

第 9 章 養 生

§ 186. 概 説

コンクリートを打ち終つてから、之を保護して、其の硬化作用を十分に發揮せしめると同時に、コンクリート打ち後直ちに乾燥する爲に生ずる龜裂、コンクリートの收縮の爲に鐵筋コンクリートに生ずる元應力、等を出來る丈け僅少ならしめむとする作業を、コンクリートの養生と言ふ。養生作業は、コンクリート施工の最後の作業であり、最後の努力をなすべき作業である。養生作業の如何により、施工者のコンクリートに對する智識と、工事施工の良否とを判断し得る場合が多い。

コンクリート養生の作業は、

- (1) 霜、日光、風及び大雨、等に對してコンクリートの露出面を保護すること、
- (2) コンクリートが十分硬化する迄、衝撃及び過分の荷重を加へない様に保護すること、
- (3) コンクリートの硬化中相當の溫度に保つこと、
- (4) 硬化中に十分な濕氣を與へること、

等である。是等のうちで、普通の場合には、最後のものが最も大切で、單に養生と言へば、コンクリートが過早に乾燥するのを防ぐ爲に之を覆ふこと、及び、十分水分を與へること、の意味である場合が多い。

鐵筋コンクリート標準示方書は、コンクリートの養生に就いて、次の様に規定して居る。

『第 37 條 養 生

(1) コンクリートは打込み後、溫度、乾燥、荷重及び衝撃等の有害なる影響を受けざる様十分に保護すべし。

(2) コンクリートの露出面は藎、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。早強セメントを使用せる場合は、コンクリート打ち後の前記期間中少くとも當初の 3 日間は、特に濕潤状態を保たしむる様注意すべし。

堰板乾燥の虞れあるときは之にも撒水すべし。

(3) 養生日數に就いては責任技術者の指示に従ふべし。』

§ 187. コンクリートの硬化中に十分濕氣を與へることの必要な理由

コンクリートの硬化中に十分な濕氣を與へることが極めて必要である理由は 2 つある。第

1 は、コンクリートを十分硬化させて、其の強度、水密性、耐久性、磨耗に對する抵抗力、及び鐵筋との附着強度、等、コンクリートの大切な性質を増大せしめる爲であり、第2 は、硬化中に於けるコンクリートの收縮を出来るだけ少くして、收縮龜裂、收縮の爲めに構造物に起る諸種の元應力、等を僅少ならしめる爲である。

第1 コンクリートの硬化は、適當な温度の下に於けるセメントと水との緩慢な化學作用であるから、硬化中之に必要な水分がなければ、此の化學作用が起り得ない。従つて、コンクリートが乾燥して硬化に必要な水分を失へば、材齡による、強度、水密性、耐久性、磨耗に對する抵抗力、鐵筋との附着強度、等の増加は望み難い。コンクリートの強度其他が年月の経過と共に増加するのは、コンクリートを濕氣と接觸させて硬化させる場合に限るのである。過早に水分を失へば、セメントの効力が75%も失はれる。故に、コンクリートをして其の特性を發揮せしめる爲には、事情の許す限り永く、之に濕氣を與へて硬化させることが緊要である。

コンクリートを造る爲に使用される水量は、コンクリートをして作業に適するウオーカビリチーを有せしめる爲に、セメントの硬化に必要な水量よりも餘程多量であるから (§5 參照)、コンクリートの乾燥を防ぐことが出来れば、硬化に對して十分な水量があるのであるが、コンクリートに水を與へなければ、尠くとも表面はじきに乾燥し、表面に近いコンクリートの硬化作用が停止し、收縮して龜裂を生ずるから、コンクリートの表面に十分水を與へることが、是非必要になるのである。

コンクリートを打つた直後、一般に、幾分の水が表面に出て来るけれども、多量でない限り、じき見えなくなる。それは、水の一部は蒸發するにしても、大部分は、セメントが硬化する時に生ずる空隙に、吸収されるからである。

普通の建築物の工事などに於ては、一般に、十分な濕潤養生が行はれて居ない。それは、之を行ふことが困難であること、作業手が不愉快であること、等によるのであるが、之がために、コンクリートが其の特徴を十分發揮することが出来ないことは明白である。

