

第六編

實驗論

# 鐵筋混凝土ノ理論及其應用 中卷

工學博士 日比忠彦著

## 第六編 實驗論

### 第一章 桁梁ニ關スル實驗

#### 第一節 總 說

第五編ニ於テ論述セル一般計算ノ方法ハ或假定ニ從ヒテ案出キル理論ニ基キタルモノナルヲ以テ鋼材ト混擬土トノ合成材料ヨリ成ル實際ノ構造物ガ果シテ克ク此理論的計算ニ近似セル應力(Stress)若クハ應力變形(Strain or Deformation)ヲ受ク可キモノナリヤ其單獨材料ト合成材料トノ性質ハ果シテ如何ナル差違ヲ呈スルモノナリヤ等ニ關シテ完全ナル信念ヲ與ヘント欲セバ之ヲ實驗ノ結果ニ徵スルノ外ナカルベシ而シテ若シ適當ニ鋼材ヲ配置スルトキハ混擬土ハ其單獨使用ノ場合ニ比シテ其強度ヲ昂進スルハ事實ナルベキモ其合成材料ノ彈性的性質ニ對スル充分ナル説明ヲ與フルニハ其實驗ノ數猶ホ未ダ不充分ノ感ナキ能ハズ是レ混擬土ノ強度ニ關スル研究ハ過去十數年ノ短日月ニ於テ施サレタルニ過ギザレバナリ然カモ猶其結果ニ依リテ算式ノ正鵠程度ヲ保證シ得ルコト已下述ブルトコロノ如シ。

本編論ズルトコロノ重ナル研究ハ第一混擬土ノ硬化及恒久變

形(Permanent set)ニ伴フ首應力(Initial stress)及其抵抗力ニ及ボス影響,第二鋼材及混凝土ノ應張及應壓ニ對スル彈性係數(Modulus of elasticity)及其抵抗ノ分配ニ對スル影響,第三鋼材及混凝土間ノ附着力度(Adhesive stress)及其二ツノ材料間ニ應力ノ傳導セラル、方法若クハ應力變形ニ及ボス附着力ノ影響,第四其合成材料ガ安全ニ荷ビ得ベキ應張,應壓及應剪力程度,第五繩索(Stirrups)若クハ傾斜鐵筋(Bent bar)ノ配置ニ伴フ剪力ノ分配等ニ關スルモノニシテ拱(Arch)ノ實驗ニ關シテハ更ニ篇ヲ改メテ之ヲ說クトコロアルベシ。

## 第二節 乾燥若クハ濕潤狀態ニ於ケル混凝土 ノ變形量ニ及ボス鐵筋ノ影響

「ポートランドセメント」ヨリ成ル膠泥若クハ混凝土ノ容積ハ空氣中ニ於テ收縮シ水中ニ於テ膨脹ス可シ而シテ其變形量ハ「セメント」ノ種類ニ依リテ一定セザルハ勿論ナリト雖モ其混合ニ於ケル「セメント」ノ割合增加スルニ伴ヒ其量ハ著シク增大スペク然カモ其施工ト構法トノ適良ナルトキハ更ニ之ヲ輕減スルコトヲ得

第八十七表

材齡 (日數)	水中及空中ニ放置セル膠泥供試體ノ變形量(原長ノ $\frac{1}{100000}$ )							
	水中放置				空中放置			
	鐵筋ナ有スルモノ	鐵筋ナ有セザルモノ	鐵筋ナ有スルモノ	鐵筋ナ有セザルモノ	純セメント	膠泥	純セメント	膠泥
7	9	4	41	19	20	9	70	29
14	13	4	59	20	22	9	95	38
28	18	4	73	24	24	10	118	44
49	22	5	78	27	25	10	130	47
63	22	6	79	28	25	10	132	50

可シ。

千八百九十九年佛國「コンシデール」氏(Considère)ハ水中及空中ニ於テ硬化スペキ膠泥及鐵筋膠泥ノ性質ヲ實驗シタリ膠泥ノ配合ハセメント600kgニ對シ砂1m<sup>3</sup>ニシテ其斷面ハ6,0cm×2,5cm, 長サ60cmナリキ供試片4箇ノ内2箇ハ直徑1cmノ鐵筋ヲ有シ他ノ2箇ハ全部膠泥ノミヨリ成ル其實驗ノ結果第八十七表ノ如シ。

之ニ據ルニ混凝土ニ對スル鐵筋ノ量ヲ減少スルニ從ヒ其變形量ハ増加ス可ク一般ニ水中ニ於ケル伸張(Elongation)ハ空中ニ於ケル收縮(Contraction)ヨリモ小ニシテ鐵筋ヲ有セザルモノニ比シテ伸張及收縮量トモ共ニ約  $\frac{1}{4}$  以下ニ減少スルヲ見ル氏ハ更ニ結論シテ云ク相當ノ鐵筋ヲ有シ空中ニ硬化セル膠泥若クハ混凝土内ニ生ズル首張力(Initial tension)ハ殆ント同材齡ニ於ケル純混凝土ノ極度抵抗力(Ultimate resistance)ニ達ス可シト。

千九百四年米國「エマーソン」氏(Emerson)及「ピーボディ」氏(Peabody)ハ斷面8"平方,長サ3'ヲ有スル供試片24箇ヲ作リ之ヲ純セメント, 1:3 膠泥, 1:2:4 及 1:3:6 混凝土ノ數種ニ分チ茲ニ  $\frac{1}{2}$ " ノ角鋸ニシテ, 長サ3 $\frac{1}{2}$ , 其彈性係數30000000 $\frac{1}{2}$  "ヲ有スル軟鋼ヲ埋込ミ内12箇ハ之ヲ水中ニ, 他ノ12箇ハ之ヲ空中ニ硬化セシメ26, 38, 69, 及84日ノ材齡ヲ經過シタル後伸張及收縮ニ歸因シテ其軟鋼ノ受ケル應力ヲ應力變形量  $\times$  30000000 ノ形ニテ算出シタリ其結果ニ徴スルモノ水中ニ於ケルモノハ膨脹シ空中ニ於ケルモノハ收縮スルコト「コンシデール」氏ノ實驗ト異ナラザリキ然カモ38日間水中ニアリシモノヲ再ビ空中ニ放置スル時ハ初メヨリ空中ニ放置シタルモノト殆ンド同様ノ速度ヲ以テ再ビ收縮スルノ現象ヲ認知シ得タリ但

シ純「セメント」ニアリテハ空中ニ於テ硬化スルニ際シ初期ニ於テ暫ク其膨脹ヲ認ムベシ是レ硬化ノ際「セメント」中ニ熱ノ發生シタル影響膠泥若クハ混疑土ニ比シテ割合ニ大ナルコトヲ示スモノナリ。

千九百七年佛國「メスナーゼ」氏(Mesnager)及「メルシエ」氏(Mercier)ノ實驗報告ニ據レバ  $225\text{cm}^2$  ノ斷面ヲ有シ  $1m$  ノ長サヲ有スル4箇ノ供試體ヲ取リ混疑土ノ配合ハ「セメント」 $300\text{kg}$  = 對シ砂  $0,4\text{m}^3$ , 砂利  $0,8\text{m}^3$  トシ第一號第二號及第三號ハ之ヲ空中ニ, 第四號ハ之ヲ濕潤セル袋中ニ入レ第一號第四號ハ純混疑土, 第二號ハ直徑  $12\text{mm}$  ヲ有スル4條ノ鐵筋, 第三號ハ直徑  $7\text{mm}$  ノ鐵筋6條及同徑ニシテ「ピッヂ」 $27,5\text{mm}$  ヲ有スル螺旋筋ヲ挿入シ凡テ其空中ニ於ケル收縮ノ度ヲ測定シタリ其結果ニ依ルニ第一號, 第二號及第三號ハ何レモ14日後ニ於テ  $\frac{11}{100000}$  乃至  $\frac{14}{100000}$ , 150日後ニ於テ  $\frac{50}{100000}$  乃至  $\frac{55}{100000}$  ノ收縮ヲ見タルニ第四號ハ31日後ニ於テ更ニ收縮ヲ見ズ僅カニ94日後ニ  $\frac{15}{100000}$ , 150日後ニ於テ  $\frac{20}{100000}$  ヲ認ムルニ過ギザリキ即チ溫潤狀態ニ於ケルモノ、收縮ハ極メテ微細ナルコトヲ知レリ但シ此場合ニハ前二者ノ實驗ト異ナリ鐵筋ノ挿入ニ依リテ其之ヲ有セザルモノト比シテ殆ンド其變形量ニ差違ヲ認メザリシハ注意スペキノ現象ナリトス。

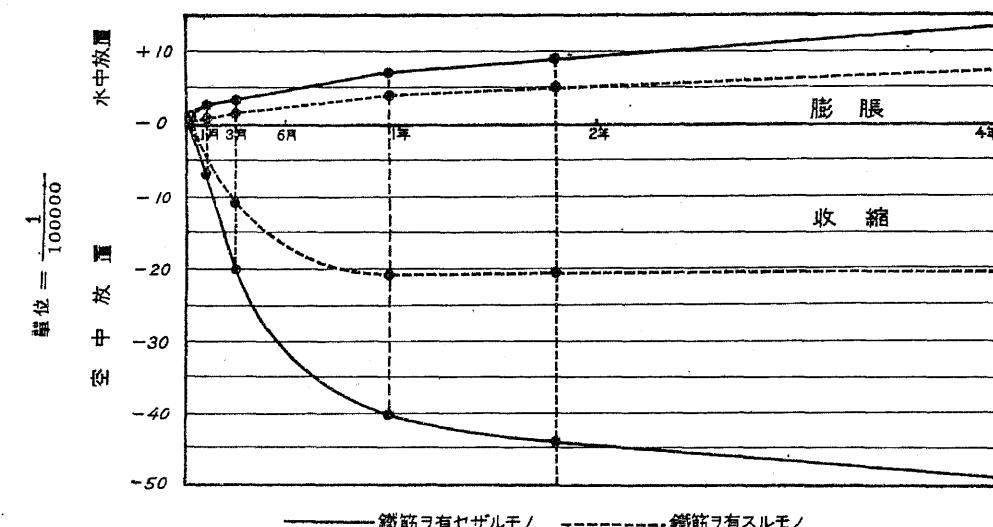
氏ハ次ニ鐵筋量ノ影響ヲ試験スル爲シ直徑  $10\text{cm}$ , 長サ  $50\text{cm}$  ヲ有スル18箇ノ圓墻供試體ニ就キ鐵筋ノ割合ヲ變シテ7ヶ月間之ヲ空中ニ放置セル後其收縮ヲ測リタルニ

鐵筋ノ割合(%)	0,23	0,49	1,0	2,96	9
收縮量(原長ノ $\frac{1}{100000}$ )	-18	-14	-12	-12	-10

ナル結果ヲ得タリ即チ鐵筋ノ增加率ニ比シテ混疑土ノ收縮ニ及ボス影響ハ極メテ微細ナルコトヲ知レリ。

千九百九年獨國「バッハ」氏(Bach)及「グラーフ」氏(Graf), 實驗報告ニ依レバ供試體ハ斷面  $400\text{cm}^2$ , 長サ  $1m$  ノ純混疑土4箇及之レト同寸法ニシテ直徑  $2\text{cm}$  ノ鐵筋1條ヲ其中軸線中ニ有スル他ノ4箇トシ其配合  $1:4$  (砂及砂利)ヲ有シ各種2個宛之ヲ水中及空中ニ放置シ3日ヲ經過シタル後初メテ其變形量ヲ測定シ4ヶ年ノ長期ニ涉レル成績ヲ調査シタリ其結果第四百八十三圖ノ如ク更ニ其摘要ハ之ヲ第八十八表ニ示スガ如シ。

第四百八十三圖



以上ノ結果ニ依レバ「コンシデール」氏ノ實驗ト同ジク水中放置ノモノハ之ヲ空中放置ノモノニ比シテ其變形量著シク小ナルヲ知ルベシ。假令バ空中放置1ヶ年後ニ於テ  $\frac{20,5}{100000}$  ヲ減少シタルモノハ長サ  $1m$  ニ對シ  $0,205\text{mm}$  ノ變形量ニ相當スルヲ以テ今鋼材

第八十八表

材齡	空中放置		水中放置	
	鐵筋ヲ有スルモノ	鐵筋ヲ有セザルモノ	鐵筋ヲ有スルモノ	鐵筋ヲ有セザルモノ
4週	- 4,2	- 6,5	+ 0,7	+ 2,2
3月	- 12,2	- 20,2	+ 1,5	+ 3,5
1年	- 20,5	- 41,0	+ 4,2	+ 8,0
4年	- 21,0	- 48,5	+ 7,0	+ 13,2

