

第二章 コンクリート及鐵筋

第一節 コンクリート

§ 4. 鐵筋コンクリートには如何なるコンクリートが良いか

鐵筋コンクリート用のコンクリートは先づ強度に富み、齊等質で密度大に且つ耐久である事が大切である。鐵筋コンクリートの構造物は普通のコンクリート構造物に比し華奢で、而も大なる外力を受けるから強度に富む餘程優良なるコンクリートを用ふる必要がある。尤も一概に鐵筋コンクリートと言つても種々の構造物に用ひられるから、其の要求される性質も構造物の種類により多少異なるのは云ふ迄もないが、抗壓強度及び鐵筋との附着應力は何れの場合に於ても最も大切なる性質である。其の他貯水池、堰堤等の構造物に於ては水密性に富むことが緊要なることであるし、又建築物に於ては耐火性に富むことが大切である。

尙鐵筋コンクリート構造物の部材は小断面積で且つ鐵筋が錯雜して居るから、之れに用ふるコンクリートは其のウオオカピリチーに注意し、硬に失せず又分離せざる程度の軟さのものを入念に施工し、型の隅々まで行届き程よく鐵筋を取巻く様に注意が肝要である。

以上の如くであるから一概に鐵筋コンクリートには如何なるコンクリートが良いかと言ふことは言ひ難いが、極く大體について言ふと普通鐵筋コンクリート工事に用ひられるコンクリートとしては欲する強度及びウオオカピリチーを有し、且つ經濟的である様なコンクリートを良いコンクリートと考へてよい。

本節には此の意味の良いコンクリートを作る諸材料及び其の施工法に就て簡単に述べ、且つ斯るコンクリートの主要性質に就ても觸れたいと思ふ。

§ 5. セメント概論

(1) セメントの分類。現今我國等に於て鐵筋コンクリートに普通使用されて居るセメントを分類すれば次の如くである。

(a) ボルトランド・セメント。これは普通人工的に粘土及び石灰石を調合し、殆んど熔融せんとする迄灼熱したる後粉碎して粉末となしたるものを云ふ。現在我國

に於ては鐵筋コンクリート用のセメントとしては殆んど總て此ボルトランド・セメントが使用されて居ると言つてよからう。普通にセメントと稱するのは此ボルトランド・セメントを指す。

(b) 高爐セメント。これは鑛滓系混合ボルトランド・セメントの一種であつて、鑛滓 85~30 とセメント焼塊 15~70 との混合によりて出來たるものを云ふ。我國では此セメントは八幡製鐵所等に於て製造され來つたもので、近頃は品質も大變よくなり相當に鐵筋コンクリートにも使用される様になつた。

(c) 高級セメント。茲に高級と云ふ意味は普通セメントよりも強度が大であることである。此の高級セメントと稱せられるものに、高級ボルトランド・セメントとアルミナス・セメントとがある。前者はボルトランド・セメントの高級品で、後者はアルミニウムの原鑛であるボーキサイトを主原料とし、之に石灰を混じ電氣爐等で熔融して製造したるものである。之等は共に短時日の間に大なる強度を發揮するから急硬セメントとも稱することがある。

以上の中で高級ボルトランド・セメントは我國に於ても相當に製造され急を要する鐵筋コンクリート建築工事等には最近使用されることがある様になつた。アルミナス・セメントは我國には製造されて居ない。

(2) セメントの主要性質。

(a) 凝結 (Setting)。セメントに水を加へて捏混し暫時之れを放置すればセメントの加水分解作用のために流動性に變化を生じ、漸次凝固の現象を呈するに至る。此の現象を凝結と稱する。而して急激に例へば 30 分以内に凝結を初める様なセメントは之れを急結性セメントと稱し、緩慢に凝結を初めるものを緩結性セメントと稱する。普通鐵筋コンクリートに使用するセメントは緩結性のものである。

(b) 硬化 (Hardening)。凝結を終つて完全なる固體になつてからも尙セメントは水との化學作用を持続するものである。之れがためセメントは硬度及び強度を増すのである。此の現象をセメントの硬化と云ふ。而して短時日の間に硬化が進行する様なセメントを急硬性セメントと云ふ。

(c) 水硬性 (Hydraulicity)。現今土木建築工事に使用するセメントは空中に限らず水中に於て凝結及び硬化をする。此の性質を稱して水硬性と稱する。

(d) 風化(Air slaking)。セメントは之れを空中に放置すれば濕氣及び炭酸瓦斯の作用を蒙り強度を減じ、凝結が遲延し又其の容積が膨れる。此の現象を風化と稱する。

§ 6. ポルトランド・セメント

ポルトランド・セメントは英國 Leeds の煉瓦職 Joseph Aspidin 氏によりて 1824 年に發明されたものである。現今我國に於て鐵筋コンクリートに用ふるセメントは殆んど之れである。

(1) ポルトランド・セメントの製造。ポルトランド・セメントの製造法は原料作業、焼成作業、仕上作業及び包装作業の 4 工程に分つことが出来る。

(a) 原料作業。我國に於ては原料は石灰質材料としては石灰石又は石灰、粘土質材料としては粘土が主として用ひられて居る。尙焼成の際の原料の熔融點を低下させる目的で鐵粉又は鐵滓等を加へる。普通重量比で石灰石 4 及び粘土 1 位を取り夫々を粉末にしてよく調合する。石灰石は其の儘で粉末にするか又は焼いて石灰として粘土と調合する。次に之等の原料を調合するには濕式、半濕式及び乾式の 3 法がある。我國では普通乾式が採用されて居るが高級のセメントを作るには濕式がよい。

(b) 焼成作業。原料の混合が出来たならば之を焼く。焼成は徑 1.8 ~ 3.6 m 長さ 18 ~ 75 m 位の廻轉窯を用ひ、その上部から原料を入れ窯を廻轉しつゝ原料を降下せしめ、その下端から粉炭と空氣を送風機で造つて 1400 ~ 1600°C に熱すれば、原料は殆んど熔融の状態となり燒塊(Olinker)となりて下口から出る。之れを冷却機に送つて冷却する。

(c) 仕上作業。燒塊に凝結を調節する目的で 2 ~ 3% の石膏を混じ、粉末機にかけて粉末にすればポルトランド・セメントが出来る。

(d) 包装作業。斯くして出来たセメントを 1 ~ 2 週間風化せしめ、然る後之れを樽詰又は布或は紙の袋に詰めて送り出す。現今我國では樽詰は正味 170 kg 袋詰は正味 50 kg のセメントが入れてある。

(2) ポルトランド・セメントの化學成分。日本ポルトランド・セメント業技術會の報告によれば昭和 3 年度の我國セメントの化學成分は平均して灼熱減量 1.09%,

不溶解殘渣 0.36%, 珪酸 22.09%, 礬土 5.66%, 酸化鐵 3.16%, 石灰 64.79%, 苦土 1.26%, 無水硫酸 1.23%, となつて居る。上から判る様に珪酸、礬土及び石灰がセメントの主成分である。

(3) ポルトランド・セメントの物理的性質。セメントをモルタル及びコンクリートの母材として使用するに當り特に大切なる性質は凝結、相當の強度を有すること及び膨脹性龜裂の虞れが無いこと等である。其の他コンクリートの設計施工に當り吾々が承知して置かねばならぬ物理的性質に就て述べよう。

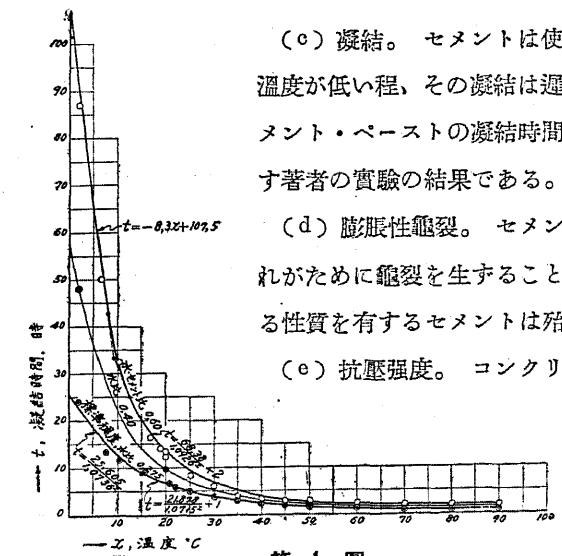
(a) 比重及び單位重量。セメントの比重は普通 3.10 ~ 3.15 で 3.05 以下はよくない。單位重量はコンクリートの容積計量の際特に大切な事項である。その値は散計量で 1.30 t/m³, 密實計量で 1.80 t/m³, 標準計量で 1.50 t/m³ 位である。我土木學會は 1.50 t/m³, 現行市街地建築施行規則では 1.55 t/m³ を以つてセメントの單位重量としてゐる。

(b) 粉末の程度。セメントは粉末度が高い程使用の目的に叶ふ。現今我國の市場に販賣されて居る一流のセメントの粉末度は 1cm² に就き 4900 孔を有する篩上の殘滓が 3 ~ 5% 以下で、その殘滓が 12% 以上のセメントは良くないとされて居る。

(c) 凝結。セメントは使用水量大なる程、温度が高い程温度が低い程、その凝結は遲延するものである。第 1 圖はセメント・ペーストの凝結時間と温度及使用水量との關係を示す著者の實驗の結果である。

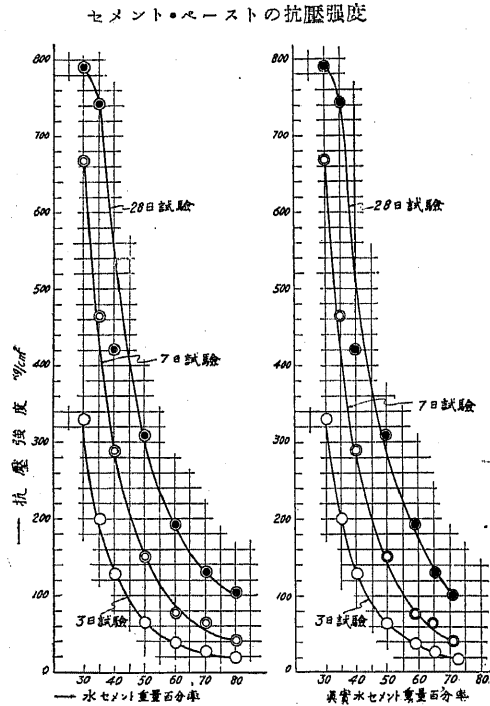
(d) 膨脹性龜裂。セメントは凝結硬化に際し膨脹し、之れがために龜裂を生ずることがある。然し現今我國にはかかる性質を有するセメントは殆んどない。