第2 コンクリートは水中で硬化すれば膨脹し、空氣中で硬化すれば收縮する。此の膨脹と收縮との差は、硬化の初期に於てはあまり大きくないが、時日の経過するに従ひ、收縮の方が大きくなる。乾燥によるコンクリートの收縮に就いては、§313 に述べてある。

コンクリートが收縮すれば、兩端が自由に移動し得る様な構造物でも、鐵筋が存在する時には大きな引張應力をコンクリートに生ずるもので、比較的少量の鐵筋が不齊等に用られた場合には、コンクリートに龜裂を生ずることもある。まして、鐵筋コンクリートの多くの構造物の様に、不靜定構造の場合には、之がために非常に大きな元應力を生じ、そのために

大きな龜裂を生じ、構造物をして危険ならしめる様なこともある。鐵筋コンクリートの拱橋を造つて、何等荷重の加はらないのに龜裂の生ずるなどは、收縮應力が其の主な原因の1つである。

故に、コンクリートの收縮を最小ならしめる様に努めることが極めて緊要で、鐵筋コンクリートの場合に於て殊に大切である。之が爲にも、コンクリートの硬化の際に、事情の許す限り永く、十分な水分を與へることが必要なのである。

§ 188. 濕潤養生の期間

セメントの主成分の1つである珪酸3石灰は、十分水がある時でも、材齡約28日に達しなければ水和作用を完了しないし、珪酸2石灰は、材齡約14日に達しなければ水和を始めない。依つて、セメントの主成分の水和を考へるとき、理想としては、少くとも6ヶ月間、コンクリートを濕潤状態に保つ必要がある。然し、斯の如き長期の濕潤養生は、一般の構造物について不可能であり、又、斯く長期の養生を行ふことは不經濟でもある。それは、硬化した普通の厚さのコンクリート中の自由水が蒸發によつて失はれるには、相當の時日を要するから、内部のコンクリートは、其の間に相當に硬化すること、コンクリートは材齡の初期に於ける強度の増進が著しく、濕潤養生の利益の大部分は初期の養生期に得られ、長い濕潤養生をしても得るところが割に尠いこと、等の理由によるのである。

ともかく、濕潤養生をなすべき期間は、事情の許す限り永い方がよいことは勿論であつて、其の標準は、次の如くである。

型枠で保護されない總てのコンクリート面に對しては、普通ポルトランドセメントを使用する場合7日以上、早強ポルトランドセメントを使用する場合3日以上、濕潤養生を行はなければならない。

海水、アルカリ又は酸性の土壤又は水、等の侵蝕作用を受けるコンクリートの養生期間は、上記の期間の30%増しとする。

堰堤の様な大塊のコンクリートに於ては、普通又は中庸熱セメントを使用する時14日以上、低熱セメントを使用する時21日以上、とするがよい。

乾燥して暑い空氣中、又は、低温度に於ける薄い断面の部材の様に、悪い状況の下に於ては、養生期間をなるべく永くするのが望ましい。

濕潤したり乾燥したりすることは有害である。それは、濕潤と乾燥とを繰返すと、コンクリート表面の急激な膨脹及び收縮により、大きい應力を生じ、龜裂を生ずる惧れがあるからである。それで、養生期間中、絶へずコンクリートを濕潤状態に保つことが必要である。

§ 189. コンクリートの乾燥を防ぐ爲の諸方法

コンクリートを濕氣と接觸させて硬化させる爲には、出来るだけ乾燥を防ぐことと、撒水することとが必要である。

堰板は、濕潤養生に對して、甚だ有效なものである。よつて、堰板は、寒中コンクリートの場合のほかは、コンクリート打込み前に十分水で濡らし、事情の許す限り長く之を存置するがよい。堰板を取外した後も撒水するのが適當であるが、型枠を使用する鉄筋コンクリート構造物に於ては、堰板除去後の撒水が困難なことが多いから、堰板を永く存置して養生の目的を達することもある。猶ほ、型枠存置中に、堰板が乾燥して繼目が開口したり、コンクリートが乾燥したり、するのを防ぐため、堰板にも適當に撒水する必要がある。

