

第 1 章 緒 論

§ 1. コンクリート

コンクリートはセメントと、砂及び砂利或は碎石と、水とを適當の割合に配合し、混合して固ませた一種の人造石である。Concrete と言ふ語は相共に結合して一體になると言ふ意味を有するものである。

コンクリートを造る材料の中で、セメントは最も大切なもので、之を**結合材**と言ひ、砂、砂利、碎石又は之に類似のもので、セメントによつて結合されてコンクリートとなるものを、**骨材**と言ふ。

コンクリートの性質は其の材料の性質、材料の配合、之を混合する程度、出来上つたコンクリートを使用場所まで運搬して型に詰込む方法、型枠の良否、コンクリートを打ち終りて後の期間、其の期間中に於ける含水量及び温度、等に關係のあるものである。

§ 2. 鉄筋コンクリート

コンクリートを補強する目的を以て使用する鋼材を鉄筋と言ひ、鉄筋を使用したコンクリートで、外力に對し、兩者が一體として作用するものを**鉄筋コンクリート**と言ふ。

鉄筋コンクリートに對して、鉄筋を使用しないコンクリート、又は、コンクリートの收縮又は温度變化に因る龜裂に對してのみ補強したコンクリートを、**無筋コンクリート**と言ふ。

鉄筋コンクリートに於けるコンクリートは主として壓縮應力を受け、コンクリート中に埋込む鉄筋は主として引張應力を受ける様に配材するが、鉄筋コンクリート柱や、壓縮鉄筋を有する梁及びアーチなどの様に、鉄筋が壓縮應力を受ける場合も尠くない。

土木學會は昭和6年に**鉄筋コンクリート標準示方書**を制定し、昭和15年に之を改訂し、鉄筋コンクリート構造物の設計及び施工に關する一般の標準を示して居る。本書に於て鉄筋コンクリート標準示方書と言ふのは、該示方書を指すのである。

鉄筋コンクリート標準示方書に従つて、鉄筋コンクリート構造物の設計をすることに就いては、拙著「鉄筋コンクリート設計法」を参照され度い。本書は、該標準示方書に従ふ、鉄筋コンクリートの施工法及び、一般のコンクリートの施工法に就いて述べたものである。

鋼は工場で製造されるものであるから、信用ある工場の製品であれば、其の性質はほぼ一定して居る。然るに、コンクリートは現場で製造されるものであるから、其の使用材料、材

料の配合、混合、打込み、養生、等の如何によつてコンクリートの性質に非常な差を生ずるものである。依つて、設計に於て假定された性質を有するコンクリートを製造するには、特別の技術と注意とを要するのである。鉄筋コンクリートの計算には、其の強度に關するもの外にも澤山の假定がある。是等の假定がなるべく成立つ様に、鉄筋コンクリートを施工する必要があることは論ずる迄もない。

§ 3. コンクリート及び鉄筋コンクリートの特徴

現今土木工事の大部分は土工と、コンクリート又は鉄筋コンクリート工事とであると言つて大過ない様に思はれる。建築でも、大きなものでコンクリート又は鉄筋コンクリートを使用しないものは殆どない。それほど、コンクリート及び鉄筋コンクリートが土木建築工事に使用されるに至つた理由は、コンクリート及び鉄筋コンクリート構造物は、譬へ美觀其の他に於て他の建築材料を用ゐるものに較べて劣る所があるにしても、耐久的、耐火的、耐震的で、構造物建設の目的を十分達するものを、多くの場合に、最も經濟的に建造することが出来ると言ふ點にあるのである。其の他、諸種の特徴に就いては拙著「鉄筋コンクリート設計法」を参照されたい。

§ 4. コンクリートの組成

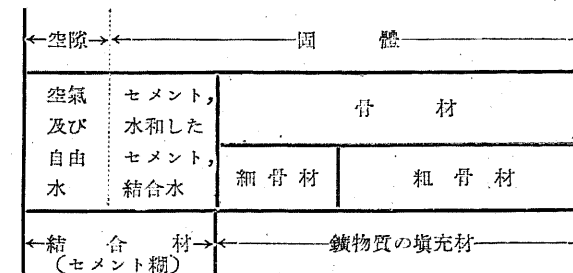
コンクリートは、骨材をセメントと水とで出来るセメント糊で取圍むだものと考へることが出来る。それで、コンクリートの性質は、それが固まる前でも、固まつた後でも、其の材料の性質及び配合に、密接な關係を有する。

