

第三章 混 凝 土 工

第一節 材 料

§ 177. セメント

(1) **セメントの分類** セメントには多くの種類があり、其の分類法も多種であるが、工事施工上の見地より凝結、硬化の速速に依つて之を分類すれば次の如し。

- a. **緩結性セメント** (Slow setting cement) 注水後 30 分以上を経過して凝結を始むるセメント。
- b. **急結性セメント** (Quick setting cement) 注水後 30 分以内に凝結し始むるセメント。
- c. **急硬性セメント** (Quick hardening cement) 普通のポルトランド・セメントより硬化速かなるセメント。

コンクリートは之が凝結を始める前に混合、運搬、填充、搗き固めを完了しなければならぬから、注水より凝結を始めるまでの時間が相當長いセメントでなければ、一般の工事には使用出来ない。従つて市場に販賣せらるゝポルトランド・セメント、高級セメント等は悉く緩結性セメントである。

急結性セメントは冷寒時のコンクリート工事 (§ 196 参照)、又は構造物内に於ける漏水閉止のために使用さるゝものであるが、其の用途が極めて狭いため、特に急結性セメントとして市場に販賣されるものは無い。急結性セメントを必要とする時は、ポルトランド・セメントに他の材料を混入して之を急結性ならしめるのである (§ 196 の (5) 参照)。

急硬セメントは緩結性にして普通のポルトランド・セメントより硬化速かなるものである。例へば普通ポルトランド・セメントが 28 日で發揮する強度を、2 日又は 3 日で發揮するものであるから、道路工事の如く急速な完成を必要とする工事に應用される。又凝結に當りポルトランド・セメントより高熱を發するため、

其の急硬性と相俟て寒中コンクリートに應用せられる。

(2) 各種セメントの特性と應用

イ、ポルトランド・セメント (Portland cement) は石灰 (60~64%) 珪酸 (19~25%) を主成分とする緑灰色の微粉末にして、セメント中最も廣く使用せられ、單にセメントと云へばポルトランド・セメントのことである。其の比重は 3.05~3.20 で $1 m^3$ の重量は其比重と密度に依つて變化し、各國の規定に於ても多少の相違はあるが大體 1,500 kg ~ 1,600 kg である。本邦の土木工事に於てはポルトランド・セメント $1 m^3$ の重量を 1,500 kg と規定して居る。

此のセメントは緩結性であつて、日本ポルトランドセメント規格に於ては $15^{\circ}C$ ~ $25^{\circ}C$ の気温に於て、注水 1 時間後に凝結を始め、10 時間以内に凝結を終るものと規定してある。又同規格に於てポルトランド・セメントと標準砂とを重量にて 1:3 の割合に混合し、之れに規定の水量を加へて作つたモルタルの最小強度は材齡 7 日に於て抗張強度 $14 kg/cm^2$ 以上、28 日に於て抗張、抗壓強度は夫々 $21 kg/cm^2$ 及 $210 kg/cm^2$ 以上と定めてある。

第 91 表は本邦各製造會社に於て製作するポルトランド・セメントの物理的性質を平均したものであつて、之に依つて其一般的性質を窺ひ知ることが出来る。

本邦ポルトランド・セメントの物理的性質

第 91 表

比 重	凝 結 時 間		抗張強度 (kg/cm^2)		耐壓強度 (kg/cm^2)	
	始 發	終 結	7 日	28 日	7 日	28 日
3.144	2時53分	4時34分	31.9	38.1	283.6	316.9

土木工事に使用するセメントは、昭和 5 年 8 月 商工省告示第 41 號日本ポルトランド・セメント規格に合格したものであれば、製造會社の如何に拘らず安全である。市販のポルトランド・セメントは 50 kg 入りの袋詰、又は 170 kg 入りの樽詰である。袋には紙製のものと、ツツク製のものとあつて、価格は樽詰に比し 7~10% 低廉である。

ロ、高級セメント (High-strength cement) 普通のセメントより大なる強度を有するものを一般に高級セメントと稱して居る。歐洲の諸國では夫々規定を設け

て、高級セメントと普通セメントとを區別して居る。例へば獨逸の高級セメントの規定に於ては、重量に依る配合比 1:3 のモルタルの耐壓強度が材齡 3 日及 28 日で、夫々普通セメントの材齡 28 日の耐壓強度、及材齡 28 日の耐壓強度に 200 kg/cm^2 を加へたるものより大なるセメントを高級セメントと定めて居る。之を本邦の規定に適用して見れば材齡 3 日で 210 kg/cm^2 、28 日で 410 kg/cm^2 であれば高級セメントと看做し得るのであつて、本邦のポルトランド・セメント申此の規定に適合するものも多いのであるが、本邦には未だ高級セメントの規定なきため一般にポルトランド・セメントとして取扱て居る。

上記の如く高級セメントは緩結性の急硬セメントであつて、短期強度が高いから養生期間を短縮し得るのみならず、道路工事等に於ては 2 週間内外の長期に亘る交通止又は片側交通を行ふ必要なく、僅かに 3, 4 日にて完全に車馬を通じ得られること、其他急施を要する工事に應用して至便なること、又凝結硬化に際し普通セメントより高熱を發するため、寒中コンクリートの養生が比較的簡單であること、等の特長がある。

高級セメントには多種あるが、一般的に使用せらるゝものは高級ポルトランド・セメント、及アルミナ・セメントである。

高級ポルトランド・セメントは大體に於てポルトランド・セメントと同様の化學成分を有するものであるが、粉末度の高いこと、石灰含有量の多い事が本セメントを急硬ならしむる主要原因である。

本邦に於て使用せらるゝ高級セメントは第 92 表の如き強度を有する。

第 92 表 高級セメント及ポルトランド・セメントの強度比較表

	耐壓強度 (kg/cm^2)			抗張強度 (kg/cm^2)		
	3日	7日	28日	3日	7日	28日
本邦ポルトランド・セメントの平均		283.6	316.9		31.9	38.1
本邦高級セメントの一例	502	594	674	32.4	34.0	37.2
△淺野セメント	400	500	600	29	34	39
△淺野ペロセメント	584	624	650	38	38.5	40
ポルトランド・セメント規格			210		14	21

△印は淺野セメント株式會社發表の數字

本邦に於て現今使用せらるゝ高級セメントは淺野ペロセメント及大阪窯業高級セメント等である。

高級ポルトランド・セメントは緩結性であつて、凝結硬化に當り高熱を發する。例へば普通ポルトランド・セメントに於ては 9~10 時間に最高温度 35°C に達するに對し、淺野ペロセメントは 7~9 時間にして最高 60°C 以上に達する。

アルミナ・セメント (Alumina cement) は石灰の含有量 (35~40%) を減じ礬士の含有量を 35~45% (普通ポルトランド・セメントの礬士含有量は 5~8%) に増加せるものである。凝結時間は始發 2 時間 35 分、終結 4 時間 20 分の緩結性であるが代表的急硬セメントであつて、1:3 モルタルの耐壓強度は注水後 6 時間乃至 24 時間の間に急激に増加し、 500 kg/cm^2 以上に達するが材齡 7 日以後に於ては優良なるポルトランド・セメントの強度と大差が無い、抗張強度は材齡約 1 日で最大に達し其の後増加せずして普通ポルトランド・セメントより低下する。

斯く大體に於て材齡 7 日以後に於て強度を増加しない事は、高級ポルトランド・セメントに劣る點であるが、海水中の鹽類の作用を受くことが少ない。又凝結及硬化の始期に於て著しく發熱し注水後 5 時間乃至 6 時間にて其の最高 70°C ~ 80°C に達する。

急硬性であること、海水中に於ける耐久力の異なること、或は凝結時に高熱を發すること、等の特長あるため、海中工事又は寒中コンクリート工事に於て甚だしく有利であるが、價格の高價なる缺點がある。

ハ、高爐セメント (Hochofenzement) 高爐セメントは熔鑛爐より排出する鑛滓を急に冷却破碎したるものと、ポルトランド・セメント燒塊 (Clinker) とを混合して微粉末としたものである。本邦にては鑛滓 70% 以下セメント燒塊 30% 以上のものを高爐セメントと稱して居る。歐洲では特に鑛滓含有量 20~30% 以下のものを鑛滓セメント (Slag cement) 又は鐵セメント (Steel portland cement) と稱して居る。本邦製の高爐セメントの主要化學成分は珪酸 25~27%、石灰 55~57% であつて、比重は 2.85~3.00 である。凝結時間は始發 3 時間 7 分乃至 5 時間 12 分、終結 5 時間 5 分乃至 7 時間 40 分であつて、ポルトランド・セメ

ントより更に緩結性である。鑛滓含有量が多い程凝結時間は長く、上記の始發5時間12分、終結7時間40分と云ふのは鑛滓含有量70%、セメント焼塊含有量30%の高爐セメントの一例である。

1:3モルタルの短期耐壓強度は普通ポルトランド・セメントより低いが28日以後に於ける耐壓強度は増加率著しく、8週以後に於ては殆んど高級セメントに近き強度に達する。抗張強度も28日以後に於ては普通ポルトランド・セメントを凌駕する。

上記の外高爐セメントは大體に於てポルトランド・セメントと同様の性質を有するが、海水に對する抵抗の大なることは本セメントの特徴である。

高爐セメントは上記の如く緩結、緩硬性である缺點はあるが緩結緩硬なるが故に品質が悪いのでは無い。従て工事の性質上緩結、緩硬でも差支ない場合には、ポルトランド・セメントに比して廉價なる本セメントの使用を推奨する。只寒中コンクリート工事に之を使用する時は特に注意しなければ危険である。

本セメントに付いては昭和2年4月14日商工省告示第10號高爐セメント規格が發表されて居るから、右規格に合格せるものを使用せば安全である。

本邦に於ては八幡製鐵所製品、及淺野鶴見高爐セメントが市場に販賣されて居る。

ニ、ソリヂチツト (Soliditit) はセメント焼塊70~75%に、花崗岩若しくは閃綠岩を800°C~1,000°Cに煨焼したものを30~25%混合して微粉末とせる一種のセメントである。主要化學成分は珪酸30~33%、礬土5.5~8.0%、石灰48~53%であつて比重は2.9~3.05である。

優良なるソリヂチツトの1:3モルタルの強度の一例を示せば第93表の如し。

	3日	7日	28日	8週	26週
耐壓強度 (kg/cm ²)	320	438	570	648	770
抗張強度 (kg/cm ²)	23.9	25.9	35.7	42.5	50.5

短期強度は普通ポルトランド・セメントより低いものが多いが、8週以後の長期強度は之に勝るものであつて、高爐セメントと共に珪酸分の多いセメントの特

徴である。

ソリヂチツトの特性としては緩結、緩硬性にして強靱性に富み磨損、衝撃、振動に對する耐力大なることである。従て一般的に鋪裝其他道路工事に應用せられる。

ソリヂチツトは前記各セメントと使用法が稍異なり、ソリヂチツト・コンクリートの施工には次の事項を注意しなければならない。

(a) 配合比及骨材 鋪裝工事其他道路工事に使用するソリヂチツト・コンクリートには、ソリヂチツトと碎石のみを用ひ細骨材を使用しない。配合比は1:1.5~1:2であつて碎石の最大寸法は鋪裝厚の約0.3倍とし、普通のコンクリートに使用する粗骨材と同様細粗粒が適當に混合した碎石がよい。ソリヂチツトは其の磨損抵抗が大きいから、之と略同様の磨損抵抗を有する粗骨材を使用すれば、路面は均一に磨損し、路面の平坦を維持し得るものである、之がためには花崗岩の碎石を使用するのが最もよい。

(b) 使用水量及搗き固め。使用水量は成可く少量にしなければソリヂチツトの特徴を失ふものである。普通ソリヂチツト重量の25~30%の水を使用し硬練コンクリートとして施工する。硬練コンクリートであるから、充分に搗き固める事が大切である。養生其他は普通セメントと大體同様である。

(3) セメント混合物及混合劑 コンクリートに特殊の性状を與へるため、即ち(1)コンクリートの流動性、強度、耐水性、海水に對する抵抗等を増加するため、(2)コンクリートを急結性ならしむるため、(3)コンクリートの價格を低廉ならしむるため、セメントに他の材料を混用する。斯かる目的でセメント重量の10~30%以上も混合するものを混合物と稱し、2~3%の如き微量を混合して効果あるものを混合劑と稱する。

海水に對する抵抗を大ならしめ、且つコンクリートの價格を低廉ならしむる目的で使用する混合物に火山灰、珪藻土、珪酸白土がある。

火山灰については § 198 に説明する。

珪藻土は海中微生物の殘骸から成り、可溶性珪酸の含有量65%以上に及ぶけ

れども比較的軽く、コンクリート混合に際し分離を起し易い缺點が在つてあまり使用されない。

珪酸白土は凝灰岩の風化物であつて、可溶性珪酸を 30% 以上含有し、海水に對する抵抗増加の目的よりせば珪藻土に劣るけれども、コンクリート混合に際し分離を生ずる虞は無い。

珪藻土、珪酸白土の使用法は大體火山灰と同様である。

コンクリートの耐水性を増加する目的で使用する混合物に、硝石灰、粘土がある。之に付いては § 197 に説明を譲る。

コンクリートの流動性を増加し且つ分離を防止する目的で使用する混合剤にセライト（珪酸）がある。

セライトは純粹の珪酸であつて、之をコンクリート中に混合するときは、コンクリート成分の分離を防止し、流動性を増加するものであるから、運搬距離大なる場合に之を混合せば有利である。又純粹の珪酸であるから、之をコンクリートに混合せば、海水に對する抵抗を増加するの特長がある。之をコンクリートに混合したるためにコンクリートの性質を害する事は無い。

セライトの使用量は大體次の通りである。

コンクリートの配合 セライト使用量（セメント重量に對する 100 分率）

1:1 $\frac{1}{2}$:3	1 $\frac{1}{2}$ ~3
1:2:4	2~4
1:2 $\frac{1}{2}$:5	4~6
1:3:6	6~8

尙ほセライトは潮解、風化の虞れが無いから貯藏も容易である。

コンクリートを急結性ならしむる混合剤に鹽化カルシウムがある。之に付いては § 196 の (5) に述べる。

(4) セメントの風化 セメントを空中に放置すると、空中の水分と炭酸瓦斯を吸収して容積を増大する。この現象をセメントの風化 (Air salking) と稱する。風化は輕微なる加水分解 (セメントが結晶體となる作用) を受けるものであ

つて、セメントは風化するに従ひ凝結時間を短縮するものである。従つて以前セメント製造法が不完全なる時代には、風化せざるセメントは現在のセメントに比して緩結性であつたから、わざわざセメントを風化せしめて凝結時間の短縮を計つたものであるが、現在のセメントには全く不必要なことである。尙ほセメントを風化すると強度を低下する缺點がある。

セメントの粉末度が高い程風化の進みが甚だしい故に、粉末度高き現今のセメントは特に注意して貯藏しなければならぬ。

§ 178. 骨 材

コンクリートに使用する砂、砂利、碎石等を總稱して骨材 (Aggregate) と云ふ。骨材の内第 4 番篩を通過するもの (最大寸法約 5 mm 以下) を細骨材 (Fine aggregate) と云ひ、此の篩に残るものを粗骨材 (Coarse aggregate) と稱する。

本邦に於けるセメント工業の發達に伴ひセメントの品質優良となり、日本ポルトランド・セメント規格に合格せざるものは殆んどないのであつて、工事擔當者にセメント選擇の餘地は殆んど残されて居ない。従てコンクリート材料の内、骨材の選擇が最も重要となるのである。

(1) 細骨材 普通に使用する細骨材は川砂、山砂、海砂又は碎石の篩ひ滓等である。

選擇 細骨材は強硬、耐久的のものであればよいのであるが、石質としては石英質のものが最もよく、次に石灰質のものが良い。雲母、硫黄質のもの、又は粘土泥土其他の不純物を含有するものは良く無い。

細骨材の形狀は、角ばつたものより球形のものがコンクリートに流動性を與へる點に於て勝つて居る。

細骨材は最大約 5 mm 以下の粒から微粒まで適當に混合して居るものがよい。土木學會發表の鐵筋コンクリート標準示方書 (以下土木學會示方書と略記す) では細骨材の粒度を次の如く定めてある。

細骨材は第 94 表の範圍内に於て細粗粒適度に混合せるものを標準とすべし

第 94 表 細骨材粒度表

	重量 100 分率
第 4 番篩 (篩目 4.76 mm) を通過する量	100
第 50 番篩 (篩目 0.297 mm) を通過する量	30 以下 10 以上
第 100 番篩 (篩目 0.149 mm) 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

大體に於て生鹽の如く細粗粒が混合した黄褐色の砂であればよい。多量のコンクリートを使用し而も強大なる強度を要する橋梁、堰堤等に於ては篩別試験を行ひ、其の粒度を測定して § 183 に述ぶる方法に依りてコンクリート配合の決定をなさねばならぬ。

不純物 細骨材中の不純物にはコンクリートの強度を減ずるものがある爲、細骨材は清淨でなければならぬ。不純物中に粘土、泥土等注瀉試験に依りて除去し得るもので前記の如く少量であれば、反つてコンクリートの強度を増大して有利であるが、多量に之を含有せるものは強度を減じてよく無い。砂を水中に投入し攪拌すれば水が甚しく濁る場合、又乾燥せる砂を白紙又は掌に擴げて指頭で摩擦したる後之を取り去れば、紙面又は掌に粘土、泥土等の微粒が残る場合は粘土、又は泥土等を多量に含有することが明かであるから、斯かる砂を使用することは出来ない。已むを得ず斯の如き砂を使用する場合は、之を水中に入れて攪拌し、濁水を靜かに排出することを繰返して微粒を取り去り、洗砂として使用するのである。尙ほ斯の如き面倒な操作は實際に出来難いのであるから成可く粘土、泥土を多量に含む砂を使用しないがよい。又火山地方の砂中には之を水中に投入し攪拌すると水面に浮遊する乳白色の軽石の粉末を含有するものがあるが、斯の如き砂はよく無い。

不純物中コンクリートに最も有害なるは植物性、又は動物性の有機物であつて、之はコンクリートの強度を減ずる許りで無く、コンクリート崩壊の原因となるから絶對的に其の混入を防止しなければならない。草葉の腐蝕せるものゝ如く肉眼にて見別け得るものは、容易に之を排除し得るが、一般に有機物は肉眼で見別け得ない場合が多いから、疑はしいものは化學試験に依りて、其の有無を検査するが

よい。

大體に於て川砂、海砂は流水又は海波に依りて洗滌されて居るので不純物は少ないが、山砂は多くの場合粘土、泥土、其他の不純物を含有して居て使用出来ない。又海砂は鹽分を含有して居るため鐵筋コンクリートには使用しないが安全であるが、已むを得ない場合は充分雨曝にしたる後使用前洗滌して使用する。

性質 細骨材は大體次の如き比重と空隙を有する。

	比 重	空 隙
天 然 砂	2.3 ~ 2.7	27 ~ 47 %
碎石の篩ひ滓	2.4 ~ 2.9	33 ~ 50 %

砂に水を加へると砂粒の表面に水の薄層を作りて、砂粒の間隔を増大し、其の容積は加へたる水の容積以上に増大する。此の現象を砂の膨みと云ふ。従て砂の膨みは砂粒の表面積の總和大なる細砂程大である。最大の膨みは砂の重量の 5 ~ 6 % の水を含んだ時に起り、膨みの量は砂粒の大きさに依て異なるが、大體乾燥せる時の容積の 10 ~ 30 % に達する。然し水量を増加するに従ひ、膨みは次第に減じ、砂が水に飽和するゝに至れば膨みは全く無くなり乾燥状態と等しい容積となる。現場に於て使用する砂は常に相當の水分を含有して居るものであるから、砂を計る場合には此の膨みの事實を考慮しなければならない (§ 186 の(2)参照)。

(2) 粗骨材 普通に使用せらるゝ粗骨材は川砂利、山砂利、海砂利、碎石、鑛滓等である。

選擇 粗骨材は清淨、強硬、耐久性のものがよく、軟質、脆弱、扁平、細長なるものはよく無い。強硬の程度はコンクリート中のモルタルと同等以上であればよいのであつて、花崗岩、玄武岩、安山岩、石灰石、硬質砂岩等より成る砂利、又は碎石がよい。風化した石、又は凝灰岩の様な脆弱なるものは使用出来ない。鑛滓を冷却破碎したるものも粗骨材として使用される。此の特徴は重量の軽い事である。特に耐火構造用としてコンクリートを製作する場合には石英質、花崗岩質のものは耐火力に乏しく不適當であつて、石灰石、玄武岩より成る砂利、碎石を使用する。防波堤の捨方塊の如く比重の大なるを尊ぶ場合には粗骨材も亦特に比重の大なるものを選ぶべきである。

粗骨材の形状は往時実験の結果、碎石の方が砂利よりも強度を大ならしむるものとして推奨されたのであるが、實地上碎石は其の大きさが揃ひがちであるのと、砂利を使用せる場合よりコンクリートの流動性に乏しくなるために、コンクリートに多くの空隙が出来て強度を減退するものであるから、一般的に砂利と混用する方がよいのである。然し碎石を使用せるコンクリートは磨損に対する抵抗が大きいから、道路の舗装用コンクリートには碎石を使用しなければならない。手割の碎石は大きさが揃ひ易いこと、龜裂のあるものが多いこと、岩石中の破碎し易い部分、即ち比較的軟弱なる部分を選定するため石質が低下する虞があること。概して単價が高い等の缺點がある。碎石機で碎いたものは兎角扁平になり易い缺點がある。

粗骨材も又細骨材同様 5 mm 以上の細粒より粗粒まで適當に混合して居るものがよい。この點に付いては土木學會示方書は次の如く規定して居る。

粗骨材は第 95 表の範圍内に於て、細粗粒適度に混合せるものを標準とすべし。

第 95 表 粗骨材の粒度表

	重量 100 分率
最大目 (篩目 7.5 cm 以下) 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 4 番篩 (篩目 4.76 mm) を通過する量	10 以下

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隔を以て示すものとす。

粗骨材の最大寸法はコンクリートの混合填充に差支ない限り大なるもの程、コンクリートの強度は強いのである。土木學會示方書では此の最大寸法に付いて次の如く規定して居る。

粗骨材の最大寸法は 7.5 cm 以下にしてコンクリートを填充すべき部分の型枠の最小内幅の $\frac{1}{5}$ 、又は鐵筋の最小空間隔の $\frac{3}{4}$ を超過すべからず。

最大寸法 7.5 cm はコンクリートの混合、填充に差支へなき最大限度である。従つてプレイン・コンクリートに於ても、之れ以上の粗骨材は使用出来ない。一般に 7.5 cm より大なる粒の石材は粗石として取扱つて居る。鐵筋コンクリートに於ては鐵筋間の最小空間隔より少しく小なる粗骨材でなければ、鐵筋の間を自

由に通過しないために、上記の如き制度を設けたものである。鐵筋コンクリートに使用する粗骨材の最大寸法は普通 4 cm 以下である。米國のコンクリート示方書に於ては粗骨材の粒度を具體的に第 96 表の如く定めて居る。

粗骨材粒度表 (米國)

第 95 表

粗骨材 最大寸法 (cm)	下記寸法を有する正方形篩 目を通過する重量 100 分率						下記番號の篩を 通過する最大量 重量 100 分率	
	7.5	5.0	3.8	2.5	1.8	1.2	第 4 番	第 8 番
7.5	95	40~75	—	—	—	—	10	5
5.0		95	—	40~75	—	—	10	5
3.8			95	—	40~75	—	10	5
2.5				95	—	—	10	5
1.8					95	—	10	5
1.2						95	10	5

備考 第 4 番篩目は 4.76 mm、第 8 番篩目は 2.38 mm である。

例へば 5 cm の砂利と云へば 5 cm の正方形目を有する篩を通過する量が重量にて全體の 95% 以上、2.5 cm の正方形目を有する篩を通過する量が重量にて全體の 75% 以下 40% 以上であつて、第 4 番及第 8 番篩を通過する量が夫々全體の重量の 10% 及 5% 以下であると云ふのである。故に之れに適合する様に篩別して精選するのが理想である。又必要ある場合には標準粒度に適合する様に數種の粗骨材を混合すべきである。

不純物 貝殻、又は有機質の不純物は有害である。又山砂利の如く泥土が附着して居るものもよく無い。従つて砂利は使用前充分に洗滌して使用しなければならぬ。細骨材の場合と異り洗滌のために微粒を失ふも差支へないのである。砂利は採取し、篩別け前に洗滌するが最も安全である。川砂利は一般に清淨で洗滌の手間を省き得るから粗骨材としては最もよい。海砂利は外觀は清淨であるが鹽分が附着して居るので、之を鐵筋コンクリートに使用する場合は充分に洗滌して鹽分を除去する必要がある。

§ 179 水

コンクリートに使用する水は清淨なるものでなければならない。井水、又は水

道の水が使用出来れば之に越した事は無いが、必ずしも飲用水程に清浄である必要なく、河水にても充分である。外觀は清浄であつても酸、アルカリ、糖分等を含有した水はよく無い、従つて之を含有せる虞ある場合は試験を必要とする。此の外有機物又は油等の混入せるものもよくない。清浄なる水が附近に得られないときは特に井戸を掘る必要がある。海水は鐵筋コンクリートには絶対に使用していけない。プレイン・コンクリートを製作する場合でも、已むを得ざる場合の外海水の使用は避けるがよい。

§ 180. 材料の貯藏

(1) セメント セメントは § 177 の (4) に述べた様に風化し易いものであるから、其の貯藏に當つては風化を防止する事が主眼である。セメント倉庫は風雨は勿論、濕氣を豫防するものであるから、床高は地表上 30 cm 以上とし、床は成る可く板二枚敷とし、此の間に防水用の紙類を挿入する。又壁にも防水用の紙類を張り詰めるがよい。尙ほ倉庫の周圍には溝を設け周圍の排水を完全にしなければならぬ。

現場に完全なる倉庫を建設することは不經濟である場合が多い。斯る場合はセメント貯藏量を少量として、工事進行に伴ひ、セメント製造會社より度々供給を受くる様にすることが肝要である。倉庫不完全なる場合又は貯藏長期間に亘るときは樽詰を使用するがよい。セメントを多量に使用する工事に於ては、倉庫を完全にして袋詰セメントを使用するが經濟的である。

袋詰セメントは倉庫内に高く積み上げると、下部のセメントは塊状となりて取扱に不便であるから袋の積重は 10 袋以下とするがよい。尤も積重ねたる爲めに塊状となつたものは容易に粉状となり、セメントの性質を變化するが如き事は無い。

(2) 砂 小規模の工事では適當の位置に、砂を堆積して置く事もあるが、風雨のため飛散、流失する量も決して少くないのである。又野積では廣大なる面積を要する等の缺點があるから普通高 1 m 内外の簡單なる板柵を設け其の内に貯藏する。

地面上に直接砂を置く時は下敷の砂は泥土と混じて使用出来ない許りで無く、人夫の不注意のため之等の泥土と混じた砂を使用する虞れがあるから、柵内の地面には栗石、板等を敷き詰め、排水を良くすると同時に地面に砂が直接接觸しない様にするが得策である。

(3) 砂利 砂利も砂同様貯藏面積を縮小するために、砂利置場の周圍に高 1 m 内外の柵又は板柵を設ける。砂利は其の下敷のものが泥土と混じても洗滌すれば使用出来るし、又泥土の混じた砂利は容易に見分け得るから少し注意せば泥土の混じた砂利を使用することは無い。従つて砂の置場の如く地表に栗石等を敷き詰むるに及ばない。

尙ほ材料の貯藏に付いては § 187 の (3) を参照されたい。

第二節 混凝土の配合及使用水量

§ 181. 概 説

コンクリートの配合とはコンクリートの材料、即ちセメント、細骨材、粗骨材混合の割合を容積比にて表したるものである。例へば 1:2:4 のコンクリートと云ふのは、使用セメント容積の 2 倍の容積の砂と、4 倍の容積の砂利を混合したるコンクリートのことである。普通配合と云ふ場合には、使用水量を含まないものであるが、コンクリートの性質を論ずるに當り、配合と使用水量とは不可分のものであるから、本節に於ては配合と使用水量とを同時に説明する。