(e) 抗壓強度。コンクリートの抗壓強度はセメント・ペーストの夫によりて變化する。故にセメントの抗壓強度は最も重要なる性質である。此セメント・ペースト



第 1 圖

の抗圧強度は加水分量、温度、材齢等により異なる。第2圖は20°Cに於けるセメント・ペーストの標準圓筒供試體の抗壓と強度水セメント比及び材齢との関係である。セメント・ペーストの抗壓強度は吾々が實際遭遇する範囲内では高温なる程、使用水量少い程、材齢大なる程大である。現今我國等ではセメントの強度はモルタルを作つて試験することになつて居る。我國ではセメントと相馬標準砂との割合が重量で1:3なる混合物に規定の水量を加へて造つたモルタルに於て、その抗壓強度が3日後に150 kg/cm²、7日後に



第 2 圖

220 kg/cm²、28日後に300 kg/cm²以上を以つて標準として居る。然るに實際我國で製造されて居るセメントの抗壓強度は昭和4年度の全國の平均値が3日で334 kg/cm²、7日で456 kg/cm²、28日で572 kg/cm²と云ふ高値を示して居る。

(f) 抗張強度。セメントの抗張強度は抗壓強度程ではないが大切な性質の一つである。我國では1:3モルタルの抗張強度が7日後に20 kg/cm²、28日後に25 kg/cm²以上を以つて標準として居る。抗壓強度と抗張強度との比即ち脆度係数は略々3日で12.6、7日で15.9、28日で16.6である。

(g) 水密性。セメントは上述の様に極微粒子からなるを以つて假令使用水量は多くともよく捏混したペーストであれば、その中の空隙は甚だ小であるから實際上充分なる水密性を有する。

(4) ポルトランド・セメント試験法。セメントは之を購入するに際し、或は之を使用するに先立ちてその性質を知るために試験を行ふ。而して我國等に於ては夫々

セメントの規格が定めてあるから之と試験の結果とを對稱して良否を決定する。我國現行の規格は商工省告示第41號(昭和5年8月)又は日本標準規格第28號(本編附録第7参照)である。

(5) セメントの貯藏。セメントが到着したならば風化しない様に地上、30cm以上に床を有する防濕的の倉庫に貯藏し、検査に便なる様に且つ到着順に使用が出来る様にすべきである。硬化又は幾分凝結したるセメントは之を工事に使用してはならぬ。

§ 7. セメント混和物

現今混和物としては火山灰、珪藻土、粘土、石灰等が用ひられる。之等を使用する目的は齊等性のコンクリートを作ること、施工を容易にする事、化學的にコンクリートの高齡の強度を増加せしめること、水密コンクリートを作ること、海水に對する抵抗を大ならしめるためであつて斷じて工費の節約が主眼であつてはならぬ。之等の混和物は比重がセメントよりも小で、且つセメントとよく混和することが難しいから、不用意に混和物を使用することは宜しくない。

§ 8. 骨材概論

(1) 概要。セメントと共にモルタル又はコンクリートを作る砂、砂利、碎石等を骨材又は混凝材と云ふ。モルタル又はコンクリートの性質は母材である所のセメントに支配されることは言ふ迄もないが、それと同時に骨材の影響も亦大であることを忘れてはならぬ。

骨材は産出の状態及使用の目的その他から便宜上細及粗の2種に分類する。即ち第四番篩(No.4 sieve)を通過したるものを細骨材、之に止るものを粗骨材と稱する。細骨材としては川砂、山砂及海砂等が主として用ひられ、粗骨材としては川砂利、山砂利及海砂利等の天然産の外碎石及鑛滓バラスト等の人工骨材が主として用ひられる。我國では周圍の事情から川砂及川砂利が最も使用されて居る。

(2) 骨材の試験。骨材の性質を數字的に正確に知り、コンクリート設計の資料を得るには一定の標準試験方法によりて試験を行はねばならぬ。普通行はれる試験は次の如し。

(a) 篩分試験。骨材の大小粒混合の割合、最大寸法等を知るため標準篩を以つ

て篩分試験を行ふ。我土木學會で採用して居る「骨材篩分試験に關する標準方法」は本編附録第1を参照されたい。此の篩分試験の結果から篩分曲線、細率、表面率等を得る。

(b) 注瀉試験。細骨材に粘土又は壙母の微粒子が或程度以上含まれて居ることは良くない。之等微粒子の含有量を見出すには注瀉試験による。我土木學會で採用して居る「細骨材注瀉試験に關する標準方法」は本編附録第2を参照されたい。

(c) 有機物。有機物がセメントに有害なるは言ふ迄もない。此の有機物の試験方法は土木學會示方書規定の「砂の有機不純物試験に關する標準方法」(本編附録第3)に依ればよい。

(d) 單位容積の重量。コンクリートの配合比を表すに必要な骨材の單位重量は、土木學會規定の「骨材の單位積重量試験に關する標準方法」(本編附録第4)によりて決定する。

(e) 比重及吸水率。骨材の品質の判定上、又使用水量の正確なる計算をなす資料を得るため、骨材の比重及吸水率の試験をする。此の試験方法は吉田先生の高著鐵筋混凝土施工法に詳しく出て居る。

(f) モルタル又はコンクリートとしての試験。骨材の試験として實際にモルタル又はコンクリートを作り、その抗壓強度、ウオオカピリチー其の他の性質を試験し使用の目的に叶ふか否かを檢し、或は數種の骨材の比較をすることがある。之は良い方法であるが何時でもは望まれない。

§ 9. 細骨材

(1) 良い細骨材とは。鐵筋コンクリートに使用する細骨材は清淨、耐久、強硬にして塵芥、土壤、有機物等の有害物を含有せず、粒の形狀は使用の目的に叶ひ、且つ大小粒混合の程度が適當でなくてはならぬ。

(2) 石質及粒の形狀。鐵筋コンクリート用の砂の石質は石英質が最もよく、片麻岩質、石灰岩質、安山岩質のものも悪くはない。粘土質のもの、雲母を多量に含むもの、硫黄質物質を混ぜるものはよくない。粒の形狀は球狀のものがよい。

(3) 粒度。篩分試験の結果を用ひて砂の粒度を表すに數種の方法がある。

1. 最大寸法を以つて表す方法。之は砂粒の最大寸法を以つて砂の粒度を表す

方法で例へば第何番篩以下の砂と言ふが如し。天然に産する鐵筋コンクリート用の砂は第8番篩又は第16番篩以下が多い。此の方法は粒度を表すには完全ではない。

2. 篩分曲線及篩分析表。篩分試験の結果を圖示して篩分曲線を作り之を以つて砂の粒度を示すことがある。此の方法はよい方法である。圖の代りに表を以つてすることもある。鐵筋コンクリート用の砂は次の如き粒更のものがよい。

第 1 表

	重量百分率
第四番篩を通過する量	100
第五十番篩を通過する量	30 以下 10 以上
第百番篩を通過する量	6 以下
注瀉試験に依りて失はるゝ量	3 以下

3. 細率。篩分曲線又は篩分析表は最も忠實に粒度を示すものであるが、之は利用上不便が多いから細率(Fineness modulus)なる係數を以つて粒度を示すことがある。普通に用ひられる砂の細率は2~3位である。

4. 表面率。細率の代りに表面率をも用ふることがある。普通に用ひられる砂の表面率は15~30位である。

(4) 細骨材の單位重量及膨み。普通コンクリートは容積の配合に依つて居るから、砂の單位重量及含濕による膨みに就てはよく承知して置く必要がある。

(a) 單位重量。天然砂の單位重量は標準計量法によれば1400~1700 kg/m³位のものが多く、均等粒の砂は軽い。砂は散状態で計量すれば標準計量の場合に比し7~15%膨れる。

(b) 空隙率。天然に産する砂の空隙率は標準計量の場合で38~44%位で平均40%位と思へばよい。

(c) 砂の膨み。砂が水分を含んで居ると砂粒間の内部摩擦が大となり膨れる。尤も此の現象は砂が水を以つて全く飽和するに至つて止む。膨みの割合は粒子が小なる程大である。著者の實驗によれば標準計量に於ける最大膨みは含水量が5~12%の場合に起り、膨みの割合は乾燥状態の16~45%に達する。而して散状態にて計量するときは膨みの値は散の乾燥状態の22~56%に達する。かくの如くであるからコンクリートの配合及混合に當つては砂の膨みは決して忘れてはならぬ大切

なる事項である。

(5) 細骨材の比重及吸水率。

(a) 比重。石英砂の比重は 2,65 位である。天然砂の比重は 2,55 ~ 2,85 程度である。或砂を篩分けると小粒のもの程比重が大である。

(b) 吸水率。石英砂の吸水率は殆んど零である。普通の砂の 30 分間の吸水率は 0,5 ~ 2,0 % 位である。1,5 % 以上の吸水率の砂はよくない。

§ 10. 粗骨材

(1) 良い粗骨材とは。鐵筋コンクリートに使用する骨材は一般に清淨、耐久、強硬にして軟質、脆弱、扁平、細長なる石片又は有機物等の有害物を含有して居るものは悪い。由來我國は河川多く到る處砂利を産出するを以つて粗骨材としては川砂利が最も用ひられる。砂利は採集場で精選して粒度、清淨の程度等使用の目的に叶ふ様に手を掛け、然る後現場に送るがよい。川砂利の外に山砂利、海砂利を使用することもある。又砂利の少い處では碎石を用ふることもある。碎石は鐵筋コンクリート土木構造物用としては花崗岩、玄武岩、石灰岩、角閃石及砂岩等がよく、碎石機又は人力で破碎して之を作る。時には鑛滓バラストを用ふることもある。建築物其他耐火構造物用の粗骨材は玄武岩、石灰岩等が優つて居る。粗骨材は清淨で不純物を含有するものはよくない。粘土が附着して居るもの、有機物を含有するものは洗滌した後でなくては用ひられぬ。

(2) 粒度。鐵筋コンクリート用の粗骨材の寸法は 75 mm ~ 第四番篩のものたることを要し、又骨材の最大寸法は型枠の最小内幅の $\frac{1}{5}$ 又は鐵筋の最小空間隙の $\frac{3}{4}$ 以下がよい。我土木學會では粗骨材の最大寸法は、重量にて骨材の 95 % が通過すべき篩目の空間隙を以つて示して居る。普通の目的に使用する粗骨材の粒度は第 2 表を以つて標準とすればよい。

第 2 表

	重量百分率
最大目の篩を通過する量	95 以上
最大目の $\frac{1}{2}$ の目の篩を通過する量	75 以下 40 以上
第四番篩を通過する量	6 以下

普通の鐵筋コンクリート用の粗骨材は最大寸法が 38 mm、細率が 6,5 ~ 7,5、表面

率が 0,5 ~ 1,2 位のものがよい。

(3) 比重。普通に産出する砂利の比重は 2,55 ~ 2,70 程度である。碎石の比重はその岩石によりて異なるもので花崗岩 2,70、石灰岩 2,65、安山岩 2,55、砂岩 2,45 位である。