まだ固まらない新しいコンクリートに於ける骨材は、セメント糊の中に混吊されて居ると考へるのが適當である。セメント糊の量は、骨材粒を覆ひ、骨材の間隙を填充するに十分な丈なければならぬ。新しいコンクリートの流動性を支配するものは、セメント糊の流動性、骨材粒の大小粒混合の程度即ち粒度及び骨材粒の形狀、セメント糊の量と骨材の量との比、等である。一般のコンクリート工事に於ては、プラスチックな流動性のコンクリートを使用する。軟か過ぎたり又は硬過ぎるコンクリート、又は、ばさばさしたものは、材料の分離を生じたりして、目的を達するコンクリートとならないのが普通である。依つて、セメント、水、砂、及び砂利の配合は、實用上の一定の範圍内になければならぬ。

固まつたコンクリートの固體の部分は、骨材と、固まつたセメント糊とから成立ち、コンクリートの容積の残りの部分は自由水と空氣隙とである。適當な、配合、水量、混合及び締固めによつて造つた新しいコンクリートに於ける空氣隙の容積は比較的小さいもので、普

通、コンクリートの容積の1%乃至2%である。或る材齡に於て、コンクリート中にある自由水の量は、セメントと水との化合の程度及び乾燥する時、水の蒸發によつて失はれる量によるものである。

コンクリートの組成を概念的に示すと次の如くである。



點線の境界はセメントと水との化合の程度及び水分が失はれる程度によつて異なる。

細骨材と粗骨材の區別は任意的のもので、我國では、板篩5を通過するものを細骨材、之に止まるものを粗骨材として居る。

§ 5. 水、セメント糊及び骨材の役目

セメントと水とが化合して固まることを、セメントの水和と言ふ。

コンクリートを造るに水を用ゐる目的は2つある。第1は、セメントを水和させる爲であり、第2は、作業に適する軟かさのコンクリートを得る爲である。第2の目的の爲に必要な水量は、第1の目的の爲に必要な水量よりも、一般に、大分大きい。それで、セメント糊に於ける必要な水量は、一般に、第2の目的を果す方から定められる。普通のコンクリートに使用される、水とセメントとの重量比は45%乃至90%である。

セメント糊の主な役目は、(1)骨材粒の表面を覆ふこと、(2)骨材の間隙を填充すること、(3)新しいコンクリートが作業に適する軟かさとなるため骨材間の整滑材として働くこと、(4)固まつたコンクリートに於て水密性及び強度等を得させること、等である。

硬化したセメント糊の性質は、(1)セメントの性質、(2)水とセメントとの比、(3)セメントの水和の程度、等によるものである。セメントが十分に水和するには、時日、適當の溫度及び水分の存在が必要である。

適當な溫度に於て十分に水と與へてコンクリートを硬化させる期間を、コンクリートの養生期間と言ふ。普通の工事に於けるコンクリートの養生期間は3日乃至14日であり、實驗室に於ける養生期間は普通28日である。

骨材の主な役目は3つある。第1は、セメント糊に対して比較的廉價な填充材となることであり、第2は、コンクリートに、荷重の作用、磨耗、水の浸透、氣象作用等に抵抗する爲に必要な性質を有せしめることであり、第3は、セメント糊が硬化する時及び硬化したセメント糊に於ける水分が變化する時に生ずるコンクリートの容積變化を軽減すること、である。

或る骨材がコンクリートの性質に及ぼす影響は、(1) 骨材粒の物理的性質、殊に、強度、弾性及び耐久性、(2) 骨材表面の状態、(3) 骨材の粒度、(4) コンクリートの單位容積に於ける骨材の量、等に関係するものである。骨材表面の状態は、新しいコンクリートに於ては、コンクリートの軟かさに、固まつたコンクリートに於ては、骨材とセメント糊との附着力に、関係する。粒度は、殊に、新しいコンクリートの軟かさ、密度及び價格に関係する。骨材の使用量は、殊に、コンクリートの乾燥による容積變化及びコンクリートの價格に関係する。