コンクリートは、之を使用する構造物に適合する性質を有し、且つ經濟的のものでなければならぬ。例へば耐久性に富み、構造物の應力に抵抗し得る強度を有し、施工に便宜なる軟さであつて、而も最も低廉なるコンクリートが望ましい。コンクリートが具備すべき性質である耐久性、強度、耐水性、磨損抵抗等はセメントの性質、骨材の性質、配合及使用水量、施工法（混合及搗き固め、養生等）材齡等に支配されるものであつて、材齡は人爲的には如何とも無し難く、普通に使用するセメントは略ぼ定まつて居り、骨材は現場附近産に制限されるものであるから、工事施工者の自由に選定し得るものは配合及使用水量と施工に過ぎない。

施工は之れを最上級に行ふものとすれば結局所要の性質のコンクリートを経済的に作ることは、配合と使用水量に俟つの外ないのである。

§ 182 コンクリート耐力理論の概要

コンクリートはセメントに水を加へたる**セメント糊状體** (Cement paste) に依つて骨材を固着して出来たものである。即ち骨材は活動性のない填充物に過ぎないものであつて、セメント糊状體が活動性を有する固着材であるから、コンクリートの各種の性質は概してセメント糊状體の良否に依るものである。

セメントと水との間に化学作用を起し、流動體のセメント糊状體が固形體となる現象を**水化作用** (Hydration) と云ふ。

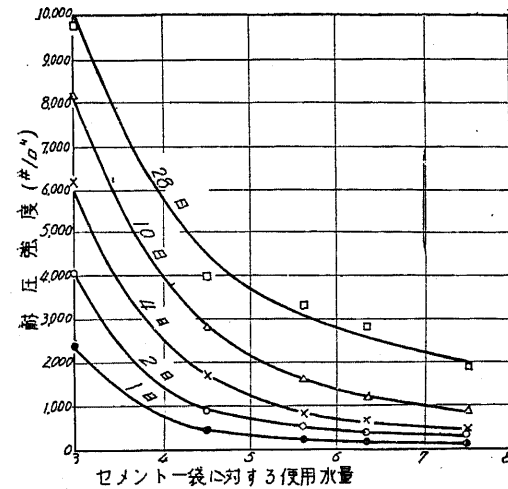
(1) **セメント糊状體の耐力** 流動狀の糊状體が水化作用を起して骨材を固着するのであるが、此の水化作用は次の二つの條件に支配される。

イ、糊状體の水化作用を完全ならしめ、強固なる固着材とするには、時間と適當の氣温と相當の水分を必要とする。

セメント糊状體が水化作用を起し、凝結硬化するには相當の時間を必要とし、注水後の時間(材齡)が長くなる程糊状體は強固なものとなる(第301圖参照)。又此の化学作用には相當の水分を必要とするから水化作用持續中(特にその初期)は相當の水分を與へなければならぬ。水分が不足するときは糊状體の活動不活潑となりてコンクリートの耐力を減ずる。氣温に付いても同様であつて氣温は普通程度なれば高い程よい。

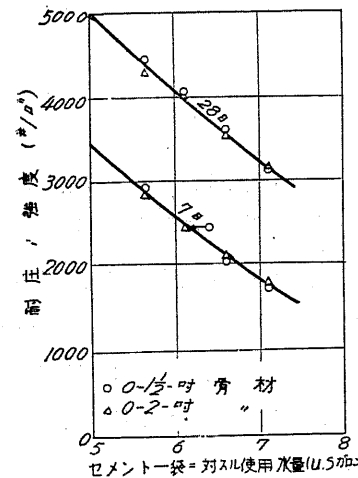
水化作用を完全ならしむるため水分を與へ、且つ氣温を相當に保つ事を**養生** (Curing) といふのである。養生に付いては § 192 を参照されたい。

ロ、固まつたセメント糊状體の耐力は**水—セメント比** に依つて支配される。水—セメント比 (Water-cement ratio) とは使用セメント量に對する使用水量の比であつて、本邦では重量の比を用ひ、米國では容積の比を用ひて居る。第301圖に示す如く水—セメント比が小さくなる程、即ち使用水量が少くなる程セメント糊状體の強度は増大する。此の關係は耐壓強度ばかりで無く、抗張強度、磨損抵抗、耐水性又は耐久力に付いても同様である。



第 301 圖

骨材各粒の周圍を完全に被覆し、骨材の空隙を満し、運搬填充に際し分離 (Segregation) を起さず、且つ塑造し得る粘り氣を有するコンクリートの性質である。コンクリートがプラスチックであり、養生が充分であればセメント糊状體の固着作用は完全に行はれるものであるから、骨材同一なるコンクリートの耐力はセメント糊状體の耐力に支配されることは推定に難くない。又セメント糊状體の耐力は第301圖にて明かなる如く水—セメント比に支配されるものである。従つてコンクリートの耐力も亦水—セメント比に支配されると云ひ得る。



第 302 圖

骨材の最大寸法が水—セメント比に依るコンクリートの耐壓強度に及ぼす影響

此の外セメント糊状體の耐力はセメントの種類に依つて異なるものである。

(2) **コンクリートの耐力**

コンクリートはその骨材各粒がセメント糊状體に固着されたものであり、且つ型枠にて塑造するものであるからプラスチックであることは絶対に必要な條件である。

此處に**プラスチック** (Plastic) とはセメント糊状體が、

骨材各粒の周圍を完全に被覆し、骨材の空隙を満し、運搬填充に際し分離 (Segregation) を起さず、且つ塑造し得る粘り氣を有するコンクリートの性質である。コンクリートがプラスチックであり、養生が充分であればセメント糊状體の固着作用は完全に行はれるものであるから、骨材同一なるコンクリートの耐力はセメント糊状體の耐力に支配されることは推定に難くない。又セメント糊状體の耐力は第301圖にて明かなる如く水—セメント比に支配されるものである。従つてコンクリートの耐力も亦水—セメント比に支配されると云ひ得る。

次に實驗の結果に依れば、水—セメント比に對するコンクリートの耐力は骨材の大きさ、粒度、形状等に大なる影響を受けないのであ

る。例へば第 302 圖は最大寸法 38 mm (1 $\frac{1}{2}$ 吋) と 51 mm (2 吋) の骨材を有する配合 1:2.45:4 (重量) の二種のコンクリートの耐壓強度と水-セメント比の関係を示したものであつて、水-セメント比が同一であれば骨材の大きさはコンクリートの強度に無関係である事が明かとなる。即ち普通に使用される範囲内の大きさの骨材なれば、コンクリートの耐壓強度は水-セメント比に依りて定まり骨材の大きさに無関係である。

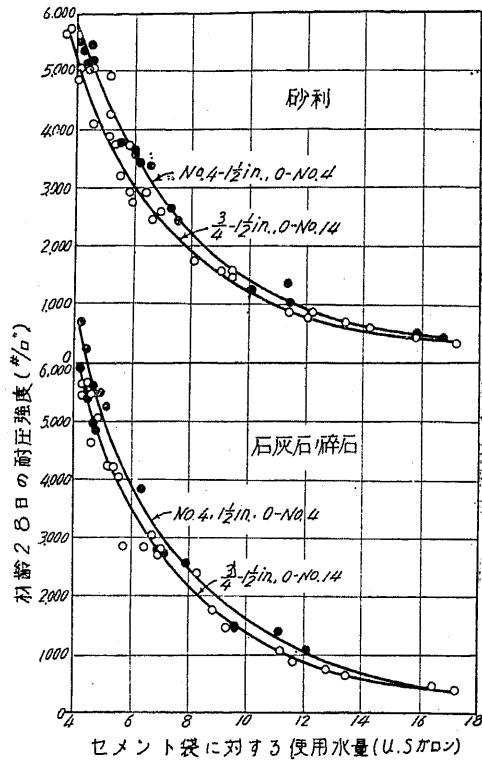
第 303 圖は夫々 0 ~ No.4, 0 ~ No.14 及 No.4 ~ 38 mm

(1 $\frac{1}{2}$ 吋), 19 ~ 38 mm ($\frac{3}{4}$ 吋 ~ 1 $\frac{1}{2}$ 吋) の粒度を有する細

骨材と粗骨材とより成る配合 1:3, 1:5, 1:7 (セメント 1 に對する細粗骨材の容積比) のコンクリートの耐壓強度と水-セメント比の関係であつて、同一水-セメント比であれば、コンクリートの強度は骨材の粒度に影響されることは極めて僅かである。即ちコンクリートの耐壓強度は主として水-セメント比に依りて定まり、骨材の粒度に影響される事は極めて小である。

又第 303 圖の上下の二曲線を比較せば次の事實も明かである。

コンクリートの耐壓強度は主として水-セメント比に依りて定まり、骨材の形状に影響される事は極めて小である。



第 303 圖
骨材の粒度が水-セメント比に依るコンクリートの耐壓強度に及ぼす影響

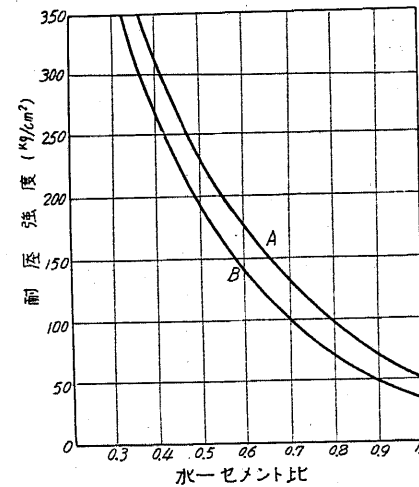
以上は耐壓強度のみに對する實驗であるが抗張強度、磨損抵抗、耐水性、耐久性も亦セメント糊狀體の強度が大なる程 (水-セメント比が小なる程) 増大することが實驗上證明出来る。

上記の事實に依り、骨材が軟弱であるとか、吸水性が大であるとか、表面に泥土が附着して居る等の缺點無く、同一セメントを使用せる同一材齡のコンクリートの耐力は次の如く要約し得る。

『養生充分なるプラスチックなコンクリートの耐力は水-セメント比に依つて支配されるものである。』

即ちコンクリートがプラスチックであれば配合はコンクリートの耐力に關係なく單にコンクリートをプラスチックならむるために必要な二次的のものにすぎない。然し第 303 圖に依りて明かなる如く、細粗骨材の粒度及骨材の形状に依りて多少コンクリートの耐力は異なるものであるから、嚴密なる意味に於ては同一粒度の細粗骨材を使用せるコンクリート、即ち平たく云へば同一現場にて使用する骨材に對してのみ上記法則は適合するものである。

(3) 水-セメント比とコンクリートの耐壓強度 水-セメント比に對する



第 304 圖
エブラム氏の水-セメント比曲線

コンクリート耐壓強度の關係は、大體第 304 圖に示す如き曲線にて示し得る。水-セメント比に依る耐壓強度は前述の如く養生、及施工の良否に依るものであるから、エブラム (Abrams) 氏は第 304 圖に示す如く、A, B 2本の曲線を發表した。此の曲線の關係を次の式にて表はして居る。

A 曲線... 上等の材料を使用し入念に施工したる場合。

B 曲線... 材料及施工共に普通の場合。

$$\sigma_{28} = \frac{984}{7^{1.6x}} \dots \dots \dots 1. a$$

$$\sigma_{28} = \frac{984}{91.5x} \dots\dots\dots 1. b$$

吉田博士は日本のポルトランド・セメントに對し、次の如き關係式を發表された。

$$A \text{ 曲線} \dots \sigma_{28} = \frac{180}{x} - 120 \dots\dots\dots 2. a$$

$$B \text{ 曲線} \dots \sigma_{28} = \frac{160}{x} - 120 \dots\dots\dots 2. b$$

σ_{28} = 標準供試體 (徑 15 cm 高 30 cm の圓壙體) の材齡 28 日に於ける耐壓強度 (kg/cm²)

$$x = \text{水一セメント比 (重量)} = \frac{\text{使用水量の重量}}{\text{使用セメント重量}}$$

普通の工事現場に於ては B 曲線に相當する強度を用ひれば安全である。

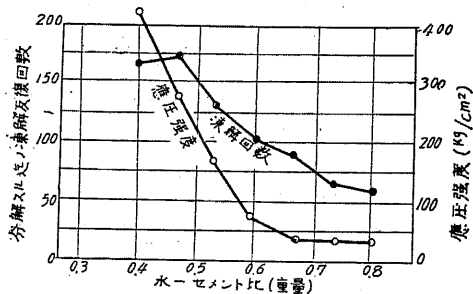
上記公式にては大體コンクリートの耐壓強度を知り得るに過ない。従つて現場に於ける材料、施工法及び養生法を採用し實驗に依りて、第 304 圖の如き曲線を求め、之を用ひて所要強度に相當する水一セメント比を定めるのが最も理論的である。

土木學會示方書に於ては水一セメント比を次の如く規定して居る。

使用水量と使用セメント量との重量比はコンクリートの所要耐壓強度に應じて試驗の上之を定むるものとす。但し試験に依らざる場合には第 97 表の値を標準とすべし。

第 97 表 水一セメント比と耐壓強度表

材齡 28 日に於けるコンクリートの耐壓強度 (kg/cm ²)	175	140	105
使用水量の使用セメント量に對する比 (%)	55	60	70



第 305 圖

水一セメント比と耐久性及耐壓強度の關係

(4) 水一セメント比とコンクリートの耐久性との關係 第

305 圖はコンクリートの耐性久が、水一セメント比に如何に支配されるかを示した實驗例であつて異つた水一セメント比を有するコンクリート塊より徑 7.5 cm 長さ 20cm の圓壙體を切り取り此の凍解試験を行つたものである。

コンクリートの耐久性はコンクリート構造物の最も重要な要素であつて、コンクリートが空中に在るとか、水中に在るとか又は海中に在るとかの曝露状態に依りて異なるものであるから、之等の曝露状態に應じて、構造物が耐久性を有する様、コンクリートの水一セメント比を適當に定めなければならない。第 98 表は米國材料試験學會の發表せる標準示方書に依れる耐久性コンクリートの水一セメント比である。

養生氣温が第 98 表の備考以下であれば何れも水一セメント比を第 98 表より小にしなければならない。

種々の曝露状態に對するコンクリートの所要水一セメント比 (重量)

第 98 表

曝露状態	鐵筋コンクリート杭、其他構造物の小断面の部材、	鍍筋コンクリート造の貯水池、水槽、水壓管、下水管、溝渠表装、小断面の堰堤、	厚き壁、橋脚、基礎、大断面の堰堤、
最悪の曝露状態 1. 米國北部の如く寒氣厳しき所に於ける水中構造物の水面附近の如く、絶えず乾濕、凍解を生ずるが如き所 2. 氣候の溫暖、寒冷に拘らず、海水中に接する所、又は強酸の作用を受くる所	0.50	0.50	0.55
不良の曝露状態 3. 米國北部の如く寒氣厳しき所にして雨雪に曝露し、凍解を生じ常時水に接せざる所 4. 米國南部の如く溫暖の所に於ける水中構造物の水面附近の如く絶えず乾濕の生ずる所	0.55	0.55	0.60
普通の曝露状態 5. 米國南部の如く溫暖の所にて外氣に曝露するも水に接せざる所 6. 全く水面以下にして凍解の虞れなき所	0.60	0.55	0.65
安全なる曝露状態 7. 外氣に曝露されざる部材 地下構造物にして地下水の侵蝕作用及凍解を受けざる所	0.65	0.55	0.70

備考 本表の水一セメント比は次の條件を具備する場合に適合する。

1. コンクリートはプラスチックであり適當のウオーカビリテイであること。
2. 氣温 21°C (70°F) に於て 10 日間の濕潤養生を標準とす。
3. 骨材表面に在る含水量は使用水量の一部と看做す。

(5) **ウオーカビリチイ** コンクリートがプラスチック（今一度繰返せば、セメント糊状體が骨材各粒の周圍を完全に被覆し、其の空隙を満し分離せざるコンクリート）であることは前に述べた様に絶対必要であるが、プラスチックなコンクリートには種々の調度（Consistency）——調度とはコンクリートの軟さの度合を云ひ、液體の様に軟かいものから非常に硬いものまでの、あらゆる軟さの度合を云ひ表すものである——のものがある。例へば同一の水—セメント比であり、且つプラスチックであつても、同一骨材に對してセメント糊状體が多量であれば軟かいコンクリートとなる。又同一骨材に對し同一セメント量を使用するときは水—セメント比の大なるものが軟かいコンクリートとなる。

構造物に填充せるコンクリートが、型枠の隅々及鐵筋の周圍に完全に行き渡らなければ、構造物は其の強度を充分發揮出來ない。プラスチックなコンクリートは硬軟種々ありて、必ずしも施工に都合よき調度を有するものとは云ひ得ないのである。従つて現場に於て施工するコンクリートは型枠の廣狹、鐵筋の有無、施工の方法等に依り異つた調度を必要とする。

斯く施工の難易を基礎として定めたるプラスチックなコンクリートの調度を**ウオーカビリチイ**（Workability）と云ふ。

ウオーカビリチイはセメント糊状體の性質（水—セメント比）骨材の性質（粒度、粒の形状、最大寸法）、混合の程度、等に依りて異なるものである。例へば同一配合のコンクリートであれば水量を増す程、即ち水—セメント比を大にする程軟くなるがコンクリートの耐力は減する。同一の水—セメント比のコンクリートを軟くするにはセメント糊状體、即ちセメント使用量を増加しなければならぬ。何れもウオーカビリチイを適當にするため、コンクリートを軟くすることは不經濟であるが、工事の性質上已むを得ない。ウオーカビリチイを増すために水量を増加し、水—セメント比が規定より増大するときは、同時にセメントを増加し、水—セメント比を規定以上としない様注意しなければならない。

ウオーカビリチイはスランプ・テストに依りて測定する。スランプ・テスト、及適當のウオーカビリチイに付いては § 185 の (1) に述べる。

§ 183. 合理的配合の決定

コンクリートの合理的配合を定むることは、コンクリートが所要の耐久力と強度を有する如く、水—セメント比を定め、且つ此の定まつた水—セメント比にて施工に適合するウオーカビリチイが得らるゝ様に、セメント及骨材を適當に按配する事である。規定の水—セメント比を有する一定量のセメント糊状體を使用せるコンクリートのウオーカビリチイは、骨材の粒度、大さ、形状に支配さるゝものであるから簡單には定め難い。然し相當の設備と經驗を有すれば試験に依て之を定むることは極めて容易であるが、普通の現場に於ては試験に依て配合を定むることは困難の場合が多いから、此處には既往の試験の結果を用ひて配合を定める方法を記述する。

(1) **配合** 第 99 表乃至第 102 表は米國の鐵筋コンクリートの示方書に配合決定の標準として示されたものであつて、之等の表はポルトランド・セメント $1 m^3$ の重量を $1,506 kg$ ($90 \text{ \#}/\text{呎}^3$) とし、表記の耐壓強度を得るに必要な配合を示したものである。水—セメント比は記載してないが、之は第 97 表に依りて表記の強度に適合する水—セメント比を求むればよい。

元來之等の表は骨材の篩別試験を行ふ場合に使用するものであるが、試験をせず之等の表を應用するには、使用骨材に適當と思はるゝ配合を表中より選定し、此の配合にて練合せ試験を現場にて數回行ひて、所定のスランプを得る様に實用配合を定める。此の場合水—セメント比は規定通りとして變更してはならない。

(2) **セメントの最小使用量** 鐵筋コンクリート構造物に於ては鐵筋とコンクリートとの附着應力強度を増大するため、又はコンクリートを相當耐水性とするため、鐵筋防錆上鐵筋が充分セメント糊状體に被覆されるために、コンクリートの耐壓強度には不必要であつても、相物の安全は期し難いので、土木學會示方書定して居る。

鐵筋コンクリートに於ては出來上りコンクリート $1 m^3$ に就き、少くとも $300 kg$ のセメントを使用すべし。但し橋梁、其他の構造物にして煤煙、乾濕、鹽分、其他に對し特に鐵

材齢28日に於て 105 kg/cm² の耐壓強度を有する
第 99 表 コンクリートの配合(容積比)

粗骨材の大きさ	スラップ cm	細 骨 材 の 大 き				
		0~No. 28	0~No. 14	0~No. 8	0~No. 4	0~ $\frac{3}{8}$ in
0.....	1.3~2.5	1:2.8	1:3.2	1:3.8	1:4.4	1:5.1
	7.5~10	1:2.4	1:2.8	1:3.3	1:3.8	1:4.5
	15~18	1:1.9	1:2.2	1:2.6	1:3.0	1:3.6
	20~25	1:1.4	1:1.6	1:1.8	1:2.1	1:2.5
No. 4 より $\frac{3}{4}$ in まで	1.3~2.5	1:2.6:4.6	1:2.9:4.3	1:3.4:4.1	1:3.9:3.6	1:4.6:3.1
	7.5~10	1:2.3:4.0	1:2.6:3.8	1:2.9:3.6	1:3.4:3.2	1:4.1:2.8
	15~18	1:1.8:3.4	1:2.0:3.2	1:2.3:3.1	1:2.6:2.8	1:3.1:2.5
	20~25	1:1.1:2.5	1:1.3:2.4	1:1.5:2.4	1:1.7:2.2	1:2.1:2.0
No. 4 より 1in まで	1.3~2.5	1:2.4:5.3	1:2.7:5.2	1:3.1:5.0	1:3.5:4.7	1:4.3:4.3
	7.5~10	1:2.1:4.7	1:2.4:4.5	1:2.7:4.4	1:3.1:4.1	1:3.7:3.7
	15~18	1:1.6:3.9	1:1.8:3.8	1:2.1:3.7	1:2.4:3.5	1:2.9:3.3
	20~25	1:1.1:2.9	1:1.2:2.8	1:1.4:2.8	1:1.6:2.7	1:1.9:2.5
No. 4 より 1 $\frac{1}{2}$ in まで	1.3~2.5	1:2.4:6.0	1:2.7:5.9	1:3.1:5.8	1:3.5:5.4	1:4.1:5.1
	7.5~10	1:2.0:5.4	1:2.3:5.3	1:2.7:5.2	1:3.0:5.0	1:3.5:4.6
	15~18	1:1.6:4.4	1:1.8:4.3	1:2.0:4.3	1:2.3:4.1	1:2.7:3.9
	20~25	1:1.0:3.3	1:1.1:3.2	1:1.3:3.2	1:1.5:3.1	1:1.8:2.9
No. 4 より 2in まで	1.3~2.5	1:2.2:6.9	1:2.4:6.8	1:2.8:6.8	1:3.1:6.6	1:3.7:6.4
	7.5~10	1:1.8:6.2	1:2.0:6.1	1:2.4:6.1	1:2.7:6.0	1:3.1:5.7
	15~18	1:1.4:5.1	1:1.6:5.0	1:1.8:5.0	1:2.0:5.0	1:2.4:4.8
	20~25	1:0.9:3.8	1:1.0:3.8	1:1.1:3.8	1:1.3:3.8	1:1.5:3.7
$\frac{3}{8}$ より 1in まで	1.3~2.5	1:2.8:5.2	1:3.1:5.1	1:3.6:4.8	1:4.2:4.6	1:4.8:4.1
	7.5~10	1:2.4:4.5	1:2.6:4.5	1:3.1:4.3	1:3.6:4.0	1:4.1:3.6
	15~18	1:1.9:3.9	1:2.1:3.7	1:2.4:3.6	1:2.8:3.4	1:3.2:3.4
	20~25	1:1.3:2.8	1:1.4:2.8	1:1.6:2.7	1:1.9:2.6	1:2.2:2.4
$\frac{3}{8}$ より 1 $\frac{1}{2}$ in まで	1.3~2.5	1:2.8:5.8	1:3.1:5.7	1:3.5:5.5	1:4.1:5.3	1:4.7:4.9
	7.5~10	1:2.4:5.2	1:2.7:5.1	1:3.1:5.0	1:3.5:4.8	1:4.1:4.4
	15~18	1:1.9:4.3	1:2.1:4.2	1:2.4:4.2	1:2.7:4.0	1:3.1:3.7
	20~25	1:1.2:3.2	1:1.4:3.2	1:1.6:3.1	1:1.8:3.0	1:2.1:2.9
$\frac{3}{8}$ より 2in まで	1.3~2.5	1:2.7:6.6	1:3.0:6.6	1:3.4:6.5	1:3.9:6.4	1:4.4:6.0
	7.5~10	1:2.3:5.9	1:2.6:5.9	1:2.9:5.8	1:3.3:5.6	1:3.7:5.5
	15~18	1:1.8:4.9	1:2.0:4.8	1:2.2:4.8	1:2.6:4.8	1:3.0:4.5
	20~25	1:1.2:3.7	1:1.3:3.7	1:1.5:3.7	1:1.7:3.6	1:1.9:3.5
$\frac{3}{4}$ より 1 $\frac{1}{2}$ in まで	1.3~2.5	1:3.2:5.4	1:3.6:5.3	1:4.1:5.1	1:4.7:4.8	1:5.3:4.4
	7.5~10	1:2.8:4.8	1:3.2:4.8	1:3.6:4.6	1:4.0:4.4	1:4.6:4.0
	15~18	1:2.1:4.0	1:2.5:4.0	1:2.8:3.9	1:3.2:3.7	1:3.5:3.4
	20~25	1:1.5:3.0	1:1.7:3.0	1:1.9:2.9	1:2.2:2.8	1:2.5:2.7
$\frac{3}{4}$ より 2in まで	1.3~2.5	1:3.2:6.2	1:3.6:6.1	1:4.0:6.0	1:4.6:5.8	1:5.2:5.4
	7.5~10	1:2.8:5.5	1:3.1:5.5	1:3.5:5.4	1:3.9:5.2	1:4.5:4.9
	15~18	1:2.1:4.5	1:2.4:4.6	1:2.7:4.5	1:3.1:4.4	1:3.5:4.1
	20~25	1:1.4:3.4	1:1.6:3.4	1:1.8:3.4	1:2.1:3.4	1:2.4:3.3
$\frac{3}{4}$ より 3in まで	1.3~2.5	1:3.2:7.1	1:3.6:7.1	1:4.0:7.0	1:4.6:6.9	1:5.2:6.6
	7.5~10	1:2.7:6.3	1:3.0:6.3	1:3.4:6.3	1:4.0:6.2	1:4.5:5.9
	15~18	1:2.1:5.1	1:2.4:5.2	1:2.7:5.2	1:3.1:6.1	1:3.5:4.9
	20~25	1:1.4:3.8	1:1.6:3.9	1:1.8:3.9	1:2.1:3.9	1:2.4:3.8

材齢28日に於て 140 kg/cm² の耐壓強度を有する
コンクリートの配合(容積比)

