

第一編

緒論

鐵筋混凝土ノ理論及其應用 上卷

工學博士 日比忠彦 著

第一編 緒論

第一章 發達ノ歴史

第一節 定義

鐵筋混凝土(Reinforced Concrete).トハ鐵材(Iron)若クハ柔鋼(Mild steel)ヲ適當ノ位地ニ配置シ是ニ依リテ混凝土ノミニテハ抵抗ノ不充分ナルベキ應力ニ對抗セシムル様補強ヲ加ヘタル混凝土ヲ總稱ス從ツテ或展鐵(Rolled joist)若クハ集成桁(Composite beam)ノ類ヲ單ニ混凝土ニテ包圍セルモノハ之ニヨリテ鋼材ヲ保護セリト云フニ止マリ適當ナル意義ニ於ケル鐵筋混凝土ト稱スルコト能ハズ何トナレバ斯クノ如キ場合ニ於テハ總テノ應力ハ專ラ其鋼材ノミニ依リ負擔セラル、モノト考フル方至當ナルベケレバナリ更ニ非科學的ニ使用シタル鋼材ノ補強ハ徒ラニ材料ノ濫費ヲ生ジ鐵筋混凝土ノ特性タル應張側ニ於ケル混凝土ノ彈性不足ヲ増加セシムル意味ニ於ケル效力ノ薄弱ナルコトアルベキヲ以テ總テ補強材ノ配置ハ夫々適當ナル算法ニ基キ營造物ニ於ケル全體ノ強度ト其材料ノ節約トヲ期スルニ於テ初メテ鐵筋混凝土ヲ學理的ニ應用シ得タルモノト稱スルコトヲ得ベシ。

鐵筋混凝土ナル名稱ハ明治三十六年工學會誌上ニ初メテ譯名セラレタルモノニ係リ今日ニアリテハ寧ロ鋼筋混凝土ト云フノ適當ナルニ如カザルガ如シト雖モ本邦ニアリテハ一般ニ鐵材ナル意味ヲ廣義ニ解釋シテ鋼材ヲモ其内ニ包含スルガ如ク使用セルモノ未ダ猶多キヲ以テ暫ク從來慣用ノ文字ニ遵ヒ今強ヒテ之ヲ改竄スルノ必要ナカルベシ。

第二節 混凝土及鋼材併用ノ理由。

混凝土及鋼材ハ全ク異質ノ材料ナルニ拘ハラズ何ガ故ニ之ヲ併用スルノ利益ニシテ且ツ經濟ナルヤニ關シテハ種々ノ理由アリ夫レ鋼材ハ其應張強ト應壓強トニ於テ殆ンド相等シキモ混凝土ノ應壓強ハ其應張強ニ比シテ約八倍乃至十倍ニ相當スベシ次ニ鋼材一屯ノ時價ヲ約百圓ト見積リ混凝土一立坪ノ價ヲ約八十圓ト見做ストキハ鋼材ハ其單位容積ニ於テ混凝土ニ比シ約六十倍以上ノ價值ヲ有スベシ更ニ鋼材ノ應壓強ヲ一平方吋ニ付平均六萬封度混凝土ノ應壓強ヲ同ジク二千封度ト假定セバ前者ハ後者ニ比シテ約三十倍ノ強度ヲ有スベク又混凝土ノ應壓強ヲ應張強ノ約十倍トセバ鋼材ハ其應張強ニ於テ混凝土ノ約三百倍ナリト云フコトヲ得ベシ故ニ或構造物ガ全ク壓縮ノミヲ受クルモノニアリテハ混凝土ノミニテ之ヲ作ルトキハ鋼材ヲ用ウルニ比シテ其費用ノミニ就キテ云ヘバ約五分ノ三ニテ充分ナルベク之ニ反シ伸張ノミヲ受クルモノニアリテハ混凝土ハ鋼材ニ比シテ約六倍ノ經費ヲ要スベシ故ニ伸張ト壓縮トヲ併受スベキ構造物ニアリテ其伸張ヲ受クル部分ニ鋼材ヲ又壓縮ヲ受クル部分ニ混凝土ヲ使用セバ獨リ其材料ニ於テ節約ヲ得ルノミナラズ適當ナル材

料ヲ適當ナル箇所ニ配置シテ各自其獨特ノ應力ヲ發揮セシムルコトヲ得ルノ理ナリ尤モ以上ノ計算ハ單ニ理論的ノモノタルニ止マリ實際ニアリテハ鋼材ノ腐蝕ヲ防遏スル爲メ伸張ヲ受クル部分ニアリテモ猶混凝土ヲ以テ鋼材ヲ包圍セザル可ラザルガ如キ床ト桁トノ接續ノ點壁ノ突隅等ニ於テ單ニ混凝土ノミニテ差支ナキ所ニアリテモ其裂罅ヲ避クル爲メ殊ニ補強用鋼材ヲ添和セシムルガ如キ實際上ニハ必ズシモ理論通り材料ノ節約ヲナスコト能ハザル場合アリ去レド無意味ナル箇所ニハ材料ノ濫費ヲ避ケ得ベキハ此構法ノ特徴ト云フベク材料ノ節約ニ伴ヒ重量ノ輕減トナリ基礎ノ簡易トナルハ理ノ觀易キ所ナリ。次ニ混凝土ハ完全ニ鋼材ヲ保護シテ其腐蝕ヲ妨グベク時日ノ經過ト共ニ益々其強度ヲ増加スベキヲ以テ其合成構造物ハ兩々相俟テ實際ニ永久的ノモノトナルベシ特ニ此異質ノ二材料ヲ合成的ニ使用スルノ便利ナルハ其暑寒ニ對スル伸縮率他ノ材料ニ比シテ最モ相互的ニ近似セルノ點是レナリ從ツテ寒暑ニ伴ヒ構造ノ各部均勢ヲ保持シテ副應力ノ發生ヲ妨ゲ加フルニ此二材料ノ附着力割合ニ大ナルヲ以テ鋼材ハ混凝土内ニアリテ滑動スルコトナク且ツ「セメント」ノ一旦硬化シタル以上霜害ヲ受クルノ恐レナク内部ノ鋼材ハ酸化ノ作用ヲ免ル、コトヲ得ベシ其他全體耐火的ナルコト、經濟的ナルコト、防蝕的ナルコト等數ヘ來レバ鐵筋混凝土ノ優逸ヲ認ムベキノ點尠カラズ技術者ノ更ニ便利トスルトコロハ監督其宜シキヲ得バ工事上ニ特殊ノ技術ト熟練トヲ要スルコト比較的少ク又其準備周到ナル時ハ竣工ニ要スル時間ノ極メテ迅速ナルコト是レナリ殊ニ本邦ノ如キ地震國ニアリテハ其不測

的ニ來ルベキ衝撃ニ對シテハ硬性的ナルト同時ニ彈性的ナル構造物ヲ必要トスルコト論ヲ俟タズ輒近識者ノ鐵筋混凝土ニ對スル注意ヲ促進シタルモノ蓋シ其偶然ニアラザルヲ知ルベシ。

第三節 混凝土發達ノ歴史

混凝土使用ノ濫觴ハ實ニ世界歴史開始ノ以前ニアリト云フコトヲ得ベシ數千年前埃及人ハ既ニ水中ニ凝結スベキ一種ノ水硬「セメント」ヲ知リテ葬棺ヲ作りタルコトアリ四千年以來巍然トシテ砂漠中ニ屹立シ天然風雨ノ攻撃ニ對抗シツ、冷カニ他ノ營造物ノ凋落ヲ笑視シツ、アル「ピラミッド」(Pyramid)ノ一部ハ確カニ混凝土ヲ使用シタルノ形迹ヲ存セリト云フ四千年前ノ當時如何ニシテ四百八十呎ノ高サ迄斯クノ如キ宏大ナル石塊ヲ運ビ得タリシカハ古來學者ノ怪疑ヲ抱クトコロナリシガ近年其石塊ヲ破碎セル一部ニ埋沒シタル木片ノ往々發見セラル、ヨリ推シテ當時既ニ水硬性ヲ有スル有孔火山岩ヲ用キテ直接ニ其場所ニ於テ混凝土塊ヲ作成セル堰板破片ノ其儘塊中ニ殘留セラレタルモノナルベシト推論セラル、ニ至レリ。「カルセーヂ」市 (Carthage) ガ約二千三百年前其光榮アル歴史ノ頂點ニ達シタル當時既ニ七十哩ニ渉ル導水路ヲ建設シ谿間ヲ通過スルニ一千以上ノ拱橋ヲ作り其多數ハ高サ百呎以上ニ達シタルモノアリ「カムミングス」(Cummings)氏ノ説ニ據レバ其或一點ニ於ケル長サ百呎以上ノ導水路ノ一部破壊シテ谿底ニ落下シタルモノ今日猶幾分ノ原狀ヲ殘存セルモノアリト以テ如何ニ其材料ノ強靱ニシテ耐久的ナルカヲ證明スルニ足ルベシ。

羅馬時代ニアリテハ道路城壁水道ヨリ住宅及殿堂等ニ盛ンニ水硬「セメント」(Hydraulic Cement)ヲ應用シタリ彼耶蘇十二使徒ノ一人「アポストルパウロ」(Apostle Paulo)ガ羅馬ニ入り來リシ有名ナル「アツピアン」街道 (Appian way) ハ其基礎ヲ混凝土トシ之ニ鋪石ヲ張詰メタルモノナリキ其鋪石ハ既ニ磨損シ終リタルニ混凝土ハ猶舊態ノ儘現存セリ此道路ハ耶蘇紀元前三百年既ニ「アツピウス、クラウデウス、カイウス」(Appius Claudius Caius)ノ作り始メタルモノニシテ遠ク以太利ノ南端「ブルンデズム」(Brundisum)迄延長セラレタリ又各地ニ水路ヲ敷設シタル導水路中混凝土ニテ作ラレ其儘現存セルモノアリ佛國ノ南部「ニーム」市 (Nismes)ノ近郊ニ於ケル「ボンデュガール」(Pont du Gard)ハ紀元第一世紀頃羅馬人ノ作りタル遺物ノ一ナリト云フ「ジュリユサレム」(Jerusalem)ヨリ九哩ヲ隔ツル「キングソロモン」(King Solomon)ノ貯水池ハ今日猶市ノ水源地トシテ利用サレ羅馬ノ有名ナル「コロシウム」(Colossium)ハ混凝土ノ基礎上ニ立テリ同ジク「パンテオン」(Pantheon)ノ殿堂ハ「オーガスタス」(Augustus)皇帝ノ奉獻ニ係リ其直徑百四十二呎ノ圓蓋ハ重ニ混凝土ニテ作ラレ千九百年ヲ經タル今日猶儼然トシテ其威容ヲ損セズ羅馬ヲ取巻ケル「オーレリアン」城壁 (Aurelian wall)ハ長サ十哩以上ニ互リ混凝土ヲ使用シタルコト多ク今日猶現存セルモノ其強度及耐久力ノ偉大ナル之ヲ破壊セントセバ天然ノ岩石ヲ切取ルト同様ノ方法ニ依ルノ外ナシト云フ其外羅馬人ガ其領土内ニ數多混凝土ヲ利用シタル例證ニ乏シカラズ例令バ愛蘭ニアル一觀望塔ハ一千年前「ドルイズ」(Druids)ニ依リテ建設セラレ直徑六呎高サ百呎水硬「セメント」ノ一種ニ依リテ作成セルモノ數年前其基礎ヲ掘リテ轉倒セシ

メタリシガ其衝撃ノ爲メ全部殆ンド地下三呎ノ深サニ沈降シタルモ塔ノ實體ハ更ニ破壊セラレザリシト云フ以テ其強度ノミナラズ彈性ノ如何ニ大ナリシカラ證スルニ足ル若シ石造ナリシナランニハ必ズヤ粉碎シ終リタルナラント云ヘリ。

降リテ第十三世紀ノ頃ニ至ルモ英國ニ於ケル「サリスバリ」會堂 (Salisbury Cathedral) ノ基礎獨逸ニ於ケル「ブレマードームス」(Bremer Domes) ノ建築ノ如キ所謂火山灰 (Trass) ノ一種ヲ應用シタルノ例證ニ乏シカラズ斯クノ如ク數千年以前ヨリ既ニ混凝土ヲ使用スベキ方法ト技術トハ顯著ナル進歩ヲ示シタルニ拘ラズ其利用法ハ何時シカ湮滅シテ傳ハラズ中世紀ノ所謂暗黒時代ト共ニ其光輝ヲ没却セラレ土木ハ勿論建築ノ如キモ僅カニ殿堂、墓碑等ニ依リテ其薄淡キ影ヲ宿シタルニ過ギズ然カモ復興期ニ於ケル時代ノ石造、煉瓦造モ「セメント」ノ用法ヲ知ラズ僅カニ不完全ナル石灰膠泥ヲ使用シタルノ痕跡ヲ留ムルノミ第十八世紀ノ始メニ至リテ以太利ニテ所謂「ボッズゾラナ」(Puzzolana) ト稱スル一種ノ劣等ナル火山灰使用ノ方法ヲ發見シ次イデ千七百五十六年「スミートン」(Smeaton) 氏ガ彼有名ナル「エヂストーン」(Eddystone) 燈臺ヲ建設スルニ當リ粘土ヲ含有セル石灰石ヲ試驗シテ一種ノ天然水硬「セメント」ヲ得ルコトヲ發見シタリ最モ羅馬時代及第十八世紀當時ノ「セメント」ハ極メテ不完全ノモノニシテ勿論天然質ヲ用キ今日ノ如ク人工ヲ加ヘタル等質優性ノモノニアラズ今日ノ所謂「ポートルランドセメント」(Portland cement) ナルモノハ「セメント」ノ父ト稱セラレタル「ジョセフ、アズプデン」(Joseph Aspdin) 氏ノ發見ニ係リ千八百二十四年其特許ヲ得タルヲ嚆矢トス英國ニテハ千八百二十五年、佛國ニ

テハ千八百四十六年、獨國ニテハ千八百五十五年、米國ニテハ千八百七十五年、本邦ニアリテハ明治七年何レモ始メテ其製造所ヲ設立シタリシガ當時ハ其製法未ダ不完全品質又不等ニシテ其應用ハ僅カニ煉瓦積若クハ基礎工ノ一部ニ限ラレタリ爾來製法ノ改良ニ伴ヒ各國何レモ其需要ノ激増ヲ促ガシ寢々トシテ殆ンド其底止スル所ヲ知ラザラントス明治二十年頃本邦ニ於ケル「セメント」ノ産額一年僅カニ二萬樽ニ過ギザリシモ爾來三十年ヲ經タル今日ニアリテハ其産額優ニ五百萬樽ニ達シ殆ンド二百五十倍ノ増加ヲ示スニ至レリ千九百十四年米國ニ於ケル一年ノ産額實ニ一億樽ニ垂ントシ其製造所百二十箇處ヲ超ニ資本金二億餘圓ヲ算スト云フ實ニ「セメント」工業發達ノ顯著ナル鋼材ノ製造ト相並ビテ工業發達史上振古未曾有ノ偉觀ヲ呈セリト云フモ敢テ誣言ニハアラザル可シ是レ一般土木及建築工事ノ勃興ト進歩トニ伴ヒタル結果ニ外ナラズト雖モ亦鐵筋混凝土工事ノ發達ニ負フトコロ蓋シ鮮少ナラザルベシ。

第四節 鋼材製造發達ノ歴史.

