

2. Process in Reinforced Concrete Construction from Experiences of Earthquake.
By Dr. M. Abe.

鐵筋コンクリート施工の方法

工學博士 阿部美樹志

鐵筋コンクリート構造學の第一人者阿部博士が最近通俗に講話せられたものゝ草稿であります。大震災の経験に基く最新の學理を實地に徹底せしめんとする博士の熱意が充分に現はれてゐます。(編者)

— 目 次 —

緒 言

第一項 砂及砂利の撰別

第二項 用水量、混打時間及搗固

第三項 セメント使用量及セメント試験の
勵行

第四項 打立後の養生

第五項 シュートの勾配及長さ

第六項 打纏點施行法の改良

(レータンスの除却
及補筋の使用)

.....

緒 言

實地に於て現在施工の一般鐵筋コンクリート用のコンクリートは、許容應壓強度 640封度每平方吋を標準とする極強 2500 封度每平方吋に達し得ざるが如き懸念あり。地震國として他國よりも充分なる強度の餘裕を必要とする我國に於て、之れが改良を計るの必要ありと信じ其の方法を茲に列舉せん。

一、砂及砂利の選別

標準強度試験に供するモルタル用砂は、其の質及粒の大きさにつき厳密なる検査と注意を拂はるゝを普通とす、而してコンクリートは結局砂利をモルタルにて接合せるに過ぎざるを以て、コンクリートをして其の強度を優秀ならしめんとせば良質モルタルの製出を



工學博士
阿部美樹志氏

Dr. M. Abe.

第七項 鐵筋の配置及加工法

(A) 支柱の軸鐵筋

(B) 支柱の横筋

(C) 梁及スラブの主筋

第八項 コンクリートの打纏點

位置及打纏法

(A) 柱の打纏點

(B) 梁の打纏點

(C) スラブの打纏

(D) 壁體の打纏

必要條件とするところ論をまたず、コンクリートの抗壓強度は其の内部に保有する絕對空隙率に反比例するところはタルボット博士其他の實驗的研究

A Proposed Method of Estimating the Density & Strength of Concrete & of proportioning the materials by the Experimental & Analytical Consideration of the Voids in Mortar & Concrete, by A. N. Talbot, Am. Soc. for Testing Materials, 1926.

により既に明瞭なるを以て結局良質コンクリートを得るが爲めには空隙の最小なる砂利及砂を撰定使用し、氣隙(Air Voids)を最小限度に止むるところ必要なりと信ず。

從來一般建築土木工事に使用せる砂は、細

砂岩くは微細砂を混有したるもの少からず、従つて砂内に保有の空隙を著しく大ならしむる傾向あり。

使用砂利に對しても粗粒細粒の混合せる結果、徒らに空隙率を増加するの嫌あるべきを以て砂は成るべく粗粒(荒目砂)を、砂利は粒大の略均一なるものを撰みて使用するの必要を認む。

二、用水量、混打時間及搗固

用水量の過多はコンクリート内に水隙Water Voids を生じ、搗固めの不充分は其の氣隙を除去するを得ず、混打時間の短縮は其の質の不均一を増加するを免れず、從來實地工事の現況を見るに此の三事に關し頗る遺憾の點多し。

鐵筋コンクリートは其の糊狀の必要を強調する人少なからずご雖も水量過多の結果は強度に於て失ふ處多大なるのみならず、徒らに職工をして過多の水を注ぎ其工法を容易ならしむるの口實の下に坪數の増加を謀らしめ、(現今一般のコンクリートは水分過多の爲めコンクリート容積として水を買ふの愚を招來し、之れが爲め平均7乃至8%の容積を増加し、強度に於て少くとも三分の一を失ふならん)而も施工後セメント内より石灰等比較的輕き分子を分離せしめ、コンクリートの強度を減損すると共に危険なるレータンスを發生せしむ。

使用材料に應じ尤も適當なる水量を使用し、各材料を混合せる後一定の混打時間及廻轉數を定め、コンクリート投入後搗固めを充分に實行するの良習を養はば、コンクリートは充分糊狀を呈し且つ鐵筋を完全に保護することを得べし。