コンクリート打ちを終るか、又は中止した時は、人がコンクリートの上に乗つて跡が残らない位硬化した時、即ち普通の場合約 24 時間後に、工事の種類及び現場の事情に應じ、下記の方法のどれかで濕潤養生をしなければならぬ。但し、夏で日光の直射と夕立 (§ 194 参照)、冬で寒氣と風 (§ 202 参照)、に對しては、打つたばかりの表面を直ちに保護する必要がある。

- (1) 厚さ 2.5 cm 以上の十分濕つた砂、土、又は鋸屑で覆つて撒水すること、
- (2) 厚さ 15 cm 以上の十分濕つた藁又は之に類似の材料で覆つて撒水すること、
- (3) 藁又は厚い綿布で覆つて撒水すること、
- (4) コンクリート表面に池を造ること、
- (5) 噴霧器で撒水すること、
- (6) 防水紙の類で覆ふこと。

コンクリートの表面を藁で覆ひ、其の上に撒水すると言ふ様なことは、誠に容易のこの様な様であるけれども、實際には中々手間のかかることである。殊に、水に不自由な場所では思ふ様に行きにくいから、初めから此のことに就いて相當な段取をしておくことが肝要である。藁も之を取り去る時に巻きながら取つて行けば、4~5 回位は樂に使用出来るけれども、一端を持つて引きはがす様なことをすれば、1~2 回で使用に耐へなくなる。

小さい孤獨の構造物で撒水することが困難である場合、水が得難い場合、断面の小さい部材を乾燥時季に養生する場合、等に對し、撒水其の他、水を與へる養生法の代用法として、膜養生其の他の方法が考へられて居るが、是等は精々水の蒸發を防ぐだけの効果しかない。

膜養生と言ふのは、コンクリート表面にアスファルト乳劑の類をかけて、水の蒸發を防ぐ方法である。膜養生は、堰板を除去した後、又は、コンクリートを打ち終つた後、出来る丈

け早く之を行ふ必要がある。

アスファルト乳劑の様な黒色の養生材料は、熱の吸収が大きい。従つて、日々のコンクリートの温度變化が非常に大きくなり、コンクリート表面に龜裂を生ずる傾向があるから、之の使用は、日光の直射を受けない場合に限られる。パラフィン系のワニス様の無色の養生材料は、黒色のものよりも熱を吸収することが尠く、コンクリートの自然色を害しない利益がある。

§ 190. 養生温度

コンクリートの適當な養生温度は、15°C 乃至 35°C である。一般に、35°C 以下の養生温度に於て連続して濕潤養生をすれば、温度が高い程、或る材齡に於ける強度が大きい。但し、4°C 位の低温度に於ても、十分長期濕潤養生を行へば、相當な強度が得られる。0°C 以上の低温度に於て濕潤養生をしたコンクリートを、更に普通温度で養生すれば、強度が大いに増加するものである。

コンクリートの凍結温度は、-3°C と考へられて居る。凍結以下の温度は、新しいコンクリートに非常に有害である。それは、水が氷になる時、膨脹して材料の間の附着力を害し、凡ての材齡に於て、強度の著しい低下を來すからである。コンクリートの凍結については、§ 195 に述べてある。

35°C 以上の養生温度は、セメントの水和を促進し、材齡の若い時に、高い強度のコンクリートを生ずる。然し、後の強度増進に對して悪い影響を及ぼす様で、時としては強度の低下を來すことがある。

コンクリート既製品の製造の場合には、100°C 以上の蒸氣養生を行ふことがある。蒸氣養生をすれば、型枠を早く取外すことが出来、又、普通の温度で永い期間養生するための貯藏に關する不便を避け得る利益がある。

高い温度で造られたコンクリート構造物、又は、硬化中に高い温度になつた構造物は、冷へた時の温度收縮により、龜裂を生ずる傾向がある。堰堤の様な大塊のコンクリートに於ては、之が重大な問題になる。之がために、種々の方策が實施されるのである。

コンクリートの壓縮強度其の他の試験に於て、比較し得る結果を得る爲には、温度及び湿度を一定に保つて養生する必要がある。コンクリート供試體の實驗室養生に於ては、一般に、温度 21°C の、飽和湿度の空氣中又は水中に於て、濕潤養生を行ふ。之を標準養生と言ふ。

