲き込みか流し込みか孰れの方法を以て工事をするにしても其方法で出来るだけ少量の水量を使用する事が必要であると思ひます。

何故に水量が多いと

耐力が減るかば、第一に水量の爲にコンクリートの容積が大きくなるのび、第二にセメントの中には硬結力の弱き比重の軽い分子が含まれて居つて、其れが混泥の際分離し表面に浮び出で砂利とセメントの中間層を作り膠着を悪くする結果であると思ひます。

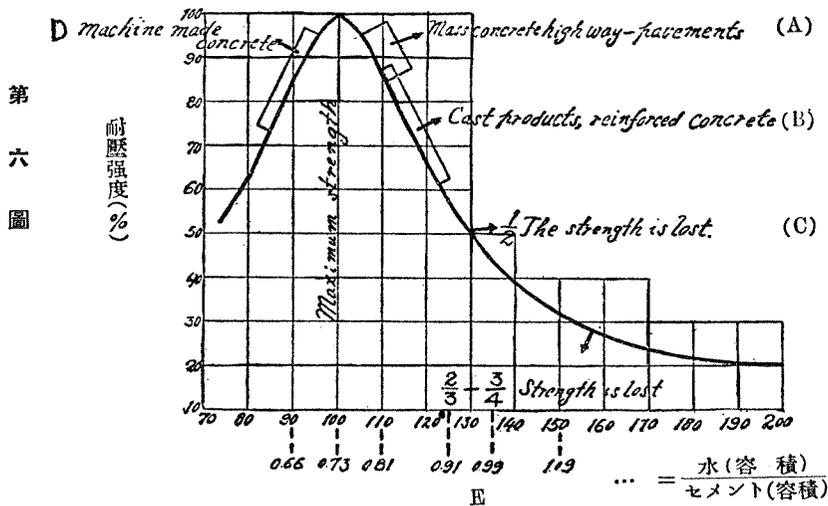
時として割石を用いたコンクリートの耐力の強いのは割れた面が粗鬆であるが爲に膠着が完全に来るからであります、反對に硬い緻密な表面の滑な石はコンクリートとして耐力の弱い場合があります。

III

砂の一定質のものであれば其の

モルタルの耐力は

セメントの量に依て全く支配せられる、又コ



第六圖

- A 單塊コンクリート及鋪道用コンクリートに對する適當の練加減
- B 型打コンクリート及鐵筋コンクリートに對する適當の練加減
- C 此點の水量にては強度の半分は減ずるものとす
- D 機械打コンクリートに對する適當の練加減
- E $\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$ の強度を減ずる水量

ンクリートはモルタルの力に依て支配せられる、唯或る制限以上に砂利を加へた時にのみ著しく耐力を減却する、第七圖に示す如くモルタルとしては同質の砂であれば砂の増加と共に耐力は減退し、又 1:3 のモルタルを以て作つたコンクリートは砂利の量を如何に變化しても其耐力は 1:2 のモルタルを以て作つたコンクリートに達する事なく、1:3:3 も 1:3:4 も 1:3:5 も 1:3:6 も殆ど同等の耐力を示してゐる。

故に 1:3:5 を 1:2:4 と 1:3:6 この中間の耐力を有する如く考へるのは大なる間違である、1:3:5 の耐力は 1:3:6 に類似し 1:2:5 は 1:2:4 に類似した耐力を示して居るを見ても判ります