第 100 表

粗骨材の大きさ	スラップ cm	細 骨 材 の 大 き				
		0~No. 28	0~No. 14	0~No. 8	0~No. 4	0~ $\frac{3}{8}$ in
0.....	1.3~2.5	1:2.2	1:2.6	1:3.0	1:3.5	1:4.1
	7.5~10	1:1.9	1:2.2	1:2.6	1:3.0	1:3.5
	15~18	1:1.5	1:1.7	1:2.0	1:2.3	1:2.7
	20~25	1:1.0	1:1.1	1:1.3	1:1.6	1:1.8
No. 4 より $\frac{3}{4}$ in まで	1.3~2.5	1:2.1:3.8	1:2.3:3.7	1:2.6:3.5	1:3.0:3.1	1:3.6:2.8
	7.5~10	1:1.7:3.3	1:1.9:3.2	1:2.2:3.1	1:2.6:2.8	1:3.0:2.4
	15~18	1:1.3:2.7	1:1.4:2.6	1:1.7:2.5	1:1.9:2.3	1:2.3:2.1
	20~25	1:0.8:1.9	1:0.9:1.9	1:1.0:1.8	1:1.2:1.7	1:1.5:1.6
No. 4 より 1in まで	1.3~2.5	1:1.9:4.5	1:2.2:4.3	1:2.5:4.2	1:2.8:3.9	1:3.4:3.6
	7.5~10	1:1.6:3.9	1:1.8:3.8	1:2.1:3.7	1:2.4:3.5	1:2.8:3.2
	15~18	1:1.2:3.1	1:1.3:3.1	1:1.5:3.0	1:1.8:2.9	1:2.1:2.7
	20~25	1:0.7:2.2	1:0.8:2.2	1:1.0:2.3	1:1.1:2.1	1:1.3:2.0
No. 4 より 1 $\frac{1}{2}$ in まで	1.3~2.5	1:1.9:5.0	1:2.1:4.9	1:2.4:4.9	1:2.7:4.6	1:3.2:4.4
	7.5~10	1:1.6:4.4	1:1.7:4.3	1:2.0:4.2	1:2.4:4.0	1:2.7:3.8
	15~18	1:1.1:3.5	1:1.3:3.5	1:1.4:3.5	1:1.7:3.4	1:2.0:3.2
	20~25	1:0.7:2.5	1:0.8:2.5	1:0.9:2.5	1:1.0:2.4	1:1.2:2.3
No. 4 より 2in まで	1.3~2.5	1:1.7:5.8	1:1.9:5.7	1:2.1:5.8	1:2.4:5.6	1:2.8:5.5
	7.5~10	1:1.4:5.0	1:1.5:5.0	1:1.8:5.0	1:2.0:4.9	1:2.3:4.7
	15~18	1:1.0:4.1	1:1.1:4.1	1:1.2:4.1	1:1.4:4.1	1:1.7:3.9
	20~25	1:0.6:2.9	1:0.7:2.9	1:0.7:3.0	1:0.8:2.9	1:1.0:2.9
$\frac{3}{8}$ より 1in まで	1.3~2.5	1:2.2:4.4	1:2.5:4.2	1:2.8:4.1	1:3.3:3.8	1:3.8:3.4
	7.5~10	1:1.9:3.8	1:2.1:3.7	1:2.4:3.6	1:2.8:3.4	1:3.2:3.1
	15~18	1:1.4:3.1	1:1.5:3.0	1:1.8:3.0	1:2.1:2.8	1:2.4:2.5
	20~25	1:0.9:2.2	1:1.0:2.2	1:1.1:2.2	1:1.3:2.0	1:1.5:2.3
$\frac{3}{8}$ より 1 $\frac{1}{2}$ in まで	1.3~2.5	1:2.2:4.9	1:2.5:4.8	1:2.8:4.7	1:3.2:4.6	1:3.7:4.2
	7.5~10	1:1.9:4.3	1:2.1:4.2	1:2.4:4.1	1:2.8:4.0	1:3.1:3.7
	15~18	1:1.4:3.5	1:1.5:3.4	1:1.7:3.4	1:2.0:3.3	1:2.3:3.1
	20~25	1:0.9:2.5	1:1.0:2.5	1:1.1:2.4	1:1.3:2.4	1:1.5:2.3
$\frac{3}{8}$ より 2in まで	1.3~2.5	1:2.1:5.6	1:2.3:5.5	1:2.6:5.5	1:3.0:5.4	1:3.5:5.1
	7.5~10	1:1.7:4.8	1:2.0:4.8	1:2.2:4.8	1:2.5:4.7	1:2.9:4.4
	15~18	1:1.3:4.0	1:1.4:3.9	1:1.6:3.9	1:1.8:3.9	1:2.1:3.8
	20~25	1:0.8:2.9	1:0.9:2.9	1:1.0:2.9	1:1.2:2.9	1:1.3:2.8
$\frac{3}{4}$ より 1 $\frac{1}{2}$ in まで	1.3~2.5	1:2.6:4.5	1:2.9:4.5	1:3.3:4.4	1:3.8:4.2	1:4.3:3.9
	7.5~10	1:2.2:3.9	1:2.5:3.9	1:2.8:3.8	1:3.2:3.6	1:3.6:3.3
	15~18	1:1.6:3.2	1:1.8:3.2	1:2.1:3.1	1:2.4:3.0	1:2.7:2.8
	20~25	1:1.0:2.3	1:1.2:2.3	1:1.4:2.2	1:1.6:2.2	1:1.8:2.1
$\frac{3}{4}$ より 2in まで	1.3~2.5	1:2.5:5.2	1:2.8:5.2	1:3.2:5.1	1:3.6:5.0	1:4.1:4.7
	7.5~10	1:2.1:4.5	1:2.4:4.5	1:2.7:4.4	1:3.1:4.3	1:3.5:4.0
	15~18	1:1.6:3.7	1:1.8:3.7	1:2.0:3.7	1:2.3:3.6	1:2.6:3.5
	20~25	1:1.0:2.6	1:1.1:2.7	1:1.3:2.6	1:1.5:2.7	1:1.7:2.6
$\frac{3}{4}$ より 3in まで	1.3~2.5	1:2.5:6.0	1:2.9:5.9	1:3.2:5.9	1:3.6:5.8	1:4.1:5.6
	7.5~10	1:2.1:5.1	1:2.4:5.2	1:2.7:5.2	1:3.1:5.1	1:3.5:4.9
	15~18	1:1.5:4.1	1:1.7:4.2	1:2.0:4.2	1:2.3:4.2	1:2.5:4.0
	20~25	1:1.0:2.9	1:1.1:3.0	1:1.3:3.0	1:1.5:3.0	1:1.7:3.0

材齢28日に於て 175 kg/cm² の耐壓強度を有する
コンクリートの配合(容積比)

第 101 表

粗骨材の大きさ	スランブ cm	細 骨 材 の 大 き さ				
		0~No. 28	0~No. 14	0~No. 8	0~No. 4	0~ ³ / ₈ in
0.....	1.3~2.5	1:1.8	1:2.1	1:2.4	1:2.9	1:3.3
	7.5~10	1:1.5	1:1.8	1:2.1	1:2.4	1:2.8
	15~18	1:1.1	1:1.3	1:1.6	1:1.8	1:2.1
	20~25	1:0.7	1:0.8	1:0.9	1:1.1	1:1.3
No. 4 より ³ / ₄ in まで	1.3~2.5	1:1.6:3.2	1:1.8:3.1	1:2.1:3.0	1:2.4:2.7	1:2.9:2.4
	7.5~10	1:1.3:2.8	1:1.5:2.7	1:1.7:2.6	1:2.0:2.4	1:2.4:2.2
	15~18	1:1.0:2.2	1:1.1:2.2	1:1.3:2.1	1:1.5:2.0	1:1.8:1.8
	20~25	1:0.5:1.4	1:0.6:1.4	1:0.7:1.4	1:0.8:1.4	1:1.0:1.3
No. 4 より 1 in まで	1.3~2.5	1:1.5:3.7	1:1.7:3.7	1:2.0:3.5	1:2.2:3.4	1:2.7:3.1
	7.5~10	1:1.2:3.3	1:1.4:3.2	1:1.6:3.1	1:1.9:3.0	1:2.2:2.7
	15~18	1:0.9:2.6	1:1.0:2.5	1:1.1:2.5	1:1.3:2.4	1:1.6:2.3
	20~25	1:0.5:1.7	1:0.6:1.7	1:0.6:1.7	1:0.7:1.6	1:0.9:1.5
No. 4 より ¹ / ₂ in まで	1.3~2.5	1:1.4:4.2	1:1.6:4.1	1:1.9:4.1	1:2.2:4.0	1:2.5:3.8
	7.5~10	1:1.2:3.7	1:1.3:3.6	1:1.5:3.6	1:1.8:3.5	1:2.1:3.3
	15~18	1:0.9:2.9	1:0.9:2.8	1:1.1:2.8	1:1.3:2.8	1:1.5:2.6
	20~25	1:0.5:1.9	1:0.5:1.9	1:0.6:1.9	1:0.7:1.8	1:0.8:1.8
No. 4 より 2 in まで	1.3~2.5	1:1.3:4.9	1:1.4:4.8	1:1.6:4.9	1:1.9:4.8	1:2.2:4.7
	7.5~10	1:1.1:4.3	1:1.2:4.2	1:1.3:4.3	1:1.6:4.2	1:1.8:4.1
	15~18	1:0.7:3.3	1:0.8:3.3	1:0.9:3.4	1:1.1:3.3	1:1.2:3.3
	20~25	1:0.4:2.2	1:2.4:2.2	1:0.5:2.2	1:0.6:2.2	1:0.6:2.2
³ / ₈ より 1 in まで	1.3~2.5	1:1.8:3.7	1:2.0:3.0	1:2.3:3.5	1:2.6:3.3	1:3.0:2.9
	7.5~10	1:1.4:3.2	1:1.6:3.1	1:1.9:2.9	1:2.2:2.9	1:2.5:2.6
	15~18	1:1.0:2.5	1:1.2:2.5	1:1.3:2.4	1:1.6:2.3	1:1.8:2.2
	20~25	1:0.6:1.6	1:0.7:1.6	1:0.8:1.6	1:0.9:1.6	1:1.0:1.5
³ / ₈ より 1 in まで	1.3~2.5	1:1.7:4.1	1:1.9:4.1	1:2.2:4.0	1:2.5:3.9	1:2.9:3.6
	7.5~10	1:1.5:3.6	1:1.6:3.6	1:1.8:3.5	1:2.1:3.4	1:2.3:3.2
	15~18	1:1.0:2.9	1:1.2:2.8	1:1.3:2.8	1:1.5:2.7	1:1.8:2.6
	20~25	1:0.6:1.9	1:0.6:1.9	1:0.8:1.8	1:0.9:1.8	1:1.0:1.8
³ / ₈ より 2 in まで	1.3~2.5	1:1.7:4.7	1:1.8:4.7	1:2.1:4.7	1:2.4:4.6	1:2.7:4.4
	7.5~10	1:1.4:4.1	1:1.5:4.1	1:1.7:4.1	1:2.0:4.0	1:2.3:3.9
	15~18	1:1.0:3.2	1:1.1:3.2	1:1.2:3.2	1:1.4:3.2	1:1.6:3.1
	20~25	1:0.5:2.1	1:0.6:2.1	1:0.7:2.2	1:0.8:2.2	1:0.9:2.1
³ / ₄ より 1 in まで	1.3~2.5	1:2.0:3.8	1:2.3:3.8	1:2.6:3.7	1:3.0:3.6	1:3.4:3.3
	7.5~10	1:1.7:3.3	1:2.0:3.3	1:2.3:3.2	1:2.5:3.2	1:2.9:2.9
	15~18	1:1.2:2.6	1:1.4:2.6	1:1.6:2.6	1:1.9:2.5	1:2.1:2.3
	20~25	1:0.7:1.7	1:0.8:1.7	1:0.9:1.7	1:1.1:1.7	1:1.2:1.6
³ / ₄ より 2 in まで	1.3~2.5	1:2.0:4.4	1:2.2:4.4	1:2.5:4.3	1:2.9:4.3	1:3.3:4.1
	7.5~10	1:1.7:3.8	1:1.9:3.8	1:2.1:3.8	1:2.5:3.7	1:2.8:3.6
	15~18	1:1.2:3.0	1:1.4:3.0	1:1.5:3.0	1:1.8:3.0	1:2.0:2.8
	20~25	1:0.7:2.0	1:0.8:2.0	1:0.9:2.0	1:1.0:2.0	1:1.2:2.0
³ / ₄ より 3 in まで	1.3~2.5	1:2.0:5.0	1:2.2:5.0	1:2.5:5.0	1:2.7:5.0	1:3.2:4.7
	7.5~10	1:1.7:4.3	1:1.9:4.3	1:2.1:4.3	1:2.4:4.3	1:2.7:4.1
	15~18	1:1.2:3.3	1:1.4:3.4	1:1.5:3.4	1:1.8:3.4	1:2.0:3.3
	20~25	1:0.7:2.2	1:0.8:2.2	1:0.9:2.2	1:1.0:2.3	1:1.2:3.3

材齢28日に於て 210 kg/cm² の耐壓強度を有する
コンクリートの配合(容積比)

第 102 表

粗骨材の大きさ	スランブ cm	細 骨 材 の 大 き さ				
		0~No. 28	0~No. 14	0~No. 8	0~No. 4	0~ ³ / ₈ in
0.....	1.3~2.5	1:1.5	1:1.7	1:2.0	1:2.3	1:2.7
	7.5~10	1:1.2	1:1.4	1:1.7	1:1.9	1:2.3
	15~18	1:0.9	1:1.0	1:1.2	1:1.4	1:1.6
	20~25	1:0.5	1:0.6	1:0.7	1:0.8	1:0.9
No. 4 より ³ / ₄ in まで	1.3~2.5	1:1.3:2.7	1:1.5:2.6	1:1.7:2.5	1:1.9:2.4	1:2.3:2.1
	7.5~10	1:1.0:2.3	1:1.2:2.2	1:1.4:2.2	1:1.6:2.0	1:1.9:1.8
	15~18	1:0.7:1.7	1:0.8:1.7	1:0.9:1.7	1:1.1:1.6	1:1.3:1.4
	20~25	1:0.3:1.0	1:0.4:1.0	1:0.5:1.0	1:0.5:1.0	1:0.6:0.9
No. 4 より 1 in まで	1.3~2.5	1:1.2:3.1	1:1.3:3.1	1:1.5:3.0	1:1.8:2.9	1:2.1:2.7
	7.5~10	1:0.9:2.7	1:1.1:2.6	1:1.2:2.6	1:1.4:2.5	1:1.7:2.3
	15~18	1:0.6:2.0	1:0.7:2.0	1:0.8:2.0	1:0.9:1.9	1:1.1:1.8
	20~25	1:0.3:1.2	1:0.3:1.2	1:0.4:1.2	1:0.5:1.2	1:0.6:1.2
No. 4 より 1 ¹ / ₂ in まで	1.3~2.5	1:1.1:3.6	1:1.2:3.5	1:1.5:3.5	1:1.7:3.4	1:2.0:3.2
	7.5~10	1:0.9:3.0	1:1.0:2.9	1:1.2:2.9	1:1.4:2.9	1:1.6:2.7
	15~18	1:0.6:2.2	1:0.7:2.2	1:0.8:2.2	1:0.9:2.2	1:1.1:2.1
	20~25	1:0.3:1.4	1:0.3:1.3	1:0.4:1.4	1:0.5:1.4	1:0.5:1.3
No. 4 より 2 in まで	1.3~2.5	1:1.0:4.1	1:1.1:4.1	1:1.2:4.1	1:1.4:4.1	1:1.6:4.0
	7.5~10	1:0.8:3.4	1:0.9:3.4	1:1.0:3.5	1:1.1:3.4	1:1.3:3.4
	15~18	1:0.5:2.6	1:0.6:2.6	1:0.6:2.7	1:0.7:2.6	1:0.9:2.6
	20~25	1:0.2:1.6	1:0.3:1.6	1:0.3:1.7	1:0.4:1.7	1:0.4:1.7
No. ³ / ₈ より 1 in まで	1.3~2.5	1:1.4:3.1	1:1.5:3.0	1:1.8:2.9	1:2.1:2.8	1:2.4:2.6
	7.5~10	1:1.1:2.6	1:1.3:2.6	1:1.5:2.5	1:1.7:2.4	1:2.0:2.2
	15~18	1:0.8:2.0	1:0.8:2.0	1:1.0:1.9	1:1.1:1.9	1:1.3:1.8
	20~25	1:0.4:1.2	1:0.4:1.2	1:0.5:1.2	1:0.6:1.2	1:0.7:1.1
³ / ₈ より 1 ¹ / ₂ in まで	1.3~2.5	1:1.4:3.5	1:1.5:3.4	1:1.7:3.4	1:2.0:3.3	1:2.3:3.1
	7.5~10	1:1.1:3.0	1:1.2:2.9	1:1.4:2.9	1:1.6:2.8	1:1.9:2.6
	15~18	1:0.6:2.2	1:0.8:2.2	1:1.0:2.2	1:1.1:2.1	1:1.3:2.0
	20~25	1:0.4:1.4	1:0.4:1.4	1:0.5:1.4	1:0.6:1.3	1:0.7:1.3
³ / ₈ より 2 in まで	1.3~2.5	1:1.3:4.0	1:1.4:4.0	1:1.6:4.0	1:1.9:3.9	1:2.1:3.8
	7.5~10	1:1.0:3.4	1:1.2:3.4	1:1.3:3.3	1:1.5:3.3	1:1.7:3.2
	15~18	1:0.7:2.6	1:0.8:2.5	1:0.9:2.6	1:1.0:2.6	1:1.1:2.5
	20~25	1:0.4:1.6	1:0.4:1.6	1:0.5:1.6	1:0.5:1.6	1:0.6:1.6
³ / ₄ より 1 ¹ / ₂ in まで	1.3~2.5	1:1.6:3.2	1:1.8:3.2	1:2.1:3.2	1:2.4:3.1	1:2.7:2.9
	7.5~10	1:1.3:2.7	1:1.5:2.7	1:1.7:2.7	1:2.0:2.6	1:2.3:2.5
	15~18	1:0.9:2.0	1:1.0:2.1	1:1.2:2.0	1:1.4:2.0	1:1.5:1.8
	20~25	1:0.5:1.2	1:0.5:1.3	1:0.6:1.3	1:0.7:1.3	1:0.8:1.2
³ / ₄ より 2 in まで	1.3~2.5	1:1.6:3.7	1:1.8:3.7	1:2.0:3.7	1:2.4:3.6	1:2.6:3.5
	7.5~10	1:1.3:3.1	1:1.5:3.1	1:1.6:3.1	1:1.9:3.1	1:2.2:3.0
	15~18	1:0.9:2.4	1:1.1:2.4	1:1.1:2.4	1:1.3:2.4	1:1.5:2.3
	20~25	1:0.5:1.5	1:0.5:1.5	1:0.6:1.5	1:0.7:1.5	1:0.8:1.5
³ / ₄ より 3 in まで	1.3~2.5	1:1.6:4.2	1:1.8:4.2	1:2.0:4.2	1:2.3:4.1	1:2.6:4.0
	7.5~10	1:1.3:3.5	1:1.5:3.6	1:1.6:3.6	1:1.9:3.6	1:2.1:3.5
	15~18	1:0.9:2.6	1:1.0:2.6	1:1.1:2.6	1:1.3:2.6	1:1.4:2.6
	20~25	1:0.5:1.6	1:0.5:1.6	1:0.6:1.7	1:0.7:1.7	1:0.8:1.7

筋の保護を必要とする場合には前記セメント量を増大すべし。又寸法大なる構造物にして、其の受くる應力が許容應力より特に低く、鐵筋防錆に支障なき場合に於ては前記使用量を減少することを得。

1 m³ に 300 kg のセメントを使用せるコンクリートの配合は大體 1:2.5:5 に當るのである。

水中の鐵筋コンクリート構造物に使用するコンクリートに於ては、其の 1 m³ に付きセメント 350 kg 以上、海中に於ける鐵筋コンクリート構造物で乾濕の影響を受くる部分のコンクリートは、其の 1 m³ に付きセメント 400 kg 以上を使用するが安全である。

(3) 骨材の含水量 含水量に對する水—セメント比の補正。現場で使用する骨材は必ず多少の水分を含有して居る。此の水分は骨材粒の内部に吸収されてセメント糊状體の水化作用に無關係な吸水量と、骨材粒の表面に附着し使用水量と共に水化作用に關係する含水量とがある。含水量と吸水量は大體第 103 表及第 104 表の通りである。

第 103 表 骨材の含水量

骨材の状態	骨材重量に對する100分率	骨材 1 m ³ の含水量
非常に濡れたる砂	6~8	100~135kg
少しく濡れたる砂	4	67
濕れる砂	2	34
濕れる砂利又は碎石	2	34

第 104 表 骨材吸水量

骨材の種類	骨材重量に對する100分率	骨材 1 m ³ の吸水量
普通の砂	1.0	17 kg
礫	1.0	17
石灰岩碎石	1.0	17
花崗岩、玄武岩	0.5	8
有孔質砂岩	7.0	120

第 103 表の含水量は骨材の總含水量より吸水量を減じたるものである。含水量は水—セメント比を増大するものであるから、使用水量は次式に依り補正しな

ければならない。

$$\text{使用水量} = \frac{\text{水—セメント比によりて}}{\text{算出せる水量}} - (\text{含水量}) \dots\dots\dots(3)$$

吸水量は水—セメント比を減ずるものであるから、骨材が完全に乾燥せる場合は使用水量は次式に依りて定める。

$$\text{使用水量} = \frac{\text{水—セメント比によりて}}{\text{算出せる水量}} + (\text{吸水量}) \dots\dots\dots(4)$$

之は特に骨材を乾燥せしめたる場合であつて現場にては斯の如き場合は無い。

(4) 所要材料 プラスチックなコンクリートであれば、此の内に有る空隙は 1% 以下であり、且つ施工中失はるゝ水量も僅かであるから材料の計算には之等を無視するも差支ない。従て出來上りコンクリートの容積はセメント、骨材の絶対容積——或る容積内に存在する固體のみの容積——に使用水の容積を加へたものと看做し得る。

絶対容積は次の式に依りて算出し得る。

$$\text{絶対容積} = \frac{\text{重量}}{(\text{比重}) \times (\text{水の單位重量})} \dots\dots\dots(5)$$

材料の平均比重は第 105 表の通りである。

材料の平均比重

材 料	比 重	材 料	比 重
水	1.0	花 崗 岩	2.70
セメント	3.1	石 灰 岩	2.60
砂	2.65	玄 武 岩	2.90
砂 利	2.66	砂 岩	2.40
礫 岩	2.60		

第 105 表

材料の重量は大體第 106 表の通りであるが、水—セメント以外は其の差が甚だしいから現場にて測定するがよい。

材料の 1 m³ の重量

材 料	1 m ³ の重量 kg	第 106 表 平均
水	1,000	
セメント	1,500	

普通の砂	1,325 ~ 1,925	1,600
碎石粉	1,295 ~ 1,925	
砂利碎石	1,200 ~ 1,925	1,700

今、1:m:n を所要配合、 r を水—セメント比

Q をセメント $1(m^3)$ 砂 $m(m^3)$ 砂利 $n(m^3)$ と $r \times \frac{1,500}{1,000}(m^3)$ の水を混合して出来るコンクリート容積 (m^3)

V_c, V_s, V_g を夫々セメント、砂、砂利の絶対容積とせば、

$$Q = V_c + mV_s + nV_g + r \times \frac{1,500}{1,000} \dots\dots\dots (6)$$

次に

- $C = 1 (m^3)$ のコンクリートを作るに必要なセメントの容積 (m^3)
- $C_1 =$ " " " " 重量 (kg)
- $S =$ " " " " 砂の容積 (m^3)
- $G =$ " " " " 砂利の容積 (m^3)
- $W =$ " " " " 水の容積 (m^3)

とせば所要材料は次の7式にて算出し得る。

$$\left. \begin{aligned} C &= \frac{1}{Q} \\ C_1 &= 1,500C \\ S &= mC \\ G &= nC \\ W &= \frac{rC_1}{1,000} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (7)$$

C_1 を § 183 の(2)に述べた最少量以下としてはならない。又 W は公式3に依る含水量の補正を要する。

計算例。配合 1:1.5:3, 水—セメント比 0.55 なるコンクリートを製作するに要する所要材料を算出せよ。但し骨材の比重は第 105 表に依り砂及砂利の各 $1 m^3$ の重量は夫々 $1,600 kg, 1,700 kg$ とし、砂及砂利の含水量は各 $1 m^3$ に付夫々 $67 kg$ 及 $34 kg$ とす。

公式 5 によりて材量の絶対容積を求めば、

$$V_c = \frac{1,500}{31 \times 1,000} = 0.484$$

$$V_s = \frac{1,600}{2.65 \times 1,000} = 0.604$$

$$V_g = \frac{1,700}{2.66 \times 1,000} = 0.639$$

にしてセメント $1 m^3$ を使用せる場合のコンクリートの容積 Q は公式 6 に依り、

$$Q = V_c + mV_s + nV_g + r \times \frac{1,500}{1,000} = 0.484 + 1.5 \times 0.604 + 3 \times 0.639 + 0.55 \times 1.5 = 4.132$$

公式 7 に依り

$$C = \frac{1}{Q} = \frac{1}{4.132} = 0.242 m^3$$

$$C_1 = 1,500C = 1,500 \times 0.242 = 363 kg$$

$$S = mC = 1.5 \times 0.242 = 0.363 m^3$$

$$G = nC = 3 \times 0.242 = 0.726 m^3$$

$$W = \frac{rC_1}{1,000} = \frac{0.55 \times 363}{1,000} \div 2 m^3 \text{ 又は } 200 kg$$

使用水量に対する砂、砂利の含水量の補正をなせば

$$W = 200 - 67 \times 0.363 - 34 \times 0.726 = 151 kg \text{ 又は } 0.151 m^3$$

§ 184. 舊慣に依る配合の決定

(1) 配合 コンクリートの配合は前述の如くにして合理的に決定すべきものであるが現今一般的の工法としては、構造物の種類に應じて第 107 表の標準に依つて配合を定めて居る。

工 種	舊慣に依る配合實例	第 107 表 配 合
ウエル、ケーソン等の中詰コンクリートの如く強度を必要とせざるコンクリート		1:4:8
プレイン・コンクリート基礎、擁壁、橋臺橋脚等の如く常時彎曲應力を生ぜず、而も比較的大なる強度を要せざる構造物		1:2.5:5 ~ 1:3:6
鐵筋コンクリート構造物にして常時彎曲應力を受け而も大なる強度を要する構造物例へば建物、橋梁等		1:2:4 ~ 1:2.25:4.5
柱の如く特に大なる軸壓應力を受くるもの、又は水槽の如く耐水性を必要とするもの、或は鋪裝の如く磨損に対する抵抗を大ならしむるもの等		1:1:2 ~ 1:1.5:3 1:2:4

第 107 表の標準配合に依るコンクリートの破壊抗圧強度は次の第 108 表に示す強度を有するものとして構造物を設計しなければならない。

第 108 表は材齢 28 日のコンクリートの標準破壊抗圧強度であつて、第 108 表中一般に使用する強度は太字のものである

第 108 表 コンクリート破壊抗圧強度 (材齢 28 日)

骨材の性質	1:1:2 kg/cm ²	1:1.5:3 kg/cm ²	1:2:4 kg/cm ²	1:2.5:5 kg/cm ²	1:3:6 kg/cm ²
花崗岩其他硬質岩石	230	195	155	125	100
砂利、硬質石灰石又は砂岩	210	175	140	115	90
軟質石灰石及砂岩	155	125	105	85	70

許容強度は第 108 表の破壊抗圧強度を第 109 表の安全率にて除したるものであるが、第 109 表の最大値以上を取つてはならない。

第 109 表 コンクリートの許容強度に対する安全率

應 力	安 全 率	許容強度の最大値 kg/cm ²
許容軸壓應力	4	50
許容彎曲應力	3	65
許容支壓應力	3.5	55

舊慣に依る配合法に於ては、水—セメント比の定めが無いのであるが、之は第 97 表に依る水—セメント比を是非とも用ひなければならぬ。スランプを増す目的で使用水量を規定の水—セメント比以上に使用することは絶対に避けなければならない。規定の水—セメント比にて計算せる水量にて所定のスランプが得られない時は、セメント量を増すとか、砂を減ずるとかの方法に依るのである。又セメントの最小使用量も § 183 の (2) に示した限度以下としてはならない。

(2) 所要材料 舊慣に依る配合を使用する場合は、其の所要材料は次の式に依りて定める。

今、1:m:n を所要配合、

Q をセメント l(m³)、砂 m(m³)、砂利 n(m³) を混合して出来るコンクリート容積 (m³)

$$v_c \text{ をセメントの空隙} = 1 - \frac{1,500}{3.1 \times 1,500} = 0.52$$

v_c を砂の空隙 (普通の砂に於ては 0.46 とす)

v_g を砂利の空隙 (普通の砂利に於ては 0.45、細粗粒適當に混合せるものに於ては 0.40 とす)