地球上天然ニ金屬鐵ヲ産スルコトハ極メテ稀ニシテ殆ンド地球圈外ヨリ落下セル隕鐵ニ於テ之ヲ見出シ得ルニ過ギズ然カモ人類ノ之ヲ利用セシコトハ慥カニ其證跡ヲ存シ世界到ル處ニ産出スル鐵鑛石ヲ原料トシテ鐵ヲ製造スルノ方法ヲ知得セシノ事實アリ其創始ハ何レノ時代ニアリシカ之ヲ詳ニスルコト能ハズト雖モ或ハ小亞細亞ノ一地方ニ其濫觴ヲ有セリトノ說アリ其方法ハ鐵鑛石ヲ粉末トシ之ニ木炭ヲ混ジテ加熱シ鐵ヲ還元スルニアリ即チ今日ノ所謂鍊鐵 (Wrought or Weld iron) ヲ得タルモノニシテ

古代ノ鐵器ハ殆ンド皆此方法ニ依リテ製造セラレタルモノニ係ル第十四世紀ノ後半ニ至リ鑛石ヨリ銑鐵(Pig iron)ヲ得ルノ術ヲ發見セシガ此銑鐵ハ熔融セル状態トナシ得ベキヲ以テ專ラ是ヲ鐵鑄物(Casting)ノ原料トシテ使用シタリシモ間モナク又銑鐵ヲ幾回カ繰返シ熔融セバ鍊鐵ヲモ造リ得ルコトヲ發見セリ此方法ノ發達シタルモノ今日ノ所謂鍊鐵法(Puddling process)ニシテ近來ハ木炭ノ代リニ專ラ石炭ヲ使用セリ但シ煉鐵ハ半熔融ノ状態ニテ造ルヲ以テ其製品中常ニ多少ノ鑛滓ヲ含有ス斯クノ如クシテ第十八世紀ノ始メニ至ル迄ハ吾人ノ使用セル可鍛鐵(Malleable iron)ハ凡テ煉鐵ノ一種ニ限ラレタリキ。

第十八世紀ノ始期英國「シエフキールド」(Sheffield)市ニ近キ「ハンツウオース」(Handsworth)ノ時計師「ベンジャミン、ハンツマン」(Benjamin Huntsman)ナル者煉鐵ヲ坩堝中ニ熔融シテ所謂坩堝鋼(Crucible steel)ナルモノヲ造ルコトヲ發見シ其方法漸次發達シテ今日ニアリテハ「シエフキールド」市ハ世界ニ於ケル坩堝鋼ノ本場タルニ至レリ此鋼ハ全ク熔融セル状態ニテ造ラレタル最初ノ可鍛鐵ナリト云フコトヲ得ベシ然モ其使途ハ主トシテ工具鋼(Tool steel)ニ存シ寧ロ硬鋼ノ部類ニ屬スルモノナリ。

降リテ千八百五十五年英人「ヘンリー、ベツセマー」(Henry Bessemer)氏ハ熔融セル銑鐵中ニ高壓ノ空氣ヲ吹込ミ十數分間ニシテ之ヲ軟鋼ト變ジ得ベキ極メテ嶄新ナル轉爐法即チ「ベツセマー」法ヲ發明シタリ此方法ニ依ルトキハ極メテ短時間ニ一回ノ容量十噸乃至十五噸ノ如キ多量ノ鋼ヲ造リ得ルノ便アリ爾來此方式最モ盛ニ行ハレ專ラ軌條、條鋸等ノ製作ニ適セリ但シ此方法ハ所謂酸性

爐(Acidic Furnace)ヲ使用スルモノニシテ硅酸ニ富ミ然カモ磷分ニ乏シキ銑鐵ヲ原料トスルノ必要アリ(我國八幡製鐵所ニ於ケルモノハ酸性轉爐ナリ)未ダ磷分ニ富メル鑛石ノ利用法ニ至リテハ之ヲ處分スルノ方法ナカリシガ千八百七十八年英國「トーマス」(Thomas)及「ギルクリスト」(Gilchrist)兩氏ハ遂ニ磷分ニ富メル原料ヨリ良質ノ鋼ヲ作ルコトヲ發明スルニ至レリ即チ「トーマス」法或ハ鹽基性法(Basic process)ト名クルモノニシテ目下獨逸製鐵業ノ駸々タル進歩ハ專ラ此方法ノ餘澤ニ出ヅルモノナリ。

一方ニ於テハ千八百六十五年「マルテン」(Martin)及「ジューメンス」(Siemens)ノ兩氏ハ銑鐵及屑鐵ヲ原料トシテ反射爐(Reverberatory furnace)ヲ利用シ瓦斯燃料ニ依リテ鋼ヲ造ルノ方法ニ成效シタリコレ即チ「ジューメンスマルテン」方法或ハ平爐法(Open hearth process)ト名クルモノニシテ此爐ヲ藉リテ一回ノ容量普通二十五噸乃至五十噸ヲ得ベク稀ニハ百噸若クバ其以上ニ達スルコトアリ專ラ鐵版、鐵桁其他良質ノ軟鋼ヲ造ルニ適當シ近來ニ至リテ其發達最モ著シク將來益々有望ナルモノトナレリ此方法モ酸性及鹽基性ノ兩法アリ前者ハ磷ヲ除キ得ザルモ後者ハ之ヲ除クコトヲ得ベシ(八幡製鐵所ニアル平爐ハ凡テ鹽基性法ニ屬スルモノナリ)鐵筋、混凝土構造ニ使用スベキモノハ鍊鐵若クバ軟鋼ノ種類ニ屬シ凡テ轉爐若クバ平爐法ニ依リテ得タルモノナリ。

更ニ最近電氣爐ニ依リテ鋼ヲ造ルコトヲ發明シ多數ノ特許ヲ得タル爐アルモ目下ハ主トシテ工具鋼ノ製造ニ用キラル、モノ多シ。

第五節 鐵筋混凝土發達ノ歴史

鐵筋混凝土發達ノ淵源ヲ尋ヌレバ假令ヒ其原則ニ於テハ今日ノ如キ意味ヲ有セザリシニセヨ耶蘇紀元前極メテ原始的ノ方法ニ依リテ羅馬人ガ既ニ金屬及混凝土併用ノ原理ヲ理解シタルカノ形迹アリ當時石灰及他ノ水硬質材料ヲ用キタル床版ノ内部ニ眞鍮鍔ヲ埋込ミタルモノ又屢々瓦ヲ以テ混凝土ヲ補強シタルモノ猶殘存セルニ徴シテモ之ヲ知ルヲ得ベシ去レド今日ノ所謂鐵筋混凝土ノ原則ニ稍々近似セル意義ヲ與ヘタルハ千八百五十四年「ウイキンソン」(Wilkinson)氏ノ特許ヲ得タル耐火的床ニ於テ氏ハ平鐵ヲ以テ床ノ下縁ヲ補強シ以テ應張力ヲ増加シ得ベキコトヲ言明セシヲ以テ嚆矢トスベシ更ニ千八百五十五年巴里市ニ開設セル世界博覽會ニ「ラムボ」(Lambot)氏ノ創作ニ係ル小舟顯ハレ續イデ千八百六十一年「フランソア、コアツギエー」(François Coignet)氏ニ依リテ現時ノ所謂「モニエー」式ニ等シク基盤目型ニ鐵鍔ヲ使用スル方法案出セラレ現ニ佛國「ヴオーヌ」(Vaune)河ニ架設セル導水路ニ依リテ其成績ヲ證明セリ千八百六十七年「スコット」(Scott)氏ハ混凝土中ニ埋込ミタル圓鍔、帶鐵若クハ針金ノ鐵網ヨリ成立セル耐火床ニ關スル特許ヲ得タリ氏ハ其仕様書中ニ於テ混凝土ハ壓縮ニ、鐵網ハ伸張ニ抵抗スベキモノナルヲ明言セリ。

去レド今日ノ所謂鐵筋混凝土ニ關スル鼻祖ハ一般ニ千八百六十七年佛國ニ於テ特許ヲ得タル「モニエー」(Monier)氏ヲ推ス者多シ氏ハ其創意ヲ鐵網ヲ埋込ミタル花鉢ニ發シ遂次之ヲ一般構造ニ及ボシ千八百六十八年水管及水槽ニ、千八百六十九年平床ニ、千八百七十三年橋梁ニ、千八百七十五年階段ニ關スル夫々特許ヲ得タリ即チ氏ハ鐵筋混凝土ノ第一ノ創作者ニアラザルモ其之ヲ實際

ニ應用セル効績ニ至リテハ其發達ノ歴史上儘カニ其榮冠ヲ受クルノ資格アルモノト云ハザルベカラズ千八百七十九年ノ製作品ハ凡テ「アントワープ」(Antwerp)市ノ博覽會ニ出品セラレシガ柏林市ノ「ワイス」(Wayss)氏悉ク其特許權ヲ買收シ「キエーネン」(Koenen)氏ト共ニ初メテ其強度ヲ算定スルノ方法ヲ案出セシニ到ツテ茲ニ學術的應用ノ基礎初メテ成立スルニ至レリ今其系統ヲ明カニスル爲メ簡單ニ歐米各國ニ於ケル「モニエー」(Monier)氏以後鐵筋混凝土發達ニ關スル歴史ヲ畧述スベシ。

獨逸及埃匈國ニアリテハ其發達ノ源泉全ク同一ニシテ千八百八十四年獨逸「ノイスタット」(Neustadt)市ニ於ケル「フライタッハ」及「ハイドシュック」(Freitag u. Heidschuck)會社、「オツフエンバッハ」(Offenbach)市ニ於ケル「マルテンスタイン」及「ヨッソウ」(Martenstein u. Josseaux)會社同時ニ設立セラレ共ニ獨逸ニ於ケル「モニエー」式特許權ヲ有セシガ千八百八十六年凡テ之ヲ「ワイス」(Wayss)氏ノ掌裡ニ收メ今日ノ所謂柏林「モニエー」式鐵筋混凝土會社ノ基礎初メテ確立セリ同時ニ埃匈國ニ於ケル「シュスター」(Schuster)氏ハ埃太利及匈加利ニ於ケル「モニエー」式特許權ヲ有シタリシガ「ワイス」氏ト合同シテ千八百九十年維那市ニ於ケル同式鐵筋混凝土會社ノ設立ヲ見ルニ至レリ千八百九十一年ヨリ千八百九十四年ニ涉リ獨逸ニ於ケル「メヨラー」(Möller)式、匈加利ニ於ケル「ウニシュ」(Wünsch)式、埃國ニ於ケル「メラ」(Melan)式同ジク千八百九十八年「ラビッツ」(Rabitz)式ノ特許トナリ爾來極メテ迅速ニ一方學說ノ進歩ト俱ニ他方其材料ノ研究ヲ促ガシ今日ニ至ル迄其得タル特許數獨逸ニテ五十四、埃匈國ニ十ヲ算スルノ盛況ヲ呈スルニ至レリ。

佛國ニアリテハ千八百八十年既ニ「モニエー」式ヲ獨國ニ輸入シ爾來獨逸及奧匈國ニ於ケル發達ノ著々トシテ見ルベキモノアリシニ拘ラズ佛國ニ於ケル進歩ハ極メテ遅々トシテ振ハズ千八百八十九年博覽會ニ出品セル「ボルドナーヴ」(Bordnave, 氏ノ水管「コッタサン」(Cottincin) 氏ノ自己案出ノ應用標本ニ引續キ「コアツギエー」(Coignet), 「テデスコ」(Tedesco), 「ボンナ」(Bonna) 氏等ノ各式案出セラレタルモ未ダ一般世上ノ注意ヲ惹起スルニ足ラザリシガ千八百九十二年「アンネビツク」(Hennebique) 及「エドミュンド, コアツギエー」(Edmund-Coignet) 氏ガ同時ニ桁梁ニ關スル各自ノ方式ヲ創作シ從來「モニエー」式ノ小規模ナル床版應用ヲ凌駕シテ之ヲ大徑間ノ床桁一態ノ組織ニ及ボシテヨリ以來頓ニ其聲譽ヲ發揚シ爾來十二箇年ニ於テ「アンネビツク」式ノミニテ其請負工事數一萬ニ達シ價格約五億「フラン」ヲ算セシト云フ氏ノ以前已ニ獨逸ノ「メヨラー」(Möller), 米國ノ「ランサム」(Ransome), 佛國ノ「コッタサン」(Cottincin) 氏ハ桁ニ關スル略ボ同様ノ考案ヲ有シタリシモ其創作ノ榮冠ハ一ニ「アンネビツク」(Hennebique) 氏ニ奪ハレタルヤノ觀ヲ呈シタリキ爾來「ボンナ」(Bonna) 式, 「シャツサン」(Chassin) 式ノ案出トナリ遂ニ千九百年巴里ノ世界大博覽會ニ於ケル「シャトードオー」(Château d'eau) 其他ノ建築ハ頓テ鐵筋混凝土ニ對スル世界的確認トナリ二十世紀ノ劈頭ニ於テ未來ノ大成功ヲ約スベキ赫々タル光輝ヲ發揚スルノ新紀元ヲ劃立シタリ現今佛國ニ於ケル特許數二十三式ヲ算ス。

「アンネビツク」氏ノ創案ハ更ニコレヲ和蘭, 白耳義, 瑞西ノ各國ニ波及シ其發達ニ於テ何レモ佛國ト其揆ヲ一ニシタリ白耳義ニ於

ケル「クリストーフ」(Christophe) 氏, 和蘭ニ於ケル「サンダース」(Sanders) 氏, 瑞西ニ於ケル「モーリンス」(Mollins) 氏ハ其學說ノ貢獻ニ於テ最モ其光榮ヲ頌ツ可キ資格ヲ有スル者ナリ。

英國ニアリテハ今ヨリ既ニ五十年以前「サー, フェアバーン」(Sir Fairbairn) 氏ニ依リテ今日ノ所謂鐵筋混凝土構法案出セラレタルニ拘ラズ其固有ノ保守的精神ハ猶工學界ニ及ボシ爾後遅々トシテ其工事ノ見ルベキモノ尠ナク「アンネビツク」(Hennebique) 式, 「キエーネン」(Koenen) 式, 「ジークワルト」(Siegwart) 式, 「ヴァイシンチニ」(Visintini) 式等何レモ歐洲大陸既設會社ノ其支店ヲ英國ニ有スルモノアルニ過ギザリシガ「マーシュ」(Marsh) 氏ノ著書ト英國防火委員會ノ設立トハ其發達ニ刺戟ヲ與ヘ十數年來漸次其進歩ノ見ルベキモノアルニ至レリ目下其特許ニ係ル者二十二式アリ。

米國ニアリテハ千八百七十五年「ワード」(Ward) 氏ガ紐育「ポーチエスター」(Portchester) ニ鐵筋混凝土ノ家屋ヲ創設セシヲ嚆矢トシ千八百七十六年ヨリ八十七年ニ涉リ「ヒヤット」(Hyatt) 氏ハ種々ノ方式ヲ案出シ千八百九十三年「ランサム」(Ransome) 氏ハ其考案ニ係ル桁ノ特許ヲ得タリ初メテ橋梁ニ之ヲ應用シタルハ「エムベルガー」(Emperger) 氏ガ「メラン」(Melan) 式ヲ輸入シタルニ始マリ西部ニ於テ「サッシュャー」(Thatcher) 氏ハ亦單獨ニ「メラン」式ノ輸入ヲ圖ルト共ニ氏ノ考案ニ係ル「ダイヤモンド」鋸(Diamond bar)ヲ製作シ爾後「エキスパンデッドメタル」(Expanded metal), 「コリグーテッド」鋸(Corrugated bar), 「ツイステッド」鋸(Twisted bar), 「カッブ」鋸(Cap bar), 「カーン」鋸(Kahn bar) 等特殊ノ鋼鋸續々トシテ案出セラル、ノ盛況ヲ呈シ一方ニ於テ「ポートランドセメント」ノ産額ニ著シキ進歩ヲ促カシ千八百九十年其

製造會社僅カニ十六ヲ算シタリシモノ今ヤ其數一百ニ達シ一年ノ産額一億樽其資本金一億餘弗ヲ算スト云フ其發達ノ盛ナル實ニ驚嘆ノ外之アラザルナリ。

翻ツテ本邦ノ發達ヲ稽フルニ聊カ悲觀ノ念ニ堪ヘザルモノアリ鐵筋混凝土構造ノ耐久的ナルト經濟的ナルト就中其安全ナル程度ニ於テ何人カ最早其效力ヲ疑フ者アランヤ要ハ一般設計者ノ腦裡ニ猶未ダ其學說ト經驗トノ充分ナル信賴ナキニ歸スルノミ之ヲ先進國ノ發達隆々タルモノニ鑒ミ吾人ハ憮然トシテ轉タ長嘆ノ念ヲ禁ズルコト能ハザルナリ。