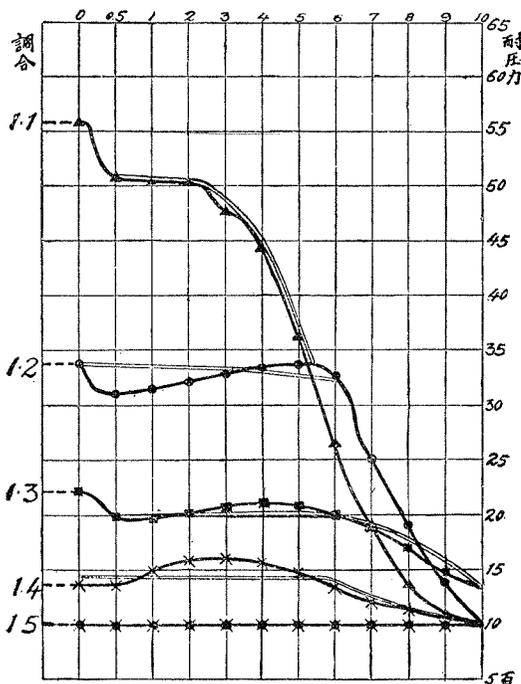
斯様に一定量のセメントモルタル耐力は

砂の量に支配

せられる上に砂の性質に依て大なる差異を來すものである、例へば比重、細末度、其の割合合空隙及水量等である。

研究所で先年調査した八〇種の砂の内から

第七圖 モルタルと砂利との比の耐力



特種のを列挙します。

(一)一定容積の重量が重く空隙の小なる砂は耐力強し。

名 稱	空隙	重量	耐力
多 摩 川	33.4	11.740	7,035
大分縣大濱海岸	33.1	11.270	6,290
大分縣佐志生海岸	31.9	11.785	6,332
大分縣東上村海岸	33.1	11.594	6,219
福井縣今井海岸	32.8	11.212	6,062
福井縣開屋川海岸	35.7	11.246	7,076

(二)重量が軽いものは空隙が小であつても耐力弱し。

名 稱	空隙	重量	耐力
周防國田ノ浦	37.2	9.855	3,913
小 河 内	37.3	9.822	3,984
鹿児島縣沖水川	37.2	9.101	2,561

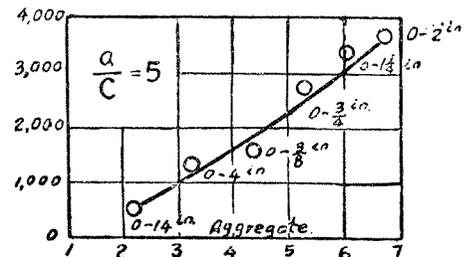
(三)空隙の大なるものは一般に耐力弱し。

名 稱	空隙	重量	耐力
瀬 戸 内 海	41.2	10.441	3,387
同 上	40.5	10.256	4,027
阿武隈川要田川	40.6	10.681	3,984

(四)總平均に近い重量と空隙を有するものゝ耐力は

名 稱	空隙	重量	耐力
多 摩 川	36.6	10.866	4,253
大分縣三佐海岸	35.9	10.943	5,536
鹿児島縣大渡川	33.6	10.820	5,222
山形縣最上川	38.4	10.820	4,667

第八圖



砂砂利の粒度係数

註—0.2吋 0.14吋……0.14吋等の異つた粒の砂(即ち粒度係数の異つたもの)を用ひた耐力の關係を示したものである。

こも試験して見なければなりません。

水量の多少に依て耐力の異なる事は先にも示しましたが、

水量を決定する前に

砂に含まれたる水量を定量し其含水量を混合水量に加算しなければなりません、一般に砂は二割位の水量を含有して居つても砂から流れ出る程度に達しませんが、然し其の水量はセメントに對して大なる水量となりますから是非其の含有水量を考に入れねばなりません、砂自身の立積から見ますと5%の水分を含有して居つてもさのみ大なる差異を認めませんが、容積は細砂に到る程増大しF.m=2.65位のもので40% F.m=1.20位で50%迄の増加となり、水が流れ出る位になれば乾砂と稍似た容積になりますから少量の水を含むだ砂は混泥土に於てモルタルの容積が計算量より減少する結果となります、米國流に砂の含有量を定量にせず其の儘

Slump test で定める

方法は簡單ですが参考に迄試験される事を望みます。

此の試験に必要な器具は截頭圓錐形の金屬製の圓筒と鐵棒とである。

圓筒は上口徑 4吋、下口徑 8吋、高さ 12吋のもので、鐵棒は八分の五吋で一方が尖つた長さ21吋のものである、此圓筒にコンクリートの各成分が一定の水と共に混和されたものを三回にて一杯に満す位に加減して填める、そして其の各回毎に鐵棒を以て25回づゝ突きならし、最後に上面を鍔を以て平滑に均らすと同時に此の圓筒を垂直に上方に向つて抜き去る、而して圓筒の高さを落ち込みたるコンクリートの高さと比較して其の距離を測る此の距離の數字で其の Consistency を知らんとするものである。