とせば、

$$Q = 1.34(1-v_c) + 1.34(1-v_s)m + 1.08(1-v_g)n \dots\dots\dots(8)$$

にして、公式 8 に依り Q を求めればセメント量 (C 又は C₁) 砂の量 (S) 砂利の量 (G) 使用水量 (W) は公式 7 に依りて求め得る。

計算例。配合 1:2:4、水—セメント比 0.6 なるコンクリートを製作するに必要な所要材料を算出せよ。

普通の砂、及砂利を使用するものとして v_s = 0.46 v_g = 0.45 と假定せば、公式 8 に依り、

$$Q = 1.34(1-0.52) + 1.34(1-0.46) \times 2 + 1.08(1-0.45) \times 4 = 4.4664 \div 4.5$$

公式 7 に依り、

$$C = \frac{1}{Q} = \frac{1}{4.5} = 0.222 \text{ m}^3$$

$$C_1 = 1,500C = 1,500 \times 0.222 = 333 \text{ kg}$$

$$S = mC = 2 \times 0.222 = 0.444 \div 0.45 \text{ m}^3$$

$$G = nC = 4 \times 0.222 = 0.888 \div 0.89 \text{ m}^3$$

$$W = \frac{rC_1}{1,000} = \frac{0.6 \times 333}{1,000} = 0.1998 \div 0.2 \text{ m}^3$$

第 110 表は普通の砂及砂利 (v_s = 0.46, v_g = 0.45) を使用せる場合の所要材料の表である。モルタルの所要材料は n = 0 と置きて公式 7 及 8 に依りて算出し得る。第 111 表はモルタルの所要材料である。

コンクリート 1m³ に要する所要材料 第 110 表

配 合	セメント kg	砂 m ³	砂 利 m ³
1:1:2	585.0	0.39	0.78
1:1.5:3	425.0	0.42	0.85
1:2:3	385.0	0.52	0.77
1:2:4	333.0	0.45	0.89

モルタル 1m³ に要する所要材料 第 111 表

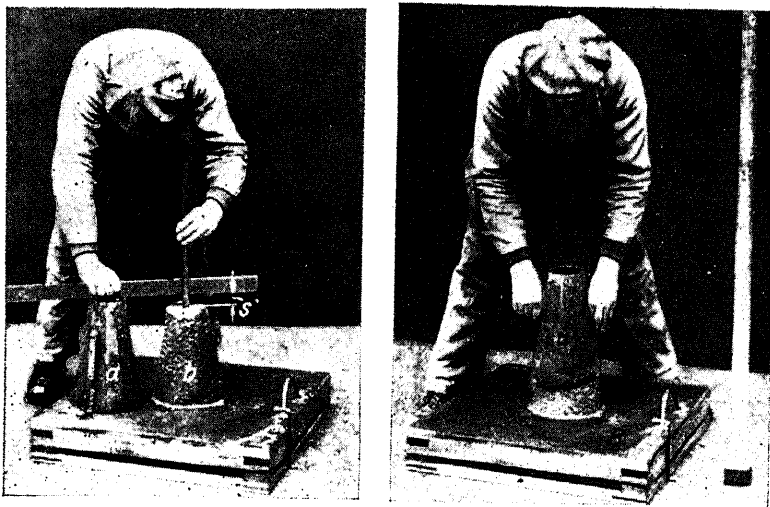
配 合	通常粗砂		極 微 砂	
	セメント (kg)	砂 (m ³)	セメント (kg)	砂 (m ³)
1:1	1,088	0.72	999	0.66
1:2	716	0.95	673	0.90

1:2:5	294.0	0.39	0.98	1:3	533	1.06	509	1.01
1:2.5:5	276.0	0.46	0.92	1:4	424	1.13	408	1.08
1:3:6	235.0	0.47	0.94					
1:4:8	180.0	0.48	0.96					

§ 185. スランプ・テスト及所要スランプ

現行はれてゐる ウォーカピリティの測定法にはスランプ・テスト (Slump test) フローテスト (Flow test) 落下試験等があるが、最も廣く行はれて居るものはスランプ・テストであるから此處にはスランプ・テストの方法のみを述べる。

(1) スランプ 水平の木造臺 (第306圖 R) 上に上端の内徑 10 cm、下端の内徑 20 cm、高さ 30 cm の截頭圓錐形の鐵板又は鑄鐵製 (厚 3 mm ~ 6 mm) 容器 (第306圖 a) を載せ此の中に練立コンクリートを填充したる後、此の容器を第306圖 B に示す如くして上方に取り去れば填充せるコンクリートは第306圖 A の如く崩落する。此のコンクリート上端の「下り」S をスランプ (Slump) と稱し、之を以てウォーカピリティの適否を定めるのである。



(A) 第 306 圖 (B)

各種構造物に適當なるスランプは大體第 112 表の範圍である。

構造物の種類	適當なるスランプの範圍
薄き壁及柱、普通の版又は桁	10 ~ 20 cm
厚き版、大なる桁及壁	7.5 ~ 15 cm
大なる断面、鋪裝	2.5 ~ 10 cm

(2) スランプ・テストの方法 スランプを測定するには次の方法に依る。コンクリートを四層に分ちて前記容器に入れ、毎層鐵棒を以て約 30 回搗き固める。鐵棒を搗き入れる深さは、其の前層に漸く達する程度とし、最上層の搗き固めを終れば、上面を鏝にて水平となし、直ちに容器を靜かに直上方に引き上げコンクリート頂の「下り」を cm にて計り之をスランプとするのである。搗き固め用の鐵棒は直徑 15 mm 長さ約 400 mm のもので、其の先端を長さ約 30 mm の間だけ鈍く尖らしたものである。

スランプ・テストに當つては次の事項を注意しなければならない。

- (イ) コンクリートの練方を終れば直ちにテストを行ふこと。
- (ロ) 木造臺は耐水性とし厚き板にて作製し、搗き固めに當り振動せざる構造とすること。
- (ハ) 試験前木造臺の面を一旦濕潤ならしめたる後、此の水分を充分に拭ひ取りて容器を据付くこと。
- (ニ) 容器を取り去りたる時、試験體が第307圖 (a) (c) (d) の如くなるものは良く無い。(b) 圖の如く容器の元の位置に對して四方に平等に擴がつたものがよい。容器の引き上げ方が直上でなかつたり。(c) 圖の如く一方に粗骨材が多くあつたりすると (a) 又は (e) 圖の如くなる。又骨材の多い部分を供試材に取れば (d) 圖の如くなつて事實は非常に軟かいものでもスランプが小になる。之等は少し経験を積めば直ちに判斷し得るものである。
- (ホ) ミキサーより排出せるコンクリートは往々等性を缺く事があるから、斯かる場合には中庸を得た配合の箇所より試験體を採取しないと第307圖 (d) の如き結果を生ずる。

(ヘ) 試験體のコンクリート頂に凹凸ある場合はコンクリート頂の平均高と看

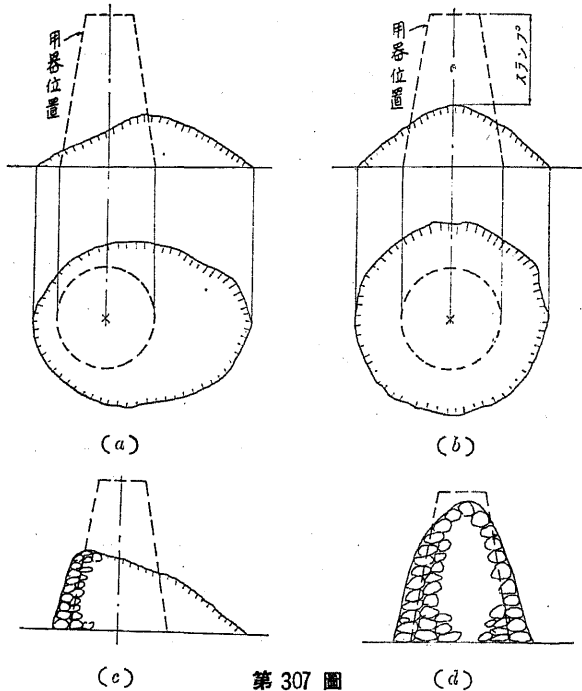
做さるゝ位置にてスランプを計ること。

(ト) スランプ・テストは數回之を行ひ其の平均を採用すること。

(チ) スランプ・テストは毎朝之を行ふこと。

骨材、セメント、配合、混合法が全く等しいものであればスランプも亦等しくなるものであるから時々スランプを計り之

を當初定めたるスランプと比較することは、コンクリートのウオーカビリチイを計ると同時に、水—セメント比が所要の通りであるか否かを検定する一助となる。



第 307 圖

第三節 混 凝 土 の 施 工

§ 186. 材料の計量

現場に於ては短時間に大量の材料を取扱ふ故に材料の計量は簡單にして、誤差の少ない方法を選ぶ必要がある。

(1) セメントの計量 セメントの如き微粉體を一定容積の枡で計るときは其の盛り方に依りて、セメント量に甚だしき相違を生ずる。

例へば 30 cm 立方の枡にセメントを軽く盛つて $1 m^3$ のセメントを計ると、其の重量は 1,250 kg 内外となり、セメント $1 m^3$ を 1,500 kg として算出せる配合に、斯の如き少量のセメントを使用せば所要強度のコンクリートを得ることは出

來ない。

斯くセメント量を容積にて正確に計ることは困難である故に是非とも重量で計らなければならない。従つて各國共に、セメント單位容積の重量を規定し、セメントは重量にて計つて居る。土木學會示方書に於ては「セメントの容積は重量 1,500 kg を以て $1 m^3$ とす」と定めてある。

最も簡単にセメントを重量で計るには、セメントの袋を單位として、一回に混合するコンクリートの量を定めれば良い。斯くすれば正確にセメントを計り得て而も容積で計る以上に手数を省き得るのである。例へば手練であれば一回にセメント一袋 (50 kg) 即ち $0.03 m^3$ に對する砂、砂利の量を定めて混合すれば、配合 1:2:4 のコンクリートなれば普通の手練一回のコンクリート量と殆んど等量である。配合 1:3:6 のコンクリートに於ては量が多くなるから練臺を少しく大にすればよい。ミキサーを使用する時は其の能力に應じて一回に混合するコンクリートを袋單位で定める様にすれば良い。

樽詰セメントを使用する時、又は袋單位にてはミキサーの能力を完全に發揮し得ない場合には重量で計る可きであるが、手数を省くため容積でセメントを計る場合には、先づ軽く盛つたセメント $1 m^3$ の重量を定める。例へば其の重量が 1,250 kg であれば求むるセメント $1 m^3$ は軽く盛つた枡にて計りたる $\frac{1,500}{1,250} = 1.2 m^3$ に當るのである。従つてセメントを計る枡を所定の容積より大きくすれば良い。前例に依れば枡の大きさを所定の大きさより 2 割だけ増して置けばよいのである。

セメントの盛り方には毎日同一人夫を使役しなければ好結果を得られない。出來得れば女人夫を使役するがよい。又毎日 1, 2 回枡中のセメント重量を検定するがよい。

(2) 砂の計量 砂はセメント同様に盛り方に依つて、同一容積の枡で計つても相當の相違を生ずる許りで無く、砂は § 178 の (1) に述べた様に其の含水量の程度に依り容積を増減する。而も現場の砂は常に濕氣を有し、其の程度が定まらないので其の容積も一定で無い故に、砂の正確なる計量は甚だ困難である。

普通には砂の膨み等、全然考慮せず容積で計るのであるが、最大膨みの状態

にある砂を容積で計ると、必要な砂の量よりも2割乃至3割も少ない砂を使用する結果となるから、成る可く砂の膨みに對する補正をなすが安全である。

砂の膨みを計るには圓壩形の容器に砂を三層に分ちて入れ、§ 185 の(2)に述べた方法に依りて搗き固め、砂を容器に充滿して一旦之を他の器にあげ、圓壩形容器の高さの3割乃至4割の高さ迄水を入れて、前に填充したる砂を全部再び容器中に入れるときは、砂は水で飽和されて其の容積が乾燥状態の時と等しい容積に縮小される。今水を飽和して縮小した砂の表面より圓壩形容器天端までの高さを hcm とすれば、砂の膨みの100分率 p は次の式にて算出出来る。

$$p = \frac{h}{H-h} \times 100 \dots \dots \dots (9)$$

H は圓壩形容器の高さ (cm)

砂が水に飽和されると、事實上乾燥状態の場合と同一容積になる性質を利用して、砂を計れば膨みに對する誤差を避け得る。これには砂を水中に入れて置き、バケツ等の如く漏水しない容器に水と共に砂を入れて計ればよいのである、斯かる砂の計量法をインナundation (Inundation) 法と云ふ。此の方法では砂が適當の粒度であれば微粒を失ふ缺點があり、不純物の多い砂であれば洗滌出来る特徴をもつて居る。

(3) 粗骨材の計量 砂利、碎石は容積にて計れば充分である。砂やセメントの如き誤差を生ずることはない。

(4) 水の計量 使用水量は前節述ぶる處に依つて定められるのであるが、實際問題としては細骨材の含水量が時々刻々幾らか變化するため、これに應じて水量を加減計量することが非常に困難であり、又熟練を要する點である。計量はミキサーに装置されたる水槽を使用する場合には其のゲージに印を附して水量を誤らぬ様にする。又水槽を使用しない時は目盛を施したる容器で計るが安全である。現場に於て其の計量の適否を検する爲には製出するコンクリートの硬軟色合を注視し、現場填充責任者との連絡を緊密にし、尙ほ疑問ある場合はスランプ・テストを度々行つて萬全を期せねばならぬ。水の分量がコンクリートの強度に重要な影響あることは前述の通りであるが、此の水の計量即ち水加減が正確に實

行出來ないと折角良好適切な配合を指示されても全く水泡に歸して了ふのであるから、特に重ねて注意を喚起して置く。

§ 187. コンクリートの混合

セメント糊状態にて骨材各粒の周圍を充分に被覆し、且つ骨材の空隙を満すことは全く配合と混合に依るものであるから、混合は配合と共にコンクリートの耐力に關する重要な要素なのである。

コンクリートの混合が完全であれば大體練立のコンクリートの色合が各部同色を呈するものであるから、練立コンクリートの色合で混合の可否を定める。土木學會仕方書では此の點に付き次の如く定めて居る。

コンクリート材料は充分に混合せられ其の出來上りは色合一様にして粘性に富み、其の質齊等たるを要す。

混合の方法には手練りと機械練りと二方法がある。經驗ある人夫が丁寧に混合したる手練りコンクリートの強度は、機械練りに劣らないものであるが、人力に依る事であるから如何に嚴格に監督するも工事の全體を通じ、機械練りの如く等性のコンクリートを望む事は出來ない。従つて大なる強度を要するコンクリート工事なれば必ず機械練りとす可きである。又一般的に機械練りの方が經濟的である。

(1) 手練りは幅 1.2m 長さ 2m 乃至 2.4m の水密木造又は鋼板製の練臺上にて行ふ。混合方法は次の順序に依る。

イ、空練。水平に据付けられた練臺上に1回に練る砂の全部を長方形に置き其の上に1回に練る全部のセメントを略平等に擴げて、ショベルにて切り返して平等の色合になるまで混合する。切り返しの回数は普通往復3回以上である。

ロ、モルタルの練方。空練の終つた材料を長方形盆形に擴げ、之れに所要水量の一部を加へて往復3回以上切り返してモルタルを作る。

ハ、モルタルと粗骨材の混合。前同様にモルタルを擴げ此の上に砂利を擴げ、残りの水を加へて往復3回以上切り返して混合作業を終る。

練方は非常な勞力を要する仕事であるから、連続的にコンクリートを練る場

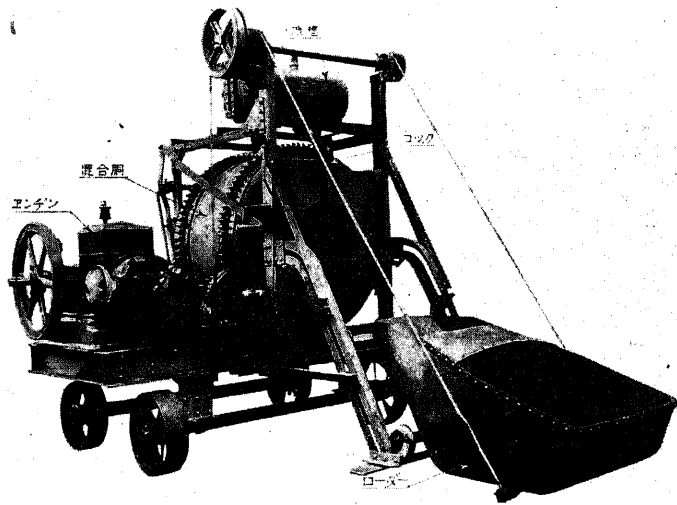
合は「切り返し」は4人掛りとする。断続的の場合は2人掛りにても差支ない。熟練せる人夫であれば空練「切り返し」の時ショベルの先端に砂とセメントの混合物が薄層をなして擴がるものである。「切り返し」の回数は人夫の熟練の程度に依り、或は出来上りの色合に依り、適宜變更しなければならぬ。

完全に混合するには1回1臺の混合量を $0.08 \sim 0.12 m^3$ (3.0 ~ 4.5 立方尺)、1日1臺の混合量は $6.0 \sim 9.0 m^3$ と見るべきであつて、之れに對する歩掛は普通練方2~4人、調合方1人、材料運搬2人、合計5~7人である。

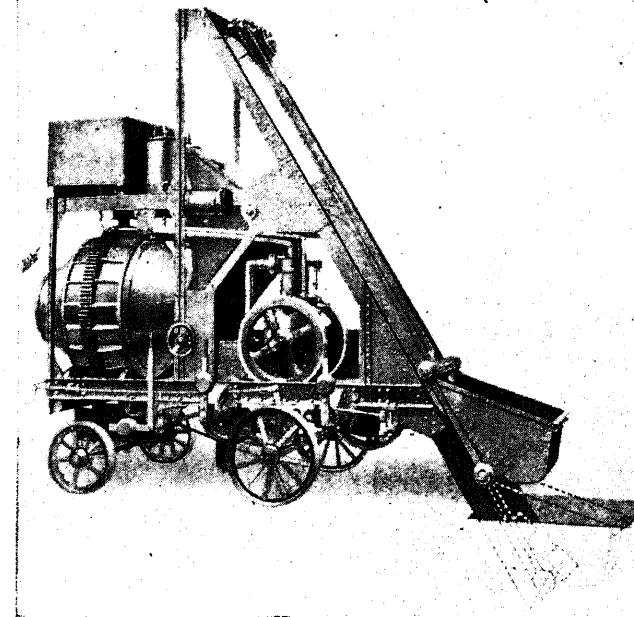
(2) 機械練り

イ、コンクリート・ミキサー。コンクリート混合用の機械を**コンクリート・ミキサー** (Concrete mixer) と稱し其の種類は頗る多いが、一般に使用されるものは**バッチ・ミキサー** (Batch mixer) である

バッチ・ミキサーとは一回の混合量丈けの材料を投入して混合するミキサーである。バッチ・ミキサー以外のミキサーは現今殆んど使用されない故に、此處にはバッチ・ミキサーに付いてのみ説明する。



第 308 圖 (a)



第 308 圖 (b)

バッチ・ミキサーの混合筒には第308圖(a)の如く、**圓筒型** (Drum type) のもの、又は第308圖(b)の如く**圓錐形**を二つ合せた様な形状の**圓錐型** (Conical type) のもの、或は、**立方體型** (Cube type) のもの等がある。

混合筒の内壁

には混合羽根が多數固定してあつて混合筒の廻轉に伴ひ、此の混合羽根に依りて材料は鋤き返へされて、混合されるのである。コンクリートを吐出す際に、混合筒を傾斜せしめない**不傾式** (Non-tilting type) のミキサーに於ては、吐出口に掬揚羽根があつて混合中には之れが内方に傾斜して混合羽根の作用をなし、コンクリートを吐出す場合には此の掬揚羽根を外方に傾け、他の混合羽根にて掬ひ揚げられたコンクリートを之れにて受けて吐出す。

コンクリートを吐出す際に混合筒を傾ける**可傾式** (Tilting type) のミキサーには掬揚羽根は無い。

又立方體型のミキサーの混合筒には全然混合羽根が無く、立方體の對角線を軸として、混合筒を廻轉せしむる事に依つて、材料の混合をなす。立方體型は混合筒の隅にコンクリートが附着するのと、コンクリートを吐出す場合最後に骨材の多き部分を生ずる缺點があるので現今は餘り使用されない。

材料を混合胴に投入するには先ブローダー (Loader) に1回分の材料を全部入れ、之れを巻き上げて、投入口より混合胴に投入する。又投入口に漏斗形の受口を取付けてローダーを使用せず投入する場合もある。

ロ、ミキサーの能力。ミキサーの能力は1回に混合し得るコンクリート量にて表す。例へば7切練のミキサーとは1回に7立方尺を混合し得るものである。市販のミキサーは最小能力4切、最大50切位である。

1回に混合する量は混合胴の内容積の $\frac{1}{4}$ 内外であつて、製作所の如何にも依るが大體公稱容量の7~8割位と見れば安全である。

混合時間は後述する様に1分乃至2分であるが材料の投入、コンクリートの排出等を考へに入れるならば前回の混合の終りから、次回の混合の終りまでの時間の平均は約5分位に見込まねばならない。材料の配置運搬、投入の設備等、特に完備せる大規模の工事では3分位まで短縮し得る。

ミキサーの動力は普通電動機、又はガソリン・エンジンであつて、所要馬力は大體次表の通りである。

第113表 ミキサー容量、能力及所要馬力表

公 稱 容 量(切)	4	5~6	7	10	14	21	1回の混合量を 公稱の7割とし 1時間20回練と す。
實際の混合能力(毎時 m^3)	1.6	2~2.3	2.7	3.4	5.5	8.2	
所 要 馬 力	3	4~5	5~6	7.5~9	10	15	

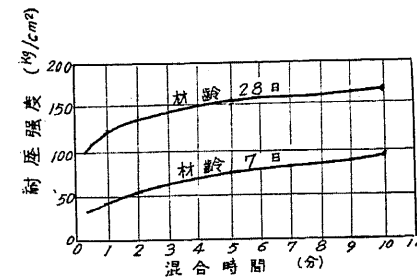
但し電力の場合は本表の2割増位の電動機を採用すべし。

ハ、混合。混合胴の廻轉數 コンクリート混合の度合は1分間に於ける混合胴の廻轉數に相當支配されるものである。ミキサーの種類にも依るが大體1分間に於ける適當なる廻轉數は20回以下であつて、普通に使用されて居るミキサーに於ては17, 18回位が適當である。土木學會の示方書では混合胴の外周速度にて之を次の如く規定して居る。

混合はミキサー内に全部材料を入れたる後毎秒1mの廻轉外周速度に於て1分間以上廻轉すべし。

然し之は大體の標準を示したものに過ぎないのであつて、混合胴直徑の大小を

考慮に入れて前記の如く廻轉數で調節するがよい。



混合時間と耐圧強度の関係

第309圖

第309圖の如く2分までの間に急激に増加す。従つて混合時間は前記土木學會示方書にも在る様1分間以上は是非共必要である。スランプ5cm以下の硬練コンクリートの場合、又は混合能力が特に大なる場合は混合時間を2分間以上としなければならぬ。

材料の投入 混合胴を空轉せしめ、之の廻轉が常速に達したる後材料を投入する。1分間乃至2分間で充分なる混合をなすには材料の投入法をも考慮しなければならぬ。材料投入の順序は粒の大なるものを先に入れて、セメントの様な微粒が混合胴内壁に密接することを避けることが肝要である。例へば砂、セメント、水、砂利の順序、又は砂利の $\frac{1}{2}$ 砂の $\frac{1}{2}$ 、セメント全部、砂の $\frac{1}{2}$ 、砂利の $\frac{1}{2}$ 、水は最初の砂の投入と同時に注入し始め、其の $\frac{1}{2}$ に達したるとき一旦注入を休止し最後の砂利を投入し終つてより残の $\frac{1}{2}$ を注入する。

ローダーを使用して投入するときは大體前記順序に、材料がミキサー内に這入る様にローダー内に材料を推積しなければならぬ。

材料、配合、使用水量が同一であれば混合の程度は大體スランプにて知る事が出来るから、成る可く短時間でスランプが大きくなる様材料を投入することが肝要である。

二、ミキサーの手入れ。ミキサーの使用を終れば、混合胴に水を入れて廻轉し内部を充分に洗滌することを忘れてはならない。使用開始前にも一度水を入れて

洗滌する必要がある。ミキサーは成る可く風雨に曝さない様保護するがよい。特に機關部には嚴重なる保護を要する。

ホ、給水装置。使用水量の調節は特に自由であり、且つ正確を要する。ミキサーに設けてある水槽のゲージ不完全の場合には、水槽に硝子管のゲージを取付け使用水量を正確にしなければならぬ。

ヘ、ミキサーの選擇。ミキサーの能力は1日の必要總混合量よりも幾分の餘裕を採つて置かないと僅かの故障で所定の處迄コンクリート填充が出来ないことになり、構造物の強度にも影響し且つ工程も次第に遅延する。頻繁に移動の必要ある工事には比較的軽い小型のものを數多く採用するが便利で、1箇所に定置して使用する場合は重くても大型のものを選ぶのが普通である。

非常に硬練のコンクリート混合には、混合胴内に羽根を有しないミキサーがよく、普通のコンクリートには羽根を有して居るミキサーがよい。

動力は電動機が最も簡便であり、且つ電動機に故障を生ずるが如きは稀であるが、定期又は突發の停電に際しては全部のミキサーが同時に停止することを豫想して置かねばならぬ。廻轉數の調節にはベルト又は齒車の減速ギヤを使用する。

ガソリン・エンジンは電動機より取扱ひ不便であり、故障も電動機より起り易く運轉費も遙かに高い。然しミキサー全部が同時に運轉を停止する心配は無い。又多少機械の取扱に馴れた者なれば廻轉數の調節も容易に出来るし、動力線なき處にも應用出来る等の特徴があるから停電の場合の心配がある大工事には内燃機のを1臺位備へるを得策とする。

ト、機械練コンクリート混合に於ては大體次の如き分掛り及材料費を見込めば充分である。

分掛り ミキサー1臺に付き運轉手1人、材料運搬投入2乃至3人（遠距離の場合は歩増を要す）。

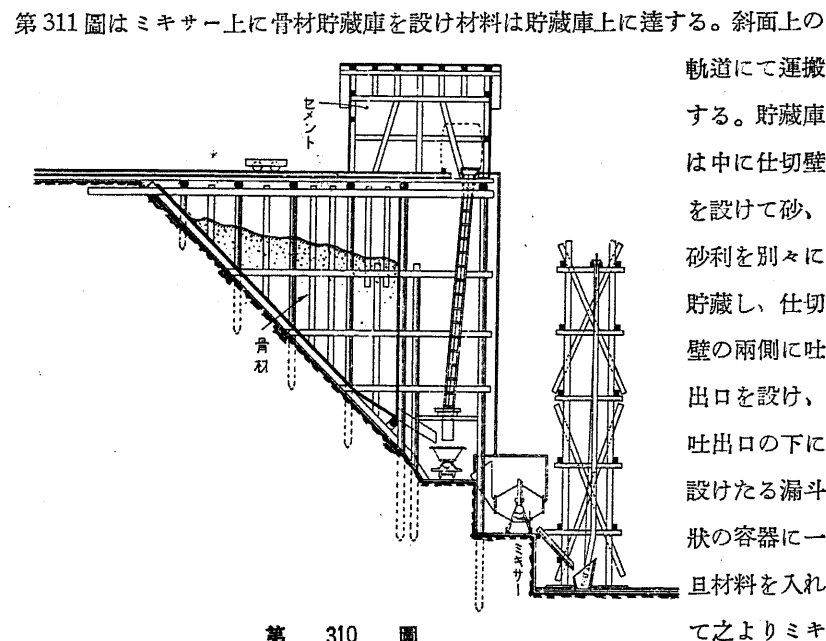
材料費 ガソリン・エンジンを使用するとき、ガソリン、機械油等一切の運轉材料費として純運轉1馬力1時間に付 0.03 ~ 0.05 圓を要し、電力を使用する