第六節 鐵筋混凝土學說ノ歴史

鐵筋混凝土學說ノ發達ハ其應用ト全ク軌ヲ同ジウセリト云フコト能ハザルモ必ズシモ初メヨリ學說ノ全ク無視セラレタルニハアラズ但シ最初其構法ノ案出者ハ必ズシモ學者ニハアラズ從ツテ彼等ノ或者ハ構造ノ安定ニ關スル概念サヘモ有セザル者ナリキ是レ其初期ニ於ケル發達ノ遲々タリシ原因ナルベシ構法ノ案出ハ經驗ノ途ヲ辿リツ、其原理ヲ或假想ノ上ニ設立セント企テタリ其學說トシテ見ルベキモノハ千八百八十七年「キエーネン」(Koenen)及「ワイス」(Wayss)氏ガ「モニエー」式ニ關シ Das System Monier, Eisengrippe mit Cement Umfüllung ナル小冊子ヲ世ニ公ケニシタルヲ以テ嚆矢トス此學說モ未ダ假想的ニシテ鐵筋混凝土ノ抵抗ニ關スル混凝土及鋼材ノ分掌ヲ説明スルニハ極メテ不充分ノモノタリシ抑モ外力ヲ受クル場合ノ鐵筋混凝土ノ職責ヲ論ズルニハ之ヲ構成セル鋼材及混凝土ノ彈性的性質ヲ審明シタル後ニアラザレバ不可能ナルコト明カナリ然ルニ鐵材若クバ鋼材ノ性質ハ當時

相當ニ判明セルモノアリシニ拘ラズ混凝土ニ關スル智識ハ猶極メテ不完全ノモノナリキ去レバ學說ハ假定ニ基キテ創成セラレ算法亦之ニ準ズルノ觀アリキ從ツテ「アンネビツク」氏ノ假設算法ノ如キハ一時大ニ賞用セラル、ノ幸運ヲ有セリ佛國ニアリテハ千八百七十六年「ドゥ・マザー」(De Masas)氏ノ學說ヲ初メトシ千八百九十四年以來「プラナー」(Planat), 「コアギエー」(Coignet), 「ドゥ・テデスコ」(De Tedesco), 「レフフォー」(Leffort), 「レザール」(Résal) 氏等ノ研究トナリ埃國ニテハ千八百九十年「ノイマン」(Neumann)氏ニ始マリ「スピッツァー」(Spitzer), 「マンドル」(Mandl), 「メラン」(Melan), 「フォン・トゥルリー」(Von Thullie) 氏出デ繼イデ噓馬ニ於ケル「オステンフェルド」(Ostenfeld), 瑞典ニ於ケル「ルユドケン」(Lüdken), 和蘭ニ於ケル「サンダース」(Sanders), 白耳義ニ於ケル「クリストーフ」(Christophe), 瑞西ニ於ケル「リッター」(Ritter) 氏等學者ノ研鑽益々其度ヲ進ムルニ至レリ續イデ一方其實驗ニ關スル研究漸ク其歩ヲ進メ從來一モ混凝土ニ對スル應力變形ノ法則ニ關スル定說ナカリシモ千八百九十五年獨逸ニ於ケル「バッハ」(Bach) 氏其實驗ノ結果ヲ公ニシタルヲ始メトシ續イデ千八百九十九年佛國ニ於ケル「コンシデー」(Considère) 氏ノ螺旋狀鐵筋ノ研究ハ著シク世人ノ注意ヲ喚起シタリ同年白耳義ニ於ケル「クリストフ」(Christophe) 氏ノ著書出デ繼イデ千九百二年瑞西ニ於ケル「メルシュ」(Mörsch) 氏ノ實驗ニ伴フ學說發表セラレ千九百八年其第三版ヲ發行スルニ至リテ其學說一時斯學界ヲ風靡シタリ千九百一年以來埃國ニ於ケル「エムベルガー」(Emperger) 氏ニ依リテ主管セラレタル Beton und Eisen ハ學界ノ指針トナリテ盛ニ獨埃學者ノ寄稿ヲ促ガシ繼イデ千九百四年 Zement und Beton 出デ

繼イテ獨國ノ Armierter Beton, 佛國ノ Le Ciment, 米國ノ Cement and Engineering news. 及 Cement, 以太利ノ Il Cemento, 英國ノ Concrete and Constructional Engineering 等ノ雜誌發刊セラル、ニ至レリ。

斯クノ如ク一方理論ノ發達ト共ニ鐵筋混凝土ナル合成材料ノ性質モ亦實驗ニ依リテ其研究ヲ促ガシ更ニ特殊ノ部分ニ關スル實驗ト共ニ實荷重ニ對スル結果ヲ窮メ混凝土ノ彈性的關係、混凝土及鐵筋混凝土ノ彎曲應力及應剪力、鋼材ノ混凝土ニ對スル附着力、溫度ニ對スル關係、鋼材ノ混凝土内ニ於ケル腐蝕ノ有無、耐火的性質等漸次其研究ノ進歩ヲ促スニ至レリ其實驗ハ千八百八十六年「ワイス」(Wayss)氏ニ始マリ繼イテ「デュランド、クレエ」(Durand Claye), 「ハルチヒ」(Hartig), 「バウシンガー」(Bauschinger), 「テトマイヤー」(Tetmajer), 「テデスコ」(Tedesco), 「コンシデー」(Considère), 「バッハ」(Bach), 「シユール」(Schüle), 「メルシユ」(Mörsch), 「キエーネン」(Koenen), 「クリストフ」(Christophe) 氏等ノ學者ニ依リテ初メテ鐵筋混凝土ニアリテハ應力ト應力變形トハ互ニ正比例ヲ爲サス從ツテ正確ナル彈性限度ヲ有セザルコトヲ知り更ニ「バッハ」(Bach) 及「シユール」(Schüle) 氏ノ指數論トナリ「ラング」(Lang) 氏ノ拋物線定理トナリ從來ノ假定ヲ打破シテ各其新生面ヲ開拓センコトヲ力メタリ。

猶其研究ニ關シ效績アル學者ヲ擧グレバ「カンドロー」(Candlot), 「ルシヤトリエ」(Le Chatelier), 「コアギエー」(Coignet), 「フェレー」(Féret), 「ボルニソー」(Bornicau), 「プローブスト」(Probst), 「ウールソン」(Woolson), 「ネールソン」(Neilson), 「ジョリー」(Joly), 「クラインローゲル」(Kleinlogel), 「ルーデロフ」(Rudeloff), 「メスナージャー」(Mesnager), 「サンダース」(Sanders), 「キムバル」(Kimball), 「ライブランド」(Leibbrand), 「パーシャルツ」(Bur-

schartz), 「エンゲッスサー」(Engesser), 「ブラバント」(Brabandt), 「エムペルガー」(Emperger), 「メエラー」(Möller), 「タルボット」(Talbot), 「タムソン」(Thompson), 「テーロル」(Taylor), 「サッシャー」(Thatcher), 「スポッフオールド」(Spofford), 「サム」(Thumb), 「ヒアット」(Hyatt), 「マイアー」(Meier) 等ニシテ諸氏ノ學說ト材料ノ研究トハ過去數年ニ於テ殆ンド理想ニ近ク鐵筋混凝土ノ基礎ヲ確立セシムルニ至レリ之ヲ要スルニ鐵筋混凝土ノ學理ト實驗トハ僅カニ其源泉ヲ十數年前ニ發シ四五年前ニ至リテ漸ク完成ノ域ニ近ヅキ得タルモノト云ハサル可ラズ。

第七節 鐵筋混凝土應用ノ範圍

鐵筋混凝土ノ構造ハ土木界及建築界ニ於テハ勿論近來採鑛界ノ方面ニモ著シク其範圍ヲ擴張スルニ至レリ建築ニ關シテハ各種ノ工場、煙突、上屋、倉庫ヲ初メ紀念建造物、望樓、格納庫、博物館、展覽會場、銀行、摩天樓、奏樂堂、劇場等何レモ耐火的ナルヲ要スル建物ニハトシテ其應用ヲ見ザルモノナク其特許若クハ新案ニ係ル床若クハ桁ノ方式百數十種ニ上リ競ヒテ最モ廉價ニ其強度ト安全トヲ保證シ音響、濕度ノ傳播ヲ防遏スルノ策ヲ講ジ殊ニ屋根及拱ハ其構法ヲ一變シ大徑間ヲ有スル拱、圓蓋、尖塔等ニ一新方面ヲ開拓セリ猶一般屋根ハ水平床ノ如キモノ若クハ鐵桁又ハ鐵母屋間ニ涉リテ小拱形ノ連續セルモノヨリ全部一體空間的ノ形態ト變ジ輕石、鑛滓其他輕量ナル混凝土ヲ使用スルコトニ依リテ材料ノ節約ト全體構造ノ輕減トヲ計リ得ルニ至レリ。

柱ハ混凝土内ニ垂直ナル鐵筋ヲ利用シテ纒形鐵索ニ依リテ之ヲ補強スルカ若クハ螺旋形鐵筋ニ依リテ柱ノ堪荷力ヲ増加セシ

メ數階ヲ通ズル柱モ是ヲ一體ノ垂直形内ニ納メ若クハ荷重ニ從ツテ其方法ヲ遞減シ其強度ニ對應シテ自在ニ其比例ヲ變更シ得ベク猶障壁、間仕切壁、防火壁、露臺、階段等何レモ其寸法ヲ小トシテ強度ノ等一ト構造ノ等質ニ關スル構法ヲ導キタリ。

基礎工及杭工ニ至リテハ實ニ斯界ニ一生面ヲ開拓セルノ觀ナクンバアラズ夫レ煉瓦若クハ混凝土ノ基礎ハ其上部ヨリ來ル荷重ヲ地盤ニ等布セシムル爲メ普通使用セル根積ノ方法ハ梯形ニ之ヲ擴大セザレバ其効力ナク其段階二寸乃至六七寸以上ヲ超過スルコト能ハズ從ツテ基礎ノ根堀ハ荷重ノ大ナルニ從ヒ非常ニ之ヲ深厚ナルモノトセザル可ラズ之ニ反シテ鐵筋混凝土ハ其構法ニ依リテハ一度ニ其段階ノ幅ヲ擴大シ得ベキヲ以テ根堀ヲ淺クシテ其幅ヲ擴ゲタル基礎ヲ得ベク經費ヲ要スルコト尠クシテ地盤ニ來ル壓力度ヲ輕減シ得ルノ利益アリ杭モ亦同ジク從來ノ木杭ハ水氣ナキ地盤ニハ之ヲ應用スルコト能ハズ亦非常ニ長キモノハ其價格ノ割合ニ不廉ナルニ拘ラズ鐵筋混凝土杭ハ常ニ乾燥セル地盤ニ用ウルモ腐朽ノ恐レナク且ツ其長サノ如何ニ依リテ特ニ製作費ノ増率ヲ來スコトナキヲ以テ近來著シク木杭ノ範圍ヲ侵蝕シテ其用途ヲ廣ムルニ至レリ特ニ米國ニ於テハ現場ニ於テ直チニ之ヲ製作シ若クハ其打込ノ方法ニ從來ノ鐵錘落下法ニ代フルニ壓搾水嘴ヲ利用シテ少時間内ニ其打込ヲ了スベキ方法ノ特許數ヲ増加セリ實ニ此基礎及杭ノ應用ハ獨リ建築界ニ止マラズ土木界其他ノ方面ニ其效益ノ著シキヲ證明セラレ頓ニ其範圍ヲ増加スルニ至レリ。

土木界ニ於ケル應用ハ前述ノ基礎工及杭工ニ於テ建築界ト同

等ノ發達ヲナセシノミナラズ近時壓搾空氣ヲ利用シテ沈下セシムル潛函工ニハ著シク未來ノ光明ヲ認ムルニ至レリ之ヲ河海工ニ利用セルモノハ防波堤、埠頭工、海壁、棧橋、乾渠、濕渠、堰止工、燈臺、函壁、水槽ノ各種ニ涉リ水道、水力電氣及土砂止用堰堤ノ各種運河及水力電氣用導水渠、貯水溜、沈澱池、濾過池、淨水池、上下水管等凡テ鐵材煉瓦構法ノ區域ヲ侵略シタルモノ尠カラズ更ニ其應用ノ最モ著シキヲ橋梁トス橋臺、橋脚ハ論ヲ俟タズ橋梁ノ構法ハ簡單ナル丁形桁式「コルベルト」ヨリ架構式、拱式ニ及ボシ「グシンチニ」(Visintini)「グイーレンデール」(Vierendeel) 式等特殊ノ新案ヲ產出シ殊ニ拱橋ニ至リテハ今日既ニ其徑間三百呎ヲ超ユルモノ建造セラレ從來石造ニ限ラレ從ツテ比較的徑間ノ大ナルモノナカリシニ比シテ非常ノ進歩ヲ示シタリ獨リ固定拱ノミナラズ二ツ若クハ三ツノ蝶鉸ヲ有スル拱ノ構法トナリ更ニ應張桁ヲ有スル複式ト變ジ初メハ重モニ公道橋ニ限ラレタリシモノ今ハ鐵道橋ニアリテモ其徑間百呎拱矢八呎、拱頂ニ於ケル枕木ノ下部砂層僅カニ六吋ナルガ如キ極メテ大膽雄謀ニシテ扁平輕量ナルモノ(「グイルマードルフ」市(Wilmerdorf),「プリンツレーゲンテン」街(Prinzregenten strasse)ニ架設セルモノ)サヘ實際ニ案出應用セラレ、ニ至レリ。

鐵道及市街工事ニ關スル範圍内ニアリテハ機關車庫、貨物庫、給水場、貯炭場、修繕工場等ノ建物ヲ始メトシ昇降場、屋蓋、枕木、雪除工、信號及點燈用支柱、障壁、袖石、垣敷石、昇降場、地下通路ノ各種工事多ク鐵筋混凝土ニ依ツテ其勢力圈ヲ奪ハレ殊ニ近來著シク其發達ヲ見タルハ大小鐵道驛昇降場ニ於ケル傘形屋蓋ニシテ就中昇降場ノ中心線ニ沿フテ只一列ノ柱ヲ有スルモノ最モ一般ニ應用セラ

ル。

其他短艇、浮艇、荷船等船舶ノ種類、浴場、發電所、瓦斯槽、植物室、穀物石灰「セメント」等ノ貯槽、電柱ノ各種、節動輪用版等其應用殆ンド枚舉ニ暇アラズ鐵筋混凝土各材料ノ性質ニ關スル研究ノ進歩ト其材料ノ廉價トハ第二章ニ論述スベキ各方面ノ利益ト相聯關シテ第二十世紀ニ於ケル工學界ノ發展ヲ促進スルノ基礎既ニ充分ニ確立シタリト云フコトヲ得ベシ。

第八節 鐵筋混凝土ニ關スル法規。

鐵筋混凝土ノ用途擴大セララル、ニ從ヒ其算法、許容強度、施工方法等ニ關スル法規ノ既ニ發布セラレタルモノ尠カラズ今其重ナルモノヲ列舉セバ次ノ如シ。

- (一) 千九百六年十月二十日發布ノ佛蘭西遞信省規定
- (二) 千九百四年四月十六日普魯西工務省制定ノ施工ニ關スル規定
千九百六年二月二十一日伯林區鐵道管理局發布ノ設計及施工ニ關スル規定
千九百七年五月二十四日普魯西工務省制定ノ施工及算法ニ關スル規定
千九百九年一月二十一日同上發布ノ鐵筋煉瓦床構法ニ關スル規定
同年十二月二十一日同上發布ノ螺旋狀鐵筋混凝土支柱ニ關スル規定
- (三) 千九百三年埃國鐵道院建築課發布ノ算法及施工ニ關スル規定