三、セメント使用料と セメント試験の觸行

現今我國の一般實地に行はるゝ1:2:4調合のコンクリートが果して鐵筋を外氣及水分等より完全に保護し得べきや否や甚だ疑問こす。

セメント支給又は直營工事に於ては此の點

に關する不安も稍々薄きも、一般請負工事に至りては到底之れを期待し難きを遺憾こす、其の理由は

A コンクリート職工が良質コンクリートの性質に關する智識經驗の乏しきここと。

B 時に(雨後等)濕潤砂を使用しセメントこの混和不均等なること。

C 混打時間が短かきに過ぐること。

D 用水量の過多なること、搗固めの不充分なること。

等列舉に遑あらず殊に基盤の如き地中に埋設する鐵筋コンクリートに於て尙然りこす、斯の如くして鐵筋の保護完全ならずこせば即ち其の鐵筋コンクリートの耐久性を失ふものと斷定せざるを得ず。

依て一般鐵筋コンクリートとして約重量比に近き1:2:4配合に改め、施工法の改良ご相まちて此の缺點を補ふの必要あらん。

又近年セメント製法として一般工場はロータリーキルンを使用するに至りし爲めセメントの性質稍々均整せるを認め得べきも、使用原石粘土其他の材料に依り其の性質均一を缺くことなきを保し難し。

現今一般にセメント及コンクリートの試験を仕様書に規定しつゝあるも、實地に之を施行するの習慣に乏しきを以て、諸外國の例に倣ひ Slump test, Flow test. 等の如く簡単にして實行し易き方法を規定し、一般鐵筋コンクリート工法の改良を計るを必要と信ず。

四、打立後の養生

我國に於ては官廳及會社の會計年度の關係上夏秋季に於てコンクリート工事を施行する率多きが如し(其正確なる數字は統計によるの外知る由なし)而して一般にコンクリート打立後特に其外面を保護養生することを怠るのみならず、日光及烈風の直射する儘に放置する場合多し、其の結果はコンクリート表層の急硬を促し、往々細龜裂を生ずることあるのみならず、コンクリートを甚しく早熟せしめ(約二週間以後には其の強度の増加を豫期

し得ざるが如し) 其の強度を著しく減殺するを免れず。

此の如き傾向は特に夏期に甚しく、従つて之れが爲めに失ふ強度は頗る不經濟にして、全國に於ては著しき巨額に達せん。

現今の鐵筋コンクリート施工方法は昔の普通コンクリート工法に比するも著しく遜色あるのみならず、年々共に其の數と共に益々注意を怠るの傾きあるが如し、コンクリート強度は出來得る限り餘力を存せしむる爲め、一般に適當なる養生法を講ずること一層必要ならん。

五、シートの勾配と長さ

鐵筋コンクリート工事に當り、コンクリート運搬用として近年シートを使用すること一般の傾向となり、歐米の工法に倣ひ之れを使用すること必ずしも不可ならずと雖も、相當の注意と制限を付するに非らざれば、コンクリートの強度を害し、其性質の不均等を伴ふに至るを免れがたし。

外國に於ても一般にシートの勾配を約二十七度に制限せるもの多し、而も我國に於ては概ね請負者又は施工者に一任するもの多きを以て其の勾配の如き必ずしも一定ならずして其の場合に應じ緩急相異なるを免れがたし、即ち比較的軟練のものは勾配緩にして運搬距離長きに従ひ一般に急勾配なるもの多し。又勾配の一定せるシートにてはコンクリート流下の難易に依り用水量を加減するもの多き状態なり、眞にコンクリートの性質及び強度を標準として勾配を左右せる實例は殆んど皆無と曰ふも過言にあらず。

米國に於ては或る地方を除くの外は概ね碎石(石灰石等多し)をアグリゲートとするもののみなり、斯る碎石は我國の硬質砂利に比し輕量にしてシート内を流下運搬するも碎石のみ分離する怖れ甚だ少し。然るに我國一般に使用する砂利は、比重大にして表面圓滑なるもの多きが爲め、流下中概ね砂利を分離せしめ易し、従つて若しコンクリートを型枠内