(4) 單位重量。天然に産する砂利の單位重量は、標準計量法によれば 1500 ~ 1700 kg/m³ 位である。而して比重 2,70 程度の砂利は大小粒よく混ぜるときは單位重量は 1800 kg/m³ にも達するが、之を篩分けて均等粒とせばその値は粒の大小に關せず 1650 kg/m³ 位となる。散状態で計量するときは砂利の單位重量は標準状態のときよりも 5 ~ 10% 軽くなる。

(5) 空隙率。砂利の空隙率は均等粒の場合に於ては粒の大小に關せず標準状態で 40 %、散状態で 45 % 位、大小粒よく混ぜるものにありては夫々 36 ~ 40 % 及 40 ~ 45 % 位である。碎石の空隙率は砂利よりも大である。

(6) 吸水率。粗骨材の吸水率は、普通乾燥せるときの重量の 0,4 ~ 2,0 % 位である。

§ 11. 骨材の準備

(1) 砂及び砂利の採集。我國では砂及び砂利は多くは河川から採集されるから流水を利用してよく洗滌し、粘土又は壩母等を洗ひ落すがよい。現場で骨材を洗滌することは大變手が掛り監督に骨が折れる。

(2) 碎石。碎石は大規模のときは採石場を設け、此處に碎石機、篩分機等の機械を設備して所要の粒度の碎石を作る。手破は小規模の場合に限る。

(3) 粗骨材の粒度の人工的調節。強度に富む齊等なるコンクリートを作るには之れに用ふる粗骨材の粒度をよくし且つ一定することが大切である。故に粗骨材を豫め 2, 3 種に篩分け、之れを別々に計量してコンクリートの混合をなす事がある。

(4) 骨材の貯藏。細粗骨材は各別に貯藏し且つ塵埃、雜物等が混じらない様に注意が肝要である。粗骨材は斜面に沿ふて高い處から落とすと粒が分離するから其の取扱には餘程注意を要する。嚴寒の際には凍結しない様、氷雪が混じらない様、又夏日に於ては長時間日光の直射に曝さない様にすることが大切である。

§ 12. 水

(1) 概説。セメントは水を加ふることによりて、加水分解を起すものであるから水は他の材料同様コンクリートに於ては大切なものである。コンクリート用の水は油、酸、アルカリ、有機物其他コンクリートの硬化に影響を及ぼすが如き有害物を含有して居てはならない。

(2) 海水。海水工事に於ける鐵筋コンクリートには絶対に海水は使用してはならぬ。

§ 13. コンクリートの配合、使用水量及抗壓強度に関する理論

(1) 配合及使用水量の表し方及抗壓強度試験。

(a) 配合及使用水量の表し方。コンクリートの配合又は調合と言ふのは、其の材料であるセメント、砂及び砂利又は碎石等の粗骨材の配合比を稱する。我國では配合を容積で表すのが常である。而してセメントの容積は重量 1500 kg を以つて 1 立方米とし、骨材の容積は § 8 に述べた標準方法に依りて測定したるものを標準とす。斯くの如き配合を普通配合と稱す。之に對してセメントの容積と細粗混合骨材の容積との比にて表した配合を眞實配合と稱する。1:2:4 なる普通配合は約 1:5 なる眞實配合に當る。

コンクリートの組成から考へると水はセメントと合してセメント・ペーストとなり、骨材の空隙を填充してコンクリートを作るものであるから、當然配合中に含むべきものであるが、一般には配合と別にセメント重量の何%を以つて表す習慣になつて居る。

(b) コンクリートの抗壓強度試験。コンクリートの抗壓強度試験は我土木學會の標準試験方法(本編附録第6)に依る。供試體は直径の2倍の高さを有する圓壩とす。コンクリートの供試體は普通は 15.30 cm 圓壩で、ペースト及びモルタルの供試體は 5.10 cm 圓壩でよい。

(2) 配合及使用水量及抗壓強度に関する理論。

(a) 概説。鐵筋コンクリートは種々の構造物に用ひられる。従つて之れに使用するコンクリートが具備すべき性質も夫々異なる譯であるが、一般には抗壓強度が最も大切な性質であるから、之れを以つて他の性質の代表たらしめても差支へない場合が多い。之が即ち現今に於ける配合の理論が殆んど抗壓強度を根本目的に置い

て居る所以である。

(b) セメント・ペーストはコンクリートの主成分でその抗壓強度を支配する。コンクリートに用ふる骨材が我土木學會等の標準示方書の規格に合格する程度のもので、且つ出來上りコンクリートが硬きに過ぎず、又軟きに失して材料が分離するが如きものでない限りは、コンクリートの抗壓強度は之れに用ひたセメント及び水の混合物即ちセメント・ペーストの強度によりて支配される。而してセメント・ペーストの抗壓強度はペーストの濃さに關する。普通の鐵筋コンクリートに使用するコンクリート中に於けるが如きペーストの濃さは便宜上水・セメント比を以つて表しても差支へない。然らばコンクリートの抗壓強度は水・セメント比の函數を以つて表すことが出来る。而して Abrams 教授は次の關係が成立することを述べて居る。

$$\sigma = \frac{A}{B^w} \dots\dots\dots(a)$$

茲に σ ; コンクリートの抗壓強度、 A 及 B ; 常數、 w ; 水・セメント重量比

今 σ_{28} を 15.30 cm 圓壩供試體の 28 日硬化後の抗壓強度(kg/cm^2) とせば

$$\sigma_{28} = \frac{984}{71.5^w} = \frac{984}{1.5^w} \dots\dots\dots(1)$$

なる關係が成立することを Abrams 教授は同氏の實驗によりて證明した。(1) 式の代りに近似的に $\sigma_{28} = 1000/20^w$ を用ひてもよい。然るに (a) 式は計算上不便が多いから Bolomey 教授は次の双曲線公式を推奨して居る。即ち

$$\sigma = \frac{a}{w} - b \dots\dots\dots(b)$$

茲に a 及 b ; 常數、 σ 及 w は (a) 式と同様

今 (1) 式を (b) 式の形に換算すれば近似的に次の如くなる。

$$\sigma_{28} = \frac{170}{w} - 120 \dots\dots\dots(1a)$$

著者の研究によれば我國の現今のセメントは Abrams 教授が實驗を行つた當時のセメントに比するときは、餘程其の品質が向上して居る。故に我土木學會の標準試験方法によるときは實驗室に於けるコンクリートの抗壓強度と水・セメント比との關係は (1) 式又は (1a) 式では正しく表されてない。第 8 圖は著者の 1927 年度の實驗で上述の關係がよく表れて居る。然るに現場のコンクリート工事に於ては計量、混合、填充、養生等實驗室に於けるが如く完全に行はれない。故にコンクリートの強度は實驗室のコンクリートの強度に比して小である。然らば我國に於ける現在の現場

コンクリートの抗圧強度と水・セメント比との関係は如何と言ふに、著者の実験によれば略々上述の(1)又は(1a)式で表してよいと思ふ。

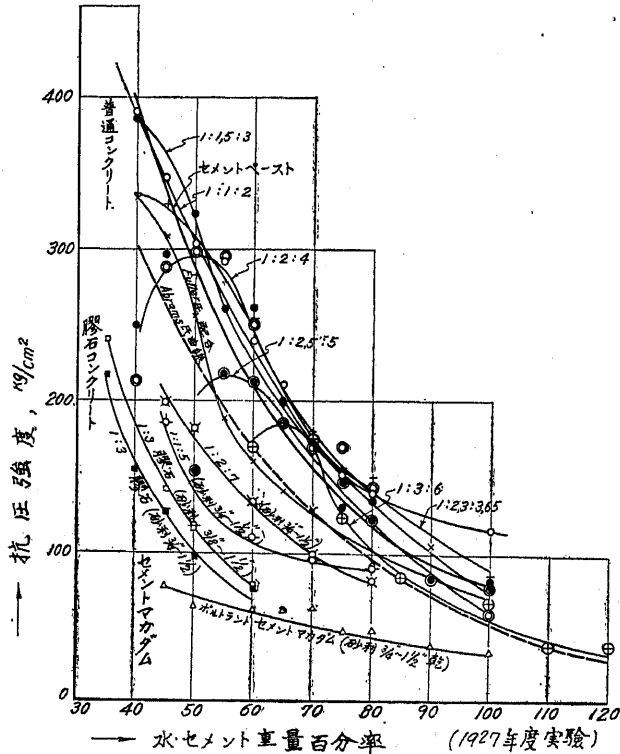
(c) 骨材はコンクリートの抗圧強度に影響を及ぼすこと少し。日米獨等の標準示方書に合格する様な優良なる骨材を使用したコンクリートに於てはその骨材の空隙が十分にセメント・ペーストに

て填充されて居る限りはコンクリートの抗圧強度は骨材の使用量の多寡換言せば配合比には殆んど無関係である。尤も最大強度は配合比の如何によりて異なるのは言ふ迄もない。上叙の事實は第3圖によく表れて居る。

次に標準示方書規定に合格する程度の骨材を使用したコンクリートに於ては、骨材の最大寸法及び粒度もその抗圧強度に大した影響は及ぼさない。又砂利と碎石とは何れが優つて居るかと言ふに、岩質、粒度に於て大差がないならば抗圧強度の上からは差したる優劣はない。又著者の実験に依れば天然の河川に産出する多くの骨材は、抗圧強度を主眼とする鉄筋コンクリート構造物に使用し得る場合が多い。

§ 14. コンクリートのウオオカビリチー及壓力

(1) ウオオカビリチー概説。コンクリートのウオオカビリチーとはその作業の難易の程度を指し、或は軟さ又は流動性とも言ふ。故にコンクリートが適當のウオオ



第 3 圖

カビリチーを有すべきことはその捏混及び運搬の能率を上げ、出来上りコンクリートが齊等のもとなり、鉄筋の間隙及び型枠の隅々まで行き渡り、且つ鉄筋をセメント・ペーストで包み、出来上りコンクリートの面を平滑ならしめるために是非とも必要なことである。

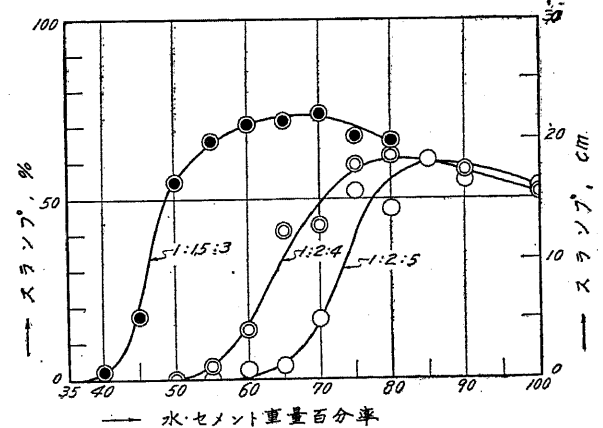
(2) ウオオカビリチー測定法。我國の現場等ではコンクリートのウオオカビリチーを硬練、中練及び軟練と云ふ様に漠然と分類して居る。然し之れではコンクリートの施工上不便多く、又少くとも學問的ではない。故に現今ではウオオカビリチーは或試験装置を以つて之れを測定し、その結果を數字的に表すことが必要となつて來た。