千九百七年十一月十五日埃國工務省發布ノ建築及公道橋ニ關スル規定。

千九百十一年六月十五日同省再發布ノ同上規定。

千九百九年埃國混凝土協會制定ノ建築規程。

千九百十年匈加利土木及建築協會制定ノ設計及施工ニ關スル規程。

(四) 千九百九年瑞西政府鐵筋混凝土委員會ノ發布セル規定。

(五) 千九百六年六月三十日以太利建築材料委員會制定ノ仕様書。

(六) 千九百十一年倫敦市鐵筋混凝土建築取締規程草案。

(七) 千九百九年米國鐵筋混凝土委員會制定ノ規程。

千九百十三年一月同上委員會ノ米國土木學會ニ提出シタル改正報告。

(八) 千九百十一年二月紐育市鐵筋混凝土建築條例。

(九) 千九百十六年十一月米國鐵筋混凝土委員會ノ米國土木學會ニ提出シタル最終報告。

第二章 鐵筋混凝土構造ノ利害

第一節 荷重ニ對スル抵抗力

今日一般ニ使用スル鐵筋混凝土ニ關スル算法ハ最モ完全ニシテ毫モ遺憾ノ點ナキヤト問フ者アラバ何人モ然リト斷言スルコト能ハザルベシ殊ニ十數年前ニ施工シタル工事ノ多クハ重モニ實驗公式ニ基キ設計シタルモノ多キヲ以テ往々迂遠ノ方法ヲ辿リタルモノ亦尠カラズ今日ニアリテスラ猶算法ノ前提ニ用ウル假設定理ハ必ズシモ學術的ニ悉ク首肯シ得ベシト云フニアラズ一層完全ナル算法ヲ案出シ得ベクンバ今日ノ程度ヨリモ確カニ安全ノ度ヲ進メ等質ナル構造ヲ望ミ得ルハ論ヲ俟タズト雖モ鋼材ニテ組織セル鐵橋ノ設計ノ如キ比較的正確ナル公式ニ依リテ算出セラレタル構法ニ於テスラ數材ノ集合ヨリ來ル偏倚ノ度算式中ニ無視セラレタル條件ノ不備等ヨリ生ズル應力變形若クハ扭レヨリ來ル計算外ノ材料ノ疲勞等ハ到底之ヲ正確ニ算用スルコト能ハザルベシ今日ノ程度ニアリテハ如何ナル材料ヲ使用スル構造物ニアリテモ其計算ハ始メヨリ一切ノ假設條件ナシニ出立スルコト能ハザルヲ以テ獨リ鐵筋混凝土ニ對スル假設定理ノミヲ非難スルコト能ハザルベク寧ロ鐵筋混凝土ニアリテハ其質量大ナル爲メ其鐵筋ニ生ゼントスル副應力變形ヲ妨グルノ效益ハ鋼材ノミヨリ成ル構造物ニ比シテハ却ツテ優レル場合アルヤモ知ル可ラズ又鋼材ハ歲月ヲ經ルニ從ヒ摩損腐蝕等ノ爲メ漸次ニ其安全度ヲ減退スルニ反シ混凝土ハ歲月ノ推移ト共ニ其強度

ヲ増加スルヲ以テ豫期セザル副應力變形ノ影響モ漸次其度ヲ減ズルニ至ルヤ亦疑フ可ラザル事實ナリトス。

鐵筋混凝土構造物ニアリテハ往々其應張側ニ裂隙ノ顯ハル、コトアルヲ以テ甚ダシク不安ノ感ヲ抱ク者アリコレ補強鋼材ノ強度弱クシテ其伸張率大ナルモノヲ使用シタル結果ニ過ギズ此裂隙ヲ生ジタル時ハ即チ其安全ノ度が最少限ニ達シタルモノト考フルハ安全ノ策ナルニハ相違ナキモ此點ニ關シテハ他ノ建築材料ヨリモ遙カニ優レルノ證憑ハ千八百九十年ヨリ九十二年ニ涉リ埃國土木及建築學會ニ於ケル拱橋調査委員會ノ報告ニ徵スルモ之ヲ知ルコトヲ得ベシ其實驗ハ徑間二十三「メートル」ノ拱ニ施シタルモノニシテ其最初裂隙ノ顯ハレシ時ノ荷重ヲ1トシテ破壊ヲ呈スルニ至リシトキノ荷重ノ比ハ

野石積	煉瓦積	混凝土積	鐵筋混凝土積
1,30	1,59	1,31	1,86

ノ如キ結果ヲ示シ鐵筋ガ如何ニ構造ノ破壊ヲ妨ゲ混凝土ノ鋼材ニ對スル附着力ノ大ナルカラ確ムルコトヲ得ベシ。

「コンシデーラ」(Considère)氏ハ其實驗ノ結果混凝土ノ應張力ハ應張側ニ於ケル鐵筋ト合セテ之ヲ考慮中ニ加フルモ差支ナシトセルモ一般ノ算法ニハ大抵之ヲ無視シ張力ハ總テ鐵筋ノミニ依リテ抵抗スベキモノト假定セルヲ以テ實際ニ於テハ其構造ハ計算以上ノ強度ヲ有スルモノトナルベシ而シテ混凝土ノ應壓強ハ應張強ニ比シテ其抵抗力ノ程度確實ナルコトハ事實ナルノミナラズ實際ニ於テ應壓側ニ起レル失敗ヲ見ルコトハ殆ンド之ナキヲ以テ鐵筋混凝土ノ材料ガ有スル強度ニ關シ少クトモ之ヲ他ノ建

築材料ニ比較シテ劣等ナリト云フノ事實ハ毫モ之ヲ見出スコト能ハザルナリ。

第二節 活重又ハ衝擊ニ對スル抵抗力。

鐵筋混凝土ノ構造ニ對スル活重(Live load)又ハ衝擊(Shock)ノ影響極メテ微細ナルノ事實ハ其應用ノ極メテ有效ナルコトヲ證明スルモノナリ今橋梁及建物ノ場合ヲ取リテ之ヲ論ゼン。

鐵道橋ニ就キテ之ヲ見ルニ高速度ヲ有スル列車ノ通過ガ橋梁ノ構材ニ及ボスベキ疲勞(Fatigue)ニ二種アリ一ハ其列車ノ速度ニ伴フ構材ノ振動、一ハ軌條繼手ノ衝擊ヨリ來ル部分的瞬動(Local impulse) 是ナリ第一ノ場合ニ於ケル振動ノ量ハ其構材ノ可撓性(Flexibility)ニ比例シ其剛度(Rigidity)大ナル程輕微ナルベク又死重ト活重トノ差大ナル程構材ノ疲勞ハ大ナルベシ故ニ鐵筋混凝土橋ハ鐵橋ニ比シテ其剛度及比重共ニ大ナルノ點ニ於テ振動ノ影響小ナルベキノ理ナリ衝擊ヨリ來ル瞬動モ亦剛度及質量(Mass)ニ依リテ其影響ヲ異ニシ剛度ノ増加ト共ニ瞬動ヲ増加シ質量ノ増加ト共ニ之ヲ減少ス此點ニ關シテハ鐵橋ノ場合ニ於テモ其瞬動ノ影響ガ單ニ軌條接續點ノ周圍ノミニ限ラル、ヲ見レバ鐵筋混凝土橋ニ於テ其質量ノ大ナル丈ケ瞬動ノ影響モ亦比較的小ナルハ事實ナリ故ニ鐵筋混凝土橋ニアリテハ可成軌條ノ繼目ナキモノヲ用ウルカ繼手ノ底部ニ彈性的材料ヲ添付スルカ若クバ枕木ノ下一面ニ砂及砂利ヲ敷込ムコトニ依リテ殆ンド全ク此害ヲ避クルコトヲ得ベシ。

人道橋ノ場合ニハ鋪料ノ不完全ナル爲メ車輪ヨリ來ル衝擊ト人馬ノ步調ヨリ來ル瞬動トノ影響ヲ受クベシ前者ハ軌條繼手ヨ

リ來ルモノト同一ナルヲ以テ敷石ノ下ニ砂層ヲ置クカ「アスファルト」若クバ木片鋪料ヲ使用セバ足ルベク後者ヨリ來ルモノハ其振動ニ依リテ生ズル波動ト波動トガ互ニ相衝突シテ其影響遙カニ鐵橋ヨリモ小ナルベシ。

建物ニ來ル衝擊ニ對スル抵抗力強キコトハ鐵筋混凝土杭ガ能ク其杭頭ニ落ツル鐵錘ノ衝擊ニ堪ヘテ其現狀ヲ維持スルヲ見テモ之ヲ證明スルコトヲ得ベシ千九百年巴里及「オルレアン」鐵道會社ノ巴里「オーステルリッツ」(Austerlitz) 停車場ニ於テ施シタル實驗ハ頗ル興味アルモノナリシ即チ同一ノ徑間ト同一ノ荷重トニ對スル算法ニ依リテ展鐵及煉瓦ノ合成拱ト「アンネビック」式鐵筋混凝土ヨリ成ルニツノ床ヲ作り前者ハ其死重一平方呎ニ付100*後者ハ62*ノモノナリシガ前者ハ112*ノ重量ヲ6,5ノ高サヨリ落下セシメタルニ2分間振動シテ其振幅 $\frac{5}{16}$ "ナリシニ後者ハ220*ノ重量ヲ13ノ高サヨリ落下セシメテ振動時間 $\frac{5}{7}$ 秒、振幅 $\frac{1}{16}$ "ニ過ギザリキ即チ其振幅ト振動時間トノ大小ハ以テ將來ニ於ケル鋼材ト鐵筋混凝土トノ疲勞ニ於テ著シキ差ヲ生ズベキモノタルコトヲ證明シ得タルモノナリ。

要塞ニ於ケル堡壘モ混凝土若クバ石造ヨリモ鐵筋混凝土ニテ作ル方爆發ニ對スル抵抗力強大ナルベキコト是又實驗ノ證明スル處ナリ嘗テ佛國ノ「クレージュ」(Crèches) 石灰及「セメント」會社ニ於テニツノ比較塊ヲ造リーハ厚サ1「メートル」ノ混凝土他ハ厚サ0,5「メートル」ノ鐵筋混凝土塊トシ何レモ其中心ニ穿孔シテ400「グラム」ノ綿火藥ヲ裝置シ之ガ爆發ヲ試ミタルニ前者ハ二回ニシテ全部ヲ破壊シ後者ハ四回ニテ其一部ヲ破壊ヤシニ止マレリト

云フ。

其他埠頭壁ガ船舶ノ衝擊ニ對スル、海壁ガ波浪ノ衝突ニ對スル抵抗等何レモ良好ナル成績ヲ示セルコト伯林市「スプレー」(Spree) 運河、「ダンツヒ」(Danzig) 港等ノ荷揚場、「コーペンハーゲン」(Copenhagen) 市ノ埠頭、「サウザンプトン」(Southampton) 市ノ棧橋等ニ於テ事實上既ニ之ヲ證明シ得タルモノ多シ。

第三節 地震ニ對スル抵抗力。

鐵筋混凝土構造物ガ地震ニ對スル抵抗力ハ未ダ其例證ニ乏シト雖モ猶既ニ二三ノ實例ニ依リテ其偉大ナル成績ヲ表明セリ千九百六年桑港地震ノ際ニハ不幸ニシテ鐵筋混凝土ノ建築ハ極メテ僅少ナリシモ地震四日前迄ニ「カーン」(Kahn) 式床ノ三層迄完成セル一建物ハ當時何等ノ震害ヲ受クルコトナカリキ同ジク「パロアルト」(Palalto) ニ於ケル「スタンフォード」(Stanford) 大學ノ附近ハ震害最モ甚大ニシテ建築ノ多クハ破壊セラレタルニ拘ラズ同學圖書館翼室ノ鐵筋混凝土ニテ作ラレタルモノハ内部ニ瑣細ノ裂罅ヲ生ジタルノミニテ其修繕費僅カニ一千弗ヲ要スベキモノナリシニ反シ同一建築中ノニツノ煉瓦翼室ハ五割乃至七割五分ノ損害ヲ蒙リタリト云フ同市ニ於ケル郵便局モ同ジク鐵筋混凝土ニテ作ラレタリシガ毫モ實際ノ損害ヲ認メザリキ「ジャマイカ」(Jamaica) 島「キングストン」(Kingston) 市ニ於ケル地震ニ際シ「アルフレッドミッチェル」(Alfred Mitchell) 氏ノ邸宅ハ浴室並ニ水槽ノ水ハ振盪シテ其室内ニ溢流スルノ振動ヲ受ケタルニ拘ラズ其建物ノ鐵筋混凝土ヨリ成リシ部分ハ單一ノ裂罅ヲモ之ヲ認メ得ザリシト云フ。

第四節 容積及死重。

混凝土ノ應壓強ハ鐵材ノ同一斷面ト比シテ約二十分の一乃至二十五分の一ノ抵抗力ヲ有スルニ過ギザルヲ以テ同一抵抗力ニ對スル鐵柱ヨリモ混凝土ハ二十倍乃至二十五倍ノ斷面ヲ有セザル可ラズ鐵筋混凝土ハ幾分其容量ヲ減ジ得ベキモ鐵筋ノ割合百分ノ五ナリトスルモ猶鐵柱ニ比シテ十五倍以上ノ量トナルベシ。

彎曲ヲ受クル桁、床版等ニアリテモ數字的ニ之ヲ示スコト困難ナリト雖モ鐵柱ニ比シテ一層多クノ容量ヲ要スベキハ無論ナリ但シ鐵材ト鐵筋混凝土トノ重量ノ比ハ略ボ $\frac{480}{150} = 3.2$ ナルヲ以テ同一ノ抵抗力ヲ與ヘシメントセバ少クトモ鐵筋混凝土ノ死重ハ鐵材ト比シテ五倍以上ヲ要スベシ畢竟スルニ鐵若クハ鋼材ノ構造ニ比シテ鐵筋混凝土ハ其總量ニ對スル死重ノ割合大トナルベク從ツテ長キ徑間ヲ有スル橋梁等ニ鐵筋混凝土ノ應用未ダ尠キハ幾分カ此理由ニ基クモノナリ去レド公道橋ノ如キハ鐵筋混凝土ニテ作リタルモノハ只其路面ニ「アスファルト」若クハ他ノ鋪料ヲ施スニ過ギザルモ鐵橋ニアリテハ床鐵ヲ以テ之ヲ蔽ヒ上部ニ路面ヲ作ルベキ混凝土若クハ土砂ヲ填充スルヲ以テ實際ニ於テ鐵筋混凝土橋ト其死重ニ於テ大差ナキニ至ルベシ鐵道橋ノ場合ト雖モ鐵筋混凝土ニアリテハ桁モ床版モ等一的ニ外方荷重ニ抵抗スベキモ鐵材構造ニアリテハ應張材、應壓材ノ外橫梁、風壓材等種々ノ附庸材ヲ要スルヲ以テ上記數字ノ割合ニハ死重ノ減少ヲ見ルコト實際上困難ナリ。

次ニ煉瓦、石材等ト比較スルニ橋臺、橋脚、擁壁及拱ノ種類ニアリテハ鐵筋混凝土ハ普通前者ノ三分の一乃至五分の一ニテ充分ナ

ルベキ場合多シ殊ニ拱橋ニアリテハ煉瓦若クハ石造ナルキハ床版ト拱トノ中間ニ填料ヲ要スルモ鐵筋混凝土ニアリテハ拱上所々ニ横壁ヲ並列シ直接ニ茲處ニ床版ヲ支ヘシメ得ルヲ以テ大ニ其重量ヲ減少セシムベク近時著シク石拱煉瓦拱ヲ凌駕シテ鐵筋混凝土拱ノ發展ヲ見ルニ至リシモノハ職トシテ其材料ノ節約ヲ爲シ得ルニ歸因セズンバアラス。

建物ニ關シテハ鐵筋混凝土ノ柱及壁ハ從來ノ煉瓦混凝土石材等ニ比シテ其重量ヲ減少シ從ツテ其基礎材料ノ節約トナリ割合ニ根堀ヲ淺クシ得ベク地盤ニ來ル壓力ヲ減少セシムルニ於テ其利益大ナルモノアルヲ見ル。

第五節 耐火力。

鐵筋混凝土建築ノ火災ニ對スル安全度ガ他ノ材料ト比シテ幾許ノ逕庭ヲ有スヤヲ見ルハ最モ興味アル問題ナリトス元來耐火作用 (Fireproofing) ニ對スル必要條件ニ三アリ。

- (一) 火災ノ爲メ建物ヲ組織セル各部材料間ニ接合ノ變化ヲ生ゼザルコト
- (二) 其建築材料ガ熱ニ對スル不傳導體ナルベキコト。
- (三) 不意ニ若クハ不等ニ冷熱ノ變化ヲ受クル時(火災ニ對シ水ノ注射ヲ受クルガ如キ)之ニ對スル抵抗力強大ナルベキコト。

倉庫上屋等ノ建築ニアリテハ殊ニ此條件ヲ必要トスベシ而シテ木造家屋ノ此條件ニ適合セザルハ素ヨリ云フヲ俟タズ鐵若クハ鋼材ハ華氏七百度ノ熱ニ遭ヘバ其強度ノ五割ヲ同ジク千二百度ニ於テ殆ンド其八割ヲ失ヒ恰モ飴狀ヲ爲シテ屈撓シ互ニ相纏綿

