

第四章 鐵筋コンクリートの性質

§ 43. 鐵筋コンクリートの水密性

鐵筋コンクリート構造物を水密に作り防濕、防水的ならしめることは地下室、貯水池、水槽等の場合に必要であるばかりでなく構造物を耐久のならしめる点からも大切なことである。コンクリートを水密ならしめるときは空氣、濕氣或は種々の性分を含める水の浸入を防ぎ、或は霜害を蒙ること少く随つて鐵筋コンクリート構造物の耐久性を著しく増すものである。

一般に鐵筋コンクリートの構造物を水密ならしめるには其の設計施工に就て周到なる注意を要することは勿論であるが、それかと言つて別に困難なることもない。即ち次の事項に注意すればよい。

イ、§ 19 に於て述べたる所に随ひ水密性を必要とする構造物に於ては、滲透性の小なる龜裂のなるべく出来ない様なコンクリートを採用しなくてはならぬ。

ロ、§ 40 に於て述べたる如く鐵筋コンクリートの延伸能力は皮相的には無筋コンクリートに比し大なるものではあるが、自ら限度があるから鐵筋コンクリートの水密構造物の設計に當つては經濟の許す限り鋼の許容應力を小さく採り、出來得る限りコンクリートに生ずる龜裂を微細ならしめる様に力めることが大切である。

ハ、§ 39 に述べたる如く鐵筋コンクリートに於ては、コンクリートの凝結硬化の收縮のために初應力を生じ、随つて其の設計施工宜しきを得なければ龜裂を生ずる事がある。又相當長きに亘る構造物に於ては伸縮接合を設けることが大切である。又鐵筋量が少かつたり或は鐵筋が不對稱的に配置してあつたりすれば、温度の變化のため龜裂の生ずる虞がある。凝結硬化に依る收縮龜裂を防止するために構造接合を作ることがある。此接合は充分水密ならしめる様設計施工に注意を拂はねばならぬ、即ち水平接合に於ては下部のコンクリート面に連続せる溝を設けるを本則とし、之れに依ることが出来ないときにはレイタンスの發生を防ぐためコンクリートの填充を終りたる後、接合に於ける過剰の水を排除しなくてはならぬ。次に舊コンクリートの上に新コンクリート填充をなすには、先づコンクリート面を充分清淨に掃除

し、レイタンス及び雜物を完全に除去し適度に濕しセメント・ペーストを塗り付け然る後コンクリートを填充すべきである。又鉛直接合部には銅板其の他腐蝕に耐へる金屬製の水止めを使用し前述の如くしてコンクリートの填充をなすべきである。

ニ、水密を必要とする構造物に於ては基礎の不齊等沈下に依る龜裂を防ぐために特に設計に注意すべきである。即ち消極的には地盤に傳はる壓力をなるべく小さく且つ均等にし、又積極的には地盤の地下排水をよくし荷重の偏倚に對する備をなし或は振動撃衝に對して十分なる補強を忘れず、且つ地震に對しても相當の抵抗力を有せしめる様にすべきである。

ホ、元來構造物は強度に對して充分なる様に且つ上述の要項を満足する様に設計するとき、充分水密の目的を達するものであるが、鐵筋コンクリート構造の薄い壁とが、地盤に接したる底床版等に於ては施工上其の他種々の障碍のため漏水の虞があるときは萬全を期するため適當の防水工を施して防水の目的を達せしめるがよい。防水工には塗布工、防水膜工、漆喰防水工等がある。

§ 44. 鐵筋コンクリートの耐火性

(1) 概要。既に述べたる如くコンクリートは其の骨材其の他に注意を拂ふときは耐火性に富む材料であるから、之を鐵筋を以つて補強した鐵筋コンクリートも亦其の設計施工にして誤さへなければ耐火の目的に叶ふことは、諸大家の實驗研究又は實際の經驗によりて明なる事實である。鐵筋コンクリートが現代に於て建築材料として卓越せる位置を占むるに至りし所以は一面に於ては強度に富み且つ施工が容易である點に依るけれども、又反面に於ては耐火的と言ふことに負ふ所も亦大なるものがある。