ノ弾性係數ヲ  $2109300 \text{kg/cm}^2$  ( $30000000^*/\text{cm}^2$ ) トセバ 上記変形量ニ對スル鋼材ノ壓縮力ハ  $\frac{20,5}{100000} \cdot 2109300 = 432,4 \text{ kg/cm}^2$  ( $6150^*/\text{cm}^2$ ) = 相當ス可シ即チ鐵筋ノ附近ニ於ケル混擬土ハ同量ノ伸張力ヲ受ケ鐵筋ノ終端及之レニ遠カルニ從ヒ漸次其量ヲ減ズ可ク同様ニ濕潤狀態ニアルモノハ 1 ケ年後ニ於ケル變形量ニ對スル伸張ハ  $\frac{4,2}{100000} \cdot 2109300 = 88,6 \text{ kg/cm}^2$  ( $1260^*/\text{cm}^2$ ) = 過ギザルヲ見ル可シ。

以上ノ各結果ヲ綜合スルニ膠泥及混擬土ノ空中放置ニ於ケル收縮及水中放置ニ於ケル膨脹ハ共ニ鐵筋ノ挿入ニ依リテ其量ヲ減ジ更ニ同一配合ニアリテハ鐵筋ノ量多キ程同一荷重ニ對スル變形量少ナキコト及ビ空中放置ニアリテハ鐵筋ハ應壓力混擬土ハ應張力ヲ受ケ水中放置ニアリテハ之ニ反スルノ事實ヲ認識シ得ベシ斯クノ如ク何レモ荷重ヲ受ケザル前既ニ相當ノ首應力ヲ生ズルヲ以テ空中ニ放置セル混擬土ノ應張層ハ極メテ僅カノ荷重加ハリタル場合ニ於テ既ニ其表面ニ裂縫ヲ生ズルノ理由ヲ説明スルコトヲ得可シ。

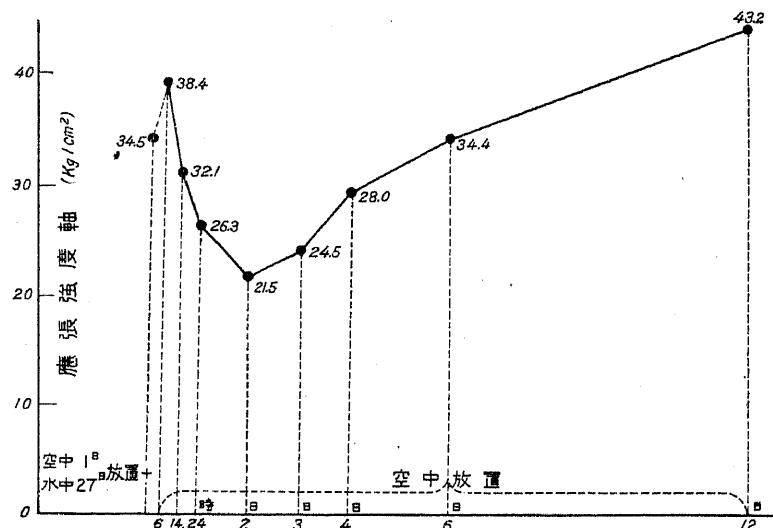
### 第三節 乾燥及濕潤狀態ニ於ケル混擬土ノ強度

一度濕潤狀態ニアリシ混擬土ノ乾燥程度ハ其配合比供試體ノ寸法,表面ノ性質,空氣ノ濕度,溫度,及風ノ有無等ニ依リ多少其速度ニ差アリト雖モ何レモ外方ヨリ順次核心ニ向ツテ乾燥ヲ進ム可ク從ツテ混擬土ノ外圍ハ乾燥ニ依リテ收縮セント,シ猶未ダ濕潤セル核心ハ其働キニ抵抗ス可シ故ニ乾燥セル外圍ニ於テ應張力ヲ生ジ濕潤セル核心ニ於テ應張力ヲ生ズ其結果トシテ混擬土ノ張力若クハ彎曲力ノ檢定ニ際シ外方荷重ニ對スル抵抗力ハ多少減殺セラル可ク反對ニ乾燥セル混擬土ヲ濕潤セシムルトキハ其應力正ニ之レニ反スルヲ見ル可シ。

千九百十年獨國「バッハ」氏(Bach)及「グラーフ」氏(Graf)ノ實驗報告ハ是等狀態ニ於ケル膠泥及混擬土ノ強度ヲ論ジタルモノニシテ之ヲ三ツノ場合ニ區別シテ研究シタリ。

1) 「セメント膠泥ノ標準供試片(上卷第十四圖)45個ヲ製作シ28日間之ヲ水中ニ放置シ最初其5個ヲ檢定シ殘餘40個ハ之ヲ水中ヨリ取出シテ空中ニ放置シ各5個宛第四百八十四圖ニ示セル材齡ニ於テ檢定シタリ其結果圖表ニ示セルガ如ク空中放置ノ後時間ヲ經過シタルモノノ應張力ハ一度昂進シ更ニ2日ニ涉ル迄著シク低減ス可シ其破片斷面ヲ見ルニ6時間空中放置ノモノハ猶斷面全部ニ涉リテ濕潤狀態ヲ示シ時日ノ經過ニ伴ヒ順次外縁ヨリ乾燥シテ2日ノ後ニ至リテ其濕潤斷面約  $1 \text{cm}^2$  = 減少シタリ其結果ニ依ルニ猶斷面ノ濕潤セル間ハ遞次強度ヲ輕減スルモ斷面ノ乾燥ニ伴ヒ再ビ其強度ヲ恢復シテ12日ヲ經過シタル後ニアリテハ其強度  $43,2 \text{ kg/cm}^2$  = 達スルヲ見ル之ニ據リテ付度スルニ乾燥ノ程度更ニ緩漫ナルモノハ其初期ニ於テ强度甚ダ弱キノ

第四百八十四圖

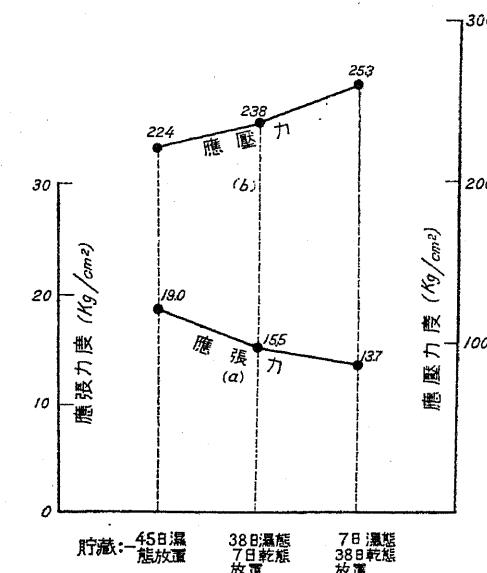


觀ヲ呈スルヲ免レザル可シ。

2) 重量配合 1: 2: 3, 断面  $400\text{cm}^2$ , 水量 7.8% の混泥土供試體ニ於ケル應張力検定ノ結果ハ第四百八十五圖(a)ニ示セルガ如シ即チ 1) の場合ト同シク應張力ハ空中放置ノ時日ニ從ヒテ遞次減少ス可シ但シ其強度ノ減退率ハ 1) = 比シテ長時間ニ涉ルヲ見ル是レ供試體ノ容積大ナル爲メ 1) の如キ小供試片ニ比シテ乾燥ニ要スル時間遙カニ大ナルヲ以テナリ。

3) 2) ト同様ノ混泥土ニシテ  $30\text{cm}$  の側邊ヲ有スル立方供試體ニ於ケル應壓力検定ノ結果ハ第四百八十五圖(b)ニ示セルガ如ク空中放置ノ時間長キモノ程其強度大ナルヲ見ル之ニ依リテ判断スルニ應壓力强度ニ關シテハ乾燥ニ依リテ多少ナリトモ同一符號ノ應力ヲ呈スル結果前二者ノ如キ相殺應力ノ影響ヲ與フルコトナク從ツテ其強度漸次昂進スルノ傾向アルモノ、如シ但シ其增

第四百八十五圖



進率ハ其割合前二者ニ比シテ甚ダ小ナルヲ見ル可シ。  
普通混泥土ニ要スル配合ニ對シ空中放置ノ程度ニ伴ヒ應張強度ノ増進ハ幾許ノ材齡迄以上ノ如キ結果ヲ與フベキモノナリヤ換言セバ或材齡ヲ經過シタル後ハ水中放置ノモノハ空中放置ノモノニ比シテ寧ロ其強度ヲ増進ス

ルノ傾向ナキヤ更ニ斷面ノ大小, 配合ノ比ガ及ボス影響如何等ニ關シテハ猶ホ充分ニ研究ノ餘地ヲ存スルモノアリト云ハザル可ラズ。

#### 第四節 直線ニ配置セル鐵筋ト混泥土トノ間ノ附著力

附著力 (Adhesive stress) ナル意義ニ關シテハ最初多クハ粘著力ト混同セシガ如キモ實驗ノ結果鐵筋ト混泥土トノ直接粘著力 (Direct adhesion) ハ極メテ少量ニシテ其大部ハ摩擦抵抗力 (Frictional resistance) ナリト認ムルヲ穩當ナリトセル者多シ更ニ細別セバ鐵筋ガ混泥土ヨリ脫離セントスル瞬間迄支フ可キ粘著抵抗力 (Adhesive resistance) ト脱離ヲ始メタル後猶其滑脱ニ抵抗スル應滑力 (Sliding resistance) トノ二者ニ區別スルコトヲ得可シ以下記載ノ實驗ニ

於テ其意義ヲ區別シテ明記セザルモノハ總テ一般ニ附著力ナル汎稱ニ從ヒテ其數字ヲ示セルモノト知ル可シ。

附著力ニ關スル實驗ハ 1) 張力ヲ與ヘテ直線ニ配置セル鐵筋ヲ混泥土ヨリ引抜クカ (Drawing out) 若クハ壓力ヲ與ヘテ之ヲ壓出スルカ (Pressing through) ニ依リテ鐵筋ノ附著力ヲ調査スルコト 2) 彎曲試験ニ依リテ桁内ニ配置セル鐵筋ノ附著力ヲ調査スルコト 3) 鐵筋ノ附著力ニ對スル終端鉤形ノ影響ヲ調査スルコト是レナリ今其順序ニ從ヒ節ヲ更メテ順次其實驗ノ結果ヲ論ズ可ク本節ニ於テハ專ラ 1) 項ニ就キテ之ヲ述ブ可シ。

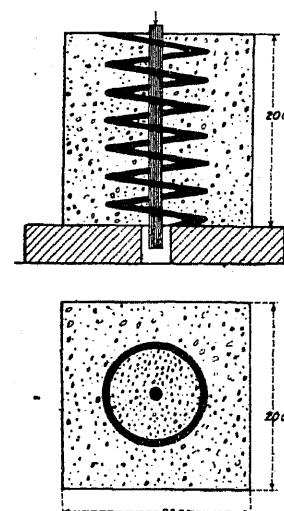
混泥土ト鐵筋トノ附著力ハ混泥土ノ品質、使用水量ノ多寡、材齡ノ多少、試験ノ方法、鐵筋表面ノ性質等ニ依リテ自ラ其結果ニ不同アリ。

千八百八十七年獨國「バウシンガー」氏 (Bauschinger) ハ約 10cm 平方ノ斷面ヲ有スル混泥土供試體ノ中央ニ直徑 7mm の圓錐ヲ裝置シ 3 ケ月後張力ヲ與ヘテ其抵抗ヲ試験シタリ其結果ニ依ルニ同一供試體中ニ長サヲ異ニスル鐵筋ヲ有スルモノニアリテハ長サ 15cm のモノハ其附著力平均  $47 \text{ kg/cm}^2$  ( $668 \text{ lbf/in}^2$ )、長サ 29cm のモノハ  $23 \text{ kg/cm}^2$  ( $336 \text{ lbf/in}^2$ ) ニシテ長サノ增加ト共ニ其力度ヲ減少スルコトヲ知レリ更ニ 20,5 cm の長サヲ有スル供試體中ニ全通セル鐵筋ヲ有スルモノニアリテハ其平均附著力  $40 \text{ kg/cm}^2$  ( $569 \text{ lbf/in}^2$ ) ヲ得タリ此等ノ値ハ凡テ標準的ノモノトシテ廣く計算ニ使用セラレタルモノナリキ。