シテ鎮火後其取除ニ非常ナル困難ヲ感ズルコト「アントワープ」市鐵骨倉庫ノ火災明カニ之ヲ證明セリ石材ハ消火水嘴ノ噴射ニ依リテ爆發破碎スベク煉瓦ハ壁ノ材料トシテハ以上ノ條件ヲ満足スベキモ床材料トシテ使用セバ重量非常ニ大トナルベシ然ルニ鐵筋混凝土ハ一體同質ナルヲ以テ火災ニ際シ各部分離ノ恐レ尠ナク混凝土ハ熱ノ傳導微弱ニシテ且ツ質量大ナルヲ以テ全部熱ノ状態トナルニハ多クノ時間ヲ要ス可シ又鐵骨構造ハ火災ニ遭フテ赤熱ノ状態トナレバ其膨脹ノ爲メ周圍ノ壁ヲ破壊シ全部ノ損害ヲ速カナラシムルモ鐵筋混凝土ニアリテハ鋼材ト混凝土トハ其伸縮率殆ンド同一ナルヲ以テ異常ノ冷熱ニ會スルモ此二材ノ間ニ別ニ内應力ヲ惹起スルノ恐レ尠ナシ勿論火災ニ際シテハ混凝土ノ一部ハ其結晶ニ必要ナルベキ水分ヲ失ヒ從ツテ幾分ノ強度ヲ減ズベキモ其質量大ナル爲メ深ク其内部ニ働キ及ホスコト極メテ遲鈍ナリ從ツテ火災ニ際シ消防夫ガ安全ニ且ツ遺憾ナク猛火ニ狂ヘル各室ニ近ヅキテ充分ニ注水ノ働キヲ爲シ得ルノ便利アリ斯クノ如ク今日ノ程度ニアリテハ建築材料中最モ耐火的ナルハ鐵筋混凝土ノ右ニ出ヅルモノナキコト既ニ歐米各國ニ於ケル火災保險會社ガ其保險率ニ於テ異常ノ低率ヲ課スルニ見テモ之ヲ證明スルコトヲ得ベシ。

鐵筋混凝土ニ關スル耐火ノ實驗極メテ多ク實際ノ例證亦乏シカラズ今其二三ヲ擧ゲンニ千八百九十三年伯林市ニ於テ各火災保險會社ノ首唱ニ依リ各種材料ノ耐火作用ニ關スル懸賞實驗ヲ施シタル時「モニエ」式鐵筋混凝土ハ其最高賞ヲ得タリ此時床ハ凡テ攝氏千度乃至千百度ノ熱ニ堪ヘ表面ノ塗料ニ損害ヲ與ヘタ

ルノミニテ消火後床ニハ聊カモ裂罅ノ形迹ヲ認メザリキ同日花崗石及鐵筋混凝土ノ階段ニ就キ同様ノ實驗ヲ試ミタリシガ攝氏千三百度ニ至リテハ前者ハ全部破壊セラレタルモ後者ノ損害ハ極メテ微弱ナリシト云フ巴里「ラマルック」(Lamarok)街ニ於ケル一家屋ハ極メテ興味アル經驗ニ遭遇シタリ此家屋ハ鐵筋混凝土ヨリ成リ都合二回ノ類焼ヲ受ケタリシガ第一回ハ一時間許リ約攝氏千度ノ熱ヲ受ケ混凝土床ハ 1,0 乃至 1,5 cm ノ厚迄侵蝕セラレタリシガ千九百年再ビ火災ニ罹リシニ其表面ノ塗料ヲ犯シタルニ過ギザリキ千八百九十七年英國防火委員會ニテ床ノミニテモ十一種ノ材料ニ就キテ比較實驗ヲ施シタリ其試驗面積何レモ百平方呎、熱度ハ初メ華氏 500 度内外ニテ 15 分以上 20 分間曝露セシメ漸次其熱度ヲ昂メテ 2000 度ニ達セシメ消火栓嘴ヨリ水ヲ注射スルコト 3 分乃至 5 分ニシテ其成績ヲ調査シタルニ最モ有效ナリシハ幅 1' 厚 9" ノ木版ニテ張詰タルモノト「エキスパンデッドメタル」ヲ包メル鐵筋混凝土トニシテ消火後前者ハ 2" ヲ燒燼シテ猶 1 平方呎ニ付 20*、後者ハ僅カニ小裂隙ヲ認メタルモ猶 180* ノ重量ヲ受ケテ著シキ撓ミヲ認メザリシト云フ。

千九百四年二月七八日ニ渉ル米國「バルチモア」(Baltimore) 市ノ火災ハ二十七時間繼續シテ二千五百ノ大厦高樓ヲ燬燼シ火災ニ關スル最モ有效ナル學術的參考資料ヲ與ヘタルモノナリキ當時鐵筋混凝土ニテ作ラレタル「ジャンカーズホテル」(Jankers hotel) 及「インターナショナル」銀行 (Internationalbank) ガ長時間克ク此猛火ト戰ツテ之ニ堪ヘタリシハ英國防火委員及紐育建築局委員等ガ等シク現状ヲ視察シテ驚嘆シタルモノナリト云フ「カビテーンズウエ

ル (Capt. Sewell) 氏ノ同市大火ニ關スル報告ニ云ク鐵筋混凝土ニテ作レル床、柱、梁等其熱ノ最モ熾烈ナリシ處ニ於テハ其深サ $\frac{1}{4}$ " 乃至 $\frac{3}{4}$ " ニ影響シ廣キ壁面等ニアリテハ混凝土ノ損害ハ深サ $\frac{1}{4}$ " ヲ過グルモノナカリシ從ツテ鐵筋ノ被覆タルベキ混凝土ノ厚サハ通常 $\frac{3}{4}$ " 以上アレバ充分ナルベク唯室隅ニ於テハ 3" ノ半徑ヲ有スル形チニ壁端ヲ丸ムルノ必要ヲ認メタリト云ヘリ。

「ウールソン」(Woolson) 教授ハ千九百五年ヨリ千九百七年ニ渉リ 1:2:4 ノ配合ヨリ成ル混凝土ノ 32 日乃至 50 日ヲ經過シタルモノニ就キテ耐火實驗ヲ施シタリシガ華氏 750 度ノ熱ヲ加ヘタルモ強度ニ差違ヲ認メズ 2250 度ニ至リテ多少ノ裂隙ヲ見タリシガ未ダ破壊セラル、ニ至ラザリシト云ヒ「ウード」(Wood) 教授ハ千九百七年ニ於ケル實驗ニ於テ 4" 厚ノ混凝土ヲ一方ヨリ華氏 1500 度ニ熱セバ一時間後其下面ヨリ 2" ノ内部ニ於ケル温度ハ僅カニ 200 度乃至 300 度ニ過ギザルコトヲ證明シタリ。

其他英國ニ於ケル大英國防火調査委員會、獨逸「グロースリヒターフェルド」(Gross Lichterfeld) ニ於ケル王立工科大学中央實驗所ニ於ケル實驗、千九百六年伊國「ミラン」(Milan) 市ニ開設セル萬國防火會議、千九百七年米國鐵筋混凝土聯合委員會、「バルチモア」市大火ニ關スル紐育建築局委員會ノ報告ハ何レモ鐵筋混凝土ヲ以テ最モ耐火的建築材料ナルコトヲ證明セリ。

但シ耐火的建築ニ使用ス可キ混凝土ノ混凝土料ニハ石灰石ヲ使用スルノ不可ナルコトハ實驗家ノ齊シク唱道スル所ニシテ又鐵筋ニ對スル被覆ハ薄キ床版ノ場合ニアリテハ $\frac{3}{4}$ " 以上桁、柱等ノ場合ニハ耐火ニ必要ナル度ニ從ヒ夫々被覆ノ厚サヲ増加ス可ク

此等建築ニ最モ必要ナル部分ノ施工ハ夫々細密ナル注意ヲ要スベキハ素ヨリ論ヲ俟タザルナリ。

第六節 鐵筋ニ對スル酸化作用

混凝土中ニ包圍セラル、鐵筋ガ滲入セル空氣ノ酸化作用 (Oxidation) ラ受クルヤ否ヤハ鐵筋混凝土ニ取リテハ最モ重大ナル問題ニシテ若シ其作用ヲ受クルモノトセバ鐵筋混凝土ノ優逸ナル效力ノ一半ハ殆ンド滅却セラルベキモノト云ハザル可ラズ從來此種ノ構造ハ其經驗短時日ナル爲メ非常ニ有力ナル例證ニ乏シキハ遺憾ナリト雖モ近時其研究ノ結果ハ幸ニ混凝土内ニ於ケル鐵筋ハ完全且ツ永久ニ保護セラルベキノミナラズ初メ少許ノ鐵鏽ヲ有セルモノモ混凝土内ニ於テハ漸次消滅スベキモノナルコトヲ證明セラル、ニ至レリ尤モ鐵筋周圍ノ混凝土ハ注意シテ施工スベク且ツ充分ナル搗固ヲ要シ裂罅若クハ空隙ヲ存ゼシムル可ラザルハ勿論ノコトナリトス。

其酸化セザル理由ニ關シテハ鋼材ト混凝土トノ間ノ化學的作用ニ依リテ一時不溶解ノ硅酸複鹽ヲ生ジ膜狀ヲ爲シテ鋼材ノ面ヲ蔽ヒ從ツテ防腐塗料的ノ働キヲ爲スガ故ナリ又初メ幾分ノ鏽ヲ有スル鋼材ガ混凝土中ニアリテ漸次其鏽ノ除去セラル、原因ニ關シテハ千九百九年「ローランド」(Rohland) 氏ガ「トーンインダストリエ」雜誌(Ton Industrie Zeitung)ニ氏ノ實驗ニ基キ其理由ヲ發表セリ其大要ニ據レバ混凝土ノ混合硬化ノ始期ニ當リ其混合ニ用キタル水ガ空氣中ヨリ炭酸ヲ吸收シテ「セメント」内ノ石灰及石膏ト働キ炭酸及硫酸ノ「イオン」トナリテ鐵鏽即チ第二酸化鐵ハ徐々ニ此「イオン」中ニ溶解セラル、モノナリト斷定シ更ニ非金屬中ニ於

テハ鋼材ノミガ混凝土中ニ鏽ビズ又始メ鏽ヲ生ジタルモノモ漸次消滅スベキ理ナルコトヲ説述セリ。

尤モ混凝土中ニ包圍セル鋼材カ或場合ニ於テ酸化シタル形迹ヲ存セルノ例證亦ナキニシモアラズト雖モ斯クノ如キ場合ニハ單ニ其混凝土ガ非常ニ有孔質ニシテ鋼材附近ニ充分ノ搗固ヲナサバリシ爲メ其保護的膜狀ヲ形成セザリシ結果ニシテ假令ヒ鏽滓混凝土ノ如キ有孔質ノモノニアリテモ此膜狀ヲ生ゼルモノハ其混凝土内ニ水ノ滲透シタル場合ト雖モ鋼材ハ完全ニ保護ヒラルベキノ理ナリ故ニ直徑ノ大ナル鐵筋ヲ使用スルガ如キ場合ニハ之ヲ混凝土中ニ埋ムル前糊狀膠灰ヲ以テ豫メ鐵筋ノ全面ヲ塗抹スルヲ可トス最モ直徑ノ小ナルモノ若クハ水ノ不滲透ナルベキモノニ至リテハ殊ニ此注意ヲ施ササルモ可ナルベシ。

混凝土中ニ包圍セル鐵筋ノ酸化作用ヲ受ケザル實例尠カラズ今其二三ヲ摘記スベシ千九百七年英國王立建築會院書記官ガ其帝國議會ニ對スル答辨中ニ「セントポール」會堂(St. Paul Cathedral)ニ於ケル圓蓋ノ底部混凝土内ニ二百年前連結用ニ埋込ミタル鐵鎖ニ關シ混凝土ニ生ジタル裂隙検査ノ際其行廊ヨリ多少ノ雨水滲透セル形迹アリシニ拘ラズ毫モ腐蝕ノ痕跡ヲ存ゼザリシノミナラズ完全ニシテ光輝アル色彩ヲ放テルヲ發見セルコトヲ述ベタリ。

「バウシンガー」(Bauschinger) 氏ガ獨國「ミュンヘン」市(München)ニ於テ六ケ年間流水中ニ沈下シ置タル「モニエ」式鐵筋混凝土版ニ就キテ試験シタル報告ニ依レバ混凝土外ニアリシ7mm. 及9mm. 厚ノ鐵版ハ悉ク腐蝕シ居リシニ拘ラズ「セメント」内ノ鐵材ハ毫モ其

痕跡ヲ認メザリシト云ヘリ。

千九百七年「チャールス、スコット、メイク」(Charles Scott Meile) 氏ガ英國「パディングトン」(Paddington) 停車場ニ於テ公衆ノ觀覽ニ供シタル實例アリ即チ「サウザンプトン」(Southampton) 棧橋ニ於テ八箇年間海水中ニアリシ鐵筋混凝土杭ノ其上端混凝土ニテ包圍セラレザリシ部分ハ多ク腐蝕セラレタリシニ拘ハラズ混凝土中ニアリシモノハ之ヲ切斷シタルニ其製作當時ニ於ケル状態ト毫モ異ラザル程度ニ於テ鐵筋ノ完全ニ保存セラレタルモノナルコトヲ證明セルモノナリキ

佛國「グルノーブル」(Grenoble) 市ニ於ケル水道管ハ「モニエー式」混凝土ニテ造ラレ直徑 12" 厚サ 1" $\frac{6}{16}$ ニシテ内部ニ $\frac{1}{4}$ " 乃至 $\frac{1}{16}$ " ノ鐵筋ヲ有セルモノヲ濕氣アル土中ニ埋込ミ十五年ヲ經過シタル後掘出シタル例ニ依ルニ混凝土ニ毫モ裂罅ヲ見出サズ而シテ鐵筋ハ絶對的ニ酸化作用ヲ受ケタルコトナカリシト云フ。

其外千九百二年佛國「ブルイユイ」(Brevillie) 氏ノ同國土木會雜誌ニ掲載セシ實驗、米國「ランサム」(Ransome) 氏ノ數年ニ渉ル實驗、千九百七年英國「ハンニータムソン」(Hanny Thompson) 氏ノ土木學會ニ報告セシ實驗、英國々立理學實驗所ノ千九百六年ヨリ千九百八年ニ渉ル實驗等何レモ混凝土ガ鐵筋ニ對スル最モ有效ナル防鏽材料タルヲ證明セザルモノナシ。

斯クノ如ク學說ニ於テモ實驗ニ於テモ鐵筋ガ混凝土中ニ腐蝕スルコトナキノ事實ハ最早明カナリト雖モ其材料ノ撰擇、施工ノ注意ヲ缺クトキハ往々其事實ノ反證ヲ與フル如キコトナシト云フ可ラズ此點ヨリ云ヘバ海水ニテ混凝土ヲ練合スルガ如キ又冬

期水結ヲ防グ爲メ鹽水ヲ使用スルガ如キハ蓋シ考慮ヲ要スベキモノナリト云ハザル可ラズ又往々重量ヲ減ズルノ目的ヲ以テ鐵筋ヲ包圍スベキ混凝土硬料ニ鑛滓ヲ使用スルコトアルモ鑛滓ハ時トシテハ多量ノ硫黃ヲ含有スル場合アルヲ以テ頗ル豐富ナル配合ヨリ成ル混凝土ニアラザレバ往々鐵筋ヲ犯スノ恐ナシトセズ是レ米國ニアリテハ屢々鑛滓混凝土ヲ使用スルニ拘ラズ歐洲ニアリテハ一時的ノモノノ外之ヲ首要混凝土ニ避クル所以ナリトス又鋼材ノ何レノ部分モ充分ニ混凝土ト密着スベキ様殊ニ其附近ノ搗固ヲ必要トスベシ其密着ノ點ヨリ云ヘバ角鋸若クハ矩鋸ヲ用ウルヨリモ圓鋸ヲ使用スル方利益ナルガ如ク考ヘラル、點ナキニシモアラズ。

往々鐵筋ノ腐蝕ヲ防遏スルノ考ヨリ之ニ「ペイント」ヲ施シ若クハ亞鉛鍍金シタルモノヲ使用セントスル者アルモ此等ハ寧ロ無益ナルノミナラズ却ツテ有害ナリト云ハザル可ラズ何トナレバ「ペイント」ヲ施セバ混凝土ト鐵筋トノ附着力ヲ弱ムベク鍍金シタルモノハ混凝土中ニ含有セル水氣ニ犯サレ不溶解ノ水酸化亞鉛ヲ生ジ鐵筋ノ表面ニ粉狀ノ層ヲ作りコレ又混凝土トノ附着力ヲ減退セシムルニ至ルベケレバナリ。