にシートより直接流し込むが如き場合は、其のコンクリートは等質なる能はず、樋の直下は砂利過量にして、中間には劣等なるモルタルのみに偏するを免れがたし。此の如きコンクリートは其質不均一なるが爲め建造物の耐震強度を著しく阻害するに至るべきや言をまたず。

シートより直接型枠内に流下投入するが如き亂暴なる施工法は元より問題となるべき価値なしと雖も、シートの勾配及使用距離はコンクリートの性質を本位とし現場施工上危険を伴はざる範圍に限定すべきこと將來一層必要ならん。

六、打縫點施工法の改良レー タンスの除却及補筋の使用

コンクリート打縫部に於てレータンス介在の結果建造物の震害を甚しからしめたる實例は頗る多し。之れ混和の際過量の水をコンクリートに使用せる結果に外ならざれども近來鐵筋コンクリート工事は世界的に軟練コンクリートに傾きつゝあるを以てレータンスの發生を豫期し適當の方法を講ずるを必要と信ず。

レータンスの發生を防止すべき工法は前節に概述せるも、一般施工の方法として打縫面は約一寸以上の厚さに亘り全面削り取るを肝要と認む。コンクリート打立の翌日此の削取はレータンスの有無に係らず何れの部分にも實行すべきを適當とす。(米國土木學會)

コンクリートの打縫箇所は新舊兩層(兩三日内に打縫くとも)完全に相凝着せざるものとなるは疑を容れず、鐵筋コンクリートは原則としてコンクリートの抗張力を無視するを以て、打縫部凝着の良否は必ずしも理論上建造物の抗張強度に就き優劣を論定するの要素ならざるべし、然れども構造の各部に實際上抵抗力の著しき相違ある部材を介在せしむるは構造學上避くべきを至當とす、殊に支柱等に於て地震横力は剪力として此の打縫面に作用すべきを以て此の打縫部を各柱の應力に對

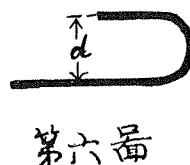
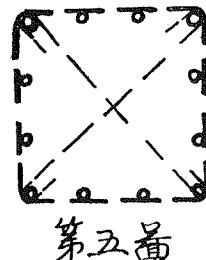
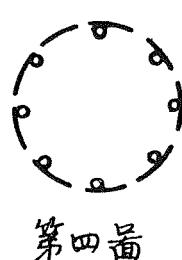
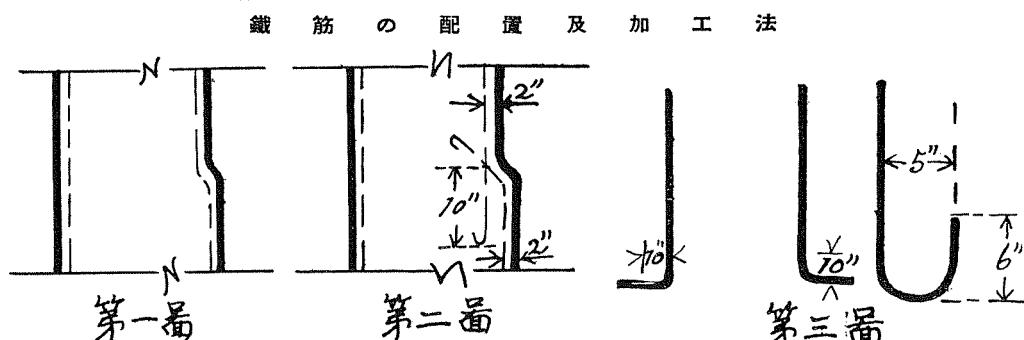
し安全なるべき様施工するこ必要なり。

即ちコンクリートの抗張強度を約200封度前後に假定し、之れに對し補筋（鐵筋の切端等を利用せば可なり）を爲すこきは彎曲應力及應剪力に對し抵抗力充分なるのみならず、一部材（例へば柱）を通して惰性率を一定ならしめ、從つて建造物の安全を期するこを得べし。