千九百四年瑞西「メルシュ」氏 (Mörsch) ノ實驗ハ側邊 20cm の立方供試體ヲ作リ混泥土ノ配合ヲ 1:4 トシ水ノ割合ヲ夫々異ニセルモ

ノニ就キ 4 週間ノ後鐵筋ニ壓力ヲ加ヘタルモ供試體ニハ別ニ裂縫ヲ生ズルヲ見ザリキ更ニ附著力ヲ超過シタル後ニアリテモ猶著シク一定セル滑動抵抗ノ存在スルコトヲ認メタリ第二ノ實驗ハ全ク同形ノ立方體ヲ取り直徑 2cm の鐵筋ヲ挿置シ更ニ混泥土ノ裂縫ヲ生ゼザル爲メ第四百八十六圖ノ如ク直徑 4,5 mm, 「ビツチ 3cm, 内徑 10cm」ノ螺旋鐵筋ヲ添和シ材齡 4 週間ノ後其 4 個ノ供試體ノ平均附著力度ヲ檢定シタリ其結果第八十九表ノ如シ。

第四百八十六圖



第八十九表

圓錐ニ對スル附著力度		
水ノ割合 (容積%)	螺旋鐵筋ヲ有 セザルモノ $\text{kg/cm}^2$	螺旋鐵筋ヲ有 スルモノ $\text{kg/cm}^2$
10	48,8	50,8
12,5	31,2	45,9
15	29,1	44,0

其結果ハ相似混泥土供試體ノ應剪力ト殆ント相一致スルヲ見タリ而シテ鐵筋ニ對スル應壓力ハ最大  $2140 \text{ kg/cm}^2$  ( $30440 \text{ lbf/in}^2$ ) ニシテ從ツテ其實驗彈性限度 (2600

乃至  $3200 \text{ kg/cm}^2$ ) = 達セザリキ更ニ螺旋筋ヲ有セザル供試體ハ鐵筋ノ壓出ニ依リテ裂縫ヲ見ザリシト雖モ其附著力度ハ螺旋筋ヲ有スルモノニ比シテ凡テ小ナルノ事實ヲ認ムルコトヲ得タリ。

千九百六年佛國「フェレ」氏 (Féret) ノ報告ニ據レバ 7cm 立方ノ膠泥供試體ヲ取り其中央ニ直徑 2cm の鐵筋ヲ挿置シ壓出ノ方法ニ依リテ其附著力ヲ試験シタリシガ最初ヨリ著シク鐵筋面ニ銷

ヲ存セシモノハ却ツテ其抵抗力ヲ増加シ黒皮 (Roll rust) 付普通鐵筋ニ比シテ約1.5倍ニ達シタリ而シテ混合水量ノ割合ガ及ボス影響ヲ見ルニ全ク乾態 (Dry consistency) = 作リタルモノ、抵抗ハ殆ント零ニシテ水量ノ増加ト共ニ速カニ其抵抗ヲ昂進シ粘態 (Plastic consistency) 若クハ軟態 (Soft consistency) = 至リテ最大トナリ糊態 (Pasty consistency) = 至リテ更ニ減少スルコト第九十表ニ示スガ如シ其供試膠泥ハ「セメント」 $300kg$  = 對シ粗砂  $1m^3$  ノ割合トシ材齡12週間後ニ於テ之ヲ試験シタルモノナリ。

第九十表

附著力ニ對スル水量ノ影響				
水 量 (砂 $1m^3$ = 對シ $kg$ )	125	150	175	200
練 方	乾 態	粘 態	軟 態	糊 態
附著力 $\tau_a$ ( $kg/cm^2$ )	16,1	17,8	23,2	17,1

更ニ  $1:3$  ノ配合ヲ有シ材齡18ヶ月ヲ經過シタルモノハ成績第九十一表ノ如シ。

第九十一表

附著力ニ對スル水量ノ影響				
水 量 (%)	7,5	9	10,5	12
附著力 $\tau_a$ ( $kg/cm^2$ )	10,4	53,4	62,9	57,2

膠泥配合ノ影響ハ其ノ湿度ト共ニ附著力ヲ增加ス可シ其濕潤狀態ニ於テ材齡12週間ヲ經過シタルモノ、成績第九十二表ノ如シ

第九十二表

附著力ニ對スル膠泥配合ノ影響			
配合比 砂ノ種類	1:2	1:3	1:5
粗 砂	27,2	27,5	14,2 $kg/cm^2$
細 砂	22,8	16,2	13,4 "
細粗混合砂	30,0	22,3	14,4 "

材齡ガ附著力ニ及ボス影響ニ關シテハ其結果第九十三表ニ示セルガ如シ膠泥ハ  $1:3$  ノ配合ヨリ成リ砂ハ細粒ノモノヲ使用シ之ヲ濕潤狀態ニ放置シタルモノナリ。

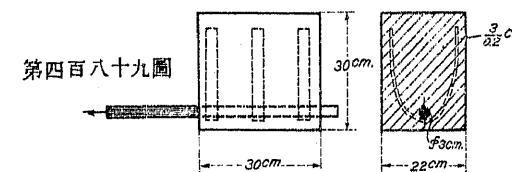
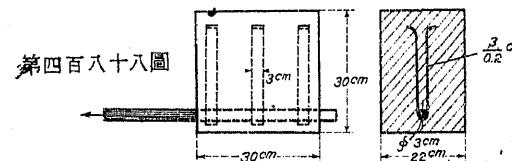
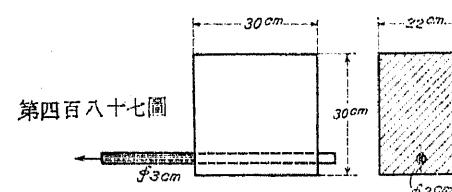
第九十三表

附著力ニ對スル材齡ノ影響							
材 齡	1週	2週	4週	8週	12週	26週	1年
附著力 $\tau_a$ ( $kg/cm^2$ )	13,1	18,1	18,7	21,1	19,5	23,0	29,5

即チ附著力ハ一般ニ材齡ト共ニ增加ス假令ハ4週間後ノモノト比シテ4ヶ年後ノモノハ70%ノ增加ニシテ同時ニ試験シタル供試片ノ應張力ハ125%, 應壓力ハ105%ノ增加ヲ示シタリ。

千九百七年佛國政府鐵筋混凝土委員會ニテ「メスナーゼ」氏 (Mesnager) 及「メルシエ」氏 (Mercier) ノ施シタル實驗報告ニ依レバ普通桁ノ終端ニ於ケル繩索ガ其鐵筋及混凝土間ノ附著力ニ及ボス影響ヲモ示スニ足ルモノアリ其試験方法ハ「セメント」 $300kg$  = 對シ砂  $0,4m^3$  及砂利  $0,8m^3$  ノ配合ヲ有スル混凝土ニテ斷面  $31cm$  平方高サ  $20cm$  ノ供試體ヲ作リ其中心線ニ於テ直徑  $10,6mm$  長サ  $24cm$  ノ

鐵筋ヲ挿置シ更ニ其上下端ニ近ク直徑 25cm 厚サ 0,6mm の帶輪 (Beltiron ring) ヲ補強セルモノト其之ヲ有セザルモノトノ二種ニ分チ之ヲ密閉セル室内ニ放置シタル後後者ハ 72 日後之ヲ試験シタルニ引抜試験ニ依リ附著力度最小 6,8kg/cm<sup>2</sup>, 壓出試験ニ依リ最大 16,5kg/cm<sup>2</sup> ニシテ帶輪ヲ有スルモノハ之ヲ 6 ケ月後ニ試験シタルニ引抜試験ニ依リ最小 20,5kg/cm<sup>2</sup>, 壓出試験ニ依リ最大 23,4kg/cm<sup>2</sup> ヲ得タリ而シテ帶輪ヲ有セザルモノハ試験ニ際シ裂縫ヲ生ジタルモ其之ヲ有スルモノハ一モ裂縫ヲ認メズ而シテ引抜試験ニ依ルモノハ壓出試験ニ依ルモノヨリモ附著力弱ク更ニ此二者ノ差ハ帶輪ヲ有スルモノニアリテ甚ダ小ナルヲ認メタリ。



氏ハ更ニ第四百八十七圖以下第四百八十九圖ノ如キ供試體ヲ作り 6 ケ月ノ後之レガ引抜試験ヲ施行シタルニ其平均結果

繩索ヲ有セザルモノ  
13,9 kg/cm<sup>2</sup>

「アンネビック」式繩索ヲ有スルモノ 18,5 kg/cm<sup>2</sup>

展開セル繩索ヲ有スルモノ 27,8 kg/cm<sup>2</sup>

即チ繩索ヲ有スルモノハ之ヲ有セザルモノニ比シテ其抵抗力大ニシテ更ニ繩索ハ展開セルモノ最モ大ナリキ。

次ニ其混擬土ノ配合ガ及ボス影響ヲ研究スル爲メ砂 0,4m<sup>3</sup>, 砂利 0,8m<sup>3</sup>ニ對シテ「セメント」ノ量ヲ夫々 150, 300 及 500kg トシ其供試體ノ形前ト同シク繩索トシテ帶鐵ノ代リニ直徑 9mm の圓鋸ヲ使用シタリ 3 ケ月間空中放置ノ後其抵抗力ヲ檢定シテ第九十四表ノ如キ結果ヲ得タリ。

第九十四表

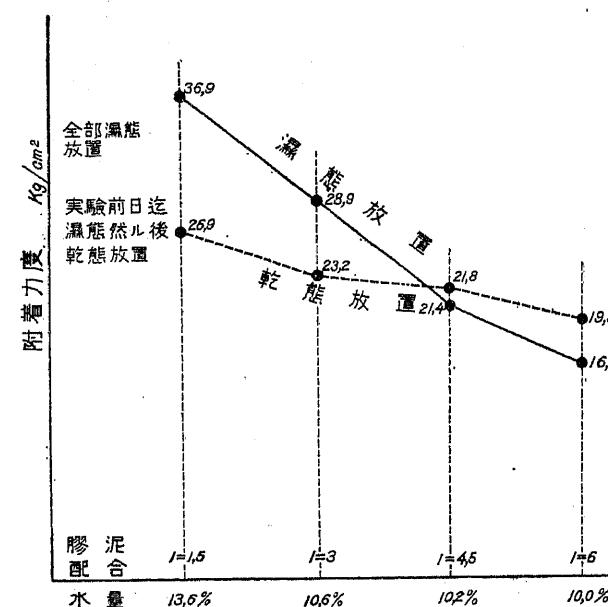
附著力ニ對スル混擬土配合比ノ影響			
混擬土中「セメント」ノ量(kg)	繩索ヲ有セザルモノ(kg/cm <sup>2</sup> )	「アンネビック」式繩索ヲ有スルモノ(kg/cm <sup>2</sup> )	展開セル繩索ヲ有スルモノ(kg/cm <sup>2</sup> )
150	22,3	18,8	21,4
300	24,7	26,1	31,2
500	30,4	40,7	31,9

即チ「セメント」ノ量ト共ニ其抵抗力增加ス可ク 300kg ノ「セメント」ヲ有スルモノニアリテハ繩索ノ影響又前記ノモノト同ジカリキ。

千九百五年獨國「バッハ」氏 (Bach) の實驗ハ其試験ニ對スル注意ノ綿密ト規模ノ大ナリシ爲メ附著力度ニ對スル新ラシキ事實ノ見出サレタルモノ多シ實驗ニ使用シタル供試體ハ 22cm の方形斷面ヲ有シ高サ 10, 15, 20, 25 及 30cm の各種ニ涉リ混擬土ノ配合 1:4 ニシテ其混擬料ハ直徑 5mm 以下ノ砂 3 分ト 5 乃至 15mm の砂利 2 分トノ混合ヨリ成ル今其結果ヲ綜合スレバ鐵筋表面ノ滑カナリシモノト其黒皮ヲ有スルモノトハ圓鋸ヲ使用セル場合其附著力前者ハ平均 7,3kg/cm<sup>2</sup>, 後者ハ 15,3kg/cm<sup>2</sup> ヲ示シ前者ハ其力度後者ニ比シテ遙カニ小ナリキ。次ニ鐵筋ガ彈性限度ニ及バザルコト遠キ應力ヲ受クル間ハ混擬土中に挿入セル鐵筋ノ長サ増加スルニ伴ヒ附著力減少ス即チ鐵筋ヲ引抜クトキハ鐵筋ハ延長シ反對