第七節 液體ノ作用

水若クハ他ノ液體ガ鐵筋混凝土ニ對スル化學的作用ハ普通混凝土ニ對スルモノト同様ナリ從ツテ混凝土ニ於ケル數多ノ實驗ニ依リテ略ボ其結果ヲ判定スルコトヲ得ベシ稠密ナル鐵筋混凝土ハ純粹ナル水ニ依リテ犯サル、コトナシト雖モ遊離セル炭酸石灰ヲ有スル水ハ有害ナル結果ヲ與フベシ但シ其含有量少キト

キハ毫モ恐ル、ニ足ラズ特ニ沈滞セル状態ニアル場合ニ於テ然リトス硬水モ亦豊富ナル膠泥ノ塗面ヲ犯スコトナシ。

水壓ヲ受クル箇所ニアリテハ鐵筋混凝土壁ハ其抵抗力ニ於テ遙カニ煉瓦壁ニ優リ又表面ノ塗抹ニ依リテ絶對ニ水ノ滲透ヲ防グコトヲ得ベク煉瓦壁ノ如ク「アスファルト」若クハ粘土等ノ裏塗ヲ爲スヲ要セズ。

木杭ハ水氣ヲ含マザル土中ノ基礎工ニハ適セザルモ鐵筋混凝土ハ水氣ノ有無ニ拘ラズ之ヲ應用シ得ベシ。

下水溝ニ鐵筋混凝土ヲ使用スルトキハ普通其水管ハ豊富ナル配合ノ膠泥ヨリ作ルト其壁ガ速カニ有機質殘滓ニテ蕪ハル、トニ依リ毫モ侵害ヲ受クルコトナシ但シ下水中ニ含ム濃厚ナル硝酸鹽酸等ヲ有スル場合ニハ可成多量ノ水ヲ加ヘテ稀薄ナラシムルトキハ實際ニ於テ下水溝ヲ犯スノ恐レナシ鹽類又ハ「アルカリ」質ヲ有スル水ニアリテモ同様ナリトス假令多少ノ働キヲ受クルコトアルモ之ヲ鐵管等ニ比スレバ其耐久力ハ素ヨリ同日ノ論ニアラズ。

水槽貯水池等ノ構造ニハ鐵筋混凝土ハ最モ有效ナル材料タルハ言フ迄モナシ「アルカリ」又ハ酸類ヲ貯藏スベキ工業用混凝土槽ハ木材又ハ鐵材ニ比シテ遙カニ耐久的ナリ去レド濃厚ナル液類ハ混凝土ヲ犯スヲ以テ侵蝕ヲ防止スベキ玻璃版若クハ適宜ノ塗料ヲ施スヲ可ナリトス混凝土槽ニ貯ヘタル「アルコオール」ハ特殊ノ着色ヲ呈セズ酒類モ亦特ニ香氣ヲ變ゼシムルコトナキモ普通ハ常滑様ニ其表面ヲ仕上ゲタルモノヲ用フルニ如カズ水道用貯水池ニ於ケル鐵筋混凝土構造ノ優逸ナルハ別ニ其例證ヲ舉グルノ

必要ヲ認メズ。

鐵筋混凝土ノ海水ニ對スル作用ハ材料篇ニ於テ之ヲ詳論スベシ畢竟優秀ナル膠泥ヲ以テ其表面ヲ塗抹スルカ若クハ火山灰ヲ混用シテ海水ノ滲透ヲ防止スルコトヲ得ベク其他殊ニ顧慮ヲ要スベキコトナキハ事實ナリトス。

第八節 水ノ滲透作用。

相當ノ水頭ヲ有スル水ガ鐵筋混凝土ヲ通ジテ滲透作用 (Permeability)ヲ有スルヤ否ヤハ大ニ其材料配合ノ割合ニ關係スベシ即チ配合宜シキヲ得タルモノハ假令最初ニ少許ノ滲透ヲ見ルコトアルモ遂ニハ全ク其害ヲ免ル、コトヲ得ベシ但シ水頭非常ニ大ナルモノニアリテハ可成1:3以上ノ膠泥ノミヲ使用スルカ或ハ厚キ壁ヲ用キ表面ハ全ク膠泥トシ裏面ニノミ混凝土ヲ應用スルノ優レルニ如カズ混凝土ハ絶對的ニ水ノ不滲透性ヲ有スルニアラザルモ如斯配合ノ割合ヲ優良ナラシムルト同時ニ其施工ニ注意スルコト假令バ水槽ノ如キハ全部ヲ終ル迄晝夜間斷ナク其施工ヲ續ケ全體等一ニ仕上グルトキハ普通水ノ滲透ヲ免ル、コト多シ猶緊要ナル工事ニアリテハ混凝土ノ必要原料以外ニ他ノ材料ヲ混合スルカ或ハ混凝土ノ表面ニ特殊ノ防水塗料ヲ施スヲ宜シトス。

水ガ始メ混凝土内ヲ通過スルトキ「セメント」中ヨリ遊離石灰ヲ奪フヲ以テ豫メ水酸化石灰即チ消石灰ヲ或程度迄加フルトキハ少シク其硬化ヲ緩フスベキモ必要ナル「セメント」ヲ奪ヒテ有孔質トナスノ害ヲ防ギ得ルノ利益アリ場合ニ依リテハ火山灰ヲ使用スルコトモ混凝土壁ノ密度ヲ増加スルノ一法ナリトス。

表面ニ防水的塗料ヲ施ス場合ニハ其方法種々アリ詳細ハ材料編ニ於テ説述スベキヲ以テ茲ニ之ヲ略シ特殊ノ上塗ヲ施サズシテ實際ニ於テ水頭ヲ有スル周壁ガ能ク其壓力ニ堪ヘ水ノ滲透ヲ見ザルノ例證二三ヲ摘記スベシ千九百二年白國「ブラッセル」(Brussel)市水道ニ於テ「ボンナ」(Bonna)及「ボルドナーヴ」(Bordenave)式ヲ用キ長サ18,3哩ニ涉リテ鐵筋混凝土水管ヲ布設シタリシガ其直徑11,7/8乃壺35,7/4ニ至リ水頭138,1ヲ有スルモノ千九百六年ノ報告ニ據ルニ全部ニ毫モ裂隙ノ迹ナク總テ満足ナル結果ヲ呈セリト云フ米國「オハイオ」(Ohio)州「ミルフォード」(Milford)市ノ水塔ハ高サ81'外徑15,6ニシテ其周壁ハ1:3ノ膠泥ヨリ成リ頂上ニ於テ厚サ5"底部ニ於テ9"ニシテ凡テ上塗ヲ施サズ同國「イーストジャージー」(East Jersey)水道會社ノ水槽ハ直徑10'高サ43'頂部ノ壁厚10"底部15"ニシテ混凝土ノ配合比1:3:7ノ如ク貧弱ナルニ拘ラズ別ニ耐水上塗ヲ施サズ此二者何レモ絶對的ニ水密ヲ保留シ得タリト云フ佛國「ニーム」(Nismes)市ニ於ケル「ボンナ」式混凝土管ハ直徑27",壁厚27/8ニシテ能ク150'ノ水頭ニ耐ヘ以太利「ヴェニス」(Venis)市ニ於ケル「ボルドナーヴ」式混凝土管ハ300'ノ高水頭ニ對シ更ニ異狀ヲ認メズ如斯薄壁ヲ有スル水管ニ於テスラ能ク其高壓ニ堪フルヲ見レバ建物其他ノ構造物ガ克ク雨雪ノ働キニ抵抗シテ其濕度ヲ傳播セザルノ理由ハ殆ンド説明ヲ要セザルベシ。

第九節 耐久力

鐵筋混凝土構造ノ實際上ニ於ケル應用ハ經過年數未ダ久シカラザルヲ以テ其耐久力(Durability)ニ關シテ疑問ヲ抱ク者ナキニシモアラズト雖モ既ニ鐵筋ガ混凝土中ニ於テ腐蝕セザルノ理論事

實共ニ確實ナル以上鐵筋混凝土ノ耐久ナルハ亦明カナル結果ニシテ夫ノ羅馬ノ「パンテオン」殿堂ガ二千年ノ今日依然トシテ其舊觀ヲ損ゼザルニ見テモ之ヲ證明スルコトヲ得ベシ夫レ天然ニ曝露セシムル建築材料中混凝土ヲ除キテ其時代ノ推移ニ堪ヘ永久ニ其抵抗ヲ繼續シ得ルモノ果シテ幾許カアル木材ハ有機質ナレバ天然ニ對スル抗力ノ薄弱ナルハ云フ迄モナク砂岩ハ時代ヲ經レバ其原土ニ復歸スベク大理石亦然リ永久的ト稱スル花崗石ト雖モ其生命ニ制限アリ鐵材ハ酸化作用ニ依リテ腐蝕スルヲ免レズ然ルニ混凝土ハ時代ト共ニ其強度ヲ増進シ得ベキ性質ヲ有スルヲ以テ殆ンド永久不滅ナリト云フモ敢テ過稱ニアラザルベシ。

更ニ其利益トスルトコロハ殆ンド修繕ノ手數ヲ要セザルコト是ナリ半永久的ト稱セラル、鋼材構造物ト雖モ絶エズ其塗料ヲ施スコトニ注意セザレバ酸化作用ニ依リテ漸次ニ其耐カヲ失フベキコト千九百五年十二月倫敦市内「チャーリングクロス」(Charing Cross)停車場ノ鐵屋根ガ墜落シタルニ依リテモ之ヲ證明シ得ベシ世界第一ノ長橋ト稱セラル、英國「フォース」(Forth)鐵橋ハ其使用鋼材總量約五萬噸ニシテ其保存ヲ持續スル爲メ三十人ノ「ペンキ」塗工ガ三ケ年半ノ時日ヲ閱シテ一回ノ塗上ヲ了シ其一巡シタル時最初ヨリ亦塗始メザル可ラズト云フニアラズヤ鋼材ノ量少キ程其保存費ハ之ニ比例シテ小ナルベキモ絶エズ其檢閲ト塗換トニ注意セザレバ不測ノ災害ヲ受クルコト尠シトセズ煉瓦若クバ石材ノ構造ニアリテハ其維持費ノ少キハ勿論ナリト雖モ鐵筋混凝土ヲ使用スル處ハ重ニ鋼材ニ代用スベキモノナルヲ以

テ若シ煉瓦若クバ石材ニ代リテ使用スルヲ要スル處ニアリテハ其輕量ナルト經濟的ナルトニ於テ遙カニ此等材料ヲ凌駕スベキハ言フヲ俟タズ。

鐵筋混凝土ノ防蟻的ナルト防蟲的ナルトハ亦其耐久性ヲ證スベキ特性ナリ即チ其性質ハ鐵筋混凝土ヲ有孔質タラシムル恐レナキヲ以テ微菌ヲ培養スルノ素地ヲ作ルコトナク從ツテ傳染病院、屠畜場若クバ工場、倉庫、住宅ノ如キ建築物ニハ最モ衛生的ナル材料タルコトヲ證明シ得ベシ殊ニ近來本邦ニ於テ頻々トシテ其被害ノ大ナルヲ認メタル白蟻ノ損害ハ鐵筋混凝土構造ニ於テ初メテ絶對ニ之ヲ防止スルコトヲ得ベシ夫レ白蟻ハ元來土中ニ生活スル者ニシテ其巢ノ構造上將ク亦其隧道ノ作成上土質ノ存在ヲ必要トスル爲メ壁其他ノ部分ニ土質ヲ使用スルモノニアリテハ白蟻侵入ノ容易ナルコト勿論ナリ是ニ依リテ之ヲ見レバ本邦古來ノ土藏ノ如キ内部木材ヲ使用シ土塊ヲ以テ築上タルモノハ白蟻ノ被害ニ對シテ最モ恐ルベキ建築物ナラザル可ラズ然ラバ煉瓦造ハ如何ト云フニ大島理學士ノ臺灣ニ於ケル最近ノ研究ニ依ルニ普通受負工事ニ成ル煉瓦積ハ其堅目地ノ粗造ナル爲メ其壁内ニ數多ノ空隙ヲ存シ居ルヲ以テ白蟻ハ煉瓦實質ノ不適當ナラザルニ拘ラズ其構造法ノ不備ニ乘ジ土中ヨリ用捨ナク其空隙ヲ突進シテ煉瓦壁内ヲ横行濶歩シ其驅除ニ非常ノ困難ヲ感ゼシムルノミナラズ白蟻中ノ所謂兵蟻ト稱スル者ハ其唾液及排泄物中ニ酸性ノ液ヲ分泌シテ徐々ニ石灰ヲ溶解セシムルヲ以テ石灰膠泥ニテ積メル煉瓦壁内ヲ侵蝕シテ容易ニ隧道ヲ作り得ルモノニシテ石灰ヲ使用セル煉瓦工ニアリテハ白蟻ニ對シテ更ニ其效力ヲ

有セズト云フ然ルニ白蟻ノ被害ハ已ニ硅酸ノ形トナレル「ポートルランドセメント」膠泥及混凝土ニハ其威力ヲ逞クスルコト能ハザルハ既ニ臺灣、濠州其他南洋各地ニ於テ實驗セルレタル事實ニシテ濠州ノ如キハ全然石灰膠泥ノ使用ヲ嚴禁シ專ラ「ポートルランドセメント」膠泥ヲ以テ是ニ代ラシムベシト規定セリ以テ如何ニ鐵筋混凝土ノ防蟲的ナルカヲ證明シ得ベシ其他突堤、埠頭、棧橋等ノ如キ凡ハ海蟲ノ蠹蝕ヲ受クル所ニアリテハ木材若クバ鐵材ニ優ルコト云フ迄モナク其船舶ノ碇繫、浮遊物ノ遊動等ニヨリテ其衝撃ニ堪フルノ力絶大ナルヲ見テモ鐵筋混凝土ハ海中工事ニハ最モ必要ニシテ且ツ適當ナル建築材料タルコトヲ證明シ得ベキモノナリ。

第十節 構造ノ外觀

混凝土ガ其表面ノ色彩及組織ニ於テ天然石材ニ比シテ品位ニ乏シク亦無味ナリトシテ外觀ヲ要スル建築ニ之ヲ使用スルヲ甚ダシク嫌忌スル者アリ如何ニモ混凝土ノ色彩ハ多少ノ外觀ヲ改良シ得ベキニ拘ラズ到底天然石ノ夫レニ及バザルハ事實上之ヲ否定スルコト能ハズ然レドモ從來建築ニ對スル趣味ノ標準ハ專ラ煉瓦若クバ石材等ノ模型ニ依リテ養ハレタルヲ以テ別方面ノ標準ニ依リテ其趣味ヲ變更セシメザル限リハ煉瓦若クバ石材以外ノ材料ニヨリテ愉快ナル觀念ヲ與ヘシムルコトハ困難ノコトタルベシ故ニ建物、橋梁等多少美術的ノ外觀ヲ與フベキ構造ノ設計ニアリテハ計畫者ハ其各部ノ配置、比例、陰彩等ニ充分ナル注意ヲ拂ヒテ可成美的觀念ヲ與フベキ様苦心スベキハ勿論ナルモ其觀察ノ他方面ヨリ云ヘバ拱橋ノ如キ石造ノモノト比シテ著シク其比

例ヲ異ニセザル以上寧ロ列柱式若クバ穿孔式構造ハ設計ノ如何ニモ大膽ニ見ユルガ如キ點ニ於テ從來ノ石造ニ比シテ却ツテ勝ル點ナキニシモアラズ。

又鐵筋混凝土建築ハ其壁厚ノ薄キヲ以テ煉瓦若クバ石造ノ如キ莊重ヲ缺キ其構法ノ如何ニモ貧弱ナルガ如キ外觀アルヲ免レザルモコレ又趣味ノ相違ヨリ來ル結論ノミ其實質ニ於テ鐵筋混凝土ノ薄壁ガ却ツテ煉瓦若クバ石造ノ厚キモノニ比シテ其強度安定等ニ於テ優秀ナル以上從來ノ習慣ニ捉ハレタル趣味ノ觀念ノミニ依リテ必ズシモ一概ニ之ヲ非難シ去ルベキモノニハアラザルベシ故ニ吾人ハ時日ノ經過ト共ニ其壁厚ノ薄キコトガ必ズシモ構造ノ貧弱ヲ示スモノニアラズトノ觀念ニ馴致サル、ニ至ル迄ハ假令其不必要ナル壁厚ヲ備ヘシムルコトノ技術上拙劣ナルコトヲ知リツ、モ其時代ニ於ケル趣味ニ適應スベク石造若クバ煉瓦造ニ可成近キ様其窓側入口等ノ壁厚ヲ殊更ニ厚クスルガ如キモ亦或ハ當分避ク可ラザルコトナルヤモ知ルベカラズ。