ときときは、電力料金、機械油等一切の運轉材料費として使用モーターの馬力數に應じて1馬力1日 1.0 ~ 2.0 圓（但し動力引込費を除く）とす。

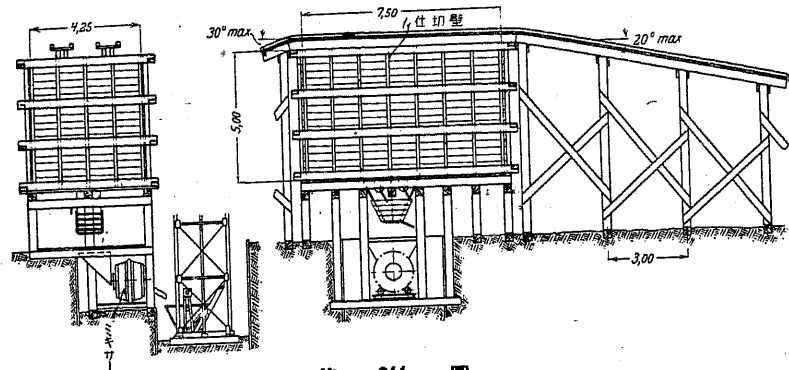
(3) 混合場の設備 小規模の工事に於てはミキサーの附近に砂利、砂、セメントを貯藏し之を適當な容器に入れ人夫に擔がせるか、又は手押車にてミキサーまで運搬するのであるが、大規模の工事に於ては多量の材料を取扱ふため成る可く材料取扱の回數を減じ、且つ混合作業を迅速にするために、材料の貯藏位置を適當に工夫しなければならない。

混合場の設備は工事の種類、地形、材料運搬の方法等に依りて異り、一律に之を決定し得るものでないから此處に二三の例を擧げて參考としたい。

第310圖は地盤の傾斜面に沿ふて骨材貯藏庫を設け、其の上に骨材運搬軌道を敷設し、セメントは骨材貯藏庫上に設けたるもので、骨材は下端の吐出口より、セメントはシュートに依り之を一旦トロに移して、此のトロより材料を直接ミキサーに投入する。



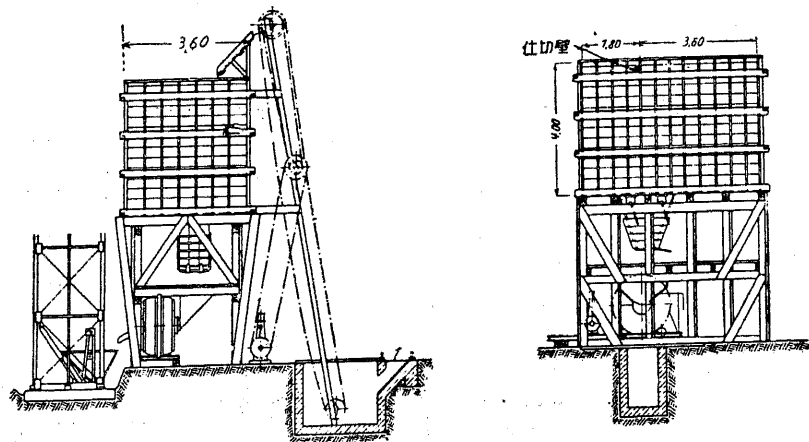
第 310 圖



第 311 圖

サーに材料を投入する。第 311 圖は骨材 150 m³ を貯蔵し得るものである。

第 311 圖は骨材 75 m³ を貯蔵し得る骨材貯蔵庫にして、骨材は軌道に依りて運搬し之をエレベーターにて貯蔵庫に移すものである。



第 312 圖

§ 188. 運 搬

コンクリートを混合位置より填充位置まで運搬する際、之に激しい振動等と與へると、折角混合したものが分離を起したり、運搬に長い時間を要すると、填充前にコンクリートが凝結を始めて、コンクリートの耐力を減ずる。従つてコンクリートは其の成分に分離を起さない方法で速かに運搬しなければならぬ。次に練

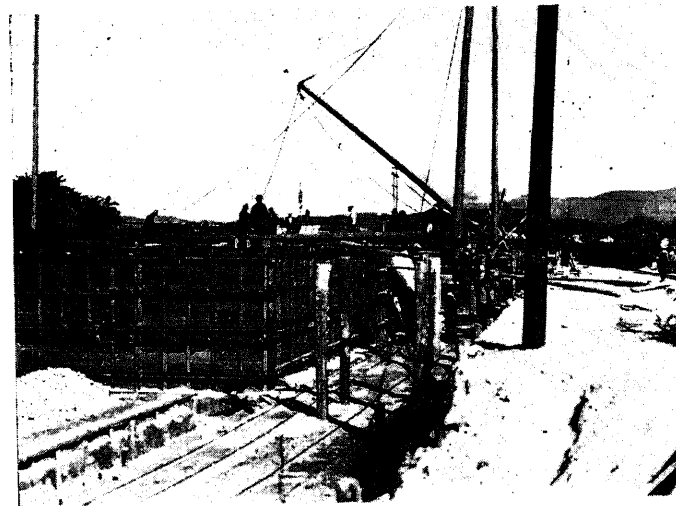
り立てコンクリートは重く而も流動體であるから、運搬に多額の費用を要する故に、經濟的に運搬する方法を講じなければならぬ。従てコンクリートの量、ウオーカビリテイ、運搬距離等に依つて運搬の方法は自然異つて来る。

少量のコンクリートを短距離に運搬するには水密性の容器に入れて、之を擔はせるのであるが、工事が大規模になれば手押車、コンクリート運搬車、シュート (Chute)、自動車、架空線等を用ひる。

手押車には一輪車と二輪車とあり、其の容積は夫々 0.05~0.06 m³ 及 0.15~0.2 m³ であつて、1日の使用コンクリートが比較的少なく、運搬路が大體平坦であり、且つ距離があまり長くない場合に用ひる。

コンクリート運搬車は鍋トロと稱し四輪車であつて 50~60 cm 幅の軌道上を走るものである。軟練の場合の1回の運搬量は鍋一杯の容量の8割以下とする。

鍋トロの軌道は普通型枠より高く敷設するのであるが、井筒等の如く型枠の高



第 313 圖

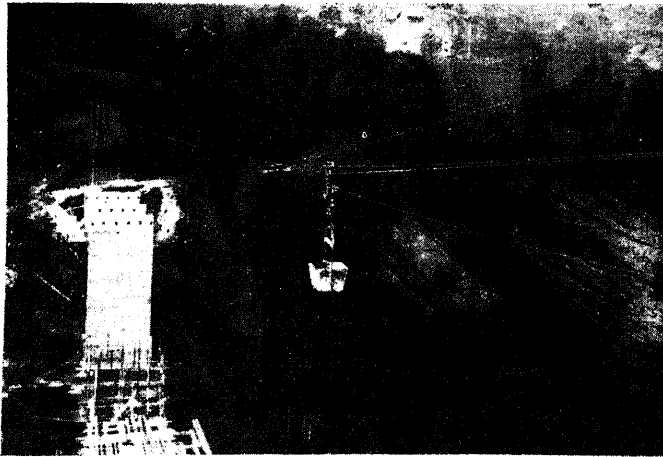
コンクリート井筒 (3m×10m×12m) 製作現場
 デリック・ブーム長 10m、末口 18cm、兩側 1 基宛
 ウキンチ 1t 捲 1 臺
 鍋トロ 0.36 m³ 積 4 臺
 ミキサー 12 切練 1 臺

さが一定しない時は、第 313 圖の如く之を地上に敷設し鍋トロを其のままデリック起重機にて吊り上げてコンクリート型枠内にを填充する。

架空線は運搬路架設

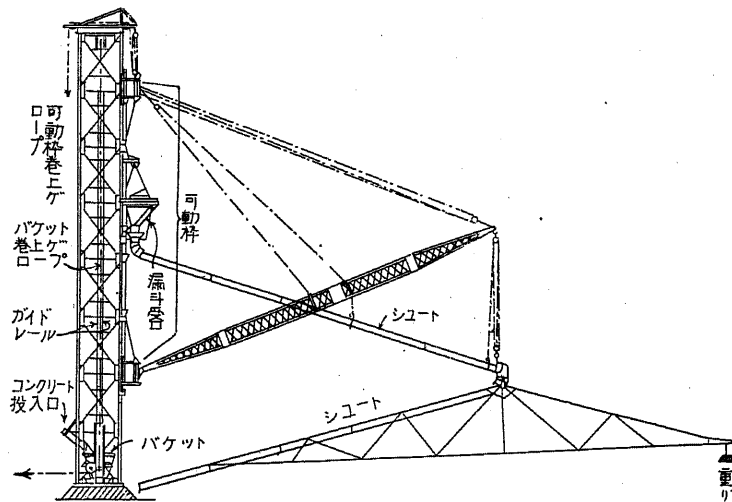
困難なる橋脚、堰堤工事等に用ひる。第314圖は架空線にて橋脚コンクリート運搬の状況である。

道路舗装工事の如く多方面に極



第 314 圖

めて硬練のコンクリート工事ある場合には、中央に大規模の混合工場を設けて自動車で工事箇所へコンクリートを運搬することも出来る。運搬路の状態にも依るが、最大距離4km位までは應用し得る。



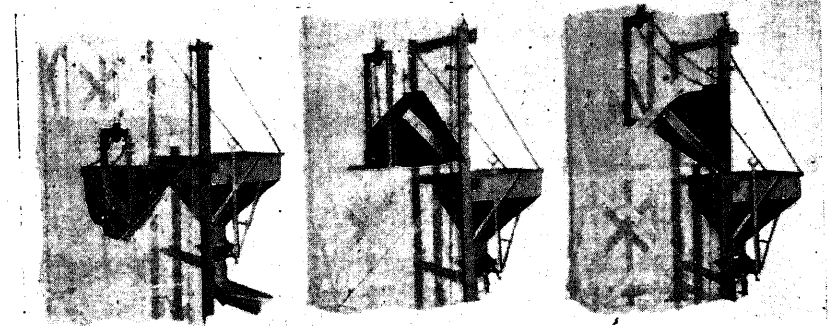
第 315 圖

シュートは第315圖に示す如く捲上げ塔にシュート(樋)を附したるコンクリート運搬装置である。捲上げ塔内には第316圖の如きバケットを設け此のバケットをガイドレールに沿ひて捲上げ、塔側に設けたる漏斗状受口にバケットが達すれば、其の一端が受口に突き當り、第317圖の如く傾斜してコンクリートを受口に移し、之よりコンクリートはシュート内を流下して、填充位置に達する。

漏斗受口、シュート吊下げ用クレーンは一つの可動枠に取り付けて、之を適當に移動してシュートの勾配を加減する。



第 316 圖



第 317 圖

コンクリートはシュート中を停滯せず流下するウオーカビリチイを有しなればならないし、又あまり軟かいと流下中に分離を起すので、シュートの勾配とウオーカビリチイを適當に定める必要がある。シュートの勾配は27度(水平2に對し鉛直1)乃至35度である。此の範圍内で所要配合と所定水-セメント比を有するコンクリートが充分に流下し得ない時は、セメント糊狀體の量を増加してスランプを増加しなければならぬ。單に水量だけを増して水-セメント比

を変更するが如きは絶対に避けねばならぬ。シュートを使用するときは兎に角分離を起し易いから、シュートより流下したるコンクリートを、一旦練臺に受けて練返して填充するが安全である。此の點に付き土木學會示方書では次の如く規定して居る。

種の吐口には受臺を設け一旦コンクリートを之に受けたら後、或可く練返して型枠内に填充すべし。

1.

コンクリートを填充する箇所は填充作業開始前に、コンクリートの凝結、硬化に支障なき様、又は出来上りの構造部分に設計通りの構造を有せしむ様、充分に準備を整へなければならぬ。

(1) 基礎地盤 基礎工の如く地盤上にコンクリートを填充する場合は、コンクリートを泥土に直接せしめざる事が肝要である。一般の工法としては軟土の場合は栗石を叩き込み砂利又は石屑で目潰を完全にし、充分搗き固め、又普通の硬土の場合は単に砂利又は切込砂利を薄く (10 cm 以下) 敷込んで前同様搗き固めて平らにし、然る後コンクリートを施工す。鉄筋コンクリートの場合には 10 cm 厚位の 1:3:6 以下の下敷コンクリートを施し其の硬化を待つて鉄筋を組立て、基礎コンクリートを行ふ場合もある。

コンクリートは其の凝結前水に洗はれない様になければならぬ。従つて湧水ある箇所では適當な集水溝を設けて、之に依り湧水をコンクリート填充箇所外の集水溝に集め、ポンプ其他の排水設備に依りて排水する。已むを得ず此の集水溝又は排水溝上に基礎コンクリートを施工する場合には溝に栗石を填充し上部は目潰砂利を敷き、その上に水密性の紙類を敷くか、板敷として填充作業中にコンクリートが溝内に流入し、湧水の流下を止めない様な工夫をしなければならぬ。排水作業は少くともコンクリートが凝結を終るまで、即ち最後のコンクリート填充後 4~5 時間は繼續しなければならぬ。

(2) 型枠及鉄筋 型枠内にコンクリートを填充する際には次の準備を要する。

イ、型枠及鉄筋の検査。型枠が設計圖に示す構造部分を塑造するに充分の寸法を有するや否や、を検査しなければならぬ。尤も之は型枠作製直後に検査し置く可き事であるが、コンクリート填充前に念のため大體の検査を爲すが安全である。又堰板の接合、型板の締めつけの具合、支保工と型枠の取付等は作製直後は安全であつても、填充までに狂ひ易いものであるから、之等の狂ひと水洩れの有無に付て特に入念なる検査を要する。

鉄筋の配置、結束の検査をなす外、鉄筋の絶縁 (Insulation) を正しくするために使用するスペーサーが正しい位置になかつたり、外れたりして居る場合が多いから、特に型枠内面と鉄筋の間隔に付いては嚴密な検査を要する。

ロ、型枠の掃除。型枠内の泥土、塵埃、鉋屑、其他型枠内に散在するものは一切之を取り去り、型枠内を清淨にしななければならぬ。型枠の掃除には水を使用するが最も好都合である。型枠には水の排出に便利なる様豫め一時的の開口を設けて置き掃除後は之を閉塞する。鉄筋に附着せる汚物も之を取り去らねばならぬ。

ハ、型枠の濕潤。堰板とコンクリートの離れをよくするため、及堰板とコンクリートの接觸面に氣泡を生ぜしめないために、型枠の内面は充分に濕潤ならしめなければならぬ。型枠を數回練返して使用する時は石鹼水又は鑛油を型枠の内面に塗布するのであるが、此の場合にも型枠内面を水で潤さねばならぬ。嚴寒時水が凍結する虞ある時は水を使用する事は出来ぬ。

§ 190. 填 充

コンクリートを所定の位置に打込む事を填充 (Deposition) と云ふ。

(1) コンクリート填充に當りては次の注意が肝要である

イ、コンクリートの各部を等性とし、其の空隙を最小ならしむる様努むる事。一體のコンクリートは其の一小部分の弱點に依つて全體の強度を決せられる場合が多いから、全體を等性に作る事が最も重要な點であり、又實際上周到の注意を必要とする所以である。砂利が或る一部に多く集合するとか、スランプの異なるコンクリートを連續して填充するのはよく無い。又コンクリート中の空氣は後述する、搗き固めに依りて出来るだけ逐出し、密度の大なるコンクリートとしなければならぬ。

らぬ。型枠の隅々又は鉄筋の周圍にコンクリートを充分に行き渡らせる事は云ふまでも無く大切である。

ロ、填充計畫 (§ 191 参照) に依る一區劃内のコンクリートは連続的に且つ速かに填充を完了し、コンクリートの凝結作用を成る可く有利に導き、且つ一區劃内のコンクリートを一體ならしむる事。

ハ、コンクリートは成る可く之が落着く可き位置に投入し、投入後之をあまり移動せしめぬ事。型枠内に多數鉄筋等ある時はショベルを使用することが出来ないの、搗き棒等にてコンクリートを移動すると砂利のみ多く移動し勝ちになつてよく無い。従つて填充作業の進行に伴ひ、投入位置を適當に變更しなければならぬ。

ニ、コンクリートは其の表面が略ぼ水平となる様填充し、且つ施工中水溜を生ぜない様にすること。コンクリートが軟かい時は、之を水平に填充しないと、高い所のセメント糊状體が低い方に流れコンクリートの等性を望む事は出来ぬ。又硬練コンクリートでは表面が水平でなければ搗き固めが出来ぬ。

投入コンクリート表面に過剰水の水溜を生ぜない程度の選練された配合及混合のコンクリートを使用すべく努力せねばならぬが、實際には搗き固めと共に或る程度の滲出水を免れないものである、此の水がコンクリート面の凹所に集まり、其の上に次のコンクリートを填充すると、コンクリートに大なる空隙を残すものであるから填充作業中は決して斯かる水溜を生ずる様なコンクリート面の凹所を形成してはならない。萬一凹所に水が溜りたる場合は海綿で水だけ吸取り次のコンクリートを填充するがよい。竣功後著しい透水を生ずるが如き事故は此施工法の缺點に基くものが最も多き事は經驗上明かである。

ホ、運搬中にコンクリート材料が分離せる疑ひある時は一旦練臺に移し、練り返して填充する事。

ヘ、コンクリートは其の凝結開始前に填充を完了すること。此の點に付き土木學會示方書では次の如く規定してある。

コンクリートは材料の分離又は、損失を防ぎ得る方法により、速かに運搬し直ちに填充す

べし。

特別な事情に依り直ちに填充することを得ざる場合に於ても、混合してより填充し終る迄の時間は温暖にして乾燥せる時に於て1時間、低温にして濕潤なる時に於て2時間を超過すべからず。

此の時間中コンクリートは日光、風雨等に對し之を保護し、又相當時間の経過せるものは使用前水を加へず之を練返すべし。

コンクリートの凝結時間は氣温及乾濕に左右されるから、上記の時間以内であれば凝結する虞が無いのである。又コンクリートを空中に放置するときは之が日光に直射されて早く凝結したり、又は寒氣のために凍結したり、或は雨水を含んだりする事の無い様、相當の保護をしなければならぬ。混合してから相當時間の経過したコンクリートは多くの場合分離を起してゐるものであるから、填充前に水を加へず練返すことが必要である。

ト、特殊の場合を除き凝結を始めたコンクリートは使用しない事。凝結し始めたコンクリートを其のまま又は少量の水を加へて練直せば強度は大であるが、之は凝結の程度に依るものであつて、凝結の程度を判別することが困難であるし、練直し不充分であれば強度は著しく減ずる故に練直しコンクリートを使用する事は危険である。土木學會示方書では此の點に付き次の如き禁上條項を設けて居る。

一部凝結したるコンクリート又はモルタルは、之を練返すと雖も使用することを得ず。

此の示方書は鉄筋コンクリートに關するものであるから斯く嚴禁して居るのであるが、水中コンクリートに於ては練直しコンクリートはレイタンスを生じない事、急凝性になる事等の利點があるから必ずしも排斥すべきものではない。

チ、已むを得ざる場合の外夜間のコンクリート填充は之を避けること。夜間の作業は如何なる設備をなすも晝間の作業の如く施工の完璧を期する事は難かしい。従て構造物の耐力に直接關係あるコンクリート填充作業を夜間行ふことは避けねばならない。工事期間其他の關係で夜間填充作業を行ふ時は工事場の照明に意を用ひ、工事従業員も晝間と區別するがよい。

リ、高所よりコンクリートを投下填充せざること。高所からコンクリートを投下せば分離を生ずるから、あまり高い所より投下する事は出来ぬ。投下限度は

1.5~2m である。右限度以上の高所よりコンクリートを填充する場合にはシュートを使用するがよい。

(2) 搗き固め 搗き固めの方法はコンクリートのウオーカビリチイに依りて異なる。

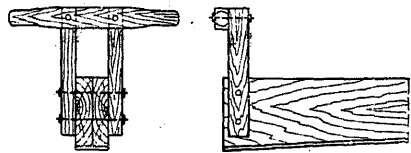
イ、硬練りコンクリート。コンクリートが湿て居る程度のものを一般に**硬練コンクリート**と稱する。

硬練コンクリートは基礎工、舗装工其他大塊をなす構造部分に使用し、鐵筋が在る場合には使用出来ぬものである。

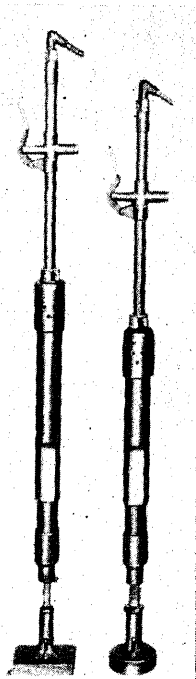
硬練コンクリートは之を約 15~20 cm の厚さに敷き均し、表面に水が滲出するまで太い搗き棒にて搗き固め、一層の搗き固めが終れば次層との馴染をよくする爲め、表面を淺く搔き起して次層を敷きならす。

搗き棒 (Tamper) には徑約 10 cm 長約 30 cm の丸太に柄を附けたもの又は特に搗き棒として、細い柄の先端に圓形の鑄鐵板等を附したる市販品もある、重量は大體 5~7 kg であつて、搗き固めは軽い搗き棒を使用し數多く搗き固めるが有効である。第 318 圖は汽力搗き棒であつて、搗き固め面が廣き場合に使用する。舗装工の如く一定形状の廣い面積に硬練コンクリートを填充するときは、第 319 圖の如く路面の横斷勾配に合した

定規板の如き用具を用ひ、一旦搗き固めた路

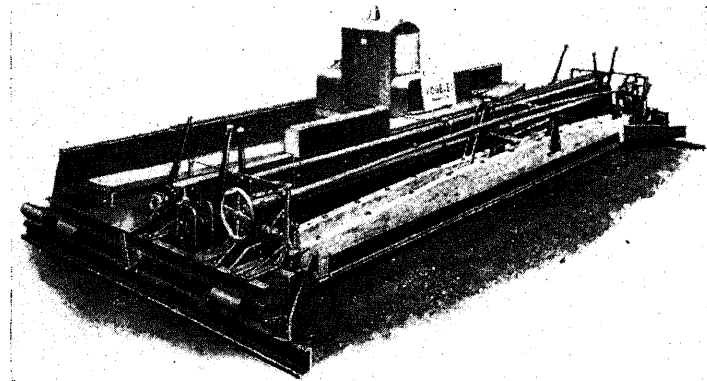


第 319 圖



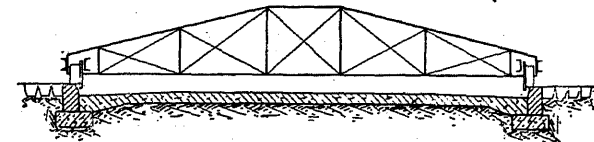
第 318 圖

面を更に搗き固めつゝ路面を仕上げる。又人力にてはその均齊を望み難いたために第 320 圖に示す様な搗き固め機械を、第 321 圖の如く据ゑ付けて路面を搗き固め



第 320 圖

つゝ仕上げる。第 320 圖は白色の木造部分が上下に動いて路面を搗き固めつつ



第 321 圖

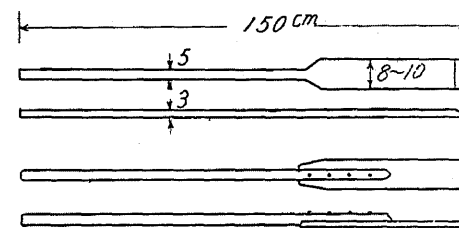
縁石上を進行するものである。

ロ、軟練コンクリート。コンクリートが型枠内に流

れ込む様に軟かで太い搗き棒にて搗き固めることの出来ないものを、**軟練コンクリート**と稱して居る。

軟練コンクリートは前述の水溜りに付いて特に注意して型枠内に略水平に投入進行することが肝要である。

搗き固めには細い木の棒又は鐵棒(徑 16~20 mm の鐵筋)を用ひる、或は第



第 322 圖

322圖の如く先端を廣くした板、又は鋌に柄を附したのを使用する。軟練コンクリートの搗き固めは、硬練の場合の如く其の表面を搗きて締め固めるので無く、コンクリート中の空気を逐

ひ出す目的であるから搗き棒をコンクリート中に萬遍なく搗き込めばよいのである。堰板とコンクリートの接觸部及鐵筋の周圍は特に注意して搗かなければな

らぬ。

出来上り構造物の表面を平滑にして、砂利等の見えない様にするには第 322 圖の如き平たい搗き棒、又はショベルを堰板とコンクリートの間に挿入し之れを少しく堰板の内方に押して、モルタルを堰板と搗き棒の間に流し込みて搗き棒を引き抜けばよい。又ショベルで投込む場合には堰板に打當てる様にすれば、モルタルは板に付いて骨材は刎ね返して成績が良い、然し狭い場所では出来ない。

ハ、中練コンクリート。コンクリートを厚く敷きつめて其の上に乗ればブワブワする程度のものを中練コンクリートと云ふのである、此の搗き固めは其の硬軟の程度に依り硬練又は軟練の搗き固め方に準ずる。

§ 191. 施工目地

コンクリート構造物に於ては全體のコンクリートを連続して填充し、新舊コンクリートの継手を避けることが理想である。然し混合設備の能力に制限あること、及前述の如く夜間填充を避けるため填充を休止すること、型枠及鉄筋組立の都合上填充を休止すること、版又は桁を支へる柱、壁等のコンクリートは之れを充分收縮せしむるため、柱又は壁のコンクリート填充後一時填充を休止すること、等の理由で構造物全體のコンクリートを連続的に填充することは出来ない場合が多いのであつて、構造物には必ず一旦休止せる部分のコンクリートと之れに接続せるコンクリートの間に継目が出来る、之を**施工目地** (Construction joint) と稱へて居る。

後述の方法に依り新舊コンクリートの密着を計るのであるが、施工目地は同時に填充せるコンクリート部分より弱いものと考へなければならぬので、施工目地は構造物の弱點となり、且つ外觀を悪くするものである。従つて構造物の耐力に成る可く影響しない位置に施工目地を設ける事が肝要である。

此の點に關し土木學會示方書では次の如く規定して居る。

設計又は施工計畫に指示せられざる施工目地を設ける場合に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すべし。

施工目地の位置は構造物設計と同時に之れを定め、設計圖に記入し置く可きも

のであるが、コンクリートの混合能力、型枠の組立等と併せて考慮しなければならないので設計當時には、重要な施工目地のみを定め、施工準備をする際に施工目地の位置を詳細に決定し、之れに従ひ混合能力、型枠組立の順序、型枠利用回数等を定めて、**填充計畫**を立てなければならぬ。決定した施工目地は填充の際勝手に變更せしめてはならない。此の點に關し土木學會示方書は次の如く規定して居る。

- (イ) 設計又は施工計畫に依りて定められたる接合の位置及構造は之れを嚴守すべし。
- (ロ) コンクリートは責任技術者の承認せる作業區劃を完了する迄、連続して速かに填充すべし。

前項の「接合」とは伸縮接合、施工目地等一切の接合を含んで居る。

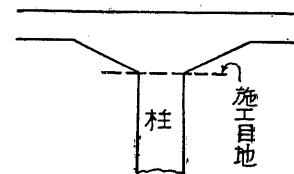
(1) **施工目地の位置及び方向** 柱、基礎、堰堤等の如く壓力を受くるものの施工目地は壓力の方向に直角に設ける。