コンクリートの耐火性は其の配合が貧弱で又空隙が多い程大であるが、鐵筋コンクリートに於てはかかるコンクリートは鐵筋の防錆上或は強度の不足のために用ひる譯にはゆかぬ。又鐵筋を火熱に對して保護し又その防錆の目的を達するためには之を相當の厚さのコンクリートにて被覆しなくてはならぬ。此鐵筋の被覆に關しては既に § 33 (2) にて於て述べ置いた。要するに鐵筋コンクリートを耐火的ならしめるには所要の強度を有する耐火コンクリートを採用し鐵筋の被厚を充分にし、且つ火災に際してコンクリートが剝落する事がない様な適當の手段を講じなくてはな

らぬ。

(2) 鐵筋コンクリート部材の耐火實驗成績。

(a) 桁。1905年に米國に於て行はれたる貨物大の桁の耐火實驗に依れば鐵筋の被厚 2.5 cm の鐵筋コンクリート桁は之れを約 1100°C の火熱に 1 時間曝せしに僅かに其の強度を 25 % だけ減じたるに過ぎなかつた。又鐵筋の被厚を 5 cm とせる桁は之れを 1100°C の火熱中に何時間放置すれば 25 % の強度を減ずるかに就て實驗せしに約 2 時間 30 分を要した。尙 1100°C 位の火熱がコンクリートに影響を及ぼす深度は外皮より 10 cm 位のものであることを確め得た。然るに實際の建築物が火災に遭ふ場合に斯かる高温度が 2 時間以上も持續する様なことは稀であるから普通の火災に依つて鐵筋コンクリート桁が強度を失ふ程度は極く僅かである。

(b) 柱。建築物の火災の場合最も大切なる役目をなすものは桁よりも寧ろ柱である。此柱の各様式に就き最も完全なる實驗研究をなせるは米國標準局、火災研究所及各火災保險會社の聯合會である。同會は 1916 年より 1921 年に亘り 106 本の貨物供試體に就て實驗を試みた。實驗中の温度は試験開始後 1 時間目に於て約 950°C、8 時間目に於て約 1300°C であつた。供試體は全部貨物大で断面は 40 cm 角及徑 43 cm の圓形で鐵筋の配置及寸法は角柱 1 種、圓柱 2 種、有効長は 3.86 m、コンクリートの配合は 1:2:4、砂利は石灰石及段岩トラップ（玄武岩の一種）であつた。實驗の結果次の結果を得て居る。

1° 石灰岩を使用せるコンクリートは段岩を使用せるものより耐火性が大である。

2° よく設計施工された柱に於ては鐵筋の設計及断面形の丸及び角の相違と言ふことは柱の耐火性に殆んど無關係である。

3° 大體に於て鐵筋コンクリートは火災後に強度を回復することは疑を挿む餘地が無い様である。

4° 火災中鐵筋コンクリート柱に水射を注ぐことは宜しくない。何となれば鐵筋の外部のコンクリートが剥落するからである。尤も夫がために柱の抗壓強度が著しく損せられることはない。

(3) 結言。以上述べた如く鐵筋コンクリートは其の設計施工の誤りさへしなければ充分なる耐火性を有するものである。故に我國の如く震災火災の多い處に於ては鐵筋コンクリートは最も卓越せる建築材料と言はなくてはならぬ。

§ 45. 海水の作用を受けるコンクリート及鐵筋コンクリート

(1) 概説。海中に施設されたるコンクリート及び鐵筋コンクリートが海水の影響を受けて如何なる程度の害を蒙るかに就ては未だ結論を得る程度に研究が進んで居ない、一般にポルトランド・セメント中の礬土酸石灰及びセメントの加水分解生成

物の水酸化石灰等と海水中の硫酸鹽は作用して一種の礬土酸・硫酸カルシウムの結晶を生ずる。之が明礬の様に多くの水を結晶水として取つて大きな結晶を生ずる。此結晶が生成發達するときに強い壓力を起し茲にコンクリートが分壞するものと考へられて居る。又コンクリートの骨材の性質が悪ければ之れ亦海水の物理的及化學的作用のため侵蝕される。尙コンクリートの設計施工が悪く粗鬆で水密性に缺くる處があれば海水の作用を蒙む面積が大となり又海水が自由に浸入して鐵筋を侵し益々其の被害を高めるのである。