鐵筋混凝土ガ何レノ方面ニ於テモ他ノ材料ニ勝レル點多キニ拘ラズ稍々其缺點トスル處ハ未ダ其色彩若クバ組織ノ貧弱ナルガ如キ觀アル點ノミニアルヲ以テ向後建築家ガ嶄新ナル意匠ニ依リテ可成其缺點ヲ補綴スル様勗ムルハ斯道發達ニ於ケル至大ナル貢獻ナリト云ハザル可ラス。

第十一節 氣候ノ影響

混凝土若クバ鐵筋混凝土工事ニ於ケル裂罅ノ源因ハ近時ニ至ル迄實驗家ト雖モ一ニ溫度ノ關係ノミニアルベキヲ信ジタリシモ輒近ノ研究ハ四季氣候ノ變化ト混凝土凝結ノ程度如何ガ亦非

常ナル影響ヲ與フベキモノナルコトヲ認識スルニ至レリ此裂罅ハ就中構造後最初ノ一年間ニ顯ハル、コト多ク此等ハ重ニ混凝土ノ自然的收縮ニアルコトヲ證明シ從ツテ其配合ノ割合優良ナルモノ程其結果著シキモノナルヲ知ルニ至レリ即チ氣候ニ伴フ溫度ノ變化ノ外風雨ノ影響ヲ直接ニ感ズルベキ壁ノ表面ニ於テ優良ナル配合ヲ有シ其施工中注意ノ不充分ナリシ爲メ急激ニ凝結シタルモノニ於テモ亦此現象ヲ呈スルコトアルベキヲ知レリ。

「ポートランドセメント」ヨリ作レル膠泥ガ容積ノ變化ヲ受クベキモノナリヤ否ヤハ從來餘リ注意ヲ惹起スルコトナカリシモ近來研究ノ結果濕度ノ關係ハ溫度ノ關係ト殆ンド同一ナルコト、濕度ハ是等膠泥ノ容積ヲ膨脹セシムルコト、乾燥ノ結果膠泥ヲ收縮セシムルコト、而シテ此等容積ノ變化ハ就中凝結終了迄ノ期間ニ於テ變化ノ著シキモノナルコトヲ證明シ得タリ但シ注意スベキハ以上ノ現象ハ劣等「セメント」ヲ使用シタル結果其龜裂ヲ生ジタルモノト之ヲ混同ス可ラザルコト是ナリ又此性質ハ溫度ノ變化ニ伴フモノトハ自ラ現象ヲ異ニスルモノアリ即チ優良ナル配合ヲ有スルモノハ溫度ノ變化ニ對シテ其容積ノ變化ニ及ボス影響ハ甚ダ小ナルニ拘ラズ乾燥若クバ濕度ヨリ來ルモノハ其配合ノ優良ナルモノニ於テ殊ニ著シク變化アルコト「マイヤー」(Meier) 及「シューマン」(Schumann) 氏ノ實驗ニ徴スルニ純セメントノミニテ作レル模型ハ水中及空氣中ニ於テ1米突ニ付 2mm ノ伸縮アルニ拘ラズ 1:3 ノ膠泥ハ僅カニ 0,5mm ニ過ギズ即チ後者ハ前者ノ四分ノ一ニシテ殆ンド四十度丈ケ溫度ノ増減スルト同様ノ結果ヲ呈スベシト云フニ徴シテモ明カナリ去レド此現象ハ其凝結ニ關シ特殊

ノ注意ヲ拂フトキハ殆ンド實際ニ之ヲ防止シ得ベシ換言セバ湿度ノ變化ニ伴フ注意ヲ怠ラザル膠泥ノ構造物ニアリテハ乾燥ヨリ來ル收縮ハ殆ンド之ヲ無視スルコトヲ得ベキモ優性ナル「セメント」膠泥ヲ使用スル程其結果ハ益々不良ナルコトヲ結論シ得ベシ。

以上ノ現象ハ專ラ膠泥若クバ混凝土ニ關スル事實ニシテ之ヲ鐵筋ニテ補強セル場合ニハ其膨脹若クバ收縮ノ割合ハ著シク之ヲ減少シ得ベキノミナラズ表面ニ近ク鐵筋ヲ配置セルモノハ殆ンド其影響ヲ受クルコトナシ此點ニ關シテハ鐵筋ハ其構造物ニ於ケル最モ必要ナル職掌ヲ發揮セルモノナリト云ハザル可ラズ何トナレバ鐵筋ノ使用ハ其膨脹收縮ノ作用ヲ一箇處ニ集中セシメズシテ之ヲ全壁面ニ等一的ニ配付セシムルノ效用ヲ有スルモノナレバナリ。

「シユーマン」氏ハ獨リ膠泥ニ關スル膨脹若クバ收縮ヲ實驗シタルノミナラズ又他ノ建築材料ニ對シテ混凝土ノ伸縮ガ如何ナル關係ニアルヤヲモ研究セリ其結果ニ依ルニ煉瓦若クバ石材ハ混凝土ト等シク又水中ニ於テ膨脹シ空氣中ニ於テ收縮スルコト煉瓦及石灰石ハ 1:3 ノ膠泥ト其容積伸縮ノ程度殆ンド同一ナルコト、花崗石ハ其割合小ナルコト、反對ニ玄武岩ハ膠泥ヨリモ其割合稍々大ニシテ粘土ハ其差最モ大ナルコトヲ確メタリ要スルニ普通ノ建築材料ハ平均 1:3 ノ膠泥ニ等シキカ若クバ其二倍ノ伸縮アルコトヲ知レリ故ニ氏ハ結論シテ云ク煉瓦若クバ石材ト雖モ乾燥ニ對スル裂罅ハ混凝土ト毫モ異ナルコトナキモ其表面混凝土ノ如ク平滑ナラズ極メテ粗鬆ナルガ故ニ只肉眼ニ於テ容易ニ

其裂罅ヲ認知シ得ザルニ過キサルナリト。

斯クノ如ク混凝土ハ煉瓦若クバ石材ニ比シテ殊ニ裂罅ヲ生ジ易キ材料ナリト云フコト能ハザルハ最早疑ヲ存スベキニアラズト雖モ然カモ其温度ノ影響ト併セテ乾濕ノ結果多少ノ裂罅ヲ生ズベキコト必ズシモ絶對的ニ之ヲ否認シ能ハザルベキヲ以テ其施工ニ就キテ充分ナル注意ヲ拂フベキハ勿論ナリトス今其要點ヲ摘記セバ混凝土工ハ可成直射セル光線ヲ受クル箇所ニ於テ之ヲ施スコトナク必ズ或臨時的上屋若クバ被覆ノ下ニ之ヲ行フ可シ此理由ニ基キ橋梁又ハ街路ノ鋪道ハ可成是ヲ一體ノ「セメント」工トナスコトヲ避ケ小片ノ混凝土塊若クバ石材ヲ使用スルノ優レルニ如カズ若シ一様ノ混凝土床版ヲ欲スル場合ニハ可成多クノ伸張空隙 (Expansion space) ヲ作ル可シ擁壁、運河壁等ノ如キ長ク連續セル工作物ニアリテモ此注意ヲ怠ル可ラズ橋梁若クバ建物ノ床ノ如キ其終端ハ可成之ヲ緊定スルコトヲ避ケ其桁若クバ床版ノ伸縮ヲシテ自由ナラシム可シ拱橋ノ如キモ緊定式ノモノハ可成之ヲ避クベク二鉸 (Two hinge) 若クバ三鉸 (Three hinge) ヲ有スル方式ヲ採用スルヲ宜シトス擁壁、貯水池等ノ隅角點、變方點若クバ厚サノ急變スル場所ハ裂罅ヲ生スベキ最弱點ナルヲ以テ其鐵筋ヲ計算以外ニ多ク挿入スルカ其隅角ヲ丸ムルカ若クバ其厚サノ變化ヲ漸變セシムベシ建物中殊ニ日光ノ直射ヲ受クベキ屋根若クバ壁ノ一部、廣場等ニアリテハ表面ニ輕量ノ鐵網ヲ敷詰メ此上ニ薄キ混凝土ヲ置キ乾濕ヨリ來ル裂罅ヲ避クルノ必要ナルコトアリ又前述ノ如ク混凝土若クバ膠泥ノ配合優良ナル程湿度ヨリ來ル容積ノ變化大ナルベキヲ以テ強度ヲ要セザル處ニアリテ

ハ殊更ニ優良ナル配合ヲ使用ス可ラズ混凝土工ヲ畢レバ其凝結中ハ可成長キ期間之ニ撒水スルコトヲ怠ル可ラズ凝結ノ緩ナル程乾濕ノ變化ニ抗抵スル力大ナリ殊ニ炎暑ニ際シテハ充分ニ其表面ノ養生ニ注意シ光線ノ爲メ混凝土面ノ急激ニ乾燥スルコトヲ嚴禁スベシ(炎暑中ハ可成三週間乃至四週間引續キ一日二回以上ノ撒水ヲ要ス)嚴冬ニアリテハ混凝土ヲ調合スベキ水ニ鹽若クバ砂糖ヲ混ズルカ若クバ砂及硬料ヲ温ムルカニ依リテ混凝土ノ氷結ヲ避クルヲ宜シトスルモ其工事ノ遲延ガ著シク經濟上ノ影響ヲ來サバ限リハ嚴冬中ノ工事ハ可成之ヲ見合スベシ猶「セメント」ハ可成其最良ナルモノヲ使用スベキコト、可成少量ノ水ヲ幾回モ使用シテ其練合セテ充分ナラシムル等亦注意スベキノ要件ナリトス。

第十二節 熱及音響ノ傳導.

混凝土ノ内部ニ於ケル熱ノ傳導率(Conductivity)ハ鋼材ニ比シテ遙カニ小ナリ夏期ニ於テ日光ノ直射ヲ受クルカ若クバ冬期ニ於テ異常ノ冷氣ヲ感ズル所假令バ上屋倉庫等ノ屋根階段室等ニアリテハ鋼材若クバ海鼠飯ヲ用フル代リニ鐵筋混凝土ヲ代用スルハ最モ有效ナリ混凝土ヲ煉瓦若クバ石材ト比較スルニ熱ノ傳導率ハ殆ンド石材ト同ジク煉瓦ヨリモ大ナリ然ルニ石材ノ或壁厚ニ對シテ鐵筋混凝土ハ其厚サ薄キヲ以テ實際使用ノ上ヨリ云ヘハ鐵筋混凝土壁ハ冷熱共ニ煉瓦石材ニ比シテ劣レリト云フノ結論ニ達スベシ從ツテ室内ニ於ケル冷熱ニ對シ充分ノ保障ヲ與ヘシメントセバ二重壁トシテ其中間ニ空氣層ヲ置クカ若クバ有孔質ナル鑛滓混凝土ヲ使用スルノ必要アリ木材ノ傳導力ハ混凝土

ヨリモ弱シ從ツテ鐵筋混凝土ト同厚ノ壁ニシテ其接續點ヲ注意セバ能ク熱ヲ保持スルコトヲ得ベシ即チ此等各建築材料ト比較シテ混凝土ハ別ニ優逸ノ點ヲ認メザルハ事實上否定ス可ラザルモ必ズシモ鋼材等ノ如ク冷熱ノ傳播著シカラザルヲ以テ熱ノ傳導性ノミニテ云ヘバ鐵筋混凝土ハ普通ノ建築材料ト比肩シ得ベキモノト云フコトヲ得ベシ。

音響ニ對スル鐵筋混凝土ノ感應ハ他ノ建築材料ニ比シテ遺憾ナガラ劣レリト云ハザル可ラズ殊ニ床若クバ壁ノ厚サ薄キヲ以テ或程度迄音響ヲ鄰室若クバ階下ニ傳フルノ不便アリ之ヲ避クルノ必要アル時ハ薄キ二重壁ヲ作り互ニ相連絡セシムルカ若クバ天井張ヲ爲シテ空氣層ヲ設クルコト熱ノ傳導ヲ防止スルト同様ノ方法ヲ取ルベシ故ニ床ノ構造ニハ桁ノミヲ鐵筋混凝土トシ其床版ノ部分ハ鐵筋ヲ有スル中空混凝土塊若クバ「テラコッタ」(Terracotta)ヲ使用スルコトアリ但シ其喧囂ノ低度ハ到底之ヲ鋼材ト比較スベクモアラザルハ勿論ナリトス。

第十三節 工事進捗ノ度.

鐵筋混凝土工事ノ容易ニシテ其進捗ノ速カナルコトハ最モ此構法ノ得意トスル處ナリ其材料ニ就キテ云ヘバ普通有リ觸レタル物ノミヲ使用セバ可ナリ本邦ニアリテハ砂及砂利ハ到ル處ニテ之ヲ採集スルコトヲ得ベク「セメント」モ亦一切之ヲ海外ニ仰グノ必要ナシ獨リ鋼材ノミハ本邦ノ供給其需要ノ半バニ達セズ多量ニ之ヲ欲スル時ハ海外ニ注文セザル可ラザルノ不便アルモ一般ニ丸鐵、平鐵若クバ帶鐵等尤モ簡單ナル種類ニ屬スルモノノミナルヲ以テ其調進ハ容易ナリ從ツテ他ノ建築材料ニ比シテ工事ハ

極メテ迅速ニ之ヲ成工セシムルコトヲ得ベシ石材ハ精密ナル寸法ニ豫メ之ヲ仕上ゲザル可ラズ鋼材モ其切斷、接合等ニ手數ヲ要スルコト夥シク煉瓦モ亦豫メ特殊ノ寸法ニ用意スベキモノ尠カラズ石材若クハ鋼桁ヲ高處ニ上グルニハ相當ノ力ヲ有スル吊上機若クハ特別ナル運搬方法ヲ準備セザル可ラザルモ鐵筋混凝土ニアリテハ其材料ハ如何ナル小部分トナシテ之ヲ運搬スルモ不便ナキヲ以テ手狭ナル工場等ニアリテハ殊ニ便利ヲ感ズルコト多シ從ツテ時間ヲ節約シ得ベキコト到底他ノ材料ニ於ケル比ニアラズ其施工モ堰框内ニ計畫通りノ鐵筋ヲ針金ニテ結束スルニ止マリ之ヲ定位ニ配置シ茲處ニ混凝土ヲ打込ムニ過キズ僅カノ鍛冶工ヲ除キテ綴鋸接合、鍛接等ノ手數ヲ要セズ壁モ床モ桁モ必要ニ應ジテ一體等質ニ之ヲ仕上グルコトヲ得ベキヲ以テ全體ノ強度モ亦大ナリ唯其不便トスル點ハ混凝土凝結ノ時期ニ一定ノ制限アルヲ以テ仕上ゲ後直チニ之ヲ使用スルコト能ハズ少クトモ三四週間ノ猶豫ヲ要スルコト是ナリ然レドモ仕上後直チニ之ヲ使用スルコトハ殆ンド之ナキヲ以テ實際ニハ別段ノ不便ヲ感ゼズ。

今其工事ノ迅速ナル一ニノ例ヲ舉ゲンニ米國「シンシンナチー」(Cincinnati)市ニアル「インガルス」館 (Ingalls Building)ハ十六層、百四十坪ノ建物ナルガ一層平均十一日ノ割合ヲ以テ竣工シタリ「ブレメン」(Bremen)市ノ北西獨逸工藝博覽會場ニ於ケル幅10'徑間132'ノ拱橋ハ僅カニ三十六時間ニシテ其混凝土ノ打上ヲ了シタリシト云フ。

本邦ニ於テハ其工事稍々遲緩ノ傾キアルヲ免レザルハ一ハ材

料ノ集積、堰板ノ準備共ニ外國ニ於ケルガ如ク迅速ニ取纏メ難キト勞銀廉ナル結果人力ノミニ依頼シ機械類ヲ使用スルコト少キニ依ル即チ其應用ノ未ダ普及セザルト工法ノ幼稚ナルトニ存シ鐵筋混凝土構法其物ノ遲緩ナル爲メニハアラズト知ルベシ。