§ 6. 普通のコンクリートに於ける、セメント、骨材、及び水の量

普通に使用されて居るコンクリートに於て、セメントと骨材との重量比は、セメントの使用量の非常に多いコンクリート即ち極く富配合のコンクリートで 1:3、セメント使用量の少いコンクリート即ち貧配合のコンクリートで 1:9 位である。是等の範圍に於て、コンクリートの體積の 66% 乃至 76% は骨材で、骨材がコンクリート體積の主要部分を占めて居り、セメントは 16% 乃至 7% を占めて居る。即ち、極く富配合のコンクリートと貧配合のコンクリートとに於けるセメント使用量の比は 2 以下である。

コンクリートの全容積に対する全水量の變化は比較的小さいもので、コンクリート 1 m³ に對し大體 145 kg 乃至 220 kg の水が使用される。

材料の絶対容積 (§ 56 参照) を一定にして、コンクリート中に於けるセメントの一部を骨材で置換へても、又、骨材の一部をセメントで置換へても、使用水量を一定に保てば、コンクリートの流動性は殆ど一定である。セメント使用量が變つても、或る流動性のコンクリートを得るために使用すべき水量がほぼ一定であることから考へて、或る流動性を有する貧配合のコンクリートに於けるセメント糊は、同じ流動性を有する富配合のコンクリートに於けるセメント糊よりもうすいことは明白である。換言すれば、コンクリートの流動性を一定に保つ時、セメント使用量を減ずれば、セメント 1 袋に對して使用する水量を増加しなければならないのである。

§ 7. セメント糊の性質が、コンクリートの性質に及ぼす影響

セメント糊がコンクリートに於ける活生素であるから、骨材が満足な性質のものであれば、コンクリートの性質が、セメント糊の影響を受けることが非常に大きいことは當然である。満足な性質の骨材を手に入れることは、普通大いした困難がない。

與へられたセメントに對し、セメント糊の強度及び密度は、全く、水とセメントとの比又は、セメントと水との比(單に水セメント比又はセメント水比と言ふ)に關するものである。それで、プラスチックで、作業に適する軟かさのコンクリートを使用する範圍に於て、水セメント比が小さい程、コンクリートの壓縮強度、引張強度、曲げ強度及び水密性、等が大きい。之は、セメントの使用量に直接關係しない。

コンクリートの耐久性、即ちコンクリートの氣象作用に對する抵抗力は、コンクリートの強度及び水密性に關するものであるから、セメント糊の性質は、又、耐久性に直接の關係を有する。

セメント糊の性質の影響を受ける、上記以外のコンクリートの性質が、水セメント比の影響を受けることも明白である。例へば、水セメント比が大きいセメント糊ほど、乾燥による收縮が大きいから、水セメント比の大きいコンクリートほど收縮が大きい。但し、コンクリートの乾燥による收縮は、セメント糊の性質と同時に、其の量にも關係するので、或る場合には、セメント糊の水セメント比が大きくても、其の使用量が少い時には、コンクリート全體としては、收縮が大きくなることもある。

從來、水セメント比は、コンクリートの所要壓縮強度を基準として、之を定めるのが普通であつた。然し、現今の優良なポルトランドセメントを使用する時は、かなり水セメント比が大きい場合でも相當高い壓縮強度が得られる。依つて、コンクリートの水セメント比は、單に所要壓縮強度だけから定むべきではなく、コンクリートの耐久性をも考慮して、之を定めるのが適當である (§ 102 参照)。

ともかく、セメント糊の水セメント比、従つてコンクリートの水セメント比の變化により、コンクリートの發揮し得べき諸性質を左右することが出来るのである。

§ 8. 優良なコンクリートを造るに必要な條件

如何なコンクリートが良いコンクリートであるかと言ふことは、コンクリート使用の目的と經濟上の關係とから定まる問題である。例へば、水の出ない様な所に、少しばかりの荷重を地盤に分布させる目的で造るコンクリート基礎であれば、其のコンクリートの強度はあまり問題にならないから、配合が容積比で 1:4:8 と言ふ様なコンクリートが良いコンクリートである場合もあろう。水槽を造るとすれば水の漏らないことが第一に必要な條件である。倉を造