七、鐵筋の配置及加工法

(A) 支柱の軸鐵筋

- a 軸鐵筋量は柱有效斷面に對し百分の一を下らざるこ。
- b 支柱軸鐵筋は出來得る限り真直なるを必要とす、第一圖の如きは張力又は壓力に對しコンクリートを破損するこ多きを以て成るべく、第二圖の如く施工するこ安全ならん。
- c 軸鐵筋は其の端部より鉤形に曲ぐべきは勿論其全數を一箇所にて重ね接ぎと爲すこを避け、成るべく其半數以下に止むべきこ。
- d 軸鐵筋の重ね接ぎ部は相隣れる柱に於て同一位置させざるこ。
- e 重ね接ぎの長さは主筋直徑の三十倍を下ら



1. 2. 3. 圖は支柱の軸鐵筋の工法を示す

4. 5. 6. 圖は支柱の横筋の精造を示す

ざるこ。

f 基礎梁若くは基礎スラブ内に埋込むべき支柱軸鐵筋は前者と完全に結接すべきは勿論、其の端部は第三圖の如く成るべく大なる弧形又は鉤形に曲げ込み、コンクリートに對する應滑力支壓力等を輕減すべきこ。

(B) 支柱の横筋

- a 橫筋の直徑は $\frac{1}{4}$ 吋以上とし其の間隔は軸筋直徑の十倍以内に止め細筋を密に配置する事。
- b 橫筋は軸筋の外周に完全に密着せしめ此の兩者間にコンクリート介在の機會を與へざる様施工すべきこ。
- c 橫筋の兩端は必ず主筋に鉤留し其の鉤端を一隅に集むることを避け成るべく二ヶ所以上に於てなすべきこ。
- d 成るべくスパイアル、フーピングを原則として使用すると、此の場合に於ては細筋を間隔密に配置し兩端は第四圖の如く軸筋二本以上の間隔を置き鉤留するこ。
- e 相當大なる斷面の角柱に對しては四隅の主要軸筋に對角筋を使用し、其の間隔は普通

横筋の四五本目置きにて充分ならん。(第五圖参照)

(C) 梁及スラブの主筋

a 梁主筋の兩端は其の抗張筋たるミ抗壓筋たるを問はず又プレーバーたるミデフォームドバーたるミに係らず鉤状(第六圖)に曲げdは棒直徑の五倍前後ミす。

b 梁径間の兩端に於ける下縁筋抗壓力側は少くミも二本を使用すべきこ。

(震災の経験によれば小梁等に於て此の鐵筋を一本ミせるものは震動に對し龜裂し易きのみならず、火災の爲め損傷を被むり易し)

c 梁径間の中央部に於ける抗壓縁維に近き部分に於ても相當の太さを有する直筋を少くミも二本以上を使用しスターラップの吊鉤筋ミし、又地震動に基く應張力に備ふべきこ。

d 側柱付き梁の抗張筋(第七圖(イ))は圖の如く柱の外側に於て曲げ下け地震動及び荷重に因る(A)部の彎曲力に抵抗するに充分ならしむるミ同時に梁ミ柱ミの剛節を完全ならしむるを要す、hなる長さは柱主筋の多寡により

定むべきも大體階高の三分ノ一を下らざること。

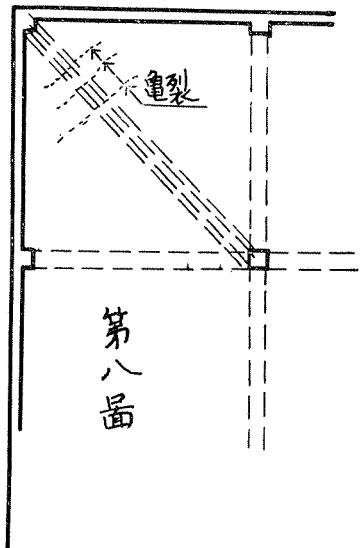
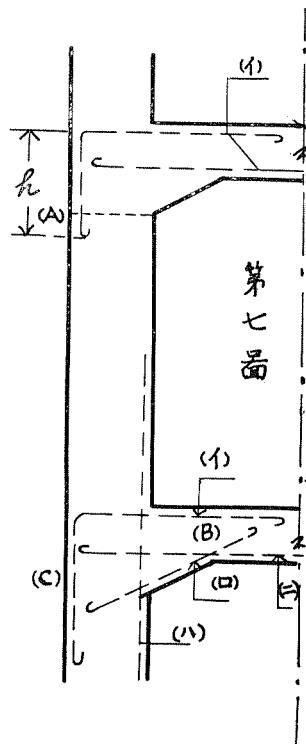
(震害を被むりたる建築物の配筋は主に圖の如くならざりしもの多し)