ニ混疑土ハ收縮セントスルノ傾向アリ故ニ此二材料ノ反対ノ方向ニ起ル長サノ變化ニ依リ鐵筋ノ外側終端ニ近ク滑脱ノ作用大ナルモ内部ニ赴クニ從ヒ其力ヲ減ジ混疑土中ニアル鐵筋ノ全長ニ沿フテ力ノ等調的分配ヲ許サズ其外側ニ近キ部分ガ滑脱ヲ初ムルニ至リテ初メテ深ク混疑土ノ内部ニアルモノニ其應力ヲ傳導スルニ至ル可シ斯クノ如ク應力ノ分配不平均ナル結果鐵筋ノ長サ增加スルニ從ヒテ其周邊ノ平均應滑力モ減少ス可ク鐵筋ノ長サ短キ程其影響モ亦等調トナル可キノ理ナリ但シ此現象ハ壓出試験ノ場合ニ於テ亦同様ナルモ其減率割合ニ小ナリ何トナレバ此場合ニハ鐵筋モ混疑土モ同種ノ應力ヲ受クルヲ以テナリ但シ荷重ヲ加フル速度早キトキハ滑動ノ時間短キヲ以テ附著力ハ寧ロ等布的トナルノ傾キアリ。

第四百九十圖

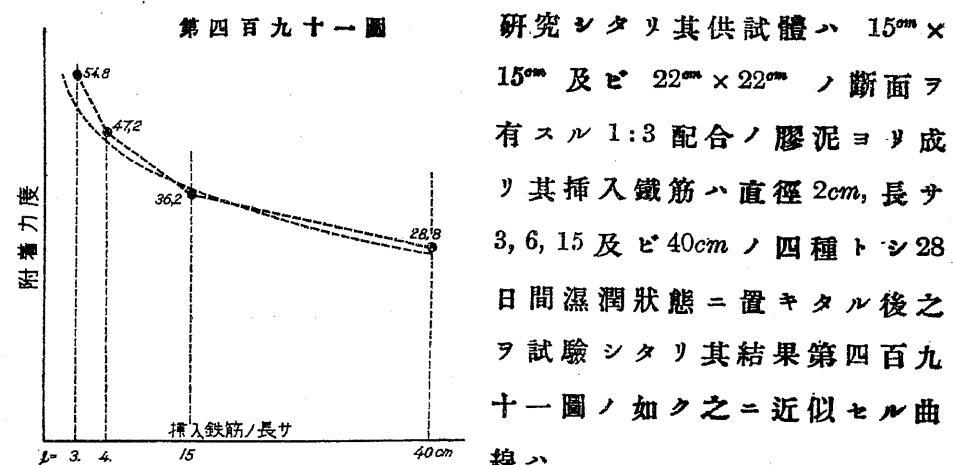


更ニ千九百十年  
「バッハ」氏 (Bach) 及「グラーフ」氏 (Graf) ハ 22 cm ノ 方形断面ト 20 cm ノ 長サトヲ有スル數種ノ配合ヨリ成ル 13 個ノ膠泥供試片ヲ作リ 50 日間之ヲ濕潤状態トシタルモノト更ニ 12 個ノ供試片ハ 7 日間濕潤状態, 43 日間

空中放置ノ状態ノモノトニ就キ何レモ直徑 2cm ノ 鐵筋ヲ插入シ引抜試験ニ依リテ其附著力ヲ検定シタリ其成績第四百九十圖ニ示セルガ如シ今其結果ヲ綜合スレバ砂ノ量増加スルニ伴ヒ滑動ニ對スル抵抗力減少ス而シテ其減少率ヲ見ルニ乾燥状態ニ於ケルモノハ濕潤状態ニ於ケルモノヨリモ遙カニ小ナリ配合豊富ナルトキハ乾燥状態ニ於ケルモノハ濕潤状態ニ於ケルモノヨリモ附著力著シク小ナルモ配合貧弱ナルモノニアリテハ其現象全ク相反スルヲ見ル是ニ依リテ硬化状態ノ乾濕如何ガ其附著力ニ著シキ影響ヲ與フルモノナルコトヲ推測シ得可シ。

千九百十一年「バッハ」氏ハ再び鐵筋ノ長サト附著力トノ關係ヲ

第四百九十一圖



研究シタリ其供試體ハ 15mm × 15mm 及ビ 22mm × 22mm ノ 断面ヲ有スル 1:3 配合ノ膠泥ヨリ成リ其挿入鐵筋ハ直徑 2cm, 長サ 3, 6, 15 及ビ 40cm ノ 四種トシ 28 日間濕潤状態ニ置キタル後之ヲ試験シタリ其結果第四百九十一圖ノ如ク之ニ近似セル曲線ハ

$$\tau_a = 100e^{-(0.2+0.4 \sqrt{\frac{l}{d}})} \quad \dots \dots \dots \quad (803)$$

ニテ示スコトヲ得可シ式中  $e$  ハ「ナビーアンロガリズム」,  $\tau_a$  ハ附著力度,  $l$  ハ鋼鉄ノ長サ,  $d$  ハ其直徑ヲ示スモノトス即チ從來使用セル

$$\tau = \frac{P}{\pi d l} \quad \dots \dots \dots \quad (804)$$

ナル公式ハ單ニ其平均値ニ過ギズトセリ。

混疑土ノ配合ニ使用スル水量ガ附著力ニ及ボス影響ハ其混疑土ノ練合セニ恰モ匹敵スル丈ケノ場合ニ於テ最モ大ナリ氏ノ實驗ニ用キタル 1:4 配合ノモノニ於ケル水量ハ 15, 18, 及 21% ノ三種ナリシガ砂ノ少量ヲ用フルトキハ之ニ比例シテ水量ヲモ減ズルガ如キ即チ配合ニ必要ナル丈ケノ水量ヲ超過セザル範圍内ニアリテハ砂及砂利ノ割合ハ其附著力ニ著シキ影響ヲ與ヘザルモ水量大ナル上記三種ニアリテハ夫々平均附著力 23.7, 13 及 6.4 kg/cm<sup>2</sup>トナリ水量 15% ノモノハ 21% ノモノニ比シテ殆ンド 4 倍ノ強度ヲ示シタリ。

鐵筋ノ直徑大ナルモノハ其小ナルモノ、場合ヨリモ附著力強シコレ前者ハ其表面後者ニ比シテ粗鬆ナルガ爲メナル可シ又同一ノ斷面積ヲ有スル圓錐ト角錐トニアリテハ氏ノ實驗セル 2 cm 直徑ノ圓錐ヨリモ 1×4 cm > 平錐ノ方其抵抗力大ナリキ。

鋼錐ノ壓出試験ハ引拔試験ノ場合ヨリモ抵抗力稍々大ナリ其理由ハ壓出試験ニアリテハ鐵筋モ混疑土モ同一ノ應壓力ヲ受クルコト既述ノ如キ現象ヲ呈スルニ依ルモノ、如シ更ニ實驗ニ際シ荷重ヲ加フル速度早キトキハ或時間宛一定ノ荷重ヲ加エツ、進ム可キ緩速度ノモノヨリモ其附著力著シク大ナリキ。

滑動ニ對スル抵抗ハ供試體ノ硬化ヲ始ムル前之ヲ振盪セバ其值ヲ增加ス可シ此增加ハ水ノ少量ヲ使用シタル場合ニ於テ殊ニ有効ナリ此ノ事實ハ振盪ニ依リテ好良ナル繫ギ (Good bond) ニ必要ナル灰汁 (Grout) ガ鐵筋ノ周圍ニ集中セラル、結果トシテ説明シ得可シトセリ。

以上記述セルモノ、外直線鐵筋ノ附著力ニ關スル實驗甚ダ多シ今第九十五表ニ於テ主要ナルモノニ就キ其要項ヲ抄錄ス可シ。

第九十五表

混疑土ト直線鐵筋トノ間ノ附著力								
實驗者	混疑土ノ配合	混疑土ノ寸法	材齡	鐵筋ノ種類	鐵筋ノ寸法	鐵筋ノ插入深	實驗ノ方法	附著力度
Spofford (米國) 1903	1:3:6	6"×6"	1ヶ月	「ランサム」錐	1/2"	12", 16", 26"	引抜キ	360#/□"
	"	"	"	「サッシャー」錐	1/2"	"	"	294 "
	"	"	"	ジョンソン錐	1/2"	"	"	526 "
	"	8"×8"	"	「ランサム」錐	3/4"	20", 24", 46"	"	404 "
	"	"	"	「サッシャー」錐	3/4"	"	"	373 "
	"	"	"	ジョンソン錐	3/4"	"	"	523 "
	"	"	"	圓錐	3/4"	16", 36", 46"	"	247 "
	"	"	"	角錐	3/4"	"	"	229 "
	"	"	"	平錐	1/8"×1/2"	"	"	182 "
Emerson (米國) 1904	1:3	6"×6"	40-80日	圓	錐	1/2"	6"	引抜キ 512#/□"
	1:3	"	"	平	錐	1/4"×1"	6"	293 "
	1:2:4	8"×8"	"	角	錐	1"×1"	10"	587 "
	1:3:6	"	"	"	"	1"×1"	10"	478 "
Rudolf Wolle 會社(獨國) 1905	1:1:4	—	1½年	圓	錐	1cm	20cm	引抜キ 27.3 kg/cm <sup>2</sup>
	"	—	"	"	"	"	30cm	22.4 "
	"	—	"	"	"	"	50cm	17.9 "
	"	—	"	"	"	"	70cm	15.4 "
Oswald Meyer (獨國) 1906	1:1:2	20cm×20cm	4ヶ月	圓	錐	2.5cm	17.5cm	引抜キ 10.2-49.8 kg/cm <sup>2</sup>
	1:2:2	"	4½年	"	"	1.2cm	"	27.7-63.4 "
	"	"	"	"	"	2.5cm	"	24-36.2 "
	1:2:4	"	"	"	"	1.2cm	"	15.2-52.1 "
	"	"	"	"	"	2.5cm	"	9.4-16.0 "
	1:4:4	"	"	"	"	2.5cm	"	12.5-30.0 "
Tabot (米國) 1906	1:2:4	6"圓盤	60日	圓	錐	1/2"及5/8"	6"及12"	引抜キ 平均 424#/□"
	1:3:5½	"	"	"	"	"	"	376 "
	"	"	"	平	錐	3/16×11/2"	6"	125 "
	1:3:6	"	"	圓「ツール」用鋼	3/4"	6"	"	147 "
	"	"	"	「ジョンソン」錐	1/2"	6"及12"	"	平均 596 "
Withey (米國) 1907	1:2:4	—	28日	圓	錐	3/16"-3/4"	6"	引抜キ 400#/□"
	"	—	"	"	"	"	8"	310 "
Van Ornum (米國) 1908	1:2:4	12"×12"	90日	圓	錐	1/2"-11/4"	直徑 25倍	引抜キ 410#/□"
	"	"	"	"	"	"	直徑 40倍	390 "

更ニ佛國「ジオリー」氏(Joly)同國「コアギエ」及「テデスコ」氏(Coignet and Tedesco),米國「ハット」氏(Hatt),米國「マールブルグ」氏(Marburg),以國「ギディ」氏(Guidi),獨國「キルシユ」氏(Kirsch)等ノ研究ニ係ル報告アルモ冗長ニ涉ルヲ以テ茲ニ之ヲ省略ス.

猶土木會誌第二卷第六號ニ掲載セル茂庭工學士ノ鐵筋ト混擬土トノ附著強ニ關スル實驗報告ハ頗ル有益ナルモ茲ニ掲載スルコト能ハザリシヲ遺憾トス讀者宜シク同會誌ヲ參照スベシ.