Slump test の缺點を改良したのは

Flow test である

40吋の圓板上に上口徑6³/₄吋 高さ5吋、下口徑10吋の圓筒を置き之に新しく練り合せたコン

クリートを上記の如く充填し、直に模型を取り去りて圓板自身を1/2"の高さを上下せしむる事10秒間に15回にして其の膠泥の擴がつた圓周を測り最初の圓周の百分率で之を示すのである、米國の規準となるべきものは第十表に示してある。

孰れの方法にしても練り合せの完全なのと不完全なのと其の練り合せ時間とに依て大なる差異を來たしますから少くとも丁寧に二分間は練り合せねばなりません。

III

先に一定量のセメントに對し Void の多い砂は耐力が減少する事を述べましたが、砂の Void を計算するには一定容積に砂を充填し其重量を比重で除して砂の容積を算出すれば残りは Void となります。

同じ計算法で一定のモルタルでもコンクリートでも其に含有する Void を計算する事が出來ます。

a=absolute volume of fine aggregate in a unit volume of freshly placed concrete.

b=absolute volume of fine aggregate in a unit volume of freshly placed concrete.

c=absolute volume of cement in a unit volume of freshly placed concrete.

d=deucitz or soliditz ratio of the freshly placed concrete.

vm=void (air and water) in a unit volume of the mortar mixture of cement fine aggregate.

v=void in a unit volume of concrete (This will be equal to 1-d)

$$a + b + c + d = 1 - v$$

モルタルと粗砂とが一定容積を爲す場合

$$\frac{c + a}{1 - v_m} + b = 1$$

$$V = V_m(1 - b) \text{ or } b = 1 - \frac{V_m}{V}$$

圖解するに第十一圖の如く比較的少量の水を用ひたる場合を除き水の増加と共に Void

が増大します。

absolute volume から計算した Void は一定砂の特性を示すもので、之にセメントを混じ又は水を混じても其の特性を持続しますから砂が異なれば皆異つた成績を示します、従つて Void の多い砂に一定量のセメントを加へたるモルタルは Void の少ない砂のモルタルよりも常に耐力が弱い、其の結果砂の Void と關係を見出す事が出来ます。

第十二圖に示すが如し。

又砂とセメントが一定したモルタルにては之に水を加ふれば其の Void が増大しますから従て Void と水の關係が判ります、又 Void が増大すれば耐力が減少しますから Void と耐力との關係が計算出来ます。

種々の砂の成績から一般的 Void と耐力との關係を示す事が出来る、第十二圖の如し。

故に200乃至300ccの容積を有する圓筒を準備し之に一定砂又は一定のモルタルを充填し其の目方を計り、之から Void を計算するときは其の砂又はモルタルに対する調合の良否耐力の強弱、又は Void の多少が知れますから

先づ使用せんとする砂

を以て上記の試験を爲す事が必要である、又

種々の砂を供給し得る場合又は砂を調合し得る場合には先づ第一に Void の少ない調合に改めるのが必要である、一般に同種の砂に在りては細砂は Void が多く粗砂は Void が少ないものです、又粗砂と細砂との調合に於ては尙一層 Void を少なくする事も出来ます。

上記の理由に依てセメント一に砂三を加へたるモルタルでも砂が異なれば決して同一の耐力は示しません、若し砂が異なつても耐力の同一なものを望む場合は砂とセメントとの割合を変更しなければなりません、此の意味に於て

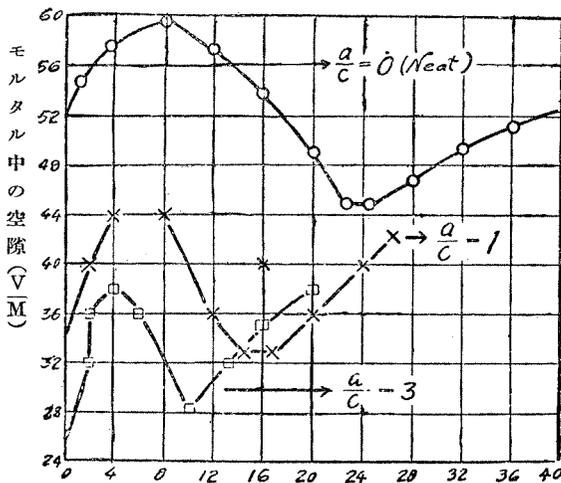
工事用としては

調合を規定するよりは耐力を規定し、調合は其の現場に於て得られる材料を調合するも一の良法ではなからうかと思ひます。

先に述べました砂細率は同一であつても Void が異なる場合には耐力は決して同等ではありませんから精密な計算からは砂率だけでは満足出来ませんが工事上からは砂率だけでも調査する事が必要であります。