e 地震動及風壓力に因り生ずる(B)(C)部の彎曲力に對し適當なる(イ)(ロ)(ハ)(ニ)筋を第七圖の如く配置し、其の終端部は何れも鉤形ミなすべきこ。

f 建築物の隅に當る第八圖 a. b. c. d. 部に於ては地震動に因り往々圖の如き龜裂を生じ易し、之れ地震動の際建築物總荷重重心點ミ建物平面積の中心點ミが必ずしも一致せざるが爲め建物をして廻轉運動に近き震動をも併せ生ぜしむ可き傾向に因るもの、如し、從つて此の隅に於ては圖の如く對角筋をスラブの上下兩面に近く配置するか又は對角梁を使用するを可ミす。

g フラットスラブ式床に於て柱頭部に近く抗壓面側にも抗壓筋(第九圖(イ))を配置し、又支柱キャピタル外線に近く(ロ)及(ハ)筋數條を使用せば耐震上一層有效なり。

7.8.圖は地靈動に備ふべき鐵筋配置を示す圖、本文と充分に對照せられ度い



大正十二年九月地震の経験によれば擴大せる支柱キャピタルミフラットスラブの剛着は完全にして耐震力大なりしこそ著者が施工せる東京横濱兩市四ヶ所の経験に徴し明瞭なり、從つて一般土木建築構造として之れを推すことを得。

h 床及屋根スラブ鐵筋は脇差材に充分埋込み建築物全體としての剛率を確保することを必要す。(第十圖参照)

八、コンクリートの

打繼點位置と打繼法

鐵筋コンクリート建築物は一種の鑄造物にして、其の構造各部の打繼點の位置及方法の如何は建物の耐震强度に著しき影響あるを免れず。鐵筋コンクリートは原則としてコンクリートの抗張力を無視するを以て接合面の介在は必ずしも有害ならざる筈なり、然れども實際上此の部分にレータンスを生じコンクリートの抗壓强度を減殺すべきこと前述の如し。

打繼は柱梁床及壁體の何れにも存在すれども其影響に對し尤も注意を要するは柱及梁材なり、以下順次之れが討究を試むべし。

(A) 柱の打繼點

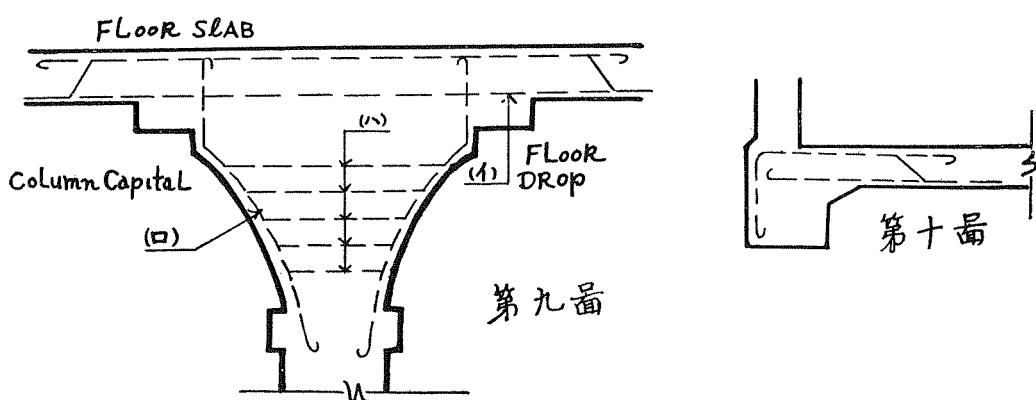
建築物耐震强度の計算に於ては、横力により生ずる柱の虚點を其の支間の中央(或は其附近第十一圖(イ))に在るものと假定するを