以上諸家ノ實驗ヲ綜合シテ結論スルニ 1) 調合ニ使用スル水量ノ影響ハ粘態或ハ軟練ノ膠泥若クハ混擬土ニ對スル鐵筋ノ附著力最モ大ニシテ堅練之ニ次ギ練込ニ於テ其值最モ小ナリ 2) 原料配合比ニ對スル影響ハ其配合ノ富度ニ從ヒテ附著力ヲ增加ス而シテ其增加率ハ供試體ノ濕潤狀態ニ於テ殊ニ著シ 3) 插入鐵筋ノ長サニ對スル影響ハ其長サノ増加ニ伴ヒテ附著力度ヲ減少ス 4) 供試體貯藏ノ狀態ニ關スル影響ハ濕潤狀態ニ於ケルモノ一般ニ其抵抗力大ナリ但シ貧質配合ノモノニアリテハ之ニ反スルモノアルガ如シ 5) 插入鐵筋ノ寸法ハ其强度ニ殆ンド何等ノ影響ヲ與ヘザルモノ多シ〔バッハ〕氏ノ實驗ハ其反證ヲ與ヘタリ)去レド平鋸ハ圓鋸若クハ角鋸ニ比シテ其抵抗力著シク小ナリ 6) 材齡ノ及ボス影響ハ「フェレー」氏ノ實驗ニテ示セルガ如ク材齡ノ推移ト共ニ增加スルモ其率ハ混擬土强度ノ增進ノ如ク著シカラズ 7) 螺旋筋ヲ有スルモノハ之ヲ有セザルモノニ比シテ其附著强度大ナリ 8) 荷重ヲ加フル時間ノ長短ニ關シテハ其短キモノハ附著力度著シク昂進ス可シ 9) 鐵筋表面ノ粗鬆度ニ關シテハ其琢磨シタルモノ最小ニシテ多少ノ錯ヲ有スルモノハ其抵抗力

大ナリ更ニ米國ニ行ハル、各種特許鐵鋸ハ圓鋸角鋸等ニ比シテ其抵抗力大ナルガ如ク殊ニ「ジョンソン」鋸ニ於テ其力度最モ著シ 10) 壓出試驗ニ依ル附著力度ハ引抜試驗ニ依ルモノニ比シテ其值一般ニ大ナリ 11) 従來實驗セラレタル報告中附著力度ノ最大ナリシモノハ千九百六年「オスワルドメーヤー」氏(Oswald Meyer)ノ實驗ニ係ルモノニシテ 1:2:2 ノ混擬土ト直徑 1.2 cm ノ圓鋸ヲ用キ材齡 4.5 年ヲ經過シタル後ニ於テ其力度  $63.4 \text{ kg/cm}^2$  ( $901.5 \text{ lb/in}^2$ ) ニ達シタリ然レドモ一般ニハ  $200 \text{ lb/in}^2$  ( $14.1 \text{ kg/cm}^2$ ) 乃至  $700 \text{ lb/in}^2$  ( $49.3 \text{ kg/cm}^2$ ) ノ間ニ變化スルモノ多シ.

#### 第五節 桁ニ對スル鐵筋及混擬土間ノ附著力.

第四節ニ於テ論ジタル附著力度ニ關スル研究ハ之ヲ實際ノ構法ト對照シテ充分満足ナル解決ヲ與ヘタルモノト云フコト能ハズ等ロ混擬土ト鐵筋トガ桁トシテノ應力(彎曲應力)ヲ受ケタル場合ニ對スル附著力ヲ知ルコト最モ希望ス可キ實驗ナル可シ此場合ニアリテハ混擬土モ鐵筋モ全ク同様ノ應張力ヲ生ジ從ツテ性質ニ於テ相似シ量ニ於テ殆ンド相等シキ變形量ヲ受ク可シ而シテ其變形量ハ桁ノ終端ニ於テ最小ニシテ中央ニ於テ最大ナリ其結果亦單純供試體ノ場合ニ得タルモノト異ナルノ點渺ナカラズ今其實驗ノ重モナルモノヲ掲ゲテ之ヲ前節所述ノ結果ト對照ス可シ.

千九百一年佛國「コンシデール」氏(Considère)ノ報告ニ據レバ混擬土ノ配合比「セメント」 $300 \text{ kg}$  ニ對シ砂及砂利  $1m^3$  ニシテ鐵筋ノ直徑  $4.4 \text{ mm}$  ノ有スル供試桁ヲ作リ之ヲ空氣中ニ乾燥シタル後彎曲試驗ヲ施シタリ其附著力ハ鐵筋ノ表面圓滑ナリシ爲メ 5 乃至 12

$kg/cm^2$  ニ過ギザリシモ鐵筋ノ直徑 6mm ニシテ黒皮 (Roll rust) ヲ有スルモノハ  $18kg/cm^2$  ヲ得タリ即チ鐵筋表面粗鬆ノ度ニ依リテ大ニ影響ヲ異ニセルヲ知レリ更ニ「セメント」433kg, 砂及砂利 1m<sup>3</sup> ノ配合ト鐵筋ノ直徑 4,25mm ニシテ其表面鐵鎔ヲ有セルモノニ對シ水中放置ノ桁ニ就キテノ結果ハ  $35kg/cm^2$  = 達セリ而シテ練合ノ水量ニ關シテハ乾態ノモノハ之ヲ普通濕態ノモノニ比シテ其値約半バニ過ギザリシト云フ。

千九百三年獨國「クラインローゲル」氏 (Kleinlogel) ノ實驗ハ本章第七節第五百二十圖以下第五百二十五圖ノ斷面ニ就キ彎曲試驗ヲ施シ其支點ニ於ケル既知剪力ニ基キ普國規定ノ公式(上卷第五編第六章 565 式參照)ヨリ算出シタル結果次ニ示スガ如シ。

第五百二十圖斷面	$\tau_a = 25,4 kg/cm$
第五百二十一圖斷面	" = 20,6 "
第五百二十二圖斷面	" = 17,8 "
第五百二十三圖斷面	" = 38,8 "
第五百二十四圖斷面	" = 27,6 "
第五百二十五圖斷面	" = 24,6 "

第五百二十圖以下第五百二十三圖斷面ノモノハ鐵筋ノ降伏點 (Yield point) ヲ超過シタル爲メ第五百二十四圖及第五百二十五圖斷面ノモノハ應剪力ノ不充分ナリシ爲メ何レモ破壊シタルヲ認メタリ即チ氏ハ其結果ヨリ推シテ若シ充分注意シテ鐵筋ノ周圍ヲ混凝土ニテ搗固メタルモノナラバ彎曲ニ依リテ受クル附著極應力ハ 30 乃至  $40kg/cm^2$  ト假定スルモ差支ナク普通規定ニ所謂安全附著力度ヲ  $4,5kg/cm^2$  ( $63,5*/\square"$ ) ト取ルハ餘リニ遠慮ニ失シタルモ

ノト云フ可ク況シヤ其鐵筋ノ終端ヲ鉤状トナスニ於テ一層其然ルヲ見ルト決論シタリ。

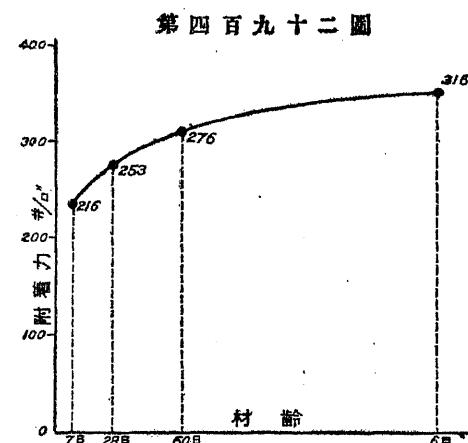
千九百七年米國「ウイティ」氏 (Withey) ノ實驗ニ依レバ混擬土ノ配合比ハ 1:2:4 ニシテ鐵筋ハ普通ノ軟鋼 (彈性限度  $44000*/\square"$ , 極強  $64000*/\square"$ ) ヲ使用シ黒皮付ニシテ鐵鎔ヲ有セザルモノナリキ桁ノ徑間 5', 幅 5", 厚サ 6" ニシテ中央 30" ノ兩端ニ荷重ヲ加ヘタリ材齡 60 日 (VI 號ハ 28 日) ヲ經過シタル後ノ成績第九十六表ノ如シ:

第九十六表

桁内ノ鐵筋附著力				
番號	鐵筋ノ直徑 ("")	(A)附著力度 ( $*/\square"$ )	(B)直接引拔法ニ據ル附著力度 ( $*/\square"$ )	比 B:A
I	$3/8$	278	394	1,42
II	$1/2$	286	455	1,54
III	$5/8$	276	—	—
IV	$9/4$	264	502	1,90
V	1	163	487	2,99
VI	$5/8$	236	—	—
VII	$5/8$	266	467	1,76

其結果ヲ見ルニ直徑 1" ノモノヲ除クノ外鐵筋ノ寸法ニ依リテ抵抗力ニ著シキ影響ヲ與ヘザルヲ知ル即チ 60 日後ノ平均附著力度ハ  $270*/\square"$  ニシテ最大最小ノ平均力度ト異ナルコト何レモ 6 乃至 13% ナルヲ見ル可シ而シテ直接引拔法ニ依ル附著力ハ著シク大ニシテ之ヲ桁試験ノ結果ト比シテ大凡 75% ノ増進ヲ示セリ。

次ニ混擬土ノ材齡ニ關スル影響ハ直徑  $5/8$ " ノ鐵筋ヲ使用シタルモノニ就キ 3 個ノ桁ニ於ケル平均ノ結果第四百九十二圖ノ如ク少クトモ 6 ケ月迄ハ材齡ト共ニ強度ヲ增加ス更ニ練合ノ影響

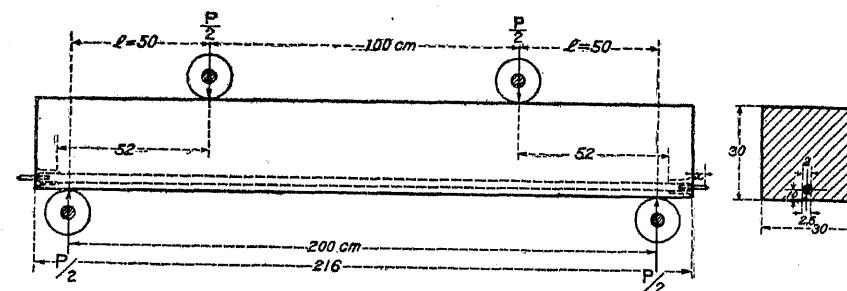


ニ關シテハ軟練中練及堅練ノ三者平均夫々 250, 235 及 275 $\text{kg}/\text{cm}^2$ ニシテ實際ノ工事ニ際シテハ軟練ヲ使用スルノ有効ニシテ強イテ堅練ノ困難ナル施工ヲ忍ブノ必要ナキコトヲ證明セリ更ニ 1:2:4 配合ノ混凝土ニアリテハ實際ノ施工ニハ 200 乃至 250 $\text{kg}/\text{cm}^2$

以上ノ極強度ヲ假定スル能ハザルベシトセリ。

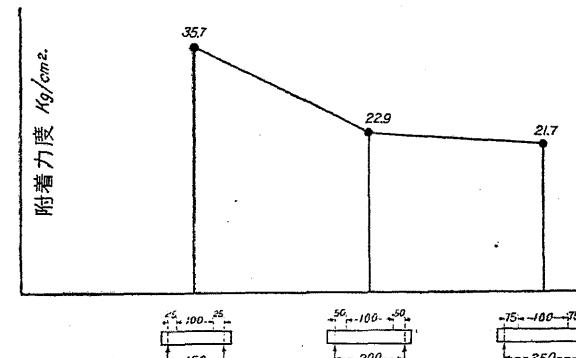
千九百七年及千九百九年獨國「バッハ」氏(Bach)及「グラーフ」氏(Graf)ノ實驗ハ最モ綿密ナル注意ニ依リ種々ノ條件ニ對スル研究ヲ試ミタリ其裝置第四百九十三圖ノ如ク混凝土ハ之ヲ軟練トシ其立

第四百九十三圖



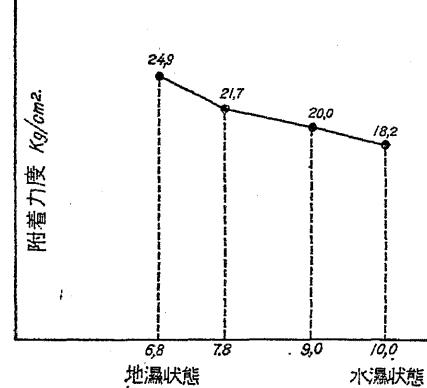
方體應壓力度  $224\text{kg}/\text{cm}^2$  乃至  $228\text{kg}/\text{cm}^2$ ニシテ桁ハ試験前迄之ヲ濕砂上ニ置キ濕布ヲ以テ保護シ其供試桁ハ少クトモ 3 個ヲ製作シ其平均值ヲ見出シタリ而シテ支點ヨリ荷重點ニ至ル距離  $l = 25\text{cm}$  (長サ  $l$  ヲ有スル鐵筋ノ其直徑  $d$  ニ於ケル比  $l:d = 10$ ),  $l = 50\text{cm}$  ( $l:d = 20$ ) 及  $l = 75\text{cm}$  ( $l:d = 30$ ) ノ三種トシ其附著力度第四百九十