堰堤の様な大塊の構造物に於ては、セメントの水和の際の發熱によるコンクリート温度の上昇が著しいから、大塊のコンクリートに於ける養生状態と同様の下に養生したコンクリー

トの性質を試験する目的で、供試體を斷熱的に包むだ養生を行ふことがある。

§ 191. 衝撃及び過分の荷重を加へない様に養生すること

コンクリートの養生中は、コンクリートの強度がまだ十分でないから、コンクリートに衝撃を與へたり、過分の荷重を加へたりしてはならない。之が爲には、コンクリート打ちの順序を適當にして、養生中コンクリートの上を歩いたり、物を落したりしないこと、型枠の構造を堅牢にして、既に打つたコンクリートに振動や衝撃の及ばない様にする、型枠取外しの時期、方法、荷重を加へる時期、等について注意すること、が大切である。

§ 192. コンクリート舗装の養生

コンクリート舗装の上面は、日光の直射及び風の作用を受けて甚しく乾燥し易いし、しかも、大きい強度と磨耗に對する抵抗力とを必要とする部分であるから、十分に水を與へて硬化させることが、是非必要である。之が爲に用られる方法の主なもの、次の如くである。

(1) 土、砂、藁又は枯草、等で覆ふ法 之は、コンクリート面に撒水した後に、砂、土、藁又は枯草、等、水をよく保つ材料をコンクリートの上に擴げ、之が乾かない様に是等の上に時々撒水する方法である。土ならば 5 cm 以上、砂ならば 7.5 cm 以上、の厚さとする。藁、枯草、等は、之を 10 cm 乃至 20 cm の厚さに置けば、よく水分を保ち、土などを用ゐるよりも綺麗で、取扱ひにも便利である。いづれの場合でも、兩側及び端の附近、端の鉛直面の處は、被覆の厚さを増しておくがよい。撒水は約 2 週間之を行ひ、其の後 1 週間位は其の儘にしておく。

(2) 水溜を造る法 之は、舗装の勾配が約 2% 以下の時に多く用ゐられるもので、舗装の兩側に粘土などで堤を作り、舗装横断面の頂部で水深 5 cm 位の水溜を造る方法である。舗装の幅が廣い時には、断面の勾配に應じて數ヶ所に縦の方向に堤を造り、水深を保たせるに便利な様にする。横方向にも適當な距離に堤を設ける。水を溜める期間は、尠くとも 10 日、2 週間以上とするがよい。

(3) 噴霧器を用ゐる法 都市の舗装では、水溜を造つたり、土で覆つたりすることが困難な場合が多い。其の時は、噴霧器を適當の間隔に配置し、是等を水道管に連絡して霧をふかせればよい。

道路に勾配があれば、噴霧器の間隔をかなり大きくすることが出来る。

舗装の養生法としては、以上の、水を用ゐる 3 つの方法が最もよいと、一般に認められて居る。

(4) 鹽化カルシウムを用ゐる法 鹽化カルシウムは、空氣中の水分を吸収して溶解するものであるから、之をコンクリート表面に撒布すれば、養生の目的を達することが出来る。此の方法が水を用ゐる方法に較べて有利な點は、度々撒水する手間がかゝらないこと、養生期間が済むだら直ちに交通を開始し得ること、等である。空中の水分が尠い時には、此の方法は勿論有効でない。又、使用量が過多であると、コンクリート表面が剥げる様なこともあるので、之れの使用を欲しない人もある。普通に使用される鹽化カルシウムの量は、1 m²につき 1.3 kg 位である。

(5) 膜養生 水を與へて養生することが困難な場合には、§ 189 に述べた膜養生を行ふことがある。但し、夏期に於ては、舗装の場合殊に、アスファルト乳劑が熱を吸収してコンクリートの温度を高からしめ、反つて水の蒸發を促進する様なことがある。斯の如き惧れある場合には、膜の上に石灰乳を塗るがよい。

(6) 防水紙で覆ふ方法 コンクリートが相當硬化したら、直ちに防水紙をコンクリート表面に擴げる。之は相當有効で、又、經濟的な方法である。