現今實際に於てコンクリートのウオオカビリチーの測定に供せられて居る試験方法にスランプテスト、フローテスト及び落下試験の3法がある。著者の経験ではスランプテストは最もよく現場に適し、落下試験は實驗室の實驗に適し、フローテストは現場及び實驗室何れにも適用が出来る様に思はれる。以上3つの試験方法は我土木學會規定の「ウオオカビリチー試験に関する標準方法」(本編附録第5)を参照され度い。

(3) ウオオカビリチーの支配事項。

(a) 水・セメント比及び配合。コンクリートのウオオカビリチーに最も影響を及ぼすのは配合比と、水・セメント比とである。鉄筋コンクリート用のコンクリート

に於ては使用水量が多い程、又配合が優良なる程、ウオオカビリチーは大と思つてよい。第4圖及び第5圖は著者の實驗の結果で、第4圖はスランプと水・セメント比及び配合との関係、第5圖はフローと水・セメント比及び配合との関係を示した



第 4 圖

ものである。第6圖は落下試験による擴りの値と水・セメント比及び配合との關係を示す吉田先生の實驗の結果である。

(b) 骨材の性質。コンクリートの配合及使用水量が普通であれば、粗骨材の最大寸法及粒度はそのウオオカビリチーに大なる影響を及ぼさない。而して細骨材の粒度は大なる程出來上りコンクリートのウオオカビリチーは大である。細粗混合骨材の粒度が適當であれば、一定の配合及使用水量のコンクリートのウオオカビリチーは夫がウオオカブルで、プラスチックなる限りは細

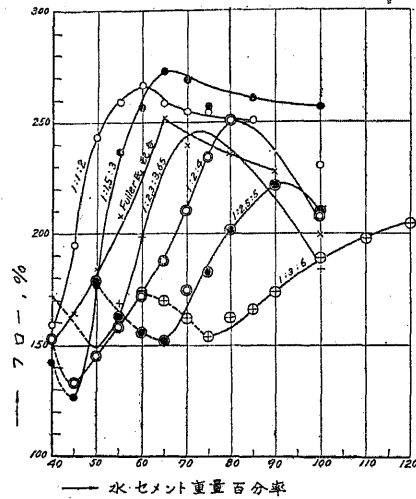
粗混合骨材の細率が大なる程ウオオカビリチーは大と思つてよい。

(c) 温度。普通のコンクリートは温度の高い時程ウオオカビリチーは小である。

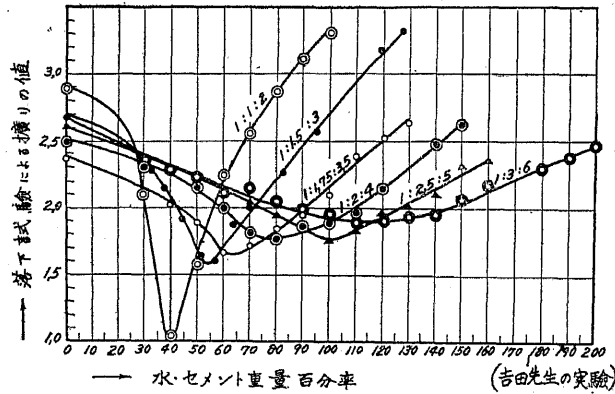
(4) 施工に適當なるウオオカビリチーの値。

(a) スランプ。米國標準示方書に依れば鐵筋コンクリートの施工に適當なるコンクリートの最大スランプは、薄き壁體及柱に對して 15 cm、大なる斷面の部材に對して 7.5 cm、薄き且限定されたる水平斷面に對して 20 cm と定めて居る。

(b) フロー。著者が實際施工に使用されて居るコンクリートに就て調査した處に依れば、鐵筋コンクリート工事に使用して安全且適當なるフローは 170 ~ 210 %



第 5 圖



第 6 圖

である。

(c) ドロップ。著者の最近の研究に依れば、各種の砂及砂利を使用した鐵筋コンクリート用コンクリートのドロップ即ち擴りは 1,40 ~ 1,80 位が適當と思はれる。

(5) 打立てコンクリートの壓力。打立てコンクリートが型枠に及ぼす壓力は填充の進行狀態、部材の斷面、コンクリートのウオオカビリチー及配合、施工當時の氣温、セメントの凝結時間、骨材の性質等によりて異なる、随つて打立てコンクリートの壓力は大變複雑なる問題で簡單に求めることは仲々難しい。然し乍らそれでは型枠等の設計に當つて甚だ不便が多いから、實用上は次の如き便法に依りて壓力を求めて差支へない。即ち普通の施工を標準とすれば打立てコンクリートの靜水壓は次の第3表の如き單位重量を有する當量液體の靜水壓と看做して計算してよい。

第 3 表

柱に對しては	2 000 kg/m ³
壁に對しては	
壁の高さ 1,5 m 以下のときは	2 300 "
壁の高さ 1,5 m ~ 3,0 m のときは	2 000 "
壁の高さ 3,0 m ~ 6,0 m のときは	1 600 "
壁の高さ 6,0 m 以上のときは	1 200 "

此の便法の正しいことは實驗から證明されて居る。

§ 15. コンクリート配合の設計

(1) 概要。コンクリートの配合及使用水量は作業に適應せるウオオカビリチーを有し、粘性に富み、鐵筋の防錆の目的に適し、必要なる強度及び其の他の性質を有する様に設計すべきである。

配合は既述の如く容積配合を以つて表すのが常である。而してセメントは 1 500 kg/m³、骨材の單位重量は既述の土木學會規定の標準方法に依つて定める。故に現場に於ては細骨材の膨み、及散計量に對する修正を考慮に入れ現場配合比を其の都度決定することを忘れてはならぬ。我土木學會の示方書に於ては、鐵筋コンクリートに於ては出來上りコンクリートの 1 m³ に付き少くとも 300 kg のセメントを使用することになつて居る。1 m³ に 300 kg 以上のセメントを有するコンクリートの配合は、理論上 1 : 2 : 4 以上の優秀配合に當る。

鉄筋コンクリートは種々の構造物に使用されるから、それに用ふるコンクリートの配合の設計も使用の目的によりて異なるものである。然し乍ら鉄筋コンクリート用のコンクリートは抗壓強度を最も必要とするから、その配合の設計は抗壓強度とウオオカピリチーを主眼として決定される場合が多い。以下述べる配合の設計方法も亦抗壓強度及ウオオカピリチーを對稱とせるもので、主として工事の種類及大小に依り、又配合設計のため費し得る勞力、時間及費用とにより次の如く分類する。

第一の場合（小工事若くは配合設計に費す時日なき場合）先づ構造物の種類に應じ任意配合法によりて適當なる配合比を定め、使用水量は所要の抗壓強度を得られる様に水・セメント比から計算し、次に実際にコンクリートを作りウオオカピリチーを試験し果して工事に適するや否やを検する、其の結果コンクリートが軟きに失せば骨材を加へ、硬きに過ぐればペーストを加へて所期の目的に合ふ配合を決定することが出来る。

第二の場合（普通の場合）コンクリートの抗壓強度は、之に用ふるセメントと水とよりなるペーストの抗壓強度に關すると云ふ理論を應用して配合を設計することが出来る。即ち先づ吾々の要求する抗壓強度に應ずる水・セメント比のペーストを作り、之と與へられたる骨材とを調合して各種のコンクリートを作り、その中から吾々の目的に叶ふウオオカピリチーを有し、均等性に富み且最も經濟的の配合を選定すればよい。

第三の場合（大工事の場合で、而も配合の設計に相當の費用と時間とを吝まない場合）先づ使用し得べきセメント及骨材を以つて各種のコンクリートを作り、次に之等のコンクリートのウオオカピリチー、抗壓強度其の他必要なる性質を試験し、最後に之等のコンクリートを以つて實際構造物の設計をなし一切の工費を計算し、然る上に於て所期の性質を有する最も經濟的な且安全に施工の出来る配合及使用水量のコンクリートを決定すればよい。尤もコンクリートの抗壓強度は實驗公式から判斷し、或はペーストの抗壓強度試験の結果から推定してもよい。此の方法は吾々の要求を満足させるコンクリートの配合決定に當つての理想的方法である。

§ 16. コンクリート及びモルタルに要する原料の數量

(1) 實驗に依る材料の所要數量決定法。コンクリート及モルタルの $1 m^3$ を作

るに要する材料は實驗によつて求むるが最も正確である。實驗に當つてはセメントの $1 m^3$ の重量は $1500 kg$ とし、砂及粗骨材は夫々單位重量を測定し、容積配合比を重量配合比に換算して調合するがよい。實驗に使用する各材料の數量は出來上りコンクリートが約 30 立になる位を標準とするがよからう。モルタルの場合は上よりも少ない材料で試験してよい。

(2) $1 m^3$ コンクリートを作るに要する各材料の數量實用表。工事の豫算其の他の場合に於て餘裕を見込んだ大體の所要數量を求めるとは第 4 表に依ればよい。

第 4 表
 $1 m^3$ のプラスチック・コンクリートを作るに要する材料の數量

配合 容積比	セメント			砂 m^3	砂利 m^3
	kg	袋	樽		
1:1:2	570	11,40	3,35	0,38	0,76
1:1,5:3	430	8,60	2,53	0,43	0,86
1:2:4	338	6,76	1,99	0,45	0,90
1:2,5:5	276	5,52	1,62	0,46	0,92
1:3:6	230	4,60	1,35	0,46	0,92
1:3,5:7	197	3,94	1,16	0,46	0,92
1:4:8	172	3,44	1,01	0,46	0,92
1:4,5:9	153	3,06	0,90	0,46	0,92
1:5:10	138	2,76	0,81	0,46	0,92

セメントの重量は $1 m^3$ に付き $1500 kg$ 、1 袋に付 $50 kg$ 、1 樽に付き $170 kg$ とす。

第 4 表に掲げた砂及砂利の數量は乾燥状態に於ける散計量を以つて標準とする値で、尙其の上に約 10% の餘裕を見込んである。

(3) $1 m^3$ モルタルを作るに要する各材料の數量實用表

第 5 表 $1 m^3$ のプラスチック・モルタルを作るに要する材料

配合 容積比	セメント			砂 m^3	摘 要
	kg	袋	樽		
1:1	1020	20,40	6,00	0,68	硬練に對しては 15% 増し 軟練に對しては 15% 減ずる
1:1,5	810	16,20	4,76	0,81	
1:2	675	13,50	3,97	0,90	
1:2,5	576	11,52	3,39	0,96	硬練に對しては 10% 増し 軟練に對しては 10% 減ずる
1:3	505	10,10	2,97	1,01	
1:3,5	450	9,00	2,65	1,05	硬練に對しては 7% 増し 軟練に對しては 7% 減ずる
1:4	405	8,10	2,38	1,08	
1:5	336	6,72	1,98	1,12	
					硬練に對しては 5% 増し 軟練に對しては 5% 減ずる