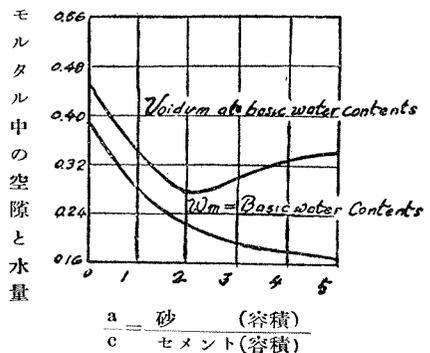
米國の砂細率は砂と砂利とを區別せず之を一種の砂礫として實驗上耐力の最も強き程度を定めました(第八圖の如し)、調合上に於てもセメント一、砂礫二又三と云ふ様に割合

第十一圖の一



水量(重量)を%にて表したるもの

第十一圖の二



を定めて居ります。日本もリーインフォースコンクリート又はモルタルとして使用する場合に

砂の範圍を擴めて

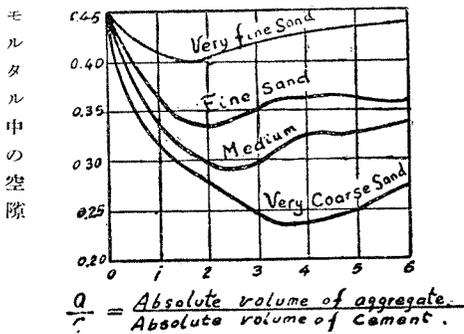
四分の三吋又は一吋以下の大きさのものは皆砂の部類へ入れ其以上を使用する場合にのみ砂利と云ふ言葉を保存し、在來の調合法に據るが便利であると思ひます。若し砂の範圍を擴めなくとも在來の砂として矢張り細砂の多きものは耐力が少ないから何等かの制限を要するのが必然である、即ち砂細率を試験する必要があると思ふ、即ち出来るだけ總ての大きさの砂を調合して然も其の砂細率の大きくなる割合とする事が必要である。此の意味に於てリーインフォースドコンクリートの如き一吋以下の砂及砂利を使用するものは二種を個々に取扱ふ不便を止めて一種の取扱にするが有利である、又

大塊のブロックを

製造する場合は殆んそ其のブロックの二分の一迄の塊石を混合し得るを以て先づ極限がないものご判断しても可なるものご信ず、從て此等は砂ご別箇に考へても差支なく其の耐力は或る極限に達する迄はモルタルご大差のない事は既に説明した通りだご信じます。

日本は地下水も多く又雨量も多い國でありますからコンクリート作業上漏水又は浸水に就て注意を拂はなければならぬ場合があります

第十一圖の三



註 砂の粒の大小によりモルタル中の空隙率が異なることを示す

す、純セメントは普通の Consistency で作業すれば漏水はありません、僅に表面の一部に浸水するばかりで内部迄に達しませんから厚さ一吋以上あれば絶対に漏水はしません、モルタルも純セメントの様に Void が少なければ同様の結果となりますから砂の Void をセメントで充填出来るだけに十分なるセメントを含有するモルタルであれば宜しいのです夫れにはセメント 1.0 に對し砂が 1.0-1.5 の割合なれば純セメントご同様の密度に出来上ります。2.0 の割合にては時々漏水を來します、又コンクリートはセメント1.0砂 1.5-1.0 砂利2-3で十分であります。

防水の目的として

水の全く浸入出来ぬ緻密なものを作るか又は水には附着力の皆無のものごなすかの兩法であります、コンクリートは硝子の様な緻密な物ごなる事は出来ませんが稍類似の緻密物ごなすが爲に火山灰、珪藻土、石灰を加ふるのであります、夫れ故セメントの代用品ご考へてはなりません。

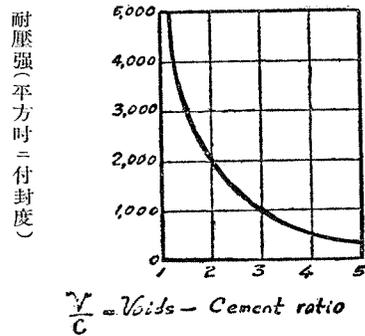
例へば

セメント	火山灰石灰	砂	砂利
1.	—	2.	4.