柱の施工目地はその軸線に直角に、隅縁の下に第 323 圖の如く設ける 支承となる柱又は壁と桁又は版のコンクリートを同時に施工する場合は第 323 圖に示す施工目地の位置にて、一旦コンクリートの填充を休止し、柱のコンクリートが充分に落着き收縮を了したる後、版又は桁のコンクリートを填充する。柱のコンクリート填充を完了してより、版又は桁のコンクリートを填充し始めるまでの時間に付いては土木學會示方書に次の如く規定してある。

梁、桁又は版が壁又は柱と單一體として働く様設計せられたる場合には、壁又は柱のコンクリートの收縮又は沈下に備ふる爲め、其の施工後 4 時間以上、其の他の場合には 2 時間以上を經過したる後に非ざれば梁、桁、又は版のコンクリートを填充すべからず。

本文中「單一體として働く」とあるのはラーメンの如き場合を指すので、桁又は版と柱の結合が完全なるものと看做して設計せるものである、「其の他の場合」とは桁又は版が柱と結合して居るけれども、柱は單に軸壓力のみを受くるものと認めて設計せる構造物を指す。

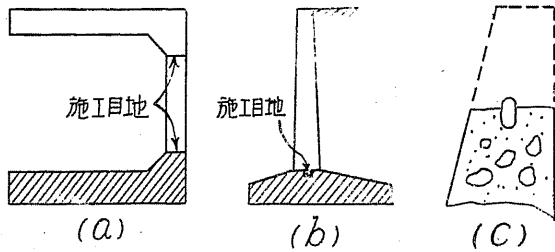
其の他溝橋、擁壁等に於ては第 324 圖の如き位置に施工目地を設ける。第 324



第 323 圖

圖 (b) の如く鉛直壁が大なる剪力を受くる箇所に施工目地在るときは圖示の如く柄を設ける。又粗石

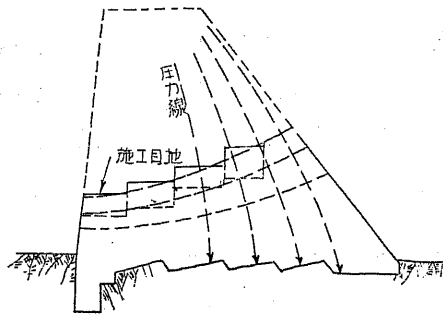
コンクリート造のものでは (c) 圖の如く、粗石を施工目地上に半分突出せしめて楔の作用をなさしめる。



第 324 圖

堰堤の如く大なる壓力を受くるときは、施工目地の方向を壓力線と直角に第 325 圖の如く設ける。

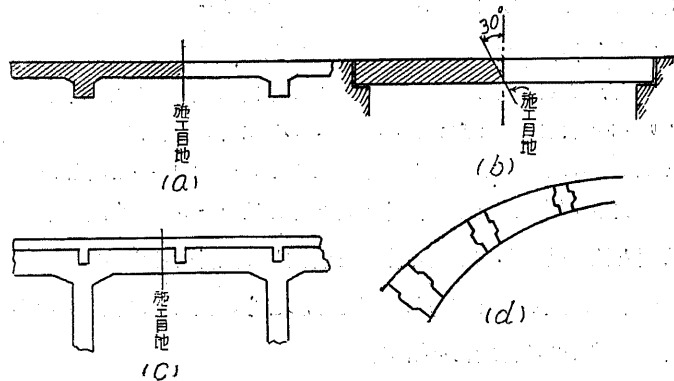
桁又は版の如く彎曲應力を受くる構造物に於ては、剪力最小の位置に施工目地を受けるのが原則である。即ち桁又は版では支間の中央に第 326 圖の如く鉛直の施工目地を設くれば、壓應力に對しては充分に抵抗



第 325 圖

し得るし、張應力に對しては鐵筋のみにて抵抗し得る設計であるから危険は無い。桁の中央に於ける剪力が大なる場合は (b) 圖の如く施工目地の方向を 30° だけ傾斜せしめる。

(c) 圖の如く桁の中央に小桁ある場合は桁の施工目地を桁の中央より小桁幅の 2 倍だけ離れた位置に設ける。



第 326 圖

拱環 (Arch ring) に於ては施工目地を (d) 圖の如くノルマル・セクション (Normal section) の方向に設ける。

剪力大なる箇所に於ては施工目地に小鐵筋を特に挿入するか又は柄を設けるが安全である。

(2) 施工目地の施工 施工目地に於ては新舊コンクリートの密着を計る事が大切である。コンクリート填充後其の上面が施工目地になる場合には、レータンスが出来ない様に、搗き固めの際、滲出した水を取り去る。レータンスが出来た時は出来るだけ早く之れを取り去つて置かぬと、後日之れを取り去る事は甚だ困難である。

施工目地に直角なる壓力のみを受くるものでは、舊コンクリートの面を充分に洗滌して濕潤ならしめ、其の上にコンクリートを填充すればよい。

壓力と同時に剪力が作用する場合、又は水密性を要する場合等重要なる施工目地に於ては、先づ其の表面を針金の刷毛又は鑿等を用ひて粗面とし、附着物、レータンス等を除去して充分に洗滌し濕潤ならしめ、此の面にセメント糊狀體又は配合 1:1 乃至 1:2 のモルタルをショベルの類で全面に薄く撒きつけ、之等の凝結前に次のコンクリートを填充し新舊コンクリートの密着を計る。

施工目地の面は成る可くコンクリートの硬化充分ならざる内に粗面としなければ、其の作業は困難となる。堰板に接せざる面は凝結直後に容易に粗面となし得るが、堰板に接せる面に於ては堰板を成る可く (§ 201 参照) 早く取り外し直ちに粗面とするがよい。

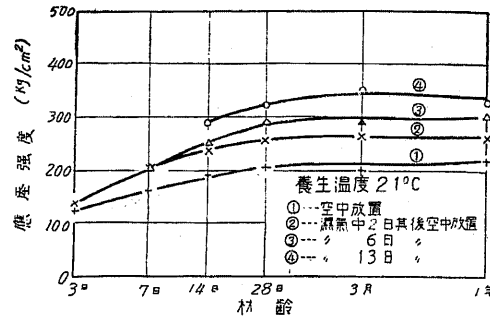
§ 192. 養 生

コンクリートの凝結、硬化を全からしむる作業を養生 (Curing) と云ふ。養生には次の如き作業をなす。

(1) コンクリートの凝結硬化中充分に濕氣を與へること

コンクリート中に於けるセメント糊狀體の水化作用持續中、之れに充分の濕氣を與へる時は、コンクリートの耐力を著しく増加する。例へば第 327 圖はコンクリートの濕潤期間と耐壓強度の關係を示したものであつて、濕潤期間の長短に依

り耐壓強度に著しく差あることを知る事が出来る。濕氣を充分に與へる事はセメント糊状體の水化作用を完全ならしむるものであるから、單に耐壓強度のみで無く耐水性、磨損抵抗、附着力等も濕氣を與へない場合に比して著しく増加する。コンクリ



濕潤養生期間と耐壓強度の關係

第 327 圖

ートは水中で硬化せば膨脹し、空中で硬化すれば收縮する。従てコンクリートの收縮に依る龜裂の防止、又は之がために生ずる初應力を出来るだけ小ならしむるため、濕氣を與へる事が肝要である。特にラーメン、拱橋の如き不靜定構造物に於ては初應力を出来るだけ僅少ならしむる必要がある。濕氣がコンクリートの耐力、膨脹、收縮に及ぼす影響はコンクリート硬化の初期に於て最も甚だしいものであるから、硬化の初期に於て濕氣を與ふればよい、此の點に付き土木學會示方書では次の如く規定して居る。

コンクリートの露出面は藁、布、砂等を以て之を覆ひ、之に撒水して少くとも7日間常に濕潤状態を保たしむべし。

堰板乾燥の虞ある時は之に撒水すべし。

気温高き場合は7日間位の養生にて充分であるが気温低き場合は10日乃至14日間位の養生を必要とする。

コンクリートに濕氣を與へるにはコンクリートが凝結後、其の表面を藁、ヅツク、土砂等にて覆ひ、其の上に撒水するのである。單にコンクリートの表面のみで無く堰板に接する部分も亦濕潤ならしめねばならない。従て堰板にも撒水する必要があるが、堰板は一度濕潤となれば藁等の如く、短時間に乾燥しないし、又比較的水密性のものであるからコンクリート面より蒸發する水分を防止し得るので屢々撒水する必要は無い。舗装路面の如くコンクリート表面積大なる場合には平等に撒水する事困難であるから舗装の兩端に低い粘土壁を作り水を洗へる事も一

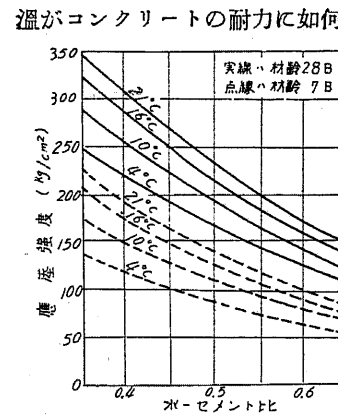
策である。

基礎工の如く地中に埋設さるゝ構造物の竣功せる部分であれば、濕氣を有する土砂にて被覆すればよい。

コンクリートをプラスチックにするためコンクリートに使用する水量は、其の水化作用に必要な水量より遙かに多量であるから、之等過剰水の蒸發を防止せば特に濕氣を外部より與へる必要は無いのである。此の意味に於て基礎の如く大塊より成るものより、小部材より成り表面積の大なるものは特に養生を丁寧にする必要がある。

コンクリート舗装の如く構造物の表面大なるものでは其の表面にアスファルト乳劑を塗布し、コンクリート中の水分の蒸發を防止し養生に換へる事も出来る。又は鹽化カルシユームの水溶液を撒布せば鹽化カルシユームが空中の水分を吸収し、常にコンクリートの表面を濕潤ならしむるので平等の養生が出来て有効である。鹽化カルシユーム使用量はコンクリート表面 $1m^2$ に付、約 $1.1kg$ (一面坪當り8ポンド) である。

(2) コンクリートの硬化中気温を適當に保つこと 硬化の初期に於ける気温がコンクリートの耐力に如何に影響するかは第328圖を見れば明かである。



養生気温と耐壓強度の關係

第 328 圖

メントの水化作用は温度が低い程不活潑になるためであつて、前に気温低ければ養生期間を長くしなければならぬと云つたのは全く此の理由に基くのである。第328圖は耐壓強度に関するものであるが耐水性、磨損抵抗等も全く同様の關係が成立する。構造物を包む気温の上昇を計る事は困難であるから一般に低温の時は養生の期間を長くする。

水結気温に於てはコンクリート中の水分が凝結前に凍結し、遂にセメントの水化作用不可能となりて、コンクリートは硬化しない。従て気温が $5^{\circ}C$ 以下の場合にはコンク

リートの施工、養生に特殊の方法を用ひる、斯る施工法を一般に寒中コンクリートの施工と稱し、寒中コンクリートの施工は § 196 に譲り本節には取扱は無い。

(3) コンクリートの硬化中に振動、衝撃又は過大の荷重を加へざること

硬化充分ならざるコンクリートに振動、又は衝撃を與へることは硬化を害し、又硬化不充分で耐力に乏しいコンクリートに過大の荷重を加ふればコンクリートに害の在ることは明かである。

コンクリート填充作業に必要な材料運搬用の足場は成る可く型枠を支持する支保工と絶縁し、型枠中のコンクリートに振動を與へない様にすることが良い、又養生中のコンクリート上に重い材料を置いたり、又は之を運搬することは絶対に避けねばならぬ。

(4) 日光、風雨、霜等に對しコンクリート露出面を保護すること

コンクリート填充直後、露出面が日光の直射を受けたり、風に當ると水分が蒸發して龜裂を生ずる虞があるから、凝結前と雖も之をカンバス、藎等にて覆はなければならぬ。又凝結前に雨に會ふ虞があれば型枠内に雨水の流入を防止する工夫を要する。又コンクリート填充中は低温でなくとも夜間低温となりて霜が出来る様な場合は、§ 196 に述ぶる寒中コンクリートの施工法を採用するが安全である。

第四節 混 凝 土 の 特 殊 施 工 法

§ 193. 粗石コンクリート

基礎工、重力擁壁等の如く大量のコンクリートを要する構造物に於ては、コンクリート填充の際に、粗石又は栗石（大きさ約 8 cm 以上重量 45 kg 以下）をコンクリート中に埋込み、石とコンクリートとの密着を完全ならしめば、強度を増加し且つ工費の節約となる。斯の如く粗石又は栗石を埋込みたるコンクリートを**粗石コンクリート**（Rubble concrete）と稱する。

粗石又は栗石は、其の表面に附着せる泥土、其他の汚物を洗ひ落し、濕潤ならしめて、コンクリート填充の際に埋込むのである。コンクリートを粗石又は栗石の周圍に行き互らせるため、之等の間隔を充分に保たなければならぬ。此の間隔

に付き米國のコンクリート示方書はコンクリートに使用せる最大骨材の寸法に 2.5 cm を加へたるもの以上とすべし」と規定して居る。粗石又は栗石埋込みに當つては、少くとも上記規定に適合する様、之等石材の配列に充分なる注意を要す。これが爲め必要なる粗石とコンクリートとの配合比は粗石コンクリート容積 1.0 に對し栗石又は粗石を 0.5 容積、コンクリート 0.7 容積を使用するのが普通であるが、之は粗石單位容積中の空隙及粗石の配列方法に依りて異なるものであつて、上記の如く設計するも、粗石の設計量全部を使用し得るものとは限らない。

施工上特に注意すべき點はコンクリートのウオーカビリチイである。作業中埋込石の下側及側面にコンクリートが密着するだけの粘性を持つて、而も過剰水が溜らないものでなければならぬ。埋込石の下側に水の溜らない様に埋込み、一旦埋込みたる粗石は成る可く動かさない様に注意し、上層コンクリート填充も鐵板上に假置したものを丁寧にシヨベルにて詰まねばならぬ。

§ 194. 巨石コンクリート

堰堤の如く巨大なるコンクリート構造物に於ては、粗石の代りに重量 45 kg 以上の石材をコンクリート中に埋込む。斯の如きコンクリートを**巨石コンクリート**（Cyclopean concrete）と稱する。

石材埋込みの方法は、粗石コンクリートと同様であるが、其の間隔に付いて米國コンクリート示方書にては「各石材の純間隔は 15 cm 以上、コンクリート表面と之に隣接する石材表面との純間隔は 30 cm 以上とすべし」と規定して居る。

上記の如き規定に従ひて、石材を配列するときは、コンクリート中に埋込み得る石材の絶対容積が構造物全容積の 20 % を超ゆることは稀であつて、普通 10 % 乃至 15 % である。

龜裂ある石材、層をなして破壊し易き石材、吸水量大なる石材、軟弱なる石材は使用出来ない。

§ 195. 水中コンクリート

水中に於けるコンクリート填充作業は困難であり、且つ出來形不確實であるから、重要なる構造部分に於ては、水中コンクリートを避くるがよい。鐵筋コンク

リート構造物に於ては、水中コンクリートは絶対に應用出来ない。

水中コンクリートの施工には次の注意を要する。

(1) 水中コンクリート施工区域内の水は、少くともコンクリートが凝結を完了するまで、静止せしむること。

水が流れて居たり、波浪のために水が動けば、コンクリート中のセメントが流失する、従て水を静止せしむることは絶対に必要である。之がためには締切工を設くるが安全である、海水の如く常に水面が變化する場合は、締切内外の水位を同一に保つ様、締切工の上部に於て絶えず水位を調節するがよい。

締切工を設け得ない場合は、水が比較的静止して居る時期を選び、水中コンクリートの施工をなす。

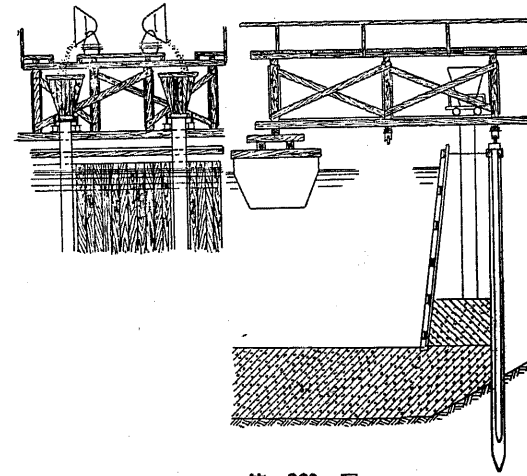
(2) 水中に於てはコンクリートを成る可く動かさない方法で、一區域を相當な厚さにて連續的に填充すること

填充の際コンクリートを水中で動かせば、セメントを流失するばかりでなく、表面にレタンスが出来てよくない。従てコンクリートは之が水と混じらない様、靜かに目的の位置に填充し、一旦填充したるコンクリートは水中にて動かしてはならぬ。

水中コンクリートの填充には第 329 圖の如きトレミー管 (Tromie)、ツツク又は之に類する水密性の布より成る第 330 圖の如き袋、又は第 331 圖の如き底開きの函を使用する。

トレミー管は第 329 圖の如く水密管の上端に漏斗形の受口を有すものであつて鋼鍛造の管は直徑約 20 cm の圓形断面、木造の管は正方形断面を有するものが多い。

トレミー管の使用に當ては、管中にコンクリートを充滿せしめて、之を靜かに少しく引き上げコンクリートを水底に填充しつつ、上部受口よりコンクリートを補給し、之が使用中は絶えずコンクリートにて管を満たし、管の下端は絶えず既に填充されたコンクリート面に幾分突込んで接觸を保ち、緩かに水を煽動しない速度でコンクリートを下端から流出せしめる様にする、管の水平移動も同様に繼



第 329 圖

かに行ふ。之がためには管の水平移動と其の下端吐口高の調節を自由に出来る様に完全な設備が必要である。

管の下端から急速にコンクリートが流出すると水を攪拌するためセメントが流失されて跡には骨材とレタンスのみが残るから連続した一固體のコンクリートは出来ない。

此の作業は一度失敗すれば取

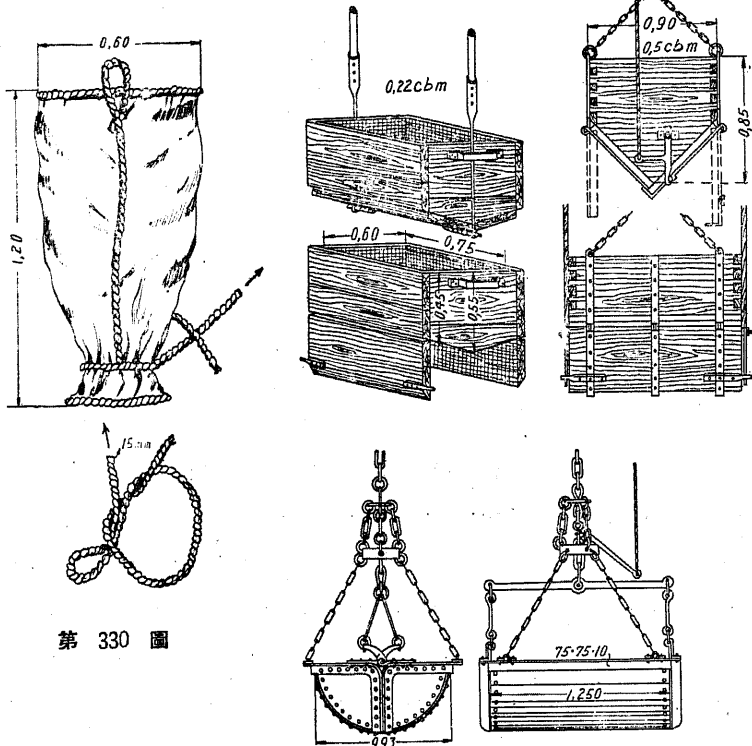
返しが付かないから其の操作は極めて慎重に嚴密に行はねばならぬ。

填充作業の始めには、管内に水の浸入するを防止するため、其の下口を密閉し之を水中に立て、コンクリートを管内に充滿せしめなければならぬ。最初にトレミー管の下端より流出するコンクリート量を調節するためには種々な工夫が必要である、即ち潜水夫をして下口を開かせるか、或は袋詰コンクリートにて管の下口を密閉し、之を水中に立て、コンクリートを管内に充滿したる後、管を少しく引き上げコンクリートの重量に依り袋詰コンクリートを脱出せしむる等種々な方法を取る。

トレミー管に依り水中コンクリートを施工する場合は、足場の組立に特に注意し、管の移動を容易ならしめ、且つ管が如何なる位置に在るも自由にコンクリートを其の受口に投入し得る様にしなければならない。

トレミー管の長さは一定したものであるから、水深に甚だしき差ある箇所には應用困難である。

底開きの袋は普通帆布綿又はツツク製であつて、其の大きさは現場の設備に依り適當に定めるもので一定しないが、大體第 330 圖に示す如く直徑 60 cm、長さ 120 cm 位の圓筒形のものが多い。



第 330 圖

第 331 圖

袋の下部を圖示の如く縛り、之れにコンクリートを充滿して水底に沈め、水上より矢印を附したるロープを引きて、縛り目を解き、コンクリートを水底に填充する。

鐵棒を丸く曲げた輪を袋の上口に嵌めて、袋の上口は常に開放せしめ、コンクリートは袋の上端まで一杯入れ、水中にてコンクリートを吐出すと同時に袋の上口より水が袋中に徐々に這入る様にして置かぬと、填充位置附近の水が攪拌されてよくない。

第 331 圖は底開き函の構造を示したものであつて、其の使用法は袋の場合と全く同様である。

水中コンクリートの施工法としては、トレミー管が最も理想的であるが、其の

施工には特に熟練を要する。袋と底開き函は略同程度であるが袋は大量の水中コンクリート施工には適しない。

水深浅き場所に於ては第 332 圖移動容器を用ひトレミー管を使用すると同一要領にてコンクリートを填充することも出来る。水浅く、狭小な区域の水中コンクリートは最初一方の隅に於てトレミー管又は袋等を用ひてコン

クリートを水面上に達せしめたる後、第 333 圖の如く水上にのみコンクリートを填充して斜面を前方に押し出して進めば比較的好結果が得られる。一区域のコンクリートは仕切のない所で休止すれば次に填充するコンクリートに接続困難であるから、必ず一連続作業で遂行し得るだけのコン

クリート施工設備が必要である。若し設備が不足ならば適当な區劃に型枠で仕切つて置く。コンクリート填充の一層厚は普通最小 0.6m 以上、最大 2.0m 以下である。

(3) 施工目地のレイタンスは之を完全に除去すること

水中コンクリートは如何に注意して施工するも、必ず其の表面にレイタンスを生ずる故に、舊コンクリート面に接してコンクリートを打ち足す際は、潜水夫をしてレイタンスを除去せしめなければならぬ。之は非常に困難なことであるが完全に行はれないと水替をする場合に、施工目地より漏水を起し、水中コンクリートの目的を達しない。

(4) セメント使用量を增加すること

填充作業中セメントの一部が流失すること、又は填充作業不完全なること等の理由で、コンクリートの耐力上は不必要であつても、空中にて填充するコンクリートより 10~30% 位セメントを多量に使用する。少くともコンクリート 1m³ に付き 300kg 以上のセメントを使用しなければならぬ。

搗き固めは全然出来ないものであるから、硬練コンクリートを使用しては行かない。使用水量が比較的少なく、而も軟かなコンクリート即ちセメント糊状體の多いコンクリートが望ましいのである。

(5) 水替の目的で水中コンクリートを施工せる場合は、填充後 10 日～14 日を経て水替をなすこと

(6) 水温低き場合には水中コンクリートの施工をなさざること

袋詰コンクリート 水中基礎工事等に於て袋詰コンクリートを使用せば施工容易にして、出来上りも比較的確實である。

袋詰コンクリートとは織目の粗なる布製袋に軟練コンクリートを満し、其の口を縫ひ合せたるものであつて、コンクリートが凝結を始める前に、水中にて石材の如く積み重ね、コンクリート中のセメント糊状體を袋外に滲出せしめて互に密着せしめる。袋の大きさは之を取扱ふ機械の能力に適合する様定めればよい。

§ 196. 寒中コンクリート

気温低き場合にはコンクリートの凝結、硬化は § 192 の (2) に述べた如く甚だしく遅れる。又気温が凍結温度以下に下れば、コンクリート中の水は凍結してコンクリートは硬化しない。従て斯かる低温度の時にはコンクリートの填充作業を休止するが安全であるが、已むを得ず施工する場合は、次に述ぶる方法に依り、細心の注意を以てコンクリートの施工をなさねばならぬ。気温が 5°C 以下に下る時は寒中コンクリートの施工法に依るが安全である。

(1) **使用セメント** 寒中コンクリートに於ては、普通のポルトランド・セメントを一般に使用して居るのであるが、高級ポルトランド・セメント又はアルミナ・セメントの如き急硬性の高級セメントを使用せば § 177 の (2) に述べた如き理由で甚だ有利である。又鹽化カルシウムを使用するのも一策である。

(2) **骨材及水の取扱** 嚴寒時に於ては骨材中の氷塊除去、又はコンクリートの温度低下防止のために、骨材及水を加熱しなければならぬ。骨材及水の加熱には蒸気を用ひるが最もよい。これには普通壓力 $6\text{kg}/\text{cm}^2$ の蒸気を使用し、徑 8cm 内外のパイプを約 15m 間隔に骨材中に埋設し、此のパイプに小孔を穿

ちて蒸気を噴出せしめ以て骨材を加熱する。加熱は骨材使用の前日より開始し、加熱中は骨材を防水布にて被覆するがよい。又水槽中にもパイプを入れて水を温める。使用骨材が少量であれば焚火の上に鐵板を置いて骨材の加熱をなす。いづれにしても骨材の温度を 65°C 以上に熱してはならない。

以上は特に気温低き場合であつて、日中の気温が凍結温度より高く、夜間のみ凍結温度となるが如き場合には材料を加熱する必要はない。

(3) **填充** コンクリート填充前、型枠内の氷雪は之を蒸気にて除去し、且つ運搬、填充中にコンクリートが冷却しない様注意しなければならぬ。

(4) **養生** 寒中コンクリートの養生は即ち保温である。土木學會示方書に於ては保温に付いて次の如く規定しある、

氷結気温にてコンクリートを施工する時には、コンクリート填充後 72 時間以上、若くはコンクリートが充分硬化するまで少くとも気温を 10°C に保たしむる爲め適當の手段を講ずべし。

保温期間を 72 時間以上と規定してあるのは、コンクリートを 72 時間位適當の温度で硬化せしむれば、其後に於ては寒氣のためコンクリートはあまり害を受けないためである。

保温の方法は構造物の大き、気温等に依て異なる。大塊をなすコンクリート構造物に於てはセメントが凝結、硬化に際し發熱する故にコンクリート全體が凍結する虞れは少ない、従てコンクリートの表面が寒氣又は寒風に當りて凍結することを防止せば充分である、即ち填充後直ちにコンクリートの表面を防水布、或は蓆を二、三枚重ねて被覆し、之等の防水布又は蓆とコンクリート面との間には、相當の空間を存して置くがよい。尙ほ一旦蓆數枚にて覆ひ、其の上を防水布にて被覆せば更に安全である。要するにコンクリートが風を引かぬ様に懇切に圍ひ込んでやることが肝要である。

鐵筋コンクリート構造物の如く小部材より成るものに於ては、其の周圍に足場を組立て之を蓆又は防水布にて覆ひ、内部を 10°C 以上に温め、コンクリートの硬化作用を促進せしめる。保温には電熱、蒸気、炭火等を使用する。保温期間中

は寒暖計を備へ、絶えず温度を測定し、規定温度以下に下らぬ様注意しなければならぬ。

夜間のみ気温が氷結温度以下に下るときは、コンクリートの填充を日中の暖かな時期にのみ施工し、午後二時前後には填充を打ち切り、夜間温度が低下するまでに、凝結の大部分を完了せしめて、上記の保温を夜間にのみ行へば更に安全である。