第十四節 經濟的價值

鐵筋混凝土構法ノ經濟的ナルヤ否ヤ之ヲ抽象的ニ説明スルハ甚ダ難事ナルベシト雖モ之ヲ總攬スルニ他ノ建築材料ヲ使用シタルモノニ比シテ結局廉價ナルハ言フヲ俟タズ英國工務局長ノ議會ニ報告シタル處ニ依レバ其局ニ於テ取扱ヒタル他ノ材料ニ比シ確カニ二割ノ節約ヲ見ルコトヲ得ベシト云ヘリ鋼材ノ構造ハ其強度ニ比シテ重量ノ輕キコト其特長ナルモ絶エズ塗料ノ保全ニ勗メザレバ腐蝕ノ害ヲ免レズ之ニ反シテ鐵筋混凝土ハ年月ノ推移ト共ニ其強度ヲ増進スベク保存、修繕ノ必要殆ンド之ナキヲ以テ假令其原價ニ於テ多少ノ高値ヲ拂フモ結局ノ利益ハ到底之ヲ否認スベクモアラズ石材ノ工事ハ實際上不朽ニシテ修繕費ヲ要セザルコト敢テ鐵筋混凝土ニ劣ルニアラザルモ耐火力少ク又容積ノ大ナルト共ニ重量大トナリ假令バ鐵筋混凝土ノ壁厚4"ニテ充分ナルベキ處モ石材ニテハ少クモ一尺ノ厚サヲ要スベシ從ツテ基礎其他ノ費用大トナルベシ煉瓦ハ基礎ヲ合シテ其價格鐵筋混凝土ト略同一ナルモ濕度ノ傳播力大ナリ亦壁厚二倍以上ナルヲ以テ室ノ有効面積ヲ減ズベク土木工事ニテハ基礎掘鑿ノ容積ヲ増大スベシ木材ハ勿論廉價ナルモ火災、蟲害、腐朽等ノ恐レ多ク結局ニ於テ不經濟ナリ。

鐵筋混凝土工ニ對スル假梓、堰板ノ費用ハ其全體ノ工費中重要

ナル項目ナルニ相違ナキモ一般ニ其準備ハ極メテ單純ナル形式ノモノ多キヲ以テ殊種ノ木材ヲ要セズ又地上ニ於テ豫メ之ヲ設備シ得ベキヲ以テ其工費ハ一般ニ低廉ナリ殊ニ拱橋ニアリテハ煉瓦若クハ石材ニ比シテ其重量輕キヲ以テ其拱架ハ比較的手輕ナルモノニテ充分ナルベシ。

以上ノ外其保險率ノ低廉ナルコトハ亦最モ注意スベキ事項ノ一タルヲ失ハズ歐米各國ニアリテハ最初ハ鐵筋混凝土ニ對スル信用ノ程度極メテ薄弱ナリシ結果其保險率煉瓦若クハ石造ニ比シテ別段ノ相違ナカリシモ輒近ニ至リテ其率ヲ低下シタル程度驚クベキモノアリ「ボストン」製造業相互保險會社ノ副社長「クンハルト」(Kunhardt)氏ノ説ニ依レバ一般建物ニ對スル保險率ハ價格百弗ニ對シ約次ノ如ク想定スルモ差支ナシトセリ。

建物ノ種類	鐵筋混凝土	煉瓦造	木造
一般倉庫	20「センツ」	40—60「センツ」	75「センツ」乃至1弗
事務所類	15 "	35 "	1,25 弗
工場	20—40 "	50「センツ」乃至1弗	1—2 弗
一般商店	35 "	50「センツ」	1 弗

即チ鐵筋混凝土建物ハ煉瓦建物ニ比シテ約二分ノ一乃至三分ノ一、木造ニ比シテ約三分ノ一乃至八分ノ一ノ低率ニアリ建物ノ外凡テ防火ノ設備完全ナル場合ニハ之ヲ4「センツ」迄降下セシメ得ベキ見込アリトセリ。

第十五節 電氣分解作用

地中水線以下ニ於ケル鐵筋混凝土ハ絶エズ濕潤状態ニアリト假定シテ市街電氣鐵道軌條接電線ノ不完全若クハ其他ノ漏電ニ

基ヅキ鐵筋ノ一部ニ電流ノ通スル場合ニハ其終端ヨリ濕潤セル混凝土ヲ通ジテ地中ニ回歸セントスル點ニ於テ電氣分解作用(Electrolysis)ヲ起シ游離セル酸素ハ鐵筋ニ働キ之ヲ酸化腐蝕セシメ鐵筋膨脹ノ結果混凝土ヲ崩壞セシムベシトノ説ハ米國ニ於ケル一倉庫ニ電氣ノ作用ニ歸因シテ混凝土ノ一部龜裂ヲ生ジタルヤノ疑點アリシニ胚胎シ千九百七年紐育ニ於テ「ナッドソン」(Knudson)氏ガ同年三月米國電氣學會雜誌ニ其實驗ヲ公ケニシタルヲ以テ學術的研究ノ嚆矢トス氏ハ1:1ノ配合ヨリ成ル直徑10"高サ12"ノ「ボートランドセメント」混凝土供試片ヲ作り其中央8"ノ深ニ直徑2"ノ煉鐵管ヲ挿入シ三ケ年間硬化時間ヲ經過シタル後第一種供試片ヲ清水第二供試片ヲ海水ヲ充タセル水槽中ニ入レ別ニ其水槽中ニ沈置セル版鐵ヲ「カソード」トシ煉鐵管ヲ「アノード」トシテ三十日間0,1「アムペーア」ノ直流電氣ヲ通ジ別ニ第三供試片ヲ其儘水中ニ存置セシメ三十日ノ後其各片ヲ檢定シタルニ第一第二ノ供試片ハ何レモ其「アノード」ノ附近ニ裂隙ヲ生ジ鐵鏽ヲ顯ハシ混凝土ハ其質柔軟ニ變ジ容易ニ之ヲ搔取ルコトヲ得ベク而シテ煉鐵管ハ著シク腐蝕シテ其重量2%ヲ減ジタリ更ニ天然「セメント」ヨリ作レル供試片ハ電氣分解作用一層著シク十八日後ニ於テ $\frac{3}{16}$ "ノ管壁ニ $1" \times \frac{3}{8}"$ ノ穴隙ヲ生ズルニ至レリ之ニ反シテ第三供試片ハ始終何等ノ變態ヲ認メザリシト云フ氏ハ此實驗ニ基キ(1)水ニ飽和セル混凝土ハ乾燥セルモノニ比シテ少クトモ十倍乃至十五倍ノ導體トナルベキコト(2)何等カノ漏電ニ基キ混凝土ニテ包圍セル鋼材中ニ電流ヲ生ズルトキハ其終端ノ金屬ヨリ地盤ニ通過スル點ニ近ク鋼材ハ腐蝕ノ現象ヲ呈スルコト(3)鋼材ノ

不足ニ伴ヒ混凝土ハ其質柔軟トナリ漸次崩壊作用ヲ呈スベキコトヲ結論セリ。

更ニ千九百八年米國「ニコラス」(Nicolas)氏ノ「マッサッチュセツ」工學會院(Massachusetts institute of technology)ニ呈出シタル論文、千九百九年同國「ラングスドルフ」(Langsdorf)及「グローバー」(Glawber)氏、同年同國「エルナンジ」(Eltinge)氏、千九百十年獨國「ゲーラー」(Gehler)氏等ノ施行セル實驗ハ其方法及結論ニ多少ノ相違アルモ何レモ「アノード」ニ於テ鐵鏽ヲ生ジ混凝土質柔軟ト變ジ茲ニ崩壊作用ヲ惹起スベキノ事實ヲ認定シ其原因ハ電氣分解作用ニ基クノ外或ハ電流ニ依リテ生ズル熱ノ上昇、瓦斯ノ發生等ニ依リテ生ズル應力ノ爲メ混凝土ヲ壓縮シテ其龜裂ヲ促ガスモノナルベキヲ推定セリ。

千九百十二年獨國「ベルンド」(Berndt)氏ハ「ダルムスタット」(Darmstadt)工科大學ニ於ケル實驗ノ結果ヲ公ケニセリ其實驗ハ極メテ緻密ナル注意ヲ施シタルモノナルヲ以テ茲ニ其要點ヲ摘記スベシ氏ハ1:3:3, 1:2:4 及 1:4:8ノ配合ヲ有シ30cm立方ノ三種ノ混凝土塊ヲ取リ之ニ電流ヲ通ズルニ五種ノ異ナリタル様式ヲ撰ミテ其比較研究ヲ試ミタリ第一種第二種ハ何レモ直徑6mm.ノ螺旋筋ヲ供試片内ニ入レ其兩極端ヲ曝露シテ之ヲ鹽水中ニ置キ二箇年間毎日六時間宛140「ヴォールト」ノ電壓ニテ平均8「アムペーア」ノ電流ヲ通ゼシメタルニ其供試片ハ何レモ毫モ異狀ヲ呈セザリキ即チ鐵筋ノミヲ直流スル電流ニ依リテハ鐵筋混凝土ハ何等ノ影響ヲ受ケザルモノナルコトヲ知リ他ノ様式ニアリテハ混凝土自身ヲ電路ノ一部トシ速カニ其結果ヲ知ル爲メ0,1乃至0,8ヨリ2,85乃至6「アムペーア」ノ電流ヲ通ゼシメタリ其或者ハ之ヲ水中

ニ於テシ或者ハ之ヲ空氣中ニテ試驗シタリシガ其内溫度ノ増進シテ104°ニ達シタルモノアリキ其試驗ノ結果何レモ「アノード」ニ於テ混凝土ノ裂罅ヲ生ジ「カソード」ニ於テハ殆ンド全ク其影響ヲ認メザリシ氏ハ其裂罅ヲ生ズル原因ハ(1)電極ニ於ケル瓦斯ノ發生ニ伴フ内應力(2)溫度ノ増進ニ伴フ鐵筋ノ應力若クバ(3)電極ニ於ケル化學的變化ニ伴フ鐵鏽即チ膨脹ヲ生ズル爲メニ生ズル應力ノ何レカニアルベシトシ更ニ供試片ヲ作りテ第一第二ノ原因ヲ研究シタリシガ何レモ其影響ノ實際ニ於テ殆ンド顧慮ヲ要スルニ足ラザルモノナルコトヲ見出シ混凝土崩壊ノ原因ハ「アノード」ニ於ケル水ノ分解ニ基キ生ジタル酸素ノ酸化作用ニ伴フ鐵筋ノ膨脹ヨリ來ルモノト斷定セリ但シ其作用ハ專ラ直流電氣ノ場合ニ起リ交流電氣ニ對シテハ「アノード」「カソード」ノ何レニアリテモ電氣分解ノ影響ナキモノナルコトヲ明カニセリ。(米國「ヘイデン」(Hayden)氏モ交流電氣ノ鐵筋混凝土ニ無害ナルコトヲ實驗セリ)更ニ空氣中ニテ試驗シタルモノモ亦同様混凝土ノ龜裂ヲ見タリシガ其供試片ハ四週間之ヲ濕砂中ニ貯藏シタルモノニ施シタルヲ以テ實驗ノ當時猶其内部ハ濕潤シ居リタルモノナリトシ完全ニ乾燥セル供試片ハ140「ヴォールト」ノ電壓ヲ受ケタルモ電流ハ初メ $\frac{1}{100}$ 「アムペーア」ヨリ漸次減少シテ $\frac{1}{600}$ 「アムペーア」ヲ有スルニ過ギザリシト云フ即チ乾燥セル混凝土假令バ地上ニアル建築物ハ漏電ヨリ來ル電氣分解作用ニ對シテハ毫モ掛念スルニ足ラザルモノナリト認定セリ氏ハ更ニ電氣分解ニ依リテ生ズル混凝土ト鐵筋トノ附着力ヲ試驗シタルガ其結果電流ヲ通ゼルモノハ11-37%丈ケ其強度ヲ増加セルコトヲ認メ其原因ハ又コレア

ノード」に於テ鐵錆ヲ生ズル爲メ鐵筋ノ膨脹シタルニ存スルコトヲ結論セリ。

因ミニ市街電氣鐵道ヨリ地中ヘノ漏電ヲ算定スルニ當リ獨國瓦斯及水道學會、獨逸電氣協會及獨逸市街鐵道學會ノ聯合委員會ニ於テハ地下ニ布設セル鐵管ニ對シテハ 0,75「ミリアムペーア」以上ノ漏電ハ危險ナルベシトシ「ハーバー」及「クラスサ教授」(Haber and Krassa) ハ 0,05「ミリアムペーア」ハ猶未ダ鐵管等ニ害ヲ及ボスコトナキモ 0,10「ミリアムペーア」ニ達スルトキハ既ニ其危險ヲ示スモノナリトセリ。

之ヲ要スルニ常ニ濕潤セル地盤内ニ築造セル鐵筋混凝土構造假令バ上水管、下水管ノ如キモノニシテ其附近ニ電車線ヲ有スル都市ニアリテハ多少ノ漏電ハ免レザルヲ以テ其鐵筋混凝土ニ及ボス電氣分解作用ヲ防止スルノ方法極メテ緊切ナルモノアルガ如シ從ツテ地下工事ニ對シテハ將來相當ノ豫防法ヲ研究スルノ必要アルベシト雖モ從來實驗ノ方法ハ其實際ノ構造物ト對照シテ稍々峻酷ナルト同時ニ供試片製作上ノ注意ニ關シ猶未ダ不満足ナルヤノ感ナキ能ハズ故ニ一層其研究ノ歩ヲ進ムルト同時ニ猶考慮ヲ要スベキハ電氣分解作用ト混凝土ノ性質及密度ト如何ナル關係ヲ有スルカ、水密ニ對スル混凝土被覆殊ニ「タール」若クバ「ピチュメン」等ノ功益ノ有無如何、混凝土ノ崩壞ハ果シテ電氣分解作用ノミノ結果ナリヤ、強度及水密ヲ得ル爲メ殊ニ明礬若クバ石鹼ヲ加ヘタル場合ノ影響如何、本邦都市ニ於ケルガ如ク複式電車架空線ヲ採用シタル場合猶地中漏電ノ懸念スベキモノアリヤ否ヤ等更ニ各方面ヨリ其結果ヲ檢證シタル後ニアラザレバ未ダ俄

カニ恐怖ノ念ニ捉ハルベキモノニアラズ然レドモ水濕混凝土ニ對スル電氣分解ノ作用ハ理論上必ズ多少ノ影響アルモノト認ムルヲ穩當ナリトスベク最モ慎重ニ之ヲ攻究スルノ必要アルハ素ヨリ論ヲ俟タザル所ナリ。

第十六節 其他ノ利害。

以上列記セル事項ノ外鐵筋混凝土構法ノ利益トスルトコロハ或任意ノ形狀ニ之ヲ鑄成シ得ルニアリ從ツテ斜拱橋 (Skew bridge) ニアリテモ直拱橋 (Straight arch) ニ比シテ特殊ノ注意ヲ要セズ建物ニアリテハ總テノ蛇腹、雨樋ノ類モ首要部ト同時ニ之ヲ仕上グルコトヲ得ベク從ツテ外力ニ對スル抵抗力強シ杭若クバ柱ノ如キ現場ニ於テ如何ナル形狀、如何ナル長サニモ之ヲ延長スルコト容易ナリ又建物ハ梁ト柱ト床トノミニテ總テノ荷重ニ堪ヘ得ベキ構法トナシ得ルヲ以テ採光窓ハ幾許ニテモ之ヲ大トナスコトヲ得ベク同様ニ土木工事ニアリテハ其不要容積ヲ中空タラシムルコトヲ得ベシ地盤惡シクシテ竣工後建物ノ傾斜スルコトアルモ一方ニ重量ヲ加ヘテ之ヲ原狀ニ復歸セシメ得ルコト「チュニス」(Tunis) ニ於ケル一倉庫ノ二十五度傾斜シタルモノヲ少シノ裂罅ヲ生ゼズシテ舊態ニ復セシメタルニ徴シテモ明カナリ。

鐵筋混凝土ノ硬質ナルコトハ或場合ニハ不利益ナルコトアリ假令バ其壁ニ釘ヲ打付クコトハ困難ナリ從ツテ木部ノ取付其他ニハ豫メ木煉瓦ヲ適當ノ箇所ニ埋置カザル可ラズ又水管、電燈線、瓦斯管、送温管等ハ豫メ之ヲ壁若クバ床中ニ設備シ置クニアラザレバ將來混凝土ニ穿孔シテ其通路ヲ作ルハ非常ニ不便ニシテ且ツ困難ナリ故ニ強度ニ差支ナキ限リハ鑛滓若クバ「コークス」入混

凝土ノ如キ比較的柔軟ナル混凝料ヲ使用スルノ便利ナルコトアル可シ。