第5表の値はプラスチック・モルタルに對する所要數量で10%位の餘裕を見込んである。

§ 17. コンクリートの抗壓強度

(1) 概要. コンクリートの抗壓強度と配合及び使用水量との關係に就ては既に § 13 に於て述べた。以下には使用セメントの性質、施工、養生中の溫度及濕度、材齡及試験の方法とコンクリートの抗壓強度との關係に就て簡単に論じよう。

(2) 抗壓強度とセメントの性質. コンクリートの抗壓強度は之に用ふるセメントの品質に關するから、セメントはなるべく品質のよいものを用ふべきである。

(3) 抗壓強度と混合、運搬及打ち方との關係. コンクリートの捏混時間は15秒~2分間の範圍内に於ては抗壓強度に大なる影響は及ぼさない。普通では1分間を以つて標準捏混時間として居る。

混合機の廻轉速度はコンクリートの抗壓強度に大なる影響は與へない。日本及米國に於ては混合機混合胴の外周速度を 1 m sec 以上と制限して居る。

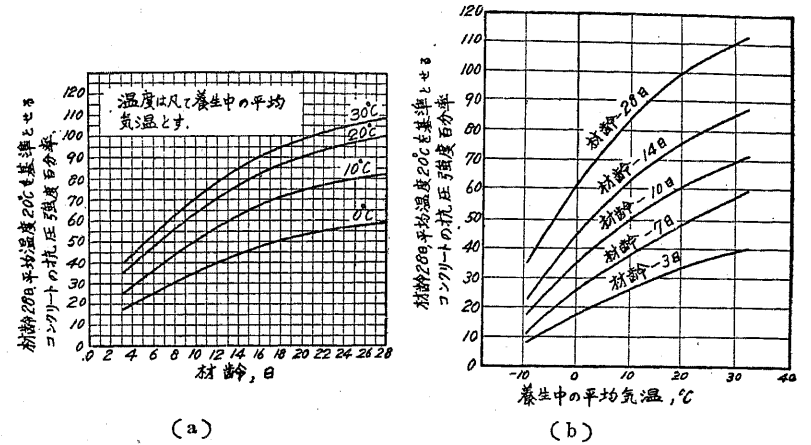
與へられたる全混合時間の混合によりて最も抗壓強度に富むコンクリートを作るには材料の投入は水、セメント、砂、砂利の順序にすべきことが吉田先生によりて發見された。

コンクリートは捏混してから之を填充の場所まで運搬する。此の運搬の途中に於てコンクリートが分離しない様に注意が肝要である、分離したコンクリートの抗壓強度は非常に低下することがある。

鐵筋コンクリート用のコンクリートは中練又は軟練である。中練のときは搗固めをよくしないと抗壓強度が低い、然し乍ら軟練のときは搗固めの影響は少ない。

(4) 抗壓強度と養生中の溫度及濕度との關係. McDaniel 氏に依れば 溫度の高低の差が甚しくない場合には養生中の平均溫度が高い程コンクリートの抗壓強度は大である。第7圖(a)及(b)は同氏の實驗の結果で、コンクリートの材齡及び養生中の平均溫度と、材齡28日平均溫度20°Cの標準抗壓強度を100とせる各種コンクリートの抗壓強度との關係を示したものである。

我國の中部及南部に於けるが如く、一年中四季を通じてコンクリート工事が施工される所に於て、各季節に施工したコンクリートの抗壓強度が時日の経過に連れて

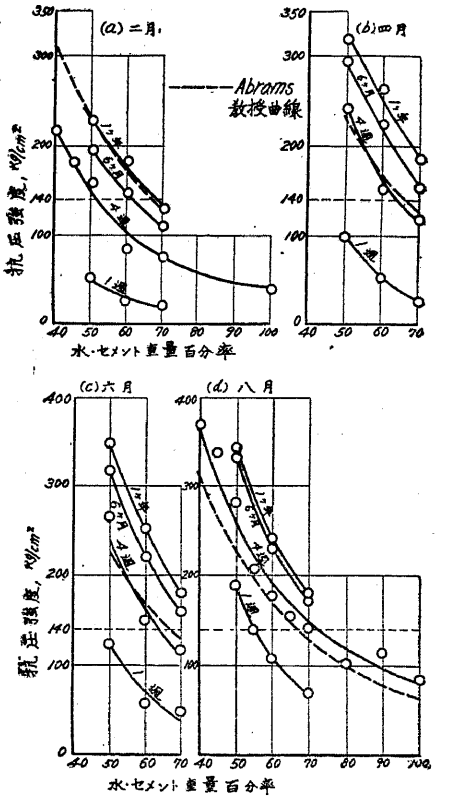


(a) (b) 第 7 圖

如何に變化して行くかは興味深い問題である。著者は此問題に就て研究を試み次の結論を得た。即ちコンクリートの抗壓強度施工季節の如何、材齡の長短を問はず、第8圖に示す様に水・セメント比によりて規則的に變化する。然して寒冷なる時期に施工したるコンクリートは、暑い時期に施工されたものに比してその抗壓強度は永久に小である。斯くの如くであるからなるべく寒冷なる時期に於てはなるべくコンクリートの施工はやらない方がよい。

セメントの加水分解は長期に亘るものであるから、養生中はなるべく濕潤状態に保ち抗壓強度の増進を計るべきである。

(5) 抗壓強度と材齡との關係. セメントの加水分解は長年月に亘つて行はれる、従つてその抗壓強度も亦材齡を重ね



第 8 圖

るに従つて大となる。大體に於て材齡 28 日の抗壓強度を 100 とせば 7 日で 70、5 箇月で 150、2 年半で 200 の強度を出すことが出来る。

(6) 抗壓強度と試験方法との關係。

(a) 日本及獨逸の標準試験方法による同一コンクリートの抗壓強度。吉田先生の實驗の結果に依れば日本及獨逸の抗壓強度標準試験方法に依る同一コンクリートの抗壓強度の比は鉄筋コンクリート工事に使用される程度のコンクリートに於ては平均 0,75 である。

(b) 抗壓強度と供試體の寸法。直径の 2 倍の高さを有する圓錐供試體の抗壓強度は直径が 5 cm ~ 20 cm の範圍内に於ては殆んど相等しいと思つてよい。

(7) 現場コンクリートの抗壓強度。現場コンクリートの施工は實驗室に於ける實驗の様に完全ではない。普通の現場コンクリートの抗壓強度は實驗室に於ける實驗値より 20% ~ 30% 位弱くなる。大體に於て現今我國の現場コンクリートの抗壓強度は既述の様に(1)又は(1a)式から求められる。我土木學會は現場コンクリートの抗壓強度と水・セメント比との關係を次の如く定めて居る。

第 6 表

材齡 28 日に於けるコンクリートの抗壓強度、 kg/cm^2	水・セメント重量百分率
215	45
210	50
175	55
140	60
105	70

(8) 構造物各部のコンクリートの抗壓強度と供試體の抗壓強度との關係。

(a) 柱。鉄筋コンクリート柱のコンクリートの抗壓強度はその施工宜しきを得ば標準供試體の強度と大差はないと思つてよい。

(b) 拱。鉄筋コンクリート拱のコンクリートの抗壓強度はコンクリートがプラスチックでその施工が良ければ標準供試體の強度と相等しいものと思つてよい。

(c) 桁。プラスチック・コンクリートを以つて作つた鉄筋コンクリートの桁が、コンクリートの壓挫によりて破壊するときは、桁コンクリートの抗壓強度は標準供試體の強度と大差はない。

§ 18. コンクリートの重量並に齊等性

(1) コンクリート及モルタルの單位重量。ウオオカブルでプラスチックなるコンクリート及モルタルの單位

第 7 表

重量は第 7 表の如し。

普通のコンクリートに於ては使用水量、施工、材料の相異のための單位重量の誤差は $\pm 1,5\%$ 、モルタルに於ては $\pm 5\%$ の範圍内にある。

コンクリート		モルタル	
配合	單位重量 kg/m^3	配合	單位重量 kg/m^3
1:1:2	2380	1:1	2130
1:1,5:3	2390	1:1,5	2150
1:2:4	2410	1:2	2200
1:2,5:5	2390	1:2,5	2200
1:3:6	2350	1:3	2200

(2) 齊等性。鉄筋コンクリート用のコンクリートは相等富配合のものであるから、その設計及び施工に充分意を拂ひ分離しない様に力むべきである。

§ 19. コンクリートの水密性

鉄筋コンクリート構造物を水密たらしめるには、必ず之れに用ふるコンクリートを水密たらしめることが肝要である。一般にコンクリートはその材料の選擇、配合、使用水量、ウオオカビリチー、填充、養生、其の他の作業に關し相當なる注意を拂ふて製作するときは、實際上防水の目的を達するものである。水密性に富むコンクリートを作るには次の事項に注意すればよい。

- 1° 標準示方書規定に合格する様な優良なる材料を使用すること
- 2° 相當に富配合を採用すること
- 3° 齊等なるコンクリートを得る様充分に混合すること
- 4° 適當なるウオオカビリチーのコンクリートを用ふること
- 5° なるべく構造接合を作らない様一度にコンクリート打ちを行ふこと
- 6° 填充、搗固めに力を注ぐこと
- 7° 施工意の如くならざる場合若しくは特に水密を必要とする構造物に於ては防水工を施すこと

§ 20. コンクリートの耐火性と傳熱性

鉄筋コンクリート用コンクリートと雖も石灰岩、玄武岩又は安山岩質の粗骨材を用ふるときは充分耐火の目的を達する。鉄筋の保護としてのコンクリートの被厚は

版及壁に対しては 2,5 cm 以上の桁及柱に対しては 5 cm 以上とすればよい。若し花崗岩質の骨材を用ふるときは被厚を上記より更に 2,5 cm 増加し、表面より約 2,5 cm の處に鐵鋼を入れて保護すればよい。

コンクリートの熱傳導率 (Wärmeleitfähigkeit) の値は $20^{\circ} \sim 200^{\circ}C$ の範囲内で 0,003 66 c. g. s. physical unit 即ち $1,3 \frac{kcal}{m \cdot st \cdot ^{\circ}C}$ 位である。