普通す、然れども工事施工上の一般的習慣を見るに概ね第十一圖(ロ)部、即ち柱の根本に於て打繼ぐを常す。而して兩三日を経過して打繼ぎたるコンクリートは既に前者と硬化時間を異にするを以て兩者間に抗張力を有すること無し從て地震風壓等の横力に因つて生ずる應張力は支柱軸鐵筋に待つ外なし。

此の如き場合に於て建物の全體を検するに、其の柱材の斷面惰性率は一定ならずして(ロ)に於て著しく小なり。

今茲に横力の作用を受け彎曲するや虛點が果して(イ)部に起り得べきや否や甚だ疑問なり、此の場合を考察するに最初過剰の應力を(ロ)部に生じ、其の抵抗力を減ずるに至るや虛點の位置は漸次下降し、遂に(ロ)點を鉢(Hinge)として震動し初むるに至る(第十二圖)。かくて自己振動を増加し從つて撓度を大ならしめ建物を毀害するに至るものならん。此の如き結果を見たる建物は震災區域内に其の實例少なからず。

此の如き缺陷を除かんとせば、此の打繼點を成るべく柱に生ずる理論的虛點に近からしめ、且つ其の部分の斷面二次率をして他の部分と異ならざる様鐵筋により補強するを必要す。是れ先きに打繼補筋の必要を述べたる所以にして、コンクリートの抗張强度を一平方吋につき約200封度と假定し、之れに相當す



9.10. 圖地震動に対する鐵筋配置を示す圖、本文と對照熟覽の事

る抗張筋を使用するを適當す。

補筋の太さは $\frac{1}{2}''$ 以上 $\frac{3}{4}''$ を可す。

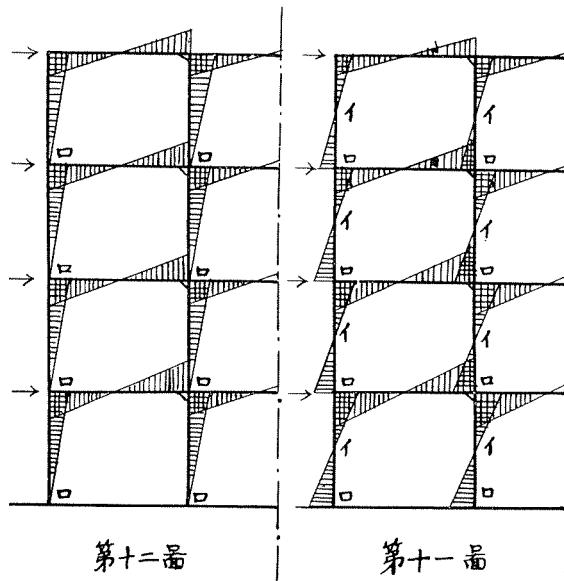
(B) 梁の打繼點

梁の打繼點は應剪力の最小なる部分を選定する關係上其の徑間の中央に於てするを通例す、之れ元より實地施工上止を得ざるに因る梁徑間の中央上部は最大應壓力を生ずる箇所にして、理論上最も良質コンクリートを必要す、然れども此の部分は打繼の關係上概ね劣等のコンクリートなる場合少からず、何となれば打繼部の不完全なる型板よりコンクリート及水分が外方に流出し梁の抗壓部に於て著しく多孔質コンクリートを生ずるの傾向あるを免れ難し。

元來深き梁のコンクリートは其の上部と下部とに於て性質著しく相違せり、即ち下部は

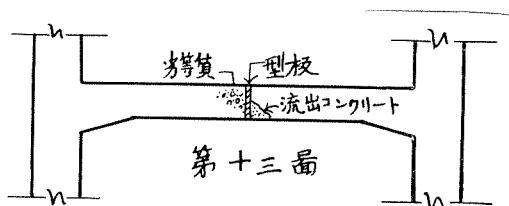
上部コンクリートの重量と必要なる水量の供給により此較的比重の大なる良質コンクリートとなるに反し、上部は過量の水分と、其の發散の急速なると、セメントの流失により比重小なる劣等コンクリートを生ず。著者が嘗て實驗せる單架構に於ても此の事實を認めたり。