一般に海水の害を最も多く受けるのは高潮面と低潮面との間の部分で、此被害の度には波浪の作用と氷結作用のために一層高められるものである。

斯くの如く海水中のコンクリート及鐵筋コンクリートは先天的又は後天的に損害を蒙るものである。然し乍ら此海水の作用に對してコンクリート及鐵筋コンクリートを耐久的ならしめることは必ずしも困難ならざることば實例實驗の證する所である。然らば如何にして耐久の目的を達するかと云ふに最も確實有効なる方法は 1° 材料を精選して海水の作用を受けることの最も少いものを採用すること、2° コンクリートの設計施工に注意して密實にして強度に富むコンクリートを作ること、3° 鐵筋の設計に注意し特に鐵筋の被厚を充分にすることに歸するのである。

(2) 海水の作用を受けるコンクリート及鐵筋コンクリートの設計施工。

(a) 材料。イ、セメント。元來海水のセメントに及ぼす化學作用なるものが明瞭を缺いて居るから、自然如何なる化學成分のセメントが海水工事に適して居るかと言ふことも的確には知れて居らぬ。然し乍ら經驗の教ゆる處によればポルトランド・セメントとしては石灰、石膏及礬土の含有量少く珪酸の多いものがよいとされて居る。尤も現今の進歩した高級ポルトランド・セメントに對しても上記の説が適用出来るか否かは疑問である。

アルミナス・セメントは海水の作用に對してはポルトランド・セメントに比して遙かに抵抗力が大である。又高爐セメントも海水に對する抵抗力はポルトランド・セメントに勝るものと信ぜられて居る。

ロ、セメント混和物。海水の作用を受けるコンクリートに於てセメント混和物として火山灰を混合し好結果を擧げた實例は多々ある。火山灰は 25 % 位の可溶性

珪酸を含んで居つて之とセメントとを混ずるときはセメント中の游離石灰と化合して珪酸石灰を生ずる。故に火山灰を混じたコンクリートは海水の分壊作用に對する抵抗力を増す譯である。又之を適量に用ふるときはコンクリートは密實となり海水の滲透を妨げ且つ之を混合したコンクリートは海水中に於て硬化せしめるときは之を混入しないものに比しその強度が一般に大なる特徴がある。

然し乍ら火山灰は同一産地のものでも其の性質に非常な相違がある。又實際問題として火山灰をコンクリート中に均等に混ずると言ふことが困難である。尙火山灰をセメント代用品として混ずるときは一定の流動性を得るために多量の水量を用ひなくてはならぬ。随つて強度が減少し凝結硬化が遅延するのである。

斯くの如くであるから火山灰はセメント代用品としてはどうかと思ふ、尤も所要セメント以外に混和物として用ふるならば差支へはないが之ととも施工に當り餘程注意をしないと不均等なコンクリートになる。故に著者は本則としては海水工事に用ふるコンクリートと雖も火山灰は用ひない方がよからうと思ふ。

ハ、骨材。海水工事に用ふるコンクリートの粗骨材としては石質が強固な而も海水の作用を受けない例へば花崗岩の如きものでなくてはならぬ、又密實なるコンクリートを得るために大小粒よく混ぜるものがよい。鐵筋コンクリートに用ふる粗骨材は最大寸法を 20 mm 以下に制限するがよい。

砂は亦大小粒よく混じた石質強固なるものがよい。細粒の砂は特に注意するを要する。

ニ、水。無筋コンクリートの捏混用水としては海水を用ふることもあるが鐵筋コンクリートに於ては海水は絶対に使用してはならぬ。

(b) コンクリートの配合及使用水量。海水工事に用ふるコンクリートの配合及使用水量は § 19 に述べた處に随ひ充分水密性に富むコンクリートを得る様に決定しなくてはならぬ。水密コンクリートに就ては重ねて茲に贅しなないが只特に此際注意すべき事項に就てのみ言及して置かう。