§ 21. 凝結及硬化の際のコンクリートの収縮及膨脹

(1) 概要。コンクリートは凝結を終る迄に沈下 (Settling) をなし、又硬化中に収縮 (Shrinkage) 又は膨脹 (Swelling) をなすものである。

(2) コンクリートの沈下。コンクリートは捏混後之を型に填充して搗固むれば砂利、砂及セメントが沈下して餘分の水は表面に浮上る。而して順次コンクリートを上方に打ち足して行くと、上部の重量のため下方のコンクリート中の遊離水は幾分か滲出されて、茲にコンクリートの沈下なる現象を呈するに至る。此沈下の率は配合が富なる程、又使用水量が多い程大であるが、又一方施工法及部材の種類によりても異なる。沈下を少なくするには適當なる軟さのコンクリートを十數 cm 宛填充しよく搗固め且浮水を入念に海綿の類を以つて除去しつゝ施工すればよい。

(3) 硬化の際のコンクリート収縮及膨脹。コンクリートは空中で硬化するときには収縮し、水中で硬化するときには膨脹する。此現象が起るため鐵筋コンクリート部材には後章で述べる様に初應力を生ずる。

コンクリートが水中又は濕氣の多い處で硬化するときには、その中の水隙中の水が減ずることは絶対になく、化合水は時日の経過と共に増加し、新たにセメントと化合して新化合物を作るを以つて茲に容積の膨脹を來す譯である。反之空中にて硬化するときには水隙中の水は蒸發し、セメントの加水分解に必要な水分の補給も充分ならずして茲にコンクリートは収縮するのである。

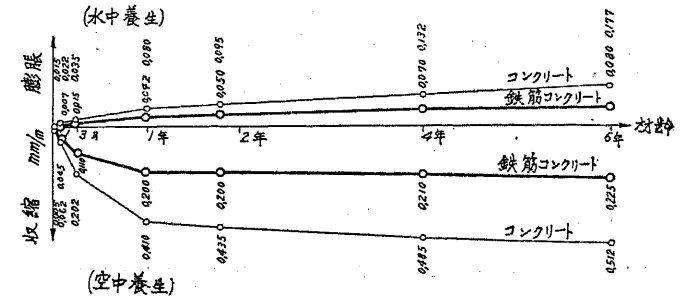
斯様な譯であるから硬化の際のコンクリートの膨脹及収縮の率はその配合比及使用水量、供試體の寸法、骨材の性質、養生、材齡等によりて同じからざれば、之れを一定の方則で計算することは到底出來ぬ。

第9圖は Bach 及 Graf 兩教授の實驗の結果で、1:4 眞實配合比のコンクリートの空中及水中養生に於ける硬化の際の収縮及膨脹の割合と材齡との關係を示したも

のである。

§ 22. 温度の變化によるコンクリートの膨脹及収縮

温度の變化によるコンクリートの膨脹係数は鋼の夫と略々同値である。



第 9 圖

諸大家の實驗の結果を綜合するにセメント・ペースト、モルタル及コンクリートの膨脹係数はその配合及使用水量の如何に關せず $1^{\circ}C$ に付き $\beta = 0,00001$ と看做して差支へない。

§ 23. コンクリートの抗張強度及抗曲強度

(1) 抗張強度。コンクリートの抗張強度は抗壓強度の $\frac{1}{8} \sim \frac{1}{12}$ 程度である。

(2) 抗曲強度。抗曲強度と抗壓強度との間には一定の關係は認められないが、鐵筋コンクリート用のコンクリートに於ては、抗曲強度は抗壓強度の約 22% 位である。

§ 24. コンクリートの耐久性

鐵筋コンクリート用コンクリートは抗壓強度に富むと同時に耐久性に富むものでなくてはならぬ。

セメントが水と化合して凝結する際には明確には判明しないが、硝石灰の形のもので出来る。之は極く少量ではあるが水によりて溶解されて表面まで運び去られる。此溶解の度は冬期の方がひどいのである。斯くの如く表面まで運ばれた硝石灰は炭酸瓦斯と化合して炭酸石灰となり石灰の原形に復する。従つて緻密なるコンクリートであれば却つてその表面は益々緻密となるものであるが、然し乍ら粗悪なるコンクリートに於てはそれが漸次流れ去り、内部が多孔質となり延ては炭酸瓦斯が鐵筋を侵し錆を生じ従つてコンクリートに破れが入り、霜害と相俟つて遂にコンクリート表面の破壊を來すものである。

又モルタル仕上げの表面は剝落してよくない。之はモルタルとコンクリートとが完全に附着せず、且つモルタルとコンクリートとは温度による膨脹収縮の率が異なり、其の他兩者の性質の相違に基因してモルタルはコンクリートから剝離するのである。

又海中のコンクリートは海水の作用を受け、地下構造物は酸又はアルカリのために侵されることもある。又隧道の如きは煤煙の害を蒙るであらう。

斯くの如くコンクリートは種々の破壊作用を受けるから、耐久的なコンクリートを得るには先づ優良なる材料を用ひ、且つその設計施工に充分の意を用ひ抗壓強度の大なる、水密性に富むコンクリートを作る様心掛くべきである。

§ 25. コンクリートの混合

(1) 概要。現場に於ては砂の水分に依る膨み、材料計量の方法其の他を考慮して現場配合を混合の都度定めることを要す。而して混合は吾々の要求する性質を出来上りコンクリートが具備する様に行ふことが肝要である。混合の方法は機械練りを本則とし責任技術者の承認を得たる時は、手練を用ふることが出来る。

(2) 材料の計量。混合に當りては材料の計量を正確に行ふことを要する。

セメントは容積を重量に換算して計算するがよい。容積にて計量するときは膨みの修正を忘れてはならぬ。

砂は容積で計量するのが普通である。水分による膨みの修正は決して忘れてはならぬことである。此膨みの修正をなす代りにイナンデーション法により砂を全く浸水せしめ膨みの影響を除いて計量することもある。

砂利又は碎石の計量は容積による。計量に當り材料が分離しない様にするのが大切である。

水は水・セメント比を一定に保つ上から大切なことである。砂及砂利の含水量に對する修正を忘れてはならぬ。

(3) 手練り。手練は水密性の練臺例へば薄鋼板の上にて行ふ。その順序は先づモルタルを作り次に粗骨材を加へて充分混合してコンクリートを作る。軟練のコンクリートのときは先づセメントと砂とをよく空練をなし次に水と粗骨材とを加へて充分混合してもよい。

(4) 機械練り。

(a) 混合機の種類。コンクリート混合機には間歇式混合機即ちバッチミキサーと不斷式混合機とがある。バッチミキサーはその名稱の如く一練づゝ練る混合機で普通には之を使用することに定めてある。

(b) 混合機の能力。バッチミキサーの能力は一練高を以つて表し、普通は4切(0,118 m³)~28切(0,785 m³)位のものが多く、混合機は全混合能力を發揮せしめるのが最も經濟的である。

(c) 動力。混合機運轉用の動力は電動機が最もよく、時には内燃機關又は蒸汽機關を用ふこともある。

(d) 如何なる型式の混合機がよいか。鐵筋コンクリート用コンクリートの混合には羽根を有する混合筒の混合機がよい。

(e) 混合の方法。材料の投入はセメントと水とが最も速に接觸する様な順序とし、全材料投入後毎秒1mの廻轉外周速度に於て1分間以上廻轉する。而してミキサー内のコンクリート全部を排出したる後でなくては新に材料をミキサー内に供給してはならぬ。ミキサーは之が作業の前後に於て充分掃除を行ふことを忘れてはならぬ。

(5) 中央混合所。米國の各都市では1924年頃から中央混合所でコンクリートを造つて之を販賣して居る。此中央混合所と云ふのは適當なる場所に完全に近い混合設備をなし、所要の抗壓強度及ウオオカピリチーを有するコンクリートを造つて之を供給する處である。コンクリートの運搬は可動式のV字型の容器を有する端開自動車が良い。

§ 26. 空中に於けるコンクリート填充

(1) 普通の場合の施工。コンクリートの填充作業は敏活に手達なく行ふべきものである。従つて労働者が狭い處で作業するため自然混雜を免れない。故に此填充作業は打つべき場所の準備に遺漏なきを期し、又運搬及搗固め等に必要なる器具機械一切の用意の整つた上で初めねばならぬ。又工事主任は労働者の設割を定め、仕事の進行を司り又不時の故障に對する備へを怠らず、一指亂れない様に工事を進行するの覺悟が大切である。

(a) 準備。コンクリートの填充に先立ち填充すべき場所の掃除をなし、凡ての雑物を除去し、鉄筋は之を正しき位置に固定せしめ、氷結の虞ある場合を除き型板は之を充分濕潤するか或は塗油することを忘れてはならぬ。尙構造接合及伸縮接合部に於けるコンクリートの施工は特に注意を要する。

(b) コンクリートの運搬。コンクリートは混合後速に且材料が分離しない様に又現場が混雑しない様な方法で填充位置まで運搬しなくてはならぬ。運搬の方法には手押車、輕便鐵道、架空索道、自動車、起重機、樋卸し、捲上塔と手押車、壓搾空氣による運搬及びベルト・コンベヤー等の方法がある。而して何れの方法を採用するかは現場の状況、工事の大小及種類並にコンクリートの品質等に依て異なる。

(c) コンクリートの填充。コンクリートは材料が分離しない様に填充箇所のなるべく近く迄運搬しなるべく速に填充すべきである。溫暖にして乾燥せる時に於て1時間、低温にして濕潤なるときに於て2時間以内に填充を終るを要する。混合後直ちに填充が出来ないときはコンクリートは日光、風雨等に對して之を保護し、又初混合後相當時間を経過せるものは使用前水を加へずして練返しをなす。如何なる場合でも硬化を初めたるコンクリートの練返し使用は許されない。

鉄筋コンクリートの型枠内にコンクリートを直接樋卸しによりて填充してはならぬ。コンクリートは其の表面が略々水平面となる様に填充する。尤も拱の如き場合は此限りでない。

コンクリートは填充後そのウオオカピリチーに應じ適當なる器具を以つて充分に搗き均しをする。即ち中練のときは木舞貫の類で作つた搗棒で入念に搗く。軟練のときは餘り搗かなくともよい。搗固めの後にはコンクリート表面の浮水を海綿の類で吸取することを忘れてはならぬ。

(d) 構造接合。設計又は計畫に指示してゐない構造接合を設ける必要がある場合に於ては、其の位置、方向及施工は構造物の強度及外觀を害せざる様注意し、必要に應じ責任技術者の指圖に従ひ鉄筋等を挿入して接合部を補強するがよい。水平なる構造接合に於けるコンクリートの表面は作業を中止したるとき、レイタンスを除去しその表面を充分粗にする。又必要なるときは楔又は柄を作るか或は接合の面に直角に鉄筋を挿入する。