るならば強度の外に、耐火、耐濕であるコンクリートが良いコンクリートである。美觀も考へなければならぬ場合がある。要は、最も經濟的に使用の目的を達することが出来るコンクリートが、優良のコンクリートであると思はれる。然しコンクリート使用の目的は上記の如く千差萬別であるから、同一な構造物にしても時と場合とによつて使用すべき良いコンクリートは異つて來る譯である。

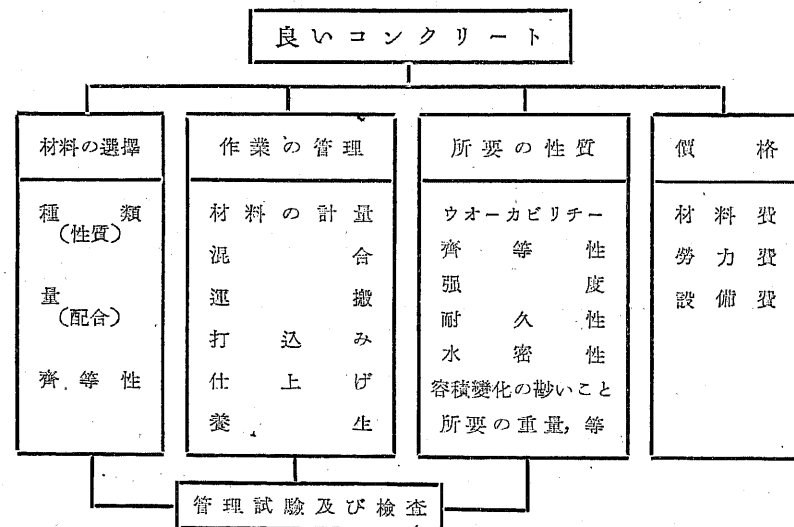
一般の場合、使用の目的を達するコンクリートと言ふのは、所要の諸性質、例へばコンクリートが固まる前に於ては作業に適するウオーカビリチー (§ 89 參照)、固まつた後に於ては、齊等で、強度、水密性及び耐久性が大きく、容積變化の少いコンクリートのことである。

所要の諸性質を有するコンクリートを得るには、コンクリート材料の選擇から、コンクリートが適當な材齡に達する迄の間に於ける施工一切の管理が大切である。

コンクリート施工の管理と言ふのは、齊等質で、作業に適するウオーカビリチーのコンクリートを適當に供給して打込み、適當に養生し、所要の諸性質を有するコンクリートを製造する作業を勵行させることである。廣義に於ては、施工の各階梯を最も經濟的に實行すること、適當な材料を選擇するために各種の試験を行ふこと、出來たコンクリートの性質を確めるために必要な試験をすること、等である。

良いコンクリートを造るために、考慮すべき事項を、圖解的に示すと 第 1 表 の如くである。

第 1 表



適當なセメントの種類及び製造工場の選定、骨材の産地を骨材の性質及び價格の見地から選定することは、コンクリートの製造に着手する第 1 の階梯である。

適當なコンクリート材料が得られても、コンクリートの配合、取扱ひ、打込み、及び養生、等の管理が適當でなければ、優良な材料の眞價を發揮させることは出来ない。コンクリート材料がよくない時程、所要の耐久性、強度、最小の維持修繕費、のコンクリートを得るため、換言すれば最も經濟的なコンクリートを得るため、嚴格な管理が必要になる。

コンクリートの材料、配合及び水量を、強度、耐久性其の他の諸性質を有する様に定めた丈けでは十分でない。コンクリートは作業に適するウオーカビリチーを有するものでなければならぬ。コンクリートが其の打込み、及び締固めの作業方法に對して軟かすぎれば、材料の分離が起りコンクリートに豆板が出來たり、打つた表面にレイタンス (§ 96 參照) が出來たりする。又、硬すぎたり、ばさばさして居れば、コンクリートに大きな空隙が出來たりする。如何にセメント糊が水密であつてもコンクリートに大きな空隙や、龜裂などがあれば、コンクリートは水密にならない。如何に強度及び耐久性の大きい可能性のあるコンクリートでも、現場に於て、一練り、一練りを適當に打込み、締固め及び養生しなければ、是等の性質を實現させることが出来ない。コンクリート作業に於て、凡ての事項の間に鈞合ひがとれるためには、適當な判断、先見、及び十分な検査が必要である。全體として、立派なコンクリート構造物が得られる爲に、コンクリート施工の重要を強調し過ぎることは出来ない。