の場合に之を防水コンクリートにするが爲には

又は	1	0,2	2	4(重量)
	1	0,4	2	4(容積)

第十二圖



註 $\frac{V}{C}$ = Voids - Cement ratio
V 空隙
C セメント
セメントの量とコンクリート内に存在する空隙との比が大きくなれば耐力が減ずる事を示す

の調合を用ゐねばなりません。

セメントに水を混じた最小容積は55%であるが、火山灰は35%、石灰は30%になりますから Void を無くする爲には二分の一容積の石灰を加へても僅に15%の容積を加へたご同様にあります、然しセメントは

コロイド状態

でありますからコロイド分子自身が水を吸収し易く又乾燥すれば放散します、火山灰や石灰はコロイドではありませんから水をセメント分子の様に吸収しません、是が防水作用をなすのであります。

其の他に金屬石鹼又は油類を共に混捏するときはコンクリートに水の浸入を防ぐ事が出来ません。

一般に販賣されて居るものは石灰或はアルミに脂肪酸を加へたものか又は可溶性石鹼かの種類であります。

コンクリートの表面に塗粧して雨水の浸入を防ぐには上記石鹼類で充分であります。

火山灰の比重はセメントより少なくありますから重量調合では其の絶対容積はセメントよりは大きなるが容積調合の場合はセメントよりも小になります。

若し火山灰を

一部セメントの代用品として之を容積調合する場合には大なる誤が出来ます、例へば

セメント	砂	砂利
1.	2.	4.

の代りに

セメント	火山灰	砂	砂利
0.7	0.3	2.	4.

の容積調合を使用したりせれば 0.3 のセメン

ト約半數で之を 2.7 比重で割るのでですから絶対容積は 0.12 となり火山灰を入れたが爲にコンクリートの Void が増加します、又耐力も減退します。尙亦火山灰はセメントよりも沈澱し難きものですから水量を誤つて多量使用したる時にはコンクリートの容積を非常に増大します。是れが火山灰をセメントに混用して失敗する大原因であります。

兎に角火山灰、珪藻土をセメントに混用する場合は出来る限り少量の水分を使用する事が必要である、反對に比較的

弱い耐力で差支ない

場所並に硬結の時日を許す所等は多量に火山灰を使用し、時には之に石灰を加へセメントは二割乃至三割を加へて使用するが最も安値である。

スタツコセメント、ブラスターの代用として火山灰に石灰を加へて之に僅に二割位のセメントを加へたるものを使用するのも安値な方法である。

一般にコンクリートに石灰、珪藻土、火山灰、スラッグ、珪酸粉末等を混入したるもの

水分の多少に歸因

するものである、試験品として施工したるものは水分少なく且つ能く敲き込みを爲したるものの成績で、實施工事は流し込みの成績であるから、セメントに石灰又は粉末物を混入したるときは使用目的並に方法に適合する試験を爲す必要がある、能く廣告的に試験所の成績を發表してゐるが是は實施工事は大邊差異がありますからセメントに混合せんごする場合は大に注意せねばなりません。(以上)

ラムナイトセメントの偉力

アルミナを適當に含有するラムナイトセメントは次の特長がある

1. 海水に浸されぬ。
2. ポートランドセメントが28日間で硬結する強度を24時間で足る。
3. 凝結作用はポートランドセメントと同様で約四時間である。

ラムナイトセメントは歐洲大戰中に佛國發達した、戦時中は隨所に重砲掘付の迅速なる設備を要する以て24時間で發砲の震動に堪へる混凝土を研

究した故である。

現在鐵道省にて之を米國より購入中の價格はポルトランドセメントの約三倍位に當る。

到着の上は熱海線の丹那トンネル工事に使用せられるとの事である。

ラムナイトセメントの化學的成分は
 アルミナ 40% 石灰 40%
 酸化鐵 15% 珪酸苦土 5%
 である。今の處價格が高いが迅速なる工事を要する處には將來必ず其使用の盛大な來すものとされてゐる。工學士野澤房敬氏はラムナイトセメントに關し昨年既に小冊子を發行して我國に紹介せられた。