(5) 鹽化カルシウムの利用 鹽化カルシウムをセメントに混合するときは、コンクリートを急結性ならしむると同時に、其の水結温度を低下せしむるものであるから寒中コンクリートに應用せられる。然し鹽化カルシウムは鐵筋を腐蝕せしむる虞があるから鐵筋コンクリート構造物には使用出来ない。

鹽化カルシウムの使用量はセメント重量の2～4%であつて、此の限度以上に使用するときにはコンクリートの長期強度を低下してよくない。

第114表は鹽化カルシウム使用量とポルトランド・セメントの凝結時間の關係を表した一例である。

第114表 鹽化カルシウム添加量とセメントの凝結時間

鹽化カルシウム添加量 (セメント重量の100分率)	氣 温	凝 結 時 間	
		始 發	終 結
0	16.5°C ~ 18°C	3 00	5 40
0.25	"	2 10	4 25
1.00	"	1 40	3 20
2.00	"	1 20	2 50
3.00	"	1 05	2 00
4.00	"	0 30	1 20
5.00	"	0 10	0 40

鹽化カルシウムをコンクリートに混合するには、之を水に溶解し、此の水溶液を以てコンクリートを混合するのである。

鹽化カルシウムは清淨なる粉末状のもので、潮解し易く、之を空中に放置せば空中の水分を吸収して泥状となる。従て之が貯藏に當ては、石油罐等に密封し

て置くがよい。市販の鹽化カルシウムは袋入(約45kg)罐入(約160kg)である。

鹽化カルシウムは之をセメントに混用せば第114表に示したる如くセメントが急結性となる故に、單にセメントを急結性ならしむる目的で使用されることも多い。

§ 197. 耐水性コンクリート

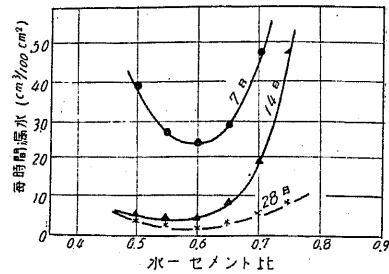
水槽、堰堤等のコンクリートは其の目的上耐水性が必要なるは勿論であるが、其他の總てのコンクリート構造物に於ても耐久上必要不可欠からざるものである。コンクリートの耐水性を増大せしむるには、(イ)コンクリート自體の耐水性を大ならしむること、(ロ)コンクリートに混合物又は混合剤を加へること、(ハ)コンクリート表面をモルタル、アスファルト紙等の水密性層を以て被覆すること。(ニ)如上の(イ)及(ハ)を同時に應用すること、等の方法がある。

配合1:3:6のコンクリートより豊富にセメントを使用せるものは、其の材料施工が完全であれば、充分の耐水性を有するものであるから、上記各種の方法の内コンクリート自體の耐水性を大ならしむることが最も安全であり、且つ經濟的である。

(1) 耐水性コンクリートの施工 コンクリートの配合が1:3:6より優良であれば、其の耐水性を大ならしむる方法は前述せる「材料の選擇、施工、養生を嚴守する」の一語に盡きるのであつて、特に耐水性コンクリートの施工法として述べる程の事はないのであるが、此處にコンクリートの耐水性に関する概要を記し、注意を喚起したい。

イ、水—セメント比とコンクリートの耐水性の關係。コンクリートの耐水性は一定面積のコンクリート面より滲出する水量を以て測定する。第334圖は配合1:2:4のコンクリートの使用水量を種々變更して、同一形状の供試體を作製し、之れに7kg/cm²の水壓を加へて、其の漏水を測定した結果である。第334圖は水—セメント比が0.6に近き場合に、漏水の最小を示して居る。これは實驗の一例にすぎないが、大體に於て水—セメント比が0.5～0.65の間にあればコンクリー

トは充分の耐水性を有し、硬練又は特に軟練のコンクリートは空隙を生じ易いから耐水性に乏しい。普通使用するコンクリートの水—セメント比は大體に於て、0.5~0.65であるから、特に軟練の場合を除いては、施工及材料に注意せば、充分の耐水性を有せしめ得るのである。



水—セメント比と漏水の関係
第 334 圖

ロ、材料及配合。セメント使用量は多い程コンクリートは耐水性に富む。従つて水槽の如く特に大なる水圧を受くる構造物に於ては、配合 1:1:2 1:1.5:3 1:2:4 等の優良なるコンクリートを使用する。然しセメント使用量の増大に伴ひ、コンクリートの収縮が増大するから、其の養生には特に注意し、龜裂を防止しなければ構造物全體としての耐水性を缺くに至る。

骨材は清淨で、細粗粒が適當に混合したものがよい。粗骨材には碎石よりも砂利を使用する方がよく、其の最大寸法は大なる程よい。

ハ、材齡。コンクリートは其の材齡が長くなる程、耐水性は大となる。第334圖に依りても其の一端を窺ひ知ることが出来る。従つて構造物建設當初に漏水があつても、其の施工法に缺陷がなければ漏水は次第に減ずるものである。

ニ、混合、填充、養生等は前述の工法を嚴守すれば充分である。養生中は特に給水を充分にし、且つ期間を延長し龜裂を防止することが肝要である、又水の運搬不便なる場所にて充分に給水し得ざる虞あるときは収縮率大なる富質コンクリートの使用は避けるが安全である。

(2) 設計上の注意 例へコンクリート自體は充分に耐水性であつても、構造物設計上の缺陷に因り漏水を起し、構造物の耐久力を著しく減退したり、又は其の目的を充分に達し得ない場合が多いのであるから、特に大なる耐水性を要する構造物の設計に當ては次の注意が肝要である。

イ、鐵筋の許容張應力強度を減ずること。鐵筋に大なる張應力が作用すれば其の應力に依る伸張大となりて、コンクリートに龜裂を生ずる、此の龜裂を出来る

だけ僅少ならしむるため、水槽等の如く大なる水圧を受くる構造物に於ては、鐵筋に生ずる張應力を成る可く小ならしむる目的で、其の許容張應力強度を普通使用する大きさより小とする、一般に水圧を受くる構造物に於ける鐵筋の許容張應力強度は $800 \sim 1,000 \text{ kg/cm}^2$ 以下として居る。

ロ、水に接觸するコンクリート面には成る可く張應力を生ぜしめざる構造とすること。

ハ、厚さを成る可く大にすること。鐵筋コンクリート構造物に於ては鐵筋量の案配に依り或る程度までは、工費を増加せずして厚さを増大し得る故に、不經濟に亘らぬ範圍に於て厚さを増大す可きである。

ニ、伸縮接合の配置を適當に選定し、溫度應力又は硬化収縮に因る龜裂を避くること。

ホ、施工目地を成る可く小數にすること。施工目地より漏水を起した例は非常に多い故に、施工目地は成る可く之れを避くるがよい。之れを設くる場合には新舊コンクリートを充分密着せしむる様施工には特に注意を要する(§ 191の(2)参照)。

ヘ、擁壁等の如く地下水に接する構造物に於ては排水施設をなし、地下水の排水に努むること。

ト、堰板又は型板取付けのためにコンクリートに生じたる缺陷は、之れを充分補強すること。型板取付けのためにコンクリートにボルトを通したり、針金を埋込んだりした場合は之等に依る孔又は針金切斷の跡をモルタルにて充分補足しなければ漏水を起す原因となる。

チ、直接水圧を受くる構造部分、又は防水を必要とする構造物に於ては水に接觸する面に防水工を施すこと。扶壁堰堤の遮水壁の如く大なる水圧を受くるものに於ては、如何にコンクリートの施工、材料の選擇、養生等を完全になすも水の滲透を避くことは困難であるから、漏水防止の意味ばかりでなく構造物の耐久力を増大する意味に於て、水に接觸するコンクリート面に特に丈夫なる防水工を施さねばならぬ。

(3) 混合物又は混合剤を混入せる耐水性コンクリート コンクリートの耐水性を大ならしむる目的で、消石灰、粘土、石鹼、明礬其の他混合物又は混合剤をコンクリートに混合する。但し茲に特に注意を喚起して置くことは、之等の混合物は次に述ぶる如く適量に使用し完全に均齊に混合する事を前提として耐水性に効果あるものである。施工上の注意が周到ならざるため一部分に示方以上に之等を混入する場合は却つてセメントの固着力を弱め、有害となるものであるから、其の品質と施工に充分の自信がなければ採用出来ない

イ、消石灰 は生石灰に水を加へて沸化し、之れを乾燥して粉末にしたもので其の粉末度はセメントより高くコンクリートの空隙を填充し、之れが耐水性を大ならしむるものである

セメント重量の 10~15% の消石灰をコンクリートに混入するも、其の強度に影響すること無くして、耐水性を大ならしめ、且つコンクリートの粘性を増加し、収縮に因る龜裂を防止し得る特長がある。消石灰の使用量は大体次表の通りである。

コンクリートの配合	(セメント重量に對する 100 分率)
1 : 2 : 4	8
1 : 2.5 : 5	12
1 : 3 : 6	16

セメントはそれ自體が既に幾分の遊離石灰を含有し、之れを多く含有せるもの程、化學的に不安定であるから、更に石灰を混入することはあまり推奨出来ない。又消石灰を混入するとレイタンスが出来易い缺點がある。

ロ、粘土 も消石灰同様空隙填充材として使用せばコンクリートの耐水性を大ならしむることが出来る。其の使用量は砂の重量の 5% 位である。多量に粘土を混入したり、又は特に富質のコンクリートに之れを混入すると、コンクリートの強度を減じてよくない。粘土を使用するときは、之れを充分乾燥し、粉末とし砂と完全に混合して使用する。

ニ、石鹼、明礬、其の他の混合剤。加里石鹼の 8% 溶液を使用して混合せる

コンクリート、又は 5% の明礬溶液と 7% の石鹼溶液とを等量に混合せる液體を使用して混合せるコンクリート等いづれも多少は有効である。之等の外多數の混合剤が市場に販賣されて居るが、之等の混合剤の使用に當りては、單に防水のみならず、コンクリートの耐久力、強度、鐵筋等に及ぼす影響を充分に調査しなければならぬ。輕々に之等の混合剤を使用するは危険である。

ホ、混合物及混合剤の使用に付いて。上記各種の混合物又は混合剤を混入せるコンクリートは其の小供試體に於ては耐水性を増大するのであるが、コンクリート構造物に於ける、漏水の最大原因たる龜裂の防止には何等の効果も無いものであるから、構造物全體の漏水又は防水の點になれば普通のコンクリートと大差なきものと看做さねばならぬ。混合物又は混合剤を使用せずとも、吾々の求むる耐水性のコンクリートを作製し得る故に、強度、其の他に不安の在る混合物又は混合剤の使用は推奨されない。混合物又は混合剤の使用を必要とするが如き構造物に於てはモルタル、アスファルト等の塗布工に依る防水工を推奨するものである。

§ 198. 海水の作用を受くるコンクリート

海中に在るコンクリート構造物で長年月の間に侵蝕された例は甚だ多い、其の原因はコンクリート中に存在する礬土酸石灰、水酸化石灰と海水中の硫酸鹽との間に化學作用を起し、一種の化合物を生じて、コンクリートが分解されるものと一般に認められて居る。然し海水の作用を受けて侵蝕されたコンクリートは真に施工上に缺陷の在るものであつて、其の施工が完全で耐水性に富むものは海水の作用を受けないものと信ぜられて居る。従つて普通のポルトランド・セメントを使用せるコンクリートの施工を完全にして § 197 に述べた様に、之れを耐水性たらしめば海水の作用を受けないものと認めて差支ない。海中のコンクリート構造物は其の養生期間中充分に水分を供給し得るを以て、富質のコンクリートを使用するも龜裂を生ずる虞はない (§ 183 の (2) 参照)。

アルミナ・セメントの如く特に海水に對する抵抗大なるものを使用するのも一策であるが、工費を増加する故にあまり應用されて居ない。

セメントとしては珪酸及礬土の含有量多く、石灰、硫酸の含有量が少ないもの

程、海水に對する抵抗は大きい。従つて石灰、硫酸を普通ポルトランド・セメント以上に含有するセメントは成る可く使用しないがよい。

火山灰をセメントに混入して製作せるコンクリートは、海水に對する抵抗力を増加すること及びコンクリートの價格を低廉ならしむること等の理由で、海中工事に使用される。火山灰をセメント容積の 30% 以上も使用するときには凝結、硬化共に緩慢となる、特にコンクリートの短期強度（材齡約 4 週まで）は一般に低下し、其の後に於ける強度増加率大となりて材齡 8 週以後に於ては、火山灰を使用せざるコンクリートよりも其の強度を増加するものであるが、其の強度増加の程度は 10% 内外にすぎない。

海水に對するコンクリートの抵抗力を大ならしむるためには、火山灰中に可溶性珪酸及礬土を多量に含有して居ることが必要である。獨逸産のツラスと稱せらるゝ火山灰は可溶性珪酸を 35% 以上も含有して居るが、本邦に於て使用されつづ在る火山灰は可溶性珪酸 20~30%、礬土 10~20% を含有して居るものが多い。

火山灰の使用量は、セメントと火山灰とを合せた量（容積）に對し 30~50% である。火山灰を使用せるコンクリートに於ては、セメントと火山灰を合したるもの一容積に對して骨材の配合比を定めるのが普通である。例へばセメント 0.7 火山灰 0.3 砂 3 砂利 6 の配合比は 1:3:6 に當る配合である。

火山灰は凝灰岩質のもの、又は唐津火山灰の如く玄武岩の分解せるもの、或は火山より噴出せる灰や砂礫を粉末にしたもの等、其の成分は種々雑多であるから、其の使用に當りては詳細なる成分調査をなすか、又は定評ある火山灰を使用しなければコンクリートの質を害し、工事の失敗を招くに至る。

セメント工業の發達に伴ひ漸次セメントの粉末度が高くなりつゝある今日、市販の火山灰は一般にセメントより粉末度が低い故に、成る可く微粉末のものを選定しなければならぬ。出來得れば市販の火山灰を更に微粉末として使用せば一層有効である。

市販の火山灰は普通吹入りであつて、1 吹の容積は約 $0.076 m^3$ 、重量にして約

60 kg である。

火山灰を使用せる場合に之れをセメントと混合するには必ず特別の混合設備を必要とす、單にシヨベルで切り返し又はセメントと一緒にミキサーに投入混合する施工では均齊なる混合を期すること不可能である。従つて斯様な設備を持たない小工事には採用すべきものでない。

第五節 型 枠

§ 199. 型枠の強度

型枠は之にコンクリートを填充し、構造物に所要の形狀寸法を與へる一時的の假構造物ではあるが、コンクリート施工上極めて重要なものであり、且つ相當多額の工費を要するものである。従つて之れが設計には細心の注意を要し、製作には特に經驗と熟練を要する。

コンクリートに接觸する板又は鋸を堰板、數枚の堰板を棧にて連結したるものを型板、型板を組立てたるコンクリート塑造用の型を型枠と稱する。

型板の寸法、型枠組立用の横材、支柱等は特に設計計算をなさず、經驗ある技術者の判斷に依て定めれば充分であるが、重要な構造物に於ては判斷のみに依るは危険であるから、概略の計算をなすが安全である。

(1) 型板の受くる荷重 は大體鉛直荷重と横壓力との二種に分つことが出来る。

イ、鉛直荷重。型板に作用する鉛直荷重はコンクリートの自重と填充作業中に加はる動荷重とである。

コンクリート $1 m^3$ の自重はブレイン・コンクリートに於て 2,300 kg 鐵筋コンクリートに於て 2,400 kg とする。

填充中に加はる動荷重には $1 m^2$ 當り 360 kg の等布荷重を考慮せば充分である。

ロ、横壓力。コンクリートは填充作業中に、次第に凝結を始むる故に、其の自重に等しい單位重量を有する液體の横壓力が型枠に作用するものと考へる必要は

ない。コンクリートが型板に及ぼす横圧力は、其のウオーカビリチイ、填充の速度、凝結時間等に支配されるもので一定し難いのであるが。型板には大體次の如き重量を有する液體の横圧力が作用するものとせば充分である。

柱		2000 kg/m ³
壁の高さ	15m 以下	2,300 "
壁の高さ	15m~3m	2,000 "
壁の高さ	3m~6m	1,600 "
壁の高さ	6m 以上	1,200 "

以上は軟練コンクリートの場合である。基礎の如く大塊のコンクリートで硬練であれば 1,200 kg/m³ の重量を有する液體の横圧力が型板に作用するものとせば充分である。

(2) 許容強度 型枠の設計に當り杉又は之に類似の木材の許容強度には大體次表の値を採用すればよい。

第 116 表 型枠用木材許容強度

	丸太又は押角	板	柱の軋み
彎曲應力 (kg/cm ²)	85	96	125
軸 壓 力 (")		55	
木目に平行なる剪應力 (")		14	
木目に平行なる支壓力 (")		30	
彈性係數 (")		84,000	

鋼材を使用するときは、其の許容強度は、普通使用する許容強度の 25% を増加するも差支へない。

(3) 型枠の撓度 型板、堰板は彎曲應力に依る變形を成る可く僅少ならしむる必要がある。之等の最大撓度に付いては種々の意見があつて一定して居ないが、型枠を支持する桁に於ては支間の 1/360 以内とするがよい。

(4) 彎曲率、剪力、撓度 は此處に特に述べる必要はないが以下簡單なる例を列記する。下記の撓度計算は單桁と連續桁との中間の値であつて、單桁にも連續桁にも共通に使用する。

M = 彎曲率 (m kg) V = 剪力 (kg) δ = 撓度 (cm)

w = 1 m² 當りの等布重量 (kg)

p = 1 m² 當りの等布活荷重 (kg)

b = 部材の幅 (cm)

d = 部材の厚 (cm)

s = 棧又は桁の中心間隔 (cm)

l = 支間 (m)

I = 部材斷面の二次率

E = 彈性係數 (kg/cm²)

σ = 彎曲應力 (kg/cm²)

τ = 剪應力 (kg/cm²)

とすれば

	横圧力を受くる場合	鉛直荷重を受くる場合	單桁 $\frac{wl^2}{8}$	連續桁 $\frac{wl^2}{10}$
彎 曲 率				
剪 力				
撓 度				

市販の木材を使用する關係上、各部材の寸法を先づ定め、此の定まつた部材に適合する様、型板の棧又は桁の間隔を定めることが即ち型枠の設計なのである。例へば床版を支持する桁の間隔は次の如くして定める。今支柱の間隔、桁の寸法が市販の木材寸法に依つて定められたる場合に、彎曲應力に依りて桁の間隔を定むれば (第 335 圖参照)。

$$s = \left. \begin{aligned} \text{單桁の場合} & \quad s = \frac{4\sigma bd^2}{3(w+p)l^2} \\ \text{連續桁の場合} & \quad = \frac{5\sigma bd^2}{3(w+p)l^2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots 10$$

水平剪應力に依りて s を定むれば

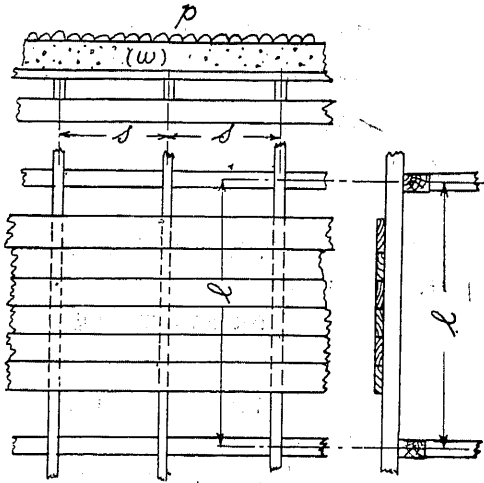
$$s = \frac{100\tau bd}{3(w+p)l} \dots\dots\dots 11$$

$$= \frac{bd^3}{4(w+p)l^3} \dots\dots\dots 12$$

撓度に依りて s を定むれば

$$\delta = \frac{l}{360} \text{ の場合}$$

公式 10, 11, 12, より算出せる最小の s を使用すればよい。横圧力を受くる場合には、 w を横圧力に取り、 $p = 0$ とする。尚ほ堰板には上記の s に適合する厚さの板を使用するか、堰板厚が定まつて居れば桁の間隔 s は堰板に適合し且つ前記の各間隔に適合する様定めなければならぬ。



第 335 圖

柱の軋材の間隔 s (cm) は次の式に依りて定める (第 339 圖 (a) (b)) 参照。

l = 軋材の支間 (cm)

h = コンクリートを填充し終る面より軋材までの高 (cm)

k = 柱の最大寸法 (cm)

$$s = \frac{40\,000\sigma bd^2}{3wh(2l-k)k} \dots\dots\dots (13)$$

§ 200. 型 枠 の 設 計

(1) 材料は成る可く市販の形状寸法のものを使用すること 木材、ポールの等型枠材料には市販のものを使用しなければ工費を増大してよくない。普通使用せらるゝ型枠材の寸法は大體次の通りである。

部 材	厚 さ (cm) 及 断 面
床版の堰板	2.4
壁、柱、桁に於ける堰板	2.4 ~ 5

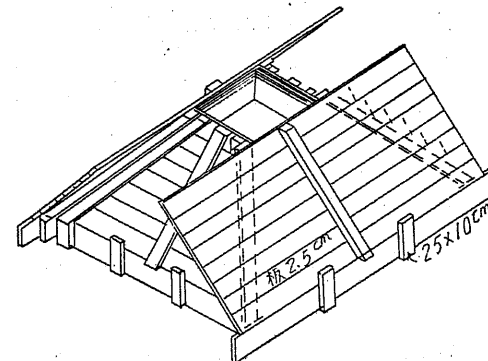
梁の断面	5×10 ~ 7.5×25
棧、貫材の断面	5×5 ~ 15×15
軋材の断面	7.5×10 ~ 10×10
支柱の断面	7.5×10 ~ 15×15

特に大なる寸法の木材を必要とする場合には成る可く市販の材料を數本重ねて使用するがよい。

(2) 材料は成 可く反覆使用し得る様設計すること 杭又は方塊等の如く同一形状のものを多數製作する場合には、小數の型枠を反覆使用すれば經濟的である。型枠の數は、型枠取外しの日數、コンクリート填充能力、工事期間等に應じ適當に定める。

例へば填充能力が構造部分 n 個分であり、型枠取外しまでの日數が m 日にして、型枠の取外し組立に p 日を要するものとせば、 $(m+p)n$ 個の型枠があれば、間斷なく填充作業をなし得る。

高い壁又は柱等に於ては、一回にコンクリートを填充する高さを適當に定めれば、同一型枠を何回も使用出来るし、又堰板の厚さも薄いもので足りる故に經濟的である。尚ほ小部材であれば一回にあまり高くコンクリートを填充するときは、搦き固めが充分に出來ぬ缺點がある。従て一回にコンクリートを填充する高さは普通 1.2 ~ 2m の範圍とする。



第 336 圖

一度使用せる型枠を取外し之を解體して他の型枠に使用し得る様、材料の長さ等は成る可く切斷しないがよい。例へば第 336 圖は側面の型板に市販の材料を其のまま使用した基礎型枠の例である。

(3) 型枠は其の組立取外し共に容易なる構造とするこ

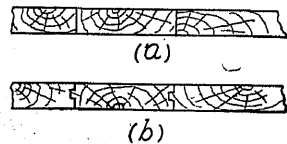
と 型枠は豫め製作せる型板を組立て作るのが普通であつて、其の組立が簡單で而も堅牢であり、其の取外しに際しては、コンクリートに振動、衝撃を與へず、而も堰板を破損せざる構造としなければならぬ。型枠の組立に付いては § 202 に述べる。

(4) 必要に應じ反りを附すること 橋梁の如き長径間の型枠には、型枠自體の撓度に備へるため相當の反り(Camber)を附する。桁の反りには二種ありて、其の一は、型枠を全部取外した場合に生ずる自重に因る撓度に備へる反りであり、其の二は型枠の径間大なるため、コンクリート填充中に生ずる型枠の撓度に備へる反りである。前者は構造物設計當時に當然決定し置く可きもので、此處に考慮する必要はない。後者は型枠の径間大なる場合、木材の木目に直角な壓力を受くる部材の積重ね厚大なる場合、又は支保工の基礎軟弱にして型枠に沈下を生ずる虞れある場合に限りて附するものである。普通に施工さるゝ如く支保工の支柱間隔小にして、基礎強固なる場合には之を附する必要はない。

(5) 堰板、型板の接合部は水密性となすこと 堰板の継目又は型板の接合部に間隙があればコンクリート填充の際セメント糊狀體が流失して、コンクリート表面に粗骨材が表れたり、又は此の部分が凸出して外觀を害する、又小部材に於ては其の強度を減ずる虞がある故に、充分水密性としなければならぬ。

板の継目は第 337 圖 (a) の如く衝頭接合 (Butt joint) とするのが普通であるが、重要な部分で、堰板が厚いときは第 337 圖 (b) の如く柄を作るがよい。型板製作後コンクリート填充までに、日光に曝れて堰板の継目に間隙を生じたるときは、之を席にて覆ひ之れに撒水し、堰板に濕氣を與へ、木材を膨脹せしめれば、小間隙なれば、之を水密性とすることが出来る。間隙大なれば襪を填充する。尚必要ある場合は鍍力板の細長い継目板を張り附ける。

堰板の継目に間隙又は狂ひを生ぜしめないために生木又は乾燥不充分的木材を使用してはならない。



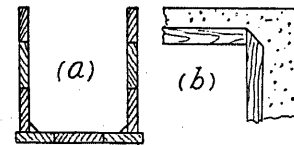
第 337 圖

(6) コンクリートに接する堰板面の仕上げを平滑にすること コンクリートに接する堰板の面は鈹仕上として、コンクリートと型板との密着を避け、型板取外しを便ならしむると共に、コンクリート面の外觀をよくするがよい。又堰板を轉用する場合には鈹仕上げとして置かなければ、堰板面の清掃困難である。

各堰板間の間隙を防止し且つ継目及板面に凹凸のない様に入念に平滑に仕上げた型板を使用し、コンクリート填充前に充分濕して使用し緩やかに取外せば平滑な美しい面が出来る。

型板面の漏水止と平滑を目的として板面全部に亜鉛引鐵板を張付ける方法も往々採用されて居る、之は漏水防止の目的を達し型板の損傷を防ぐから幾回も繰返し使用には有効なるも、表面は兎角波狀を呈して到底鈹仕上げ程に立派な成績は得られない。

(7) 型枠内の隅角には面取りをなすため三角材を取付くこと コン



第 338 圖

クリート部材の隅角は型枠取外し、其他工事中に破損し易いものであるから第 338 圖の如く、型枠内の隅角に三角材を取付けねばならない。コンクリート部材の面

を取ることは上記理由の外、部材が高熱に會したる場合、其の隅角の崩落を防止し得る、又部材の外觀をよくするものである。

(8) 一時的開口を設けること コンクリート填充前、型枠内の清掃を兼ねて内部を濕潤ならしむるために水を使用する、此の水を型枠外に排出するために、適當の箇所に孔を設ける。此種の孔は型枠中の最も低い位置たるは云ふまでもないが、コンクリート填充の際、孔の閉塞に便利な側面に設けるがよい。寸法大にして複雑なる鐵筋を有する構造物の施工目地に型板を用ひる場合、此の型板の取外し及其の面の清掃のために、上部より之に接近し得ざれば、型枠の側面に人孔を設けて人夫出入の便を計る必要がある。斯の如き人孔は施工目地の位置を考慮して數箇所に設ける。

(9) 型枠の内面に油又は石鹼液を塗布すること 型板は其のコンクリ

トに接する面を鈹仕上げとし、填充前之を濕潤ならしめば、容易にコンクリートより切離し得るものである。然し型板を繰返し使用する場合、凍結気温にして型枠内面を水にて潤し得ざる場合、或は硬練コンクリートの如く型枠内面を水にて潤したゞけでは型板の切離し困難なる場合、等に於ては型枠内面に油類又は石鹼液を塗布してコンクリートと型板との密着を避けるのである。