第四百九十四圖



四圖ノ如キ結果ヲ得タリ即チ附著力ハ混凝土ヨリ鐵筋ノ引抜カル可キ長サニ依リテ其値ヲ異ニシ此長サノ増加ト共ニ附著力ハ減少ス可ク更ニ

第四百九十五圖



ノ長サ短キ程其増率大ナルヲ見ル。

混凝土ノ混和ニ要セシ水量ノ影響ハ第四百九十五圖ニ示セルガ如シ水量ハ乾燥セル材料重量ノ百分率ニテ之ヲ示シ混凝土ハ 1:2:3 ノ配合ヨリ成ル其結果ニ依レバ附著力ハ水量ノ增加ト共ニ減少スルヲ見ル可ク輕石入混凝土ハ其現象正ニ之レト相反ス是レ水量ノ增加ニ伴ヒ輕石ハ上層ニ集積シ濃厚ナル膠泥ガ鐵筋ノ

第九十七表

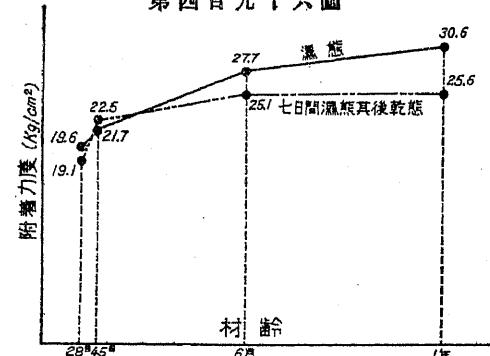
配合ノ比ガ附著力ニ及ボス影響		
配合比	附著力度 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	
	45日間濕態放置ノモノ (1908年)	1週間濕態38日間乾態放置ノモノ (1909年)
1:3:4	17.5	13.0
1:2:3	21.7	19.2
1:1.5:2	32.9	21.1

周圍ヲ包圍スルニ歸因スルモノ、如シ。

配合ノ比ガ附著力ニ及ボス影響ニ關シテハ其結果第九十七表ニ示スガ如シ

即チ「セメント」ノ增加ト共ニ附著力ヲ増加ス而シテ其增加率ハ乾態放置ノモノハ濕態放置ノモノニ比シテ遙カニ小ナリ場合ニ依リテハ配合比優良ニシテ乾態放置ノモノ却ツテ劣等配合ノモノニ比シテ其附著力ヲ減ズルコトアリコレ前節ニ論ジタルガ如ク混凝土ハ乾態ニ於テハ其容積ヲ減ジ從ツテ初メヨリ混凝土内ニ應張力、鐵筋内ニ應張力ヲ生ジ荷重ヲ加フル前此兩者間ニ或首應力(Initial stress)ヲ生ズ可ク然カモ此應力ハ配合ノ優良ナルモノニ於テ其值殊ニ大ナルヲ以テ荷重ヲ加ヘテ或度ニ達シタル後既ニ

第四百九十六圖



第九十八表

## 鐵筋据附ノ位置ニ關スル影響

鐵筋ノ直徑 (cm)	鐵筋下側混凝土 ノ被覆厚(cm)	附著力度 (kg/cm²)
2.5	4.0	23.1
"	2.0	22.7
"	1.0	21.9

滑動ヲ初ムル場合アルベケレバナリ濕態ニ於ケルモノハ其結果正ニ反對ナル可シ以上ノ現象ハ材齡ノ増加ニ伴ヒテ益々其率著シキヲ見ル即チ材齡ノ増加ト共ニ應滑力ヲ増加スルコト兩者同一ナルモ濕態ニ於ケルモノノ増率ハ乾態ニ於ケルモノニ比シテ大ナルコト

第四百九十六圖ニ示スガ如シ。

鐵筋据附ノ位置ニ關スル實驗ノ結果第九十八表

ノ如シ即チ鐵筋ノ下部ニ於ケル混凝土被覆層ノ厚サガ附著力ニ及ボス影響ハ極メテ小ナルヲ見ル可シ。

更ニ桁幅ノ大小ハ亦同様著シキ影響ナキコト第九十九表ニ示スガ如シ今又鐵筋ノ數ヲ3條、其直徑ヲ1.0乃至1.4cmトシ桁幅ヲ前ト同ジク15, 20, 及30cmノ三種トナセルモノト第九十九表ノ平

第九十九表

均數トヲ比較

スルニ前者ハ夫々 16,s, 17, 2 及 15.6kg/cm² ナルニ後者ハ平均 20.5kg/cm² トナリ前者ハ何

桁幅ニ關スル影響			
鐵筋ノ數	鐵筋ノ直徑 (cm)	桁幅 (cm)	附著力度 (kg/cm²)
1	2.5	30	22.0
1	1.8	20	21.1
1	2.2	15	19.1
1	3.2	30	19.8

レモ其値小ナルヲ見ルコレ鐵筋ノ數多キトキハ其各鐵筋ガ夫々不同ノ應力ヲ生ズルノ結果ニ外ナラザルベシ。

第一百表

鐵筋表皮ノ狀態ニ關スル附著力度						
鐵筋表皮ノ種類	桁幅 (cm)	材齡	最高耐荷力 (kg)	平均附著力 (kg/cm²)	黒皮付圓錐ノ附著力ヲ1トセル強度ノ割合	試驗年名
2.5cm圓錐(表皮ヲ磨キタルモノ)	30	6月	5760	14.5	0.65	1906
同上(黑皮付)	"	"	8818	22.0	1.00	"
1.8cm圓錐(黑皮付)	20	"	6083	21.1	0.98	1907
「サツシャー」錐(斷面2.3cm²)	"	"	7833	23.2	1.05	"
2.5cm圓錐(I:2膠泥塗付)	30	45日	9667	25.1	1.14	1909
“ (著シク錐ビタルモノ)	"	"	12833	32.8	1.45	"
“ (セメント塗付)	"	"	13000	33.4	1.52	"
「ジョンソン」錐(重量7.5kg)	"	"	14000	33.7	1.53	"
「ダイアモンド」錐(重量8.1kg)	"	"	14500	36.3	1.65	"
疣付扭錐(重量8.6kg)	"	"	14500	36.2	1.65	"
「カップ」錐(重量8.3kg)	"	"	14833	30.8	1.40	"
波狀錐(重量9.4kg)	"	"	12500	16.1	0.73	"

鐵筋表皮ノ狀態ガ及ボス影響ニ關シテハ第百表ノ如キ結果ヲ得タリ。

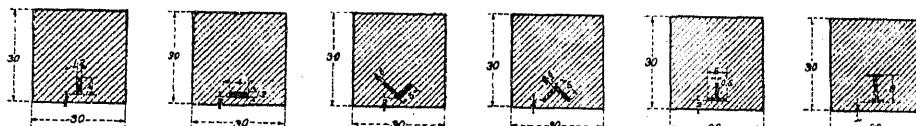
即チ表皮ヲ琢磨シタルモノハ附著力最モ小ニシテ鑄ヲ有スルモノハ普通ノモノニ比シテ 45% 大ナリ米國式鐵鋸ハ其表面ニ凹凸アルヲ以テ其抵抗力大ナリ但シ「サッシャー」鋸、波狀鋸ノ如ク扁平ナルモノハ其力豫想外ニ小ニシテ更ニ膠泥ヲ以テ表皮ヲ塗抹シタルモノハ其抵抗力割合ニ大ナルヲ見ル可シ。

鐵筋斷面ノ形狀ガ及ボス影響ハ第百一表ノ如シ但シ桁ノ寸法

第一百一表

鐵筋斷面ニ關スル附著力度					
鋼材ノ種類	鋼材ノ重量 kg.	桁ノ最高耐荷力 kg.	最高耐荷力重量	附著力度 kg/cm <sup>2</sup>	圓鋸ノ附著力 <small>(1トセウ強度)ノ割合</small>
2,5 cm 圓鋸	8,3	8667	1044	22,7	1,000
1,2 × 4,0 cm 平鐵(堅ノ位置)	7,9	8750	1108	18,0	0,793
1,2 × 4,0 cm " (平ノ位置)	7,9	7500	949	14,4	0,634
5,0 × 5,0 × 0,6 L形鐵(Vノ位置)	8,6	12333	1434	13,1	0,577
" " " (Aノ位置)	8,0	9167	1146	9,7	0,427
5,0 × 5,0 T形鐵(Tノ位置)	8,7	12000	1379	12,8	0,564
高サ 8cm I形鐵	12,3	16667	1355	12,6	0,555

第四百九十七圖 第四百九十八圖 第四百九十九圖 第五百圖 第五百一圖 第五百二圖



凡テ 30cm × 30cm, 鋼材下緣ヨリノ被覆凡テ 2cm トス 其斷面第四百九十七圖以下第五百二圖ニ示スガ如シ以上ノ結果ニ據ルニ平鐵ハ其抵抗力圓鋸ニ比シテ何レモ小ナリ而シテ平鐵ヲ水平ノ位置

ニ用フルモノハ堅ノ位置ニ用フルモノニ比シテ更ニ小ナルヲ見ル是レ堅ノ位置ニアルモノハ其周邊ヲ混泥土ニテ包圍スルコト容易ナルニ依ル展鐵ノ附著力モ凡テ圓鋸ニ比シテ著シク小ナルハ注意ス可シ L形鐵ハ Aノ位置ニ用キタルモノハ Vノ位置ノモノニ比シテ小ナリコレ前者ハ鋼材ノ下ニ充分混泥土ヲ普及セシムルコト困難ナルガ爲メナル可シ。

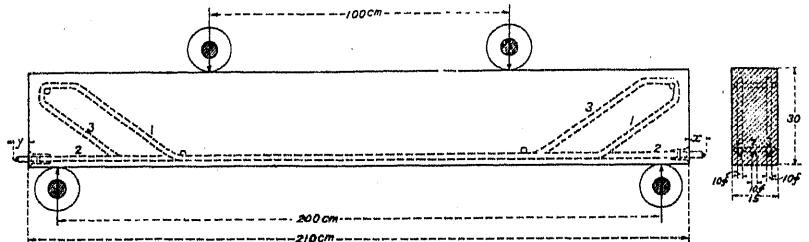
次ニ繩索(Stirrups)ノ有無ガ及ボス影響ハ假令バ斷面 15cm × 30cm, 徑間 2m, 鐵筋直徑 2,2cm のモノニ就キテ云ヘバ其左右終端ヨリ 8cm 每ニ直徑 7mm の繩索 8 條ヲ有スルモノハ 23,8kg/cm<sup>2</sup> ノ附着力ヲ有シ其之ヲ有セザルモノハ 19,1kg/cm<sup>2</sup> 乃チ前者ニ比シ 82% ニ過キザルコトヲ知ル更ニ繩索ノ距離減少スルニ從ヒ漸次其變形量及附著力ヲ增加スルヲ見ル可シ。

以上ノ實驗ハ何レモ桁ノ下緣ニ沿ウテノミ真直ナル鐵筋ヲ有スル場合ニ於ケル附著力度ノ研究ニ係ハルモノニシテ前記ノ外瑞西「プロブスト」氏(Probst), 米國「タルボット」氏(Talbot), 獨國「グロースリヒターフエルデ」王立材料試驗所, 同國「ドレスデン」王立機械工學實驗所, 同國「フランクフルトアムマイン」土木會社等ノ實驗報告ハ何レモ有益ナルモ煩ヲ避ケテ之ヲ省略ス可シ。

次ニ鐵筋ノ終端ニ近ク之ヲ傾斜鐵筋(Bent bar)ニ變ゼシムル場合ノ附著力ニ關シテハ附著力ハ直線ヲ爲シテ走ル鐵筋ノミ之ヲ負擔ス可キモノト假定セル者アリ然レドモ實驗ノ結果傾斜鐵筋モ同等ニ其負擔ニ堪ユルモノト考フルコトヲ得可キガ如シ。

一千九百七年獨國「バッハ」氏(Bach)ノ研究ニ依レバ供試桁ハ第五百三圖ノ如ク 1 條ノ直線鐵筋ト 2 條ノ傾斜鐵筋トヲ有シ中間

第五百三圖



1m の距離ニ於テ 2ヶ處ニ荷重ヲ加ヘ  $x$  及  $y$  の移動ヲ測定シ更ニ同一直徑ノ直線鐵筋 3 條ヲ有スル同寸法ノ析ニ就キテ比較實驗ヲ施シタリ前者ノ中央直線鐵筋ノ滑動ハ  $P = 7500\text{kg}$  ニ起リタルモ 2 條ノ傾斜鐵筋ハ 8250 及 9000kg ニ至リテ猶  $x$  及  $y$  の變化ヲ與フルコトナクシテ其破壊ヲ初ムルヲ見ル可ク後者ハ何レモ