此等の實驗の架構は水平の位置に横臥して製作せる結果、僅かに8吋の厚さに於てすら尚上層と下層とのコンクリートは等質なることを能はずして、軟質なる部分(製作の際上部)に配置せる鐵筋應張力は、硬質なる部分(製作の際下部)に配置せる鐵筋應張力に比し11%乃至36%だけ小なる結果を示せり、之れを表示すれば次の如し。



第十二図

第十一図



第十三図

11. 12. 圖は横力により生ずる柱の虚點及び打繼點に関する圖

不等質混凝土の鐵筋應張力に及ぼす影響

實驗材 ノ番 號	梁ノ中央部			轉曲應力を受くる柱				
	測定セル應力度		應 張 力 ノ 差	同 百 分 率	測定セル應力度		應 張 力 ノ 差	同 百 分 率
	製作ノ際 底 部 (硬 質) #/ □"	製作ノ際 上 部 (軟 質) #/ □"			製作ノ際 底 部 (硬 質) #/ □"	製作ノ際 上 部 (軟 質) #/ □"		
1	32,900	27,400	+ 5,500	16.7	11,300	9,500	+ 1,800	15.9
2	39,500	29,000	+ 10,500	26.6	25,500	18,900	+ 6,600	25.9
3	34,400	24,000	+ 10,400	30.2	31,000	27,600	+ 3,400	11.0
4	36,400	30,600	+ 5,800	16.4	35,600	22,700	+ 12,900	36.2
5	29,800	26,400	+ 3,400	11.4	23,500	19,300	+ 4,200	17.9

是を要するに同一部材に於て硬軟其の質を異にするときは、硬質コンクリート側には應張力高く、軟質コンクリート側には應壓力高き結果となるを以て、特に最高の應壓力を生すべき梁徑間の中央上縁打纏部に於て斯の如き缺陷を生ぜざる様施工するこ尤も肝要なり。

此の如き缺陷を招き易き場合には特に其の施工法に注意を加ふるこ共に、相當の抗壓補筋を使用し、豫め之れを補強するの方法を講じ、禍根を除くべきを要す。

(C) スラブの打纏

梁同様の缺陷は床スラブの打纏點に於ても亦起り得べし、而して床の打纏は結局建物を兩斷するものなるを以て、各階に於て其の打纏の位置を變更し、全體を通じて耐震强度を阻害するこなき様工夫するを要す。従つて打纏線は數徑間に亘り一直線となすこを避け、且つ打纏前の軟質コンクリートは之れを削り取りたる後、次回のコンクリートを施すを安全こす。

床の打纏部は數年の後コンクリートの凝固收縮並に溫差に因り龜裂の形となりて表はるゝを常こす、故に此の部分に對しコンクリートの抗張强度を無視し、別に鐵筋(屑筋)利

用す)をスラブ上下兩縁に近く配置し新舊の區域を互に補綴せば單に前記龜裂を最小限度に止め得るのみならず耐震上相當の效果を呈するを得べし。

(D) 壁體の打纏

建物に於ける鐵筋コンクリート壁體は耐震上著しき效力を有するや言をまたず。

其の配置及厚さ等の關係は暫く措き、施工上打纏位置其の良否は甚だ重要な問題なりこす、震災後多くの建物に就き之れを見るに壁體が如何に耐震力を有せしかば其の破損の狀態に依り知るこを得、即ち

- 一、打纏線が階高の中央に在りしもの。
- 二、建物を通じ一直線に打纏きたるもの。
- 三、打纏部にレータンス又は鋸屑等の介在せるもの。

四、壁面積の大きさに比し壁厚の薄きもの。等は何れも震害を被むりたる程度甚しかりしが如し、故に重要な壁體又は耐震壁等は剪力より生ずるダイアゴナル・テンションに對し充分なる抵抗力を有せしめ、潜高の中途に於て打纏をなすこを避け、良質なるコンクリートを用ひ一體的構造となすを適當こす。

(以上)