理論上からは海水の作用を受け易いセメントの量をなるべく少く用ひて而かも密實にして水密性に富むコンクリートを作るのが理想である。然し乍ら實際問題としては特に施工から論ずるときはセメントの量を少くれば密實なるコンクリートを得

ることは到底望まれない。故に現在に於ては已むを得ずセメントの量を多く用ふる慣例になつて居る。即ち海中又は海風に曝される鐵筋コンクリートにありてはその $1 m^3$ に付き 350 kg 以上のセメントを使用し特に低潮位以下 60 cm、高潮位以上 60 cm の間又は波浪の作用を受ける部分のコンクリートにありてはその $1 m^3$ に付き最小 400 kg のセメントを用ふるがよいとされて居る。即ちコンクリートの配合比に換算すれば略 1:1.5:3 及 1:1.25:2.5 程度以上の優良配合に相當する。以上の如く至極優良配合のコンクリートを用ふるから水・セメントは比較的小さくしても出来上りコンクリートのウオオカピリチーは大である。随つて強度の大なるコンクリートを得ることが容易である。然し乍ら水・セメント比を餘り大きくすればコンクリートは分離を起し又レイタンスを生じて甚だよろしくない。又凝結硬化に際して大なる収縮又は膨脹をなし延ては龜裂を生ずるに至るのであるから、之等の點に就ては充分な注意が必要である。

(c) 施工。海水工事に用ふるコンクリートは鐵筋無筋何れの場合を問はず混合を入念にし分離しない様運搬し且つ打つことが肝要である。なるべく構造接合を避ける様に努めねばならぬ。特に低潮位と高潮位との間にあるべき部分のコンクリートは一作業で打ち上げるがよい。鐵筋コンクリート構造に於ては配合がよい故にレイタンスの生ずる虞があるから注意を怠つてはならぬ。尙コンクリートは出来得る限り、水平又は傾斜せる打継ぎ層を生じない様填充すべきである。

海水とセメントとの化學作用はコンクリートが充分硬化しない時に著しく起るものであるから海水の場合には水中コンクリートは出来るだけ避けねばならぬ。

(d) 鐵筋及コンクリートの保護。海中に於ける鐵筋コンクリートの鐵筋の被厚に就ては § 33 に於て述べた。尙鐵筋の配置には注意を拂ひコンクリートがよく隅々まで廻る様に部材を設計しなくてはならぬ。

特に激しい磨損又は腐敗を受くる箇所に於て低潮位以下 60 cm と高潮位以上 60 cm との間のコンクリート表面は適當なる石材又はクレオソートを注入した木材を以つて保護すべきである。

コンクリートの表面にコールタールピッチ、アスファルト等を塗布することは高潮位以上又は海風の作用を受ける鐵筋コンクリートに於ける鐵筋の保護としては有

効であるが海水と接する部分に於ては大なる効果は望まれない。

§ 46. 電流と鐵筋コンクリート

(1) 電氣分解。元來コンクリートは不良導體であるから無筋コンクリートは實際上電氣分解を起すことはないが、鐵筋コンクリートは高壓の電流に依つて損傷される。即ち電流が鐵筋からコンクリートに向つて流れるときは鐵が漸次腐蝕するに連れてコンクリートに龜裂を生ずる。此の現象は電壓の減少のため急激に弱められ普通の電壓の下に於ては殆んど消滅する。然るに電流が上と反對にコンクリートから鐵筋に向つて流れるときは、コンクリートが軟化され延ては鐵筋とコンクリートとの附着力が減殺される。此の現象は極めて低い電壓の下に於ても、起るものである。此の電氣分解はコンクリートが鹽類又は鹽化石灰を混じて居ると著しく促進される。

尤も以上述べた現象は普通の構造物に於ては殆んど起らないものである。

(2) 電氣分解の豫防法。鐵筋コンクリート構造物に於て電氣分解の起るものを豫防するには次の諸項に注意すればよい。

- 1° コンクリートに海水を用ひたり或は鹽化石灰等を混入せざること。
- 2° 電氣に對して絶縁層を作ること、防水膜工の如きは有効なる絶縁層となる。
- 3° 電流が構造物に傳はらない様な施設を施すこと。