此の目的で使用さるゝ油類は主として重油と鑛油とである。

重油は附着防止の効力大にして、價格廉なれども延びが悪く、嚴寒の候には塗布困難である、又コンクリート表面に茶褐色の汚點を残す缺點がある。尤も此の汚點は風雨に曝されれば漸次消失する。

鑛油は重油に比して塗り易いが、附着防止の効果並びに價格の點に於ては重油に及ばない。

重油と鑛油を等分に混合して使用すれば比較的好結果が得られる。低温の場合には少しく加熱して使用せば塗布も容易である。

同一型板を反覆使用するときには當初之等の油を二、三回塗布して型板に充分浸み込ませて置けばコンクリート填充の都度、之を塗布する必要はない一回乃至二回置きに塗布すれば充分である。

油を型枠内面に塗布するときは鐵筋に油が附着せざる様型枠組立前に、之を型板に塗布し、充分に乾燥せしめたる後、型枠の組立に着手することが肝要である。

モルタル又は漆喰の上塗をなすコンクリート面に油を塗布した型板を使用するときは、上塗とコンクリートとの附着が充分でない故に、油を使用することは出来ぬ。

型板に油を塗布したる場合に於ても型板とコンクリートとの間に氣泡が生ぜざる様、コンクリート填充前には型枠内面を濕潤ならしむがよい。

石鹼液は軟石鹼を湯にて充分に溶解したるもので、コンクリート填充前に刷毛を用ひて、型枠の内面に塗布する。石鹼液は附着防止の効果大なること。コンクリート表面に汚點を生ぜざること。型枠取外し後水にて洗滌せばモルタル、又は漆喰の附着を害せざること等の特長がある。新しい型板には二回以上塗布したる

後使用する。其後は組立前に一回宛使用すればよい。

(10) 型枠の検査をなすこと 型枠はコンクリート填充前必ず検査をなすべきであるが、型枠完成後直ちに嚴密なる検査をなし置く必要がある。製作上の間違ひ又は手直しに多くの手間を要するが如き缺陷は、豫め之を訂正して置かねばならぬ。コンクリート填充前に斯の如き缺陷を發見したのでは仕事の能率を著しく害する。§ 189 の(2)に述べた型枠の検査は主として型枠完成後に起る缺陷の検査をなすのである。

§ 201 型枠の取外し

(1) 型枠取外しの時期 型枠はコンクリートが充分硬化し、自重及其の受くる荷重に抵抗し得る強度に達するまで存置するのが原則である。型枠はコンクリートの過早の乾燥、或は霜害防止等の養生に役立ち、且つ存置期間が長くなる程、コンクリートの強度は増大するものであるから型枠は成る可く永く存置するがよい。多くの場合、型枠は繰返し使用する故に、出来るだけ早く之を取外す必要に迫られるのであるが、如何なる場合に於ても規定の存置期間以前に之を取外すことは出来ない。

一般的に方塊の如く大なる強度を必要としない構造物に於ては、型枠の存置期間短かく、鐵筋コンクリート部材の如く大なる強度を要するものゝ型枠存置期間は長くする。壁、柱、桁等の側面の型板は桁又は床版の底面の型板より早く取外してよい。部材の自重が其の受くる荷重に比して大なるもの、例へば長徑間の桁又は拱の底面に於ける型板は、自重が其の受くる荷重に比して小なるものより長く存置すべきである。気温高き場合は低き場合より型枠存置期間を短かくして差支ない。又晴天のときは雨天の時より早く型板を取外してよい。

型枠存置期間は上記の外、コンクリートの硬軟、使用セメントの種類、養生の方法、等に依りて異なるものである。型枠存置期間は土木學會示方書に規定せる次の標準を基礎として適當に定むるがよい、次の規定は普通のポルトランド・セメントを使用する場合にのみ適用し得るものである。

イ、型枠はコンクリートが相當硬化する迄之を存置すべく、責任技術者の承認を得るに

あらざれば、之を取外すべからず。

ロ、コンクリート填充後型枠取外しに到る期間は気温、天候、使用セメントの性質、構造部分及其の寸法等を考慮し適宜に之を定むべし。

大體の標準は次表に依るものとす。

第 117 表 型 枠 存 置 標 準 期 間 表

気 温	側面の型枠	柱類の型枠	床版底面の型枠	支間6m未満の桁拱 ラーメン及び版の型枠	支間6m以上の 桁及拱の型枠
最低気温15°C 以上の場合	2日乃至3日	4日乃至6日	6日乃至9日	10日乃至15日	14日乃至21日
最低気温3°C 以上の場合	3日乃至6日	6日乃至10日	9日乃至14日	14日乃至21日	18日乃至28日

コンクリート硬化中、最低温度 3°C 以下となりたる場合には、其の一日を半日に換算して型枠存置期間を延長せしむべし。気温 0°C 以下に下る場合には適當の防寒装置を施すべし。

ハ、工事中餘分の荷重を受くる部材に於ては、適當なる支柱を設け該部材の荷重及施工中加はる荷重を支持せしめ、該部材が之等荷重のために害せらるゝ事を防ぐべし、斯かる支柱は部材が其の自重及其の上に来る荷重を負擔するに充分なる強度を得る迄、之を存置すべし。

高級セメントを使用せるときは、上記の標準を相當短縮して差支ないのであるが、少くとも第 117 表の標準中の最短期間以上型枠を存置するが安全である。

(2) 型枠の取外し 型枠は構造物に振動、衝撃を與へない様、靜かに取外さなければならぬ。

型枠は全體を一時に取外さず、存置期間短かき型板より順次取外す。例へば桁に於ては、先づ側面の型板を取外し、次に相當の日數を経て底面の型板を取外す。

同一時期に取外し得る型板の取外しに於ても、其の取外しの順序を充分に考慮し、構造物に算定外の應力を生ぜしめぬ様注意することが肝要である。例へば長支間の桁底面の型板取外しに於て、支間中央の支柱及型板を最後に残し、他を全部取外すときは、桁は其の支柱上に於て負彎曲率を生じてよくない。斯かる場合は支柱上に楔又は砂箱を設置して、之に依りて各部を平等に緩めるがよい。

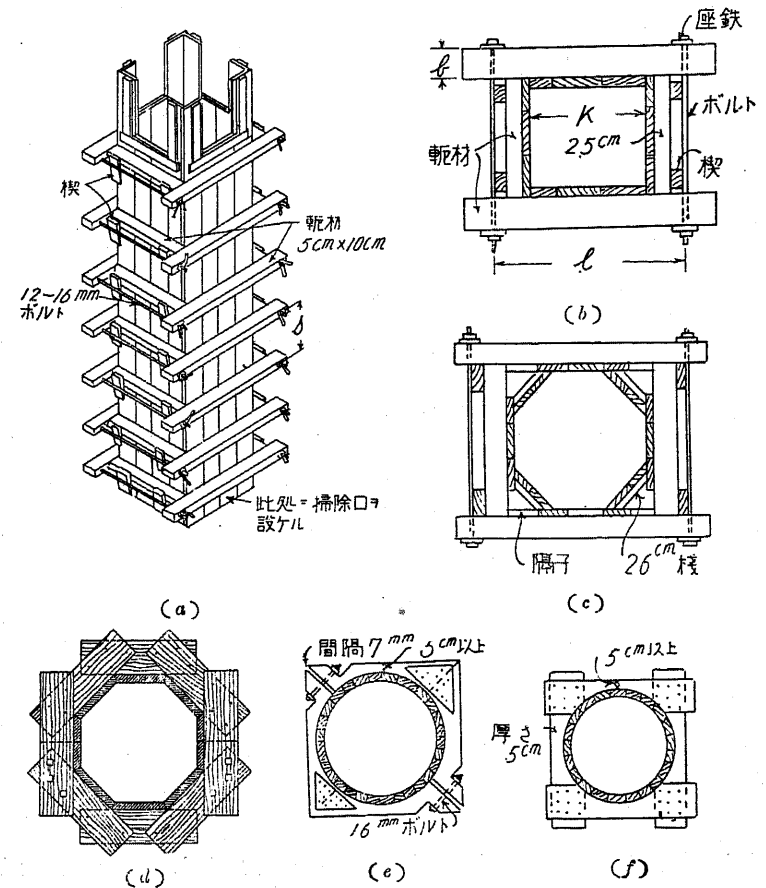
コンクリート填充後養生の完全なものは不足なものより型板を取外し易く、又

松材は伸縮變形杉材より大なれ共板面がコンクリートに附着する心配は杉材より少ないのが普通である。

§. 202 型枠の組立

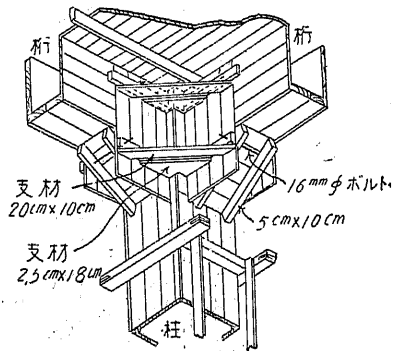
型枠は (イ) 其の位置、形状、寸法を設計圖面に正しく一致せしむること。(ロ) 堅牢にして荷重、乾濕に依り狂ひを生ぜざる構造とすること、(ハ) 組立、取外し共に容易なること、等の條件を具備する様組立てなければならぬ。

(1) 柱の型枠 第 339 圖は柱の型枠の一例である。(a) は軋材に堰板を



第 339 圖

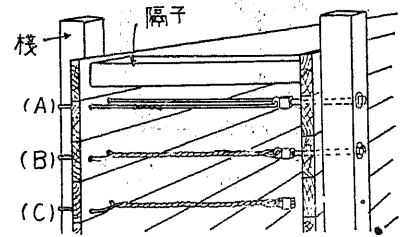
打ち付けた4枚の型板を組立てるもので、両側の型板の軛材をボルトにて締め、他の2側は軛材とボルトの間に、楔を入れて締めつけた矩形断面の柱の型枠であつて (b) 圖は其の断面である。軛材の間隔 s は公式 13 に依りて定める。堰板の厚さは普通 2.4 cm 位である。使用回数多き場合には厚 3~4 cm の 堰板を使用する。ボルトには直径 12~16 mm のものを使用する。(e) 圖は同様の工法に依る八角形柱の型枠断面である。(e) 圖は圓形柱の型枠組立例で、(d)(f) 圖は八角形柱及圓形柱の型枠軛材を釘付けにしたもので、柱数少ない場合に使用せらるゝが、斯かる構造は締めつけ、取外し共に困難である。第 340 圖は柱頭部に於ける、桁隅縁の型枠組立例である。



第 340 圖

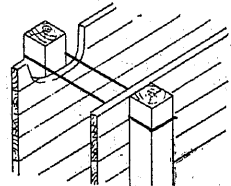
(2) 壁の型枠 壁の型板の外側は

第 345 圖の如く、支材にて支へ得るが内部には支材を設けることが出来ない故に、



第 341 圖

第 341 圖 (A) の如く両側の型板の横より針金を通し、壁厚に等しい木材の隔壁 (Spacer) を挿入して、(B) の如く針金を拵て型板を締めつける。第 341 圖は型板取外し後壁の一

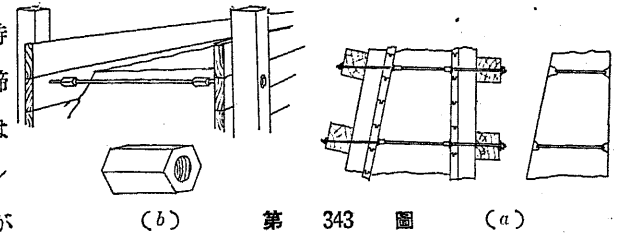


第 342 圖

側に針金が残らぬ様に特殊の金物を使用した例で、型枠

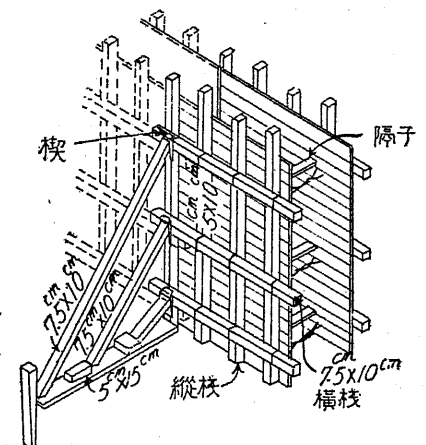
取外しの場合、(C) の如く金物をコンクリート内に残し、反対側の針金は切断する。普通には第 342 圖の如く針金のみを用ひる。

第 343 圖 (a)(b) は特殊ボルトを使用せる締めつけ例である。(a) は隔壁不用であるがコンクリート表面に金物が残つてよくない。(b) は隔壁を要するが表面に金物が残らない。普通のボルトを隔壁用の竹に通して使用することもあるがコンクリート中に竹が残つてよくない。又木の隔壁を用ひて型板をボルト締め



第 343 圖

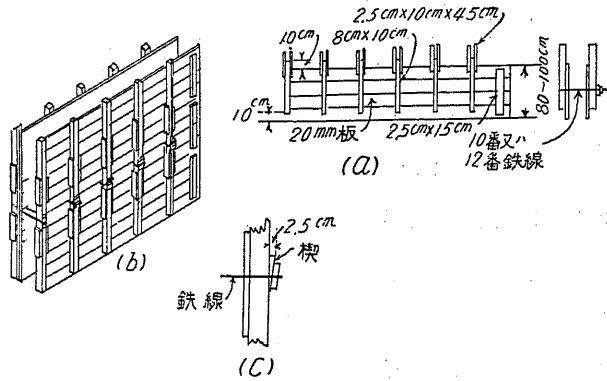
とする事も出来る。型枠取外しの場合に除去すべきボルトがコンクリート中に包まれて居る場合は、コンクリートの硬化不充分のとき、之を 1, 2 回廻轉せしめてコンクリートに附着せぬ様になければならぬ。又木材の隔壁はコンクリート填充作業の進行に伴ひ之を取り去る。モルタル製の隔壁を使用せば除去する必要は無い。又針金を使用した時は型板取外し後コンクリート面より 2.5 cm 内側より之を切断除去しなければならない。之等の點に付き土木學會示方書にては次の如く規定して居る。



第 345 圖

堰板を締め付けるには成可くボルト又は鐵棒を使用すべし。之等の締め付材は、型枠取

外し後コンクリート
仕上げ表面より 2.5
cm の間に残存せし
む可からず。鉄線を
締付材として使用す
る場合には責任技術
者の承認を受くべし。



第 346 圖

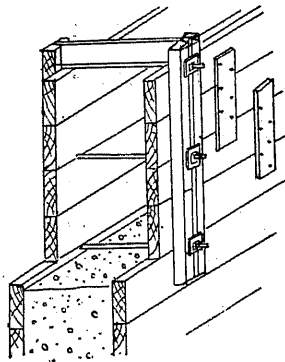
第 344 圖は低い
壁の型枠組立例で、
圖の如く特に低き壁

に於ては締めつけ材は不要である。第 345 圖は高い
壁の例で、縦棧の外に圖の如く横棧を使用しなければ
型板が振れる虞れがある。

型枠の突張用支材と型板は、普通第 344 圖の如く
釘付けにするのであるが、第 345 圖の如く楔を用ひ
れば取外し締めつけ共に簡単にして充分である。

堰板は普通 2.4cm 厚の板を使用する。

第 346 圖は高い壁の型枠であつて (a) の如き型
板を用ひ、コンクリートの硬化に伴ひ、順次下方の
型板を取外し (b) の如く上方に繼足す。



第 347 圖

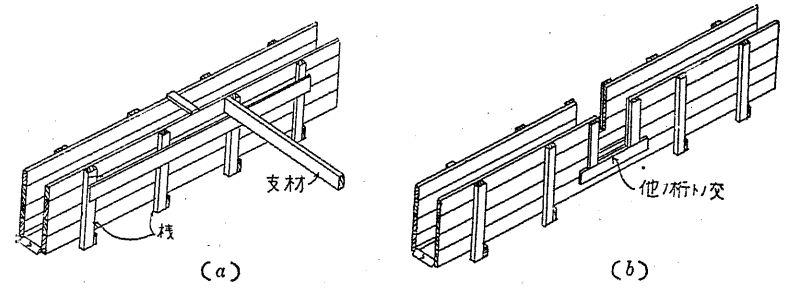
第 347 圖は簡単に型板を上方繼足にした例である。

(3) 桁及床版の型枠 桁の型枠は第 348 圖の如く組立る。第 349 圖は桁
及床版用型枠の組立例である。

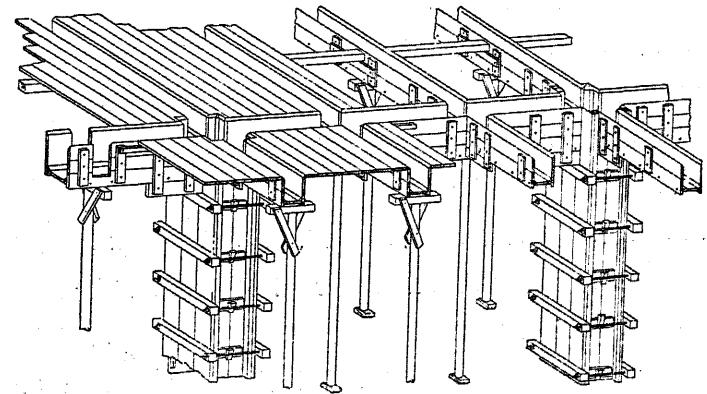
第 350 圖は桁と支柱との取付を示したものであつて、(a) (b) は比較的小なる
桁、(c) は大なる桁の場合に於ける支柱頭部の構造である。

§ 203. 支 保 工

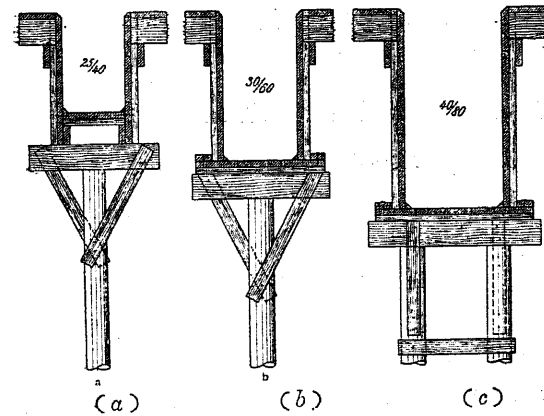
支保工は型枠を支へる構造物であつて、簡單なるものは單獨の支柱より成り、
複雑なるものは木材の結構より成る。



第 348 圖



第 349 圖



第 350 圖

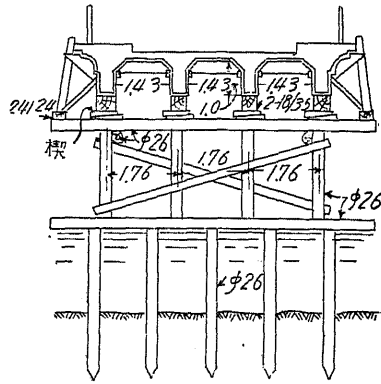
支保工は其の受くる鉛直
及横荷重に對し、充分の強
度を有し且つ沈下せざる構
造であると同時に組立、及
型枠取外しに便利な構造で
なければならぬ。反覆使
用する場合は解體容易なる
構造とする。

荷重小にして、支保工の
高さ低き場合は單獨の柱又

は杭を支保工とする。高さ大にして風
 壓、流水に抵抗せしむる場合は之等の
 柱又は杭を斜材及水平材にて適當に連
 結すれば充分である。

長徑間の桁橋等の支保工は木橋の橋
 脚の如き構造とする。

第 351 圖は桁橋に使用せる支保工の
 例である。尙ほ特に徑間大なる時は、
 本圖に示す如く桁の直下に楔又は砂箱
 を挿入して、型枠取外しの際桁の各點
 を平等に緩め得る様にするがよい。



第 351 圖

第 352 圖は拱橋支保工の一例である。

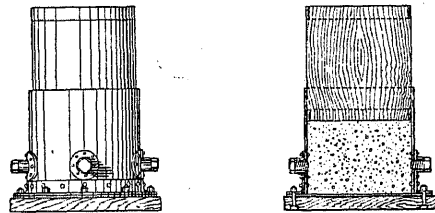
(c) は (a) に示す VIII 格點、(d) は IX 格點、(e) は起拱點より下部に於ける格點の構造である。拱橋の如く大なる荷重を受くる支保工は其の格點に於て、鉛直材が水平材に喰込む故に、之を防止するために (c) (d) の如く溝形鋼を使用すれば安全である。本邦の普通建築工法の如く柄等を作りて鉛直材と水平材の接觸面積を縮小するのは良く無い。

型枠を除々に且つ容易に取外し得る様に適當の位置に楔、砂箱 (sand box)、扛重器 (Jack) 等を設ける。

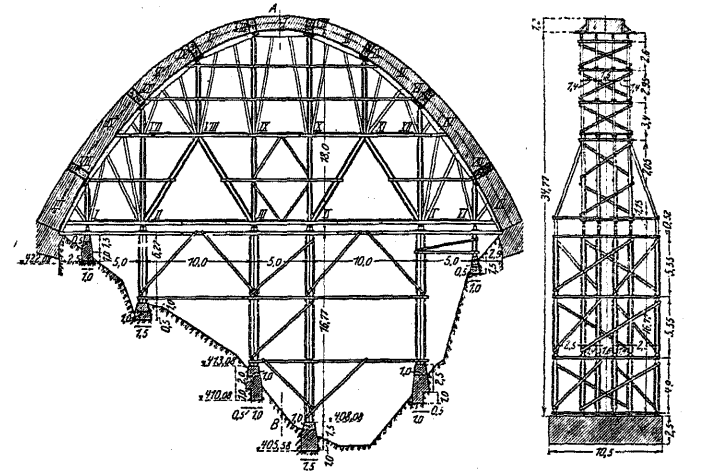
之の點に付き土木會學示方書に於ては次の如く規定して居る。

支承、支柱及假構等は楔、砂箱、扛重器等にて支へ、振動、衝擊等を與ふることなく徐々に型枠を取外し得る様す可し。

砂箱は第 353 圖の如く厚 2~4mm
 の鋼板より成る圓筒形状のもので、底
 板近くに圖示の如く螺旋の栓を有する
 小口を設け、型枠取り外しの際、此の
 小口より内部の砂を排出する。砂箱に

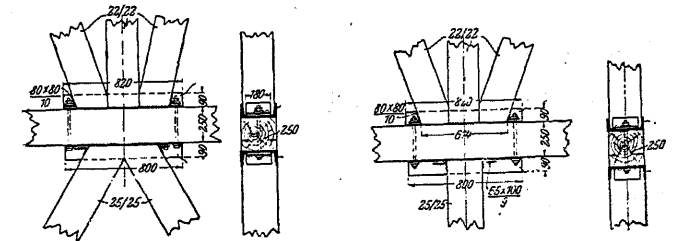


第 353 圖



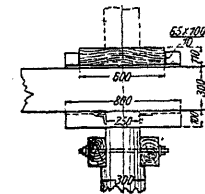
(a)

A-B 断面 (b)



(c)

(d)



(e)

第 352 圖

は粘土質を全く含有しない洗砂を完全に乾燥して詰める。砂箱の直径は普通 20~25 cm であつて、内部の砂の安全支持力は $6\sim 10 \text{ kg/cm}^2$ とする。従つて拱架及其の受くる荷重を知れば砂箱の所要数は容易に決定し得る。

砂箱の上部に嵌める栓には硬質の木材を使用し、其の両端には図示の如く鐵環を嵌める。此の木栓の大きさは砂箱の内径と略同一とし、砂の表面にアスファルト紙を敷きて木栓を据へ、木栓と砂箱の間隙には防水のためアスファルトを詰める、尚ほ砂が濕氣を吸収しない様に木栓全體を油性塗料にて塗布して置く、又砂箱は洪水面以上に据付けることが肝要である。

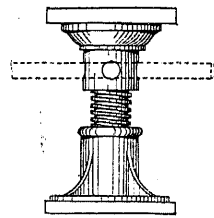
第 354 圖は扛重器の一例である。

楔は型枠組立に當り高の調節、締つけ等甚だ便利であるが、荷重が大になれば之を緩める事も、締める事も共に困難であつて型枠取外し

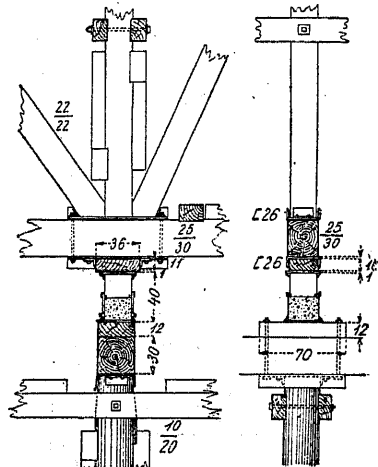
には全く用をなさない場合が多い。

砂箱は栓を取りて内部の砂を取り出せば容易に型枠を低下せしめ得るし、型枠の各點を平等に緩める事も容易

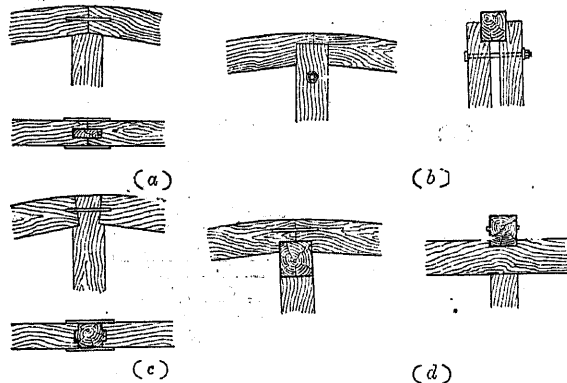
であるが、填充作業中に型枠が沈下しても、之を上昇する事は出来ない。第 553



第 354 圖



第 355 圖



第 356 圖

圖は砂箱取付状況を示したものである。

扛重器は總ての點に於て有利であるが高價なる缺點がある。然し支保工の基礎悪しき場合は之を使用するが安全である。

第 352 圖は I, II, III, IV, V, VI, の格點下に砂箱を使用した例である。

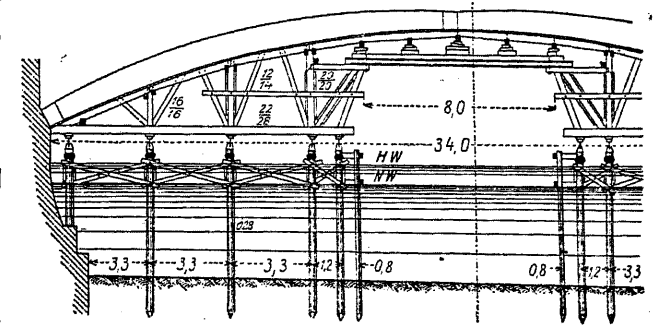
第 356 圖は拱橋拱架の最上端、即堰板取付の桁と、支保工支柱の取付工法の例である。(a)、(b)は拱の曲線半径大なる場合に用ひ、(c)は曲線半径小なる場合に用ひる。之等は組立、解體を容易ならしむるために柄等を用ひてあるが、繰返し使用しない場合には釘付けにても充分である。(d)の如く支柱上に横桁を設けて之に型板の桁を設けた例もあるが斯かる工法はよくない。

第 357 圖は通船路ある場合の拱橋支保工例である。

支保工の組立困難なる箇所にては橋梁と略ぼ等しい支間の鋼構を使用する場合も少くない。

§ 204. 足 場 足場は従業員の活動を敏活ならしめ、且つ材料運搬機の運行を容易ならしむるため、成る可く堅牢に建設しなければならぬ。型枠又は其の支保工とは絶縁して足場の振動が型枠に傳はらぬ様にしなければならぬ。然し第 352 圖に示すが如き支保工を要する場合には足場の建設困難である故に、従業員は型枠上に設けた踏板上にて作業するのであるが、斯る場合には踏板の支柱を必ずコンクリート填充に支障なき、例へば支保工兩側の支柱直上に設けなければならぬ。又材料運搬は成る可くシュート、架空線等に依りて直接型枠上を運搬しないがよい。

—(完)—



第 557 圖