$P = 8000\text{kg}$  ニ至リテ  $x$  及  $y$  の移動ヲ認メタリ今若シ普國規定ニ據リ  $\tau_a$  の直線鐵筋ノミニ依リテ抵抗スルモノトシテ計算セバ前者ハ  $P = 7500\text{kg}$  ニ對シテハ  $\tau_a = 45.7\text{kg/cm}^2$  トナリ 3 條ノ鐵筋等シク其分配ニ與カルモノトセバ  $\tau_a = 15.2\text{kg/cm}^2$  トナル可ク後者ハ計算ノ結果  $\tau_a = 16.3\text{kg/cm}^2$  トナル可シ是ニ依リテ之ヲ見ルニ第五百三圖ノ如キ傾斜鐵筋ヲ有スル場合ノ  $\tau_a$  の計算ニハ直線傾斜何レノ鐵筋モ等シク之ヲ同等ニ分擔ス可キモノトシテ思考スルノ至當ナルヲ認ムルコトヲ得可シ千九百十一年「バッハ」氏及「グラーフ」氏ノ施シタル實驗ハ 4 條並ニ 6 條ノ鐵筋ヲ有シ前者ハ直線ノモノノ 2 條後者ハ 1 條トシ他ハ何レモ之ヲ傾斜セシメ徑間 3m の析ニ就キテ之ヲ實驗シタリシガ何レモ殆ンド同一ノ荷重ニ於テ  $x$  及  $y$  の移動スルヲ認定シ得タリト云フ。

千九百六年獨國「フンケ」氏 (Funke) ノ「ルードルフ・ヴォルレ」會社

Firma Rudolf Wolle) ノ爲メニ施シタル實驗ニ依レバ混擬土ハ 1:4.5 ノ配合ヲ有シ徑間 3m, 鐵筋 10 條中 1 條ヲ除クノ外何レモ中途傾斜鐵筋ト變ジ凡テ析ノ終端ニ達セシメタリ 3 ケ月後 2 日間  $P = 28840\text{kg}$  ノ等布荷重ヲ加ヘ  $\sigma_s = 3720\text{kg/cm}^2$ ,  $\sigma_c = 128\text{kg/cm}^2$  ニ達シタリシガ其附著力ハ直線 1 條ノミニ依リテ之ヲ負擔スルトセバ  $149\text{kg/cm}^2$  ニシテ 10 條等シク負擔スルモノトセバ  $14.9\text{kg/cm}^2$  ナリシ而シテ  $P = 28840\text{kg}$  ヲ有セシトキ直線鐵筋ノ終端ニ於テ猶ホ殆ンド注意ス可キ鐵筋ノ或移動ヲ認メザリキ此實驗ヲ「バッハ」氏ノ實驗結果ト對照セバ附著力ハ直線傾斜何レノ鐵筋モ等シク之ヲ分擔ス可キモノト假定スルノ不合理ニアラザルコトヲ斷定シ得可シ。

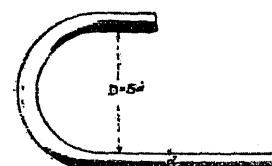
以上實驗ノ結果ヲ綜合スルニ析内ニ於ケル鐵筋混擬土ニ對スル附著力度ハ 1) 鐵筋ヲ包圍スル混擬土ノ長サト共ニ減少シ 2) 調合ニ要スル水量ノ增加ト共ニ減退シ 3) 混擬土配合及セメントノ優劣ト共ニ増減シ 4) 材齡ト共ニ増加シ 5) 濕態放置モノハ乾態放置モノニ比シテ其絕對的強度並ニ増率トモ大ナル可ク 6) 鐵筋直徑ノ大小ハ殆ンド強度ニ及ボス影響ナキガ如シ 7) 鐵筋ノ數多キトキハ其值一般ニ低シコレ其應力ノ均一ナラザルコトヲ示スモノナリ 8) 鐵筋ノ下層被覆ノ厚及析幅ノ大小ハ其強度ニ及ボス影響極メテ小ナリ 9) 鐵筋表面粗鬆ノ度ハ其強度ニ著シキ差違ヲ生ズ一般ニ米國特許式鋼鋸ハ其抵抗力大ナリ 10) 字形鋼 (Rolld shape steel) ハ之ヲ圓鋸, 角鋸ニ比シテ其附著力度小ナリ 11) 繫索ノ及ボス影響ハ其距離小ナルトキハ多少抵抗力ヲ增進ス 12) 傾斜鐵筋ハ直線鐵筋ト等シク其附著力ヲ分

據スルニ足ルト考フル方至當ナリ 13) 之ヲ要スルニ桁ニ於ケル  
鐵筋ノ附著力度ハ混擬土塊ニ於ケルモノニ比シテ一般ニ其值小  
ニシテ約  $200^{\circ}/\text{cm}^2$  ( $14 \text{kg/cm}^2$ ) 乃至  $550^{\circ}/\text{cm}^2$  ( $38.8 \text{kg/cm}^2$ ) ヲ上下スルモノト  
見テ差支ナシ去レド之ヲ實際ノ設計ニ應用スル場合ニハ  $300^{\circ}/\text{cm}^2$   
( $21 \text{kg/cm}^2$ ) 以上ヲ假定スルハ稍、穩當ナラズ若シ安全率ヲ5ト見做  
ストキハ普國規定ニ所謂  $\tau_a = 4.5 \text{kg/cm}^2$  ( $64^{\circ}/\text{cm}^2$ ) ハ安全附著力度トシ  
テ適當ノ標準ヲ示セルモノト稱スルコトヲ得可シ。

#### 第六節 鐵筋ノ終端ニ於ケル鉤形ノ影響

鐵筋ノ終端ヲ常ニ或鉤形 (Hook form) ニ折リ曲グルコトハ近時  
普通ニ行ハル、實施方法ニシテ其目的ハ獨リ鐵筋ト混擬土トノ  
附著力ノミニ依頼セズ鉤端ノ混擬土ニ對スル抵抗ヲモ併セテ利  
用セントスルニアリ最モ一般ノ鉤形ハ簡單ニ鐵筋ノ終端ヲ割裂  
スルカ (Fork form) 若クハ直角ニ折リ曲グルモノ (Right angle bend) ニ  
シテ此方法ハ其縁端ニ於ケル混擬土ノ量少キ場合ニハ比較的其  
抵抗力少キヲ以テ  $90^{\circ}$  以上ニ之ヲ折曲グル方法即チ銳角的鉤形  
(Acute angle bend) ヲ代用スルニ如カズ更ニ佛國「コンシデール」氏  
(Considère) ノ案出シタルモノハ所謂U式鉤形 (U formed hook) ニシテ輓

第五百四圖



近著シク此方法ヲ採用セル者多シ即チ  
第五百四圖ノ如ク鐵筋ノ終端ヲ半圓形  
ニ折曲ゲ更ニ或長サノ直線ヲ引長セシ  
メ混擬土ニ深ク喰込ミテ其摩擦力ヲ増  
大セシムルニアリ氏ハ其實驗ノ結果 U  
式鉤形ノ實用的寸法ニ就キ折曲圓ノ直徑ハ鐵筋直徑ノ5倍ヲ以  
テ最モ有效ナル可シト薦告セリ次下述ブ可キ「バッハ」氏ノ實驗ハ「コ

ンシデール」氏ノ考案ヲ是認セルコトヲ證スルモノナリ。

千九百六年獨國オスワルド・メイヤー氏 (Oswald Meyer) ノ研究報  
告ニ依レバ鐵筋ノ終端ヲ直角ニ折曲ゲタルモノ及肉叉形ヲ爲セ  
ルモノニ就キテ引抜試験ニ依リ其抵抗力ヲ検定シタルニ其結果  
第百二表ヲ得タリ。

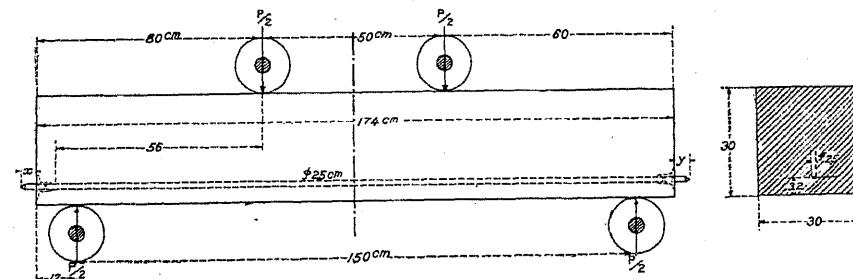
第一百二表

鐵筋ノ終端直角折曲形ト肉叉形トノ抵抗力		
鐵筋ノ直徑 (cm)	最大荷重ニ對スル鐵筋ノ抵抗力 ( $\text{kg/cm}^2$ )	
	直角折曲形	肉叉形
1.5	3440	3917
2.0	2803	3240
2.5	1693	2345

ニ破壊シタリ以上ノ結果ニ依ルニ肉叉形ノモノハ其受クル堪荷  
重何レモ鐵筋ノ終端直線ナルモノニ比シテ遙カニ大ナリ更ニ鐵  
筋ノ直徑大ナル程其抵抗力小ナルノ事實ヲ認識シ得可シ。

千九百十一年獨國「バッハ」氏 (Bach) 及「グラーフ」氏 (Graf) ノ實驗報  
告ニ依レバ使用鐵筋ハ表面平滑ニシテ琢磨ヲ施シタル後油ニテ  
塗抹シタルモノト普通市場ニアル黒皮付トノ二種ヲ取リ其桁ノ

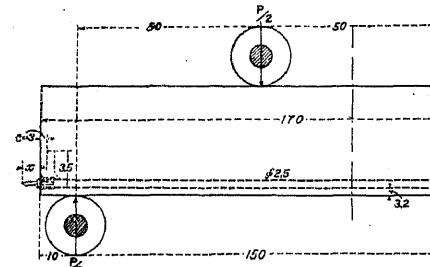
第五百五圖



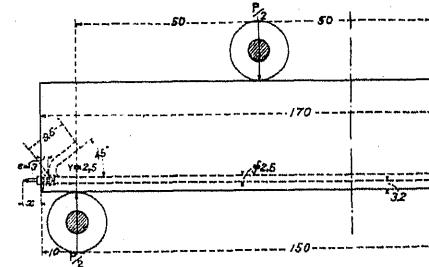
供試桁ノ混  
凝土ハ直徑  
1.5 cmノモノ  
ヲ除クノ外  
何レモ最高  
荷重ノ加ハ  
リタル場合

寸法第五百五圖ノ如クニツノ對稱的位地ニ於テ荷重ヲ加エタリ  
鐵筋ノ終端ハ鉤形ヲ有セザルモノ及第五百六圖以下第五百九圖  
ノ如ク直角鉤形、銳角鉤形、U式鉤形及橫筋ヲ有スルU式鉤形ノ五  
種トシ混擬土ノ配合ハ1:2:3, 30cmノ立方供試體ニ於ケル應壓力  
ハ45日後ニ於テ $250\text{kg}/\text{cm}^2$ 、應張力ハ $19\text{kg}/\text{cm}^2$ ニシテ供試桁ハ凡テ  
同一材齡ニ於テ之ヲ試験シタリ何レモ濕態ノ儘之ヲ放置シ更ニ