梁桁又は版が壁又は柱と單一體となりて働く様に設計されたる場合には、壁又は柱のコンクリートの收縮又は沈下に備へるため、その施工後4時間以上、其の場合には2時間以上経過した後でなくては梁、桁又は版のコンクリートは打たない様に心掛けなくてはならぬ。

柱に於ける構造接合は床組の下側に設ける。而しハウチ及柱頭は床組の一部とし且床組と連続的に働くものと考へる。

床組に於ける構造接合は梁、桁又は版の徑間中央附近に設ける。但し梁がその徑間の中央に於て桁と交叉する場合には、梁の接合を桁の幅の2倍の距離丈距て、設ける様にする。

構造接合に於て既に硬化せるコンクリート上、又は之に接して新規のコンクリートを打足す場合には、その填充に先立ち型枠を締直し、硬化せるコンクリートの表面を粗面にしてレイタンス及雑物を完全に掃除し、過剰ならざる程度に充分濕潤にする。次にコンクリート面にセメント・ペーストを塗り付け、之が凝結し初めない前にその上に新規のコンクリートを施工する。

(e) コンクリートの養生。コンクリートは填充後その露出面は少くとも7日間過早の乾燥をなさない様に養生が大切である。尙硬化中充分濕氣を與へ、又養生中衝撃及過分の荷重を加へない様にする。

(2) 暑中に於けるコンクリートの施工。暑中に於けるコンクリートの施工に當り注意すべきことは先づ炎天に曝した骨材を其の儘使用しないことである。次に運搬及填充等は出來得る限り迅速に行ひ、填充が終つたならば露出面が日光又は熱風に曝されない様に保護しなくてはならぬ。又夏日は夕立に對する準備を怠つてはならぬ。

(3) 寒中に於けるコンクリートの施工。寒中に於けるコンクリートの施工は望ましからざる事で、出來れば5°C以下の低温度では作業を禁止するがよい。然し乍ら現今の如くコンクリートの應用が盛んになつて來れば是非とも寒中コンクリートの施工が必要になることがある。斯かる場合の注意事項を以下に述べよう。

先づコンクリートは之を凍らさない様にする。氷結せる材料は其の儘用ひずに適當の方法で熱して用ふる。コンクリートを打つ前型板又は鉄筋に附着して居る氷雪

は除去しなくてはならぬ。氷結温度でコンクリートを施工するときは之が填充後 3 日間以上若しくはコンクリートが充分硬化する迄少くとも 10°C 出来れば 20°C 温度に保たしめるため適當の手段を講ずべきである。鐵筋コンクリートに於ては鹽其の他の藥品をコンクリートに混入して氷結温度を低下することは許されない。氷結によりて害を受けたコンクリートは凡て除去する。寒中コンクリートに用ふるセメントはなるべく急硬性のものがよい。高級ポルトランド・セメントを利用することが出来れば結構である。

§ 27. コンクリートの現場試験及載荷試験

(1) コンクリートの現場試験。現場に於て實際工事を施工するに當り出来上りコンクリートが、果して設計通りの性質を有するかどうかを知ることは大切な問題である。故に現場のコンクリートが果して所期の性質を有するか否かを知るためにコンクリートの現場試験を行ふものである。我國に於ける現場試験は抗壓強度とウオオカピリチーの試験が主であつて試験の方法は本編附録第 5 及第 6 に依ればよい。著者が行つた現場試験の成績に依れば、土木に關する優良なる工事に於ては抗壓強度試験の實績は、殆んど實驗室に於ける實驗値と同等なる結果を擧げて居る、而して 80% の現場効率を擧げることは必ずしも難事ではない。

(2) 載荷試験。コンクリート及鐵筋コンクリート何れの工事に限らず、責任技術者が必要と認めたる場合には載荷試験を行ふ。此載荷試験コンクリートの最終填充後 45 日以上を經過するに非ざれば行つてはならぬ。而して試験荷重は一般に設計荷重を超えてはならぬ。鐵筋コンクリート構造物の場合に於ける最大撓度は、試験荷重を 6 時間以上載荷したる後、永久變形は荷重の除去後 12 時間以上經過したる後に測定すべきである。永久變形は支承の沈下の影響を除き最大撓度の 1/4 以下なるべきである。

第二節 鐵 筋

§ 28. 概 説

鐵筋として一般に使用されるのは炭素鋼であつて、柱等の場合には鑄鐵を用ふることもある。鐵筋用鋼にも種々あるが我國に於ては炭素分の少い構造鋼即ち軟鋼及

半軟鋼が多く採用されて居るが、米國等に於ては半硬鋼及硬鋼も盛に用ひられて居る。構造鋼は施工上甚だ便利であるが、強度が小で且つ温度等に依る收縮龜裂に對しては左迄有効ではないから此點からは硬鋼が優つて居る。然し乍ら硬鋼は施工が大變困難である。

§ 29. 鐵筋用鋼の種類及性質

可鍛鐵を分ちて鑄鐵と鑄鋼となす。然るに鐵と鋼との區別は實は劃然たるものではなく、大體に於て炭素分の多いものは可硬性を有するから之を鋼と稱し、炭素分の少いものは此性質を缺いて居るから之を鐵と言つて居る。今炭素分の多寡によりて鋼を分類するときは第 8 表の如くなる。

第 8 表

炭素含有量に依る鋼の分類

炭素含有量 %	鋼 質
0,05~0,15	極 軟 鋼
0,15~0,25	軟 鋼
0,25~0,40	半 軟 鋼
0,40~0,60	半 硬 鋼
0,60~1,25	硬 鋼
1,25~1,50	最 硬 鋼

實際上は炭素分に依つて鋼を分類すれば種々の不便がある。而して我々の要求する鋼の主なる性質は抗張強度である。然るに此抗張強度は炭素含有量に依つて大體變化するものであるから、八幡製鐵所等に於ては抗張強度に依つて鋼を區別して居る。即ち第 9 表の如くである。

第 9 表

抗張強度に依る鋼の分類

鋼 質 番 號	抗 張 強 度 kg/cm ²	最低延伸 % (標點距離 200mm)		燒 入	鍛 合	屈 曲
		A	B			
No.1 極軟鋼	<3 800	25	20	否	良	良
No.2 軟 鋼	3 800~4 400	22	18	”	”	”
No.3 半軟鋼	4 400~5 000	20	16	”	可	可
No.4 半硬鋼	5 000~6 000	15	12	可	否	”
No.5 硬 鋼	6 000~7 000	12	9	良	”	否
No.6 最硬鋼	>7 000	8	6	”	”	”

表中 A B は試験片の種類で、鐵筋の場合丸角鋼 13mm 以上は A、丸角鋼 13mm 以下は B 試験片に依るものとす。

鐵筋用棒鋼としては我國では軟鋼及半軟鋼が普通に用ひられ、米國等では半硬鋼及硬鋼をも採用されて居る。之等の鋼は Bessemer 式轉爐法或は Siemens-Martin

式平爐法に依つて製造されて居るが現在は殆んど後法が用ひられて居る。而して平爐法には酸性と鹽基性とがある。尙鋼の成分中灼脆性に關係ある硫黃及冷脆性を支配する燐の含有量は夫々 0,06 % 以下たることを要する。

鐵筋用鋼の性質中最も大切なるものは抗張強度である。其の他の強度は之から判斷がつく、尙延伸も重要な性質である。其の他施工に當つては鍛合性及屈曲性は

第 10 表

日本標準規格に依る丸鋼及角鋼の寸法及重量

(a) 丸 鋼 (b) 角 鋼

徑 mm	斷面積 cm ²	重 量 kg/m	徑 mm	斷面積 cm ²	重 量 kg/m
6	0,282	0,22	6	0,36	0,28
7	0,384	0,30	7	0,49	0,38
8	0,502	0,39	8	0,64	0,50
9	0,636	0,49	9	0,81	0,63
10	0,785	0,61	10	1,00	0,78
11	0,950	0,74	11	1,21	0,94
12	1,130	0,88	12	1,44	1,13
13	1,327	1,04	13	1,69	1,32
14	1,539	1,20	14	1,96	1,53
15	1,767	1,38	15	2,25	1,76
16	2,010	1,57	16	2,56	2,00
17	2,269	1,78	17	2,89	2,26
18	2,544	1,99	18	3,24	2,54
19	2,835	2,22	19	3,61	2,83
20	3,141	2,46	20	4,00	3,14
21	3,463	2,71	21	4,41	3,46
22	3,801	2,98	22	4,84	3,79
23	4,154	3,26	23	5,29	4,15
24	4,523	3,55	24	5,76	4,52
25	4,908	3,85	25	6,25	4,90
26	5,309	4,16	26	6,76	5,30
28	6,157	4,83	28	7,84	6,15
30	7,068	5,54	30	9,00	7,06
32	8,042	6,31	32	10,24	8,03
34	9,079	7,12	34	11,56	9,07
36	10,178	7,98	36	12,96	10,17
38	11,341	8,90	38	14,44	11,33
40	12,568	9,86	40	16,00	12,58

特に重要な性質である。

§ 30. 鐵筋の形狀

鐵筋コンクリート部材に於ては各部材に應力をなるべく均等に分配して無理のない様にすることが肝要である。それで鐵筋も斷面の所定の場所になるべく均等に分布する様に力めねばならぬ。その點から論ずるときは圓釘又は角釘が最も都合がよい。其の中でも前者の方が施工上都合がよいから殆んど普通の場合は鐵筋は圓釘に限られて居る。其の他柱或は拱環等の鐵筋としては山形等の形鋼が用ひられることがある。第 10 表は JES (日本標準規格) に依る丸鋼及角鋼の寸法及重量を示したものである。

以上述べた普通釘の外に鐵筋とコンクリートとの附着應力を増すため變形釘(Deform-

ed bars) を用ふることがある。此變形釘は輾壓に際して釘に凹凸をつけるか、若は輾壓後に角釘を撰つて作つたものである。

此變形釘はフーチングスラブ若は短徑間の桁梁に於て附着強度が不足するため、鐵筋に鈎を作つても尙其の抗張強度を十分に利用が出来ない様な場合、或は特に衝撃の甚しい部材に使用して甚だ有効なものである。

鐵筋の寸法は之を使用する部材の大きさによつて異なるもので薄い床版等に於ては 6mm ~ 10mm の小徑のものが用ひられるに反し、大なる徑間の桁又は拱若くは柱等に於ては 40mm 或は夫以上の大徑のものが用ひられることもある。肋筋としては 6 ~ 12mm 位の圓釘が普通で桁又はフーチング版等に於ける主鐵筋には 16mm ~ 26mm 位のもので一般に用ひられる。

§ 31. 鐵筋に関する我土木學會規定

我土木學會の標準示方書中鐵筋に關する規定のみを抜粹すれば次の如くである。

(1) 材質。鐵筋として使用する鋼材は JES 第 20 號 G.9 構造(橋梁建築其の他)用壓延鋼材の規格中、責任技術者の指示するものにして同規格に合格せるものなるべし。但し變形釘は此の限りにあらず。

(2) 標準寸法。鐵筋用釘の寸法及斷面積は JES 第 20 號 G.14 標準棒鋼及同第 26 號 G.15 標準形鋼の規格に依るべし。圓釘は次の 10 種を標準とす。

直徑(mm) 6, 8, 10, 12, 16, 18, 20, 22, 24, 26。

(3) 變形釘。(a) 變形釘は等價斷面積を有する普通圓釘より 25 % 以上大なる附着力を有するものにして、責任技術者の承認を得たるものたるべし。

(b) 變形釘の斷面積はその最小斷面積によりて之れを定むるものとす。

(4) 鐵線。鐵筋用針金は JES 第 2 號 B.2 に準ずる寸法を有するもの、内、徑 2mm 以上 6,5mm 以下の亜鉛鍍金せざる冷引拔軟鋼線にして第 11 表の抗張強度及斷面縮小率を有するものたるべし。

第 11 表 鐵筋用針金の抗張強度及斷面縮小率

直徑(mm)	番 號	抗張強度(kg/cm ²)	斷面縮小率(%)	摘 要
6,5~5,2	3,4,5	4500 以上	35 以上	鐵筋と同一規格を有するワイヤーロードを使用することを認めることを得る冷引拔線
5,2~4,5	6,7	6000 "	30 "	
4,5~3,2	8,9,10	6500 "	30 "	
3,2~2,0	12,13,14	7000 "	25 "	

以上掲げた如く我規格は § 29 及 § 30 に述べた處と殆んど一致することを知らるであらう。

§ 32. 鉄筋工

既に鉄筋コンクリートに使用する鉄筋には如何なる材料が適して居るかと言ふことに就て述べたから、以下に鉄筋の施工に關して論じよう。

(1) 鉄筋の貯藏。鉄筋の検査及試験が済んで受取を了したならば之を使用に便なる様類別し都合よく貯藏する。海岸近くの場所とか或は塵埃の多い處に於ては粗末なものでもよいかから倉庫に入れて置くがよい。倉庫がないときは波形鋼板でもよいかからそれで上覆をして置いた方がよい。鉄筋は之を貯藏するに當つては地表面から 15 cm 以上隔て置く。

(2) 鉄筋の掃除。鉄筋は組立に先立つて清淨に掃除し、浮錆、其の他コンクリートとの附着力を減ずる虞のあるものは之を除去すべきである。錆のため腐蝕が甚しくて断面積が不足して居る様な鉄筋は使用してはならぬ。鉄筋組立後長時日を経たる場合には、コンクリート打ちに先立つて鉄筋の検査をなし必要に應じては之を清掃すべきである。然るに實際工事に當り鉄筋の組立前、又は後に其の浮錆を針金刷子で除去することは大變厄介な仕事であるから、豫め鉄筋に水・セメント比が 0,3 位のセメント・ペーストを刷子で薄く塗り付けて置くとよい。斯くペーストを塗つた釘はコンクリートとの附着力が普通の釘より大なる副の利益がある。尤も刷子引に當つてはペーストの水分が急激に蒸發しない様、餘り厚くならない様に注意することが大切である。

(3) 鉄筋の加工。鉄筋は設計に示されたる形状及寸法に正しく一致せしめる様材質を傷けない方法に依つて加工すべきである。常温で曲げる場合には構造用鋼鉄筋に對しては其の最小寸法の 3 倍以上硬鋼鉄筋に對しては 6 倍以上の直径を有する圓形の型を用ふる。若し鉄筋の徑が大なること等のため燒曲げをなす場合には全作業に就て責任技術者の承認を受けることを要する。言ふ迄もなく設計に相違せる屈曲又は急曲を有する鉄筋は使用してはならぬ。

(4) 筋鐵の組立。鉄筋は正しき位置に配置するは勿論のこと、コンクリート填充の際に於ても變位を生じない様充分堅固に組立つべきである。之が爲には必要に

應じて適當なる組立鉄筋を使用する。鉄筋の交叉點は直径 0,9 mm 以上の燒鈍し鋼線又は適當のクリップに依つて緊結する。鋼線を燒鈍するには先づ適當の長さに切り之を束ねて燒き冷却するを待つて板の上に數回打つける時は鐵肌はよく除去される。亞鉛引針金は餘りよくない。尙結方は十文字よりも片方結びの方がよい。次に鉄筋と堰板との間隔はモルタル塊、座鐵、吊金等に依りて正しく保持せしむべきである。

(5) 鉄筋の繼手。鉄筋は成可く繼手を避け之を設ける場合には相互にすらし一断面に集中しない様に注意する。尙應力が最大なる部分に於ては繼手を設けてはならぬ。市場で販賣されて居る鋼釘の長さは普通 3,6 m ~ 5,5 m 位であるが現在では註文に應じて 12 m ~ 15 m 位のは容易に得られる。尙現在に於ては交通の至便な處では 22 m 位迄は折曲げなしの鉄筋を得ることも出来る。

已むを得ずして鉄筋を繼ぐ必要のある場合には其の繼手は次の方法に據るべきである。先づ抗張鉄筋の重ね合せ繼手は先端を半圓形の鉤に曲げ鉄筋直径の 30 倍以上重ね合せ直径 0,9 mm 以上の燒鈍鋼線にて數箇所緊結する。抗張鉄筋に熔接繼手を採用するときには効率が確實に 80 % 以上を擧げ得る方法を採用し 50 % 以上の断面を有する附加鉄筋を併用する。此附加鉄筋の重ね合せの長さは其直径の 60 倍以上とし兩端には半圓形の鉤を設ける。

將來鉄筋の繼足しの爲め之を露出して置く場合には腐蝕しない様に相當の保護をなすべきである。

抗壓鉄筋の繼手は第八章に於て述べることにする。其の他繼手に關しては各章に於て必要に應じ説明を加へることとする。

§ 33. 鉄筋の保護としてのコンクリートの厚さ

鉄筋コンクリートに於て鉄筋をよく被覆するのは、(1°)鉄筋がコンクリートと充分附着して其の能力を發揮するため、(2°)火災に對して鉄筋を保護するため、(3°)風雨、濕氣及炭酸瓦斯或は海水等の作用に依り鉄筋が錆びないためである。次に此被覆の厚さを如何程にすべきかに就て述べよう。

(1) 普通の場合。(a) 鉄筋の保護として必要なるコンクリート被厚は最も外側の鉄筋表面より、版の下側にては 1 cm 以上、桁にありては 1,5 cm 以上、柱に於ては 2 cm 以上とす。但し寸法大きく且つ重要なる構造物、若くは風雨に曝される

ものありては上記の厚さは孰れも 1 cm 宛増加するがよい。

(b) 煤煙、乾濕、鹽分等の有害なる影響を受ける虞ある部分を、特に有効なる被覆材料を用ひて保護しない場合にはコンクリート被厚の寸法は (a) に述べたる寸法に更に 2 cm を加へたるものを採る。

(c) 床版上面若くは柱等にて損傷及磨耗の虞ある部分は、其の寸法を應力計算上必要なものよりも 1 cm 以上厚くするがよい。

(2) 耐火構造の場合。(a) 特に構造物を耐火構造として造る場合には骨材は石灰石又は安山岩程度の耐火性を有するものを採用すべきである。斯かる場合には鉄筋の保護としてのコンクリートの被厚は版及壁に對しては 2.5 cm 以上、桁及柱に對しては 5 cm 以上とすべく、又若し花崗岩の如き耐火性に乏しい骨材を用ふる場合にはコンクリートの被厚は上記より更に 2.5 cm 増加せしめ且つ 2.5 cm の深さの鐵網を埋込んで補強する必要がある。

(b) 高熱に曝される煙突内面の如き場合には、耐火壁の如く特種の装置を設くるか又はコンクリート被厚を相當厚くして構造上及計算上の安全を期さなくてはならぬ。

(3) 海水の作用を受ける場合。鉄筋の保護として必要なるコンクリートの被厚は、普通はコンクリートの表面より 7.5 cm 以上、隅角に於ては最も近い表面から 10 cm 以上とすべきである。

§ 34. 鐵筋の検査及試験

鐵筋は之を受取るに際しては検査及試験を行ひ、示方書に照して合格不合格を決定すべきである。

(1) 鐵筋の検査。鐵筋は第一に其の寸法、重量の検査をする。棒鋼、形鋼何れも其の寸法及重量は相當の公差を許してある。其の外有害なる疵のあるものは不合格とする。尙浮錆のあるものも宜しくない。

(2) 鐵筋の試験。現今我國に於ても信用ある製鋼所で作られたる鐵筋であれば、普通の鐵筋コンクリート用として使用する場合には別に試験の必要はない位である。試験をする必要がある場合には多くは抗張試験及屈曲試験を行ふ。抗張試験は JES 第 1 號金屬材料抗張試験片の規格に従つて試験片を作る。棒鋼の場合には第 2

號及第 3 號試験片(第 10 圖参照)

の規格に従ふ。屈曲試験と言ふ

のは第 12 表に示す様な標準に

依つて試験片を一定の直径の鋸

の周りに或角度だけ折曲げて、

折曲げの外側に龜裂が出来るか

否かを試すのである。試験片は

鐵筋約 100 本に付 1 本の割合

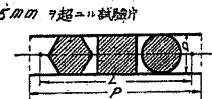
で龜裂の入る様なものは無論不

合格である。第 12 表は米國材料試験協會 (A. S. T. M.) の標準である。



標点距離 $L/4$ 径(又ハ對辺距離) $D/8$ 倍、両端ヲ大クスルモノニ在リテハ平行部ノ長 P ハ $D/4$ 約 2 倍

第三号試験片



標点距離 $L/4$ 径(又ハ對辺距離) $D/4$ 倍、両端ヲ大クスルモノニ在リテハ平行部ノ長 P ハ $D/4$ 約 4.5 倍

鐵筋試験片(JES 第 1 號)

第 10 圖

第 12 表 屈曲試験の規格

釘の直径 又は厚さ	普通釘			變形釘			冷 扭 釘
	軟鋼又は 半軟鋼	半硬鋼	硬 鋼	軟鋼又は 半軟鋼	半硬鋼	硬 鋼	
20 mm 以下	180° $d=t$	180° $d=2t$	180° $d=3t$	180° $d=t$	180° $d=3t$	180° $d=4t$	180° $d=2t$
20 mm 以上	180° $d=t$	90° $d=2t$	90° $d=3t$	90° $d=t$	90° $d=3t$	90° $d=4t$	180° $d=3t$

上表中 d 、其の周りに試験片を屈曲すべき鋸の直径、

t 、試験片の直径又はその厚さ。