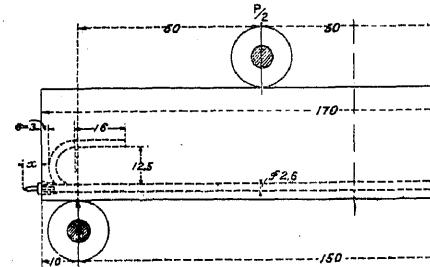
第五百六圖



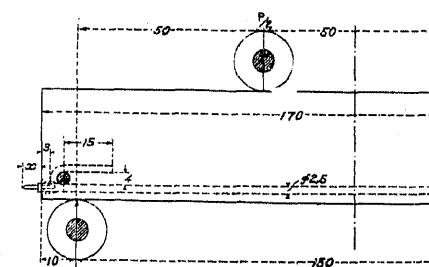
第五百七圖



第五百八圖



第五百九圖



各圖ニ示スガ如ク鐵筋ノ終端ニ留針ヲ捩込ミ之ヲ桁ノ小口ニ突  
起セシメ鐵筋ノ滑動ニ依ル終端ノ移動量 $x$ 及 $y$ ヲ測定シタリ其  
結果第百三表ノ如シ。

第一百三表

鐵筋ノ狀態	初メテ裂縫 チ見タルト キノ荷重 (kg)	$x$ ガ最初ノ移動 チ與ヘタル時		最大荷重ニ達シタル時		破壊狀態
		荷重 (kg)	附著力度 (kg/cm <sup>2</sup> )	荷重 (kg)	鐵筋ノ應力 (kg/cm <sup>2</sup> )	
<b>I 平滑ナル表面ヲ有スル鐵筋</b>						
鉤端ヲ有セザルモノ	6500	6500	16,3	6500	1202	16,3
直角鉤形ヲ有スルモノ	6417	6583	17,3	11000	2224	28,8
銳角鉤形ヲ有スルモノ	5500	6333	16,2	11700	2284	30,0
U式鉤形ヲ有スルノ	6333	6333	16,2	12733	2510	32,5
<b>II 黒皮付表面ヲ有スル鐵筋</b>						
鉤端ヲ有セザルモノ	6250	9000	22,9	10500	2060	26,9
直角鉤形ヲ有スルモノ (e=1cm)	6750	10667	28,5	16600	3546	44,4
直角鉤形ヲ有スルモノ (e=2cm)	5917	10333	27,5	15967	3401	42,6
直角鉤形ヲ有スルモノ (e=5cm)	5917	10333	27,5	15600	3328	41,6
銳角鉤形ヲ有スルモノ (e=1cm)	6417	10000	26,9	15667	3362	42,0
銳角鉤形ヲ有スルモノ (e=3cm)	6583	10667	28,5	16133	3452	43,3
U式鉤形ヲ有スルモノ	6583	9333	25,1	16033	3425	42,8
橫筋付U式鉤形ヲ有スルモノ	6667	10000	27,8	16800	3844	46,5
降伏點強度ノ超過						

上表ニ據リ先づ注意ス可キハ最大彎曲力率ヲ與フ可キ荷重點ニ  
於テ殆ンド同様ノ荷重ニ達シタル時必ズ最初ニ其彎曲ヨリ來ル  
裂縫ヲ見ルコト是レナリ即チ其裂縫ヲ生ズル荷重ハ鐵筋表面ノ  
狀態如何ニ關係ナキモノ、如ク常ニ桁ノ下側ニ於ケル混擬土ノ  
應張力ヲ超過シタル場合ニ起ル可シ。

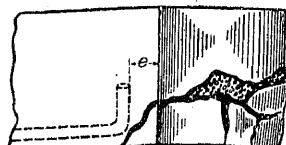
鉤端ヲ有セザル平滑ナル鐵筋ニアリテハ $x$ ノ移動ヲ初ムルト  
共ニ桁ノ對抗力ハ急激ニ減退シ黑皮付ノモノハ其附著力度ヲ超  
過スルニ至ル迄ハ猶其荷重ヲ遞加スルコトヲ得可シ而シテ鉤形

ヲ有スルモノハ荷重ノ著シク増進シタル時初メテ  $\alpha$  ノ移動ヲ認め可ク其鉤形ノ如何ニ伴ヒテ或特殊ノ影響ヲ與フルコトナキガ如シ但シ横筋ヲ有スルモノ、 $\alpha$  ノ移動ハ最初ニハ特ニ著シキ影響ナキガ如キモ荷重ノ増加ニ伴ヒ鐵筋ノ滑動ハ漸次阻止セラル、ノ傾向ヲ有ス。

最大荷重ハ鐵筋ノ終端鉤形ヲ有スルモノニアリテハ其之ヲ有セザルモノニ比シテ著シク増進スペキコト假令ハ平滑面ヲ有スルモノニアリテハ鉤形ヲ有セザルモノハ直角鉤形、銳角鉤形及U式鉤形ニ對スル最大荷重ノ比  $1:1.6:1.8$  及  $1.96$  の結果ヲ示シ更ニ直角鉤形、銳角鉤形及U式鉤形ノ三者ヲ比較スルニ其最大荷重ノ割合ハ  $1:1.06:1.16$  ヲ得タリ黒皮付ノモノニアリテハ其影響之ヲ平滑面ノモノニ比シテ著シク小ナルハ注意ス可ク鉤形ヲ有セザルモノニ對スル他三者ノ割合ハ何レモ  $50\%$  乃至  $60\%$  の增率ヲ呈スルニ過ギザルヲ見ル可シ此現象ヲ生ズルノ原因ハ此實驗ニアリテハ何レモ鐵筋ノ降伏點強度 (Strength at yield point) = 近キカ若クハ之ニ達シタルニモ依ルナル可シ但シ其絕對的對抗力ハ黒皮付ノモノ何レモ平滑面ノモノニ比シテ頗ル大ナルハ言フヲ俟タズ。

次ニ混泥土ノ小口破壊ノ狀態ハ頗ル興味アル結果ヲ呈セルモノアリ直角鉤形ヲ有スルモノニアリテハ鉤端上方ニ彎曲シ鉤端ト小口トノ間ニアル混泥土ノ破壊ハ第五百十圖ノ如キ形狀ヲ示シ、ノ厚サハ其裂開ニ何等ノ影響ヲ與ヘズ銳角鉤形及U式鉤形ノ

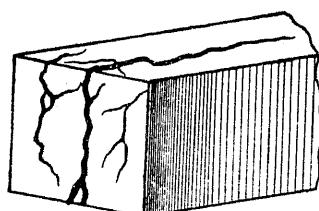
第五百十圖



## 桁梁ニ關スル實驗

モノハ其鉤端ノ混泥土ニ對スル壓縮大ナル結果桁ノ垂直面ニ沿

第五百十一圖



フテ縦裂スルコト第五百十一圖ノ如ク是ニ依リテ混泥土上ニ鉤端ノ與フル壓縮ハ約  $600 \text{ kg/cm}^2$  ヲ超過ス可シU式鉤形ト横筋トヲ有スルモノニアリテハ最早縦裂若クハ横裂ヲ生ズルコトナク降伏點強度ノ超過ニ依リ寧ロ

上側ニ於ケル混泥土ノ壓縮破壊ヲ呈スルコトアルヲ見ル可シ。

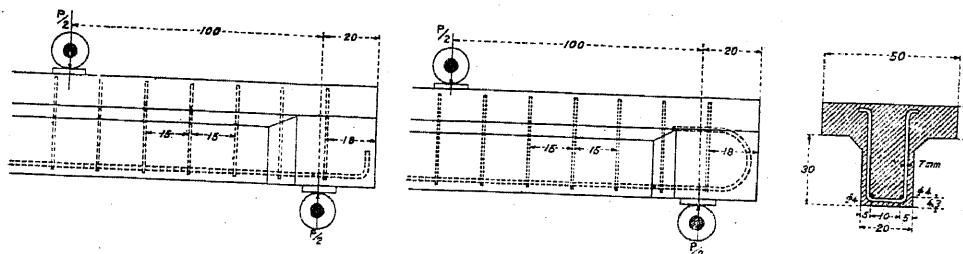
垂直繫索ヲ有スル桁ニ及ボス鉤端ノ影響ハ第五百十二圖ノ裝置ニ依リテ試驗セラレタリ其最大荷重ハ

直角鉤形ヲ有スル桁ニアリテハ  $30667 \text{ kg}$ ,

U式鉤形ヲ有スル桁ニアリテハ  $36000 \text{ kg}$ .

ニシテ後者ハ前者ニ比シテ  $17\%$  の增進強度ヲ示セリ而シテ繫索

第五百十二圖



ハ其破壊ニ對スル抵抗力ヲ增進スルノ效力著シカラザルガ如ク若シ之ニ代ユルニ桁端ニ近ク螺旋筋ヲ添置セバ其效力寧ロ大ナルモノアルヤ疑フ容レズ。

以上實驗ノ結果ニ依リテ之ヲ結論スルニ桁ニ最初ノ裂縫ヲ與フル荷重ハ鉤端ノ有無ニ依リテ著シキ差違ヲ認ムルコトナキガ

如キモ其破壊ヲ來ス可キ最大荷重ニ於テ約50乃至95%，鐵筋ノ應力ニ於テ50乃至110%，附著力度ニ於テ55乃至75%ノ增加ヲ呈セルヲ見ル而シテ其增率ハU式鉤形及横筋付U式鉤形ニ於テ殊ニ著シキガ如シ但シ普通ノ場合ニアリテハ桁端ノ破壊ハ降伏點ニ近キ鐵筋ノ高應力ニ依リテ拘束セラル、ヲ常トスルヲ以テ普通慣用ノ鉤端(直角、銳角若クハU式鉤形)ヲ使用スルモ充分有效ナル可ク特別ノ場合ニ於テノミ「コンシデール」式螺旋筋ヲ添和スルカ若クハ横筋付U式鉤形ヲ應用スルノ必要アル可シ更ニ繫索ノ有無ガ附著力ニ及ボス影響ハ特ニ注意ニ值スルモノナキモ最初ノ裂縫ヲ見タル後其増進ヲ防止スルノ效力ハ必ズシモ見逃スベカラザルモノ、如シ。

### 第七節 鐵筋混凝土ノ伸張度

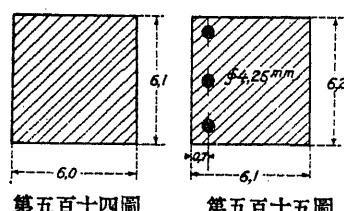
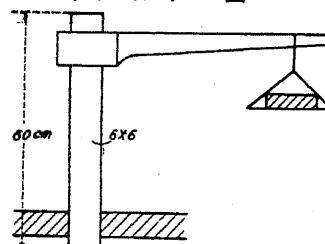
上巻第二編第十一章第二節ニ論ジタルガ如ク純混凝土ノ應張強度ハ3ヶ月ノ材齡ニ於テ約 $200\text{kg/cm}^2$ ( $200\text{kg/in}^2$ )，其總伸張量ハ $E_c = 2000000$ ノ假定ニ對シテ恐ラクハ $\frac{1}{10000}$ ヲ超過セザル可シ今鋼材ガコレト同等ノ伸張ヲナスモノトシ $E_s = 3000000$ トセバ其受クル應力ハ $\frac{3000000}{10000} = 300\text{kg/cm}^2$ ( $300\text{kg/in}^2$ )トナル可ク更ニ混凝土ノ安全應張力度ヲ $50\text{kg/cm}^2$ ( $50\text{kg/in}^2$ )トシ $\frac{E_s}{E_c} = 15$ トセバ鋼材ニ受クル應力ハ僅カニ $750\text{kg/cm}^2$ ( $750\text{kg/in}^2$ )ニ過ギザルヲ見ル即チ應張材トシテ鐵筋混凝土ヲ使用スル場合ニハ鋼材強度ノ利用極メテ低ク寧ロ不經濟ノ構法ナリト云ハザル可ラズ。

斯クノ如ク應張力ヲ受クル構材特ニ桁ノ應張側ニ於ケル鐵筋混凝土ノ性質ヲ研究スルニ或實驗ノ結果ニテハ鐵筋ヲ有スル混凝土ハ純混凝土ニ比シテ其破壊ノ當時迄ハ數倍ノ伸張ヲナス可

ク破壊前或程度迄ハ混凝土ノ抵抗力ハ殆ンド不變ノ最高値ヲ保持スペシトセリ佛國「コンシデール」氏(Considère)一度此說ヲ世ニ公ケニシタリショリ以來歐米ノ學者中其駁論ヲ試ムル者少ナカラズ從ツテ實驗ノ數亦極メテ豊富ナリ今一々之ヲ詳論スルノ暇ナキヲ以テ贅否兩方面ニ涉リテ其二三ヲ摘載ス可シ。

鐵筋混凝土ニ對スル伸張度(Extensibility)ノ研究ニ關シ混凝土ノ軸線ニ沿フテ鐵筋ヲ有スルモノニ就キテ其軸張力(Axial tensile stress)ニ依リテ生ズル伸張度ヲ直接ニ検定セントセバ種々ノ不便ヲ生ズベシ即チ精密ニ其軸線ニ張力ヲ與フルコトノ困難ナルノミナラズ鐵筋ト混凝土トノ間ニ存スル附著力ノ大ナル爲メ其張力ガ重ニ鐵筋ニ傳導セラル、結果トシテ屢々供試片ノ終端ガ不時ニ破壊スルノ恐アルヲ以テ寧ロ彎曲試験ニ依リテ其應張側ニ於ケル伸張ノ結果ヲ推定スルノ優レルニ如カズ此實驗ハ千八百九十八年佛國「コンシデール」氏(Considère)ニ依リテ發表セラレタル

第五百十三圖



第五百十四圖

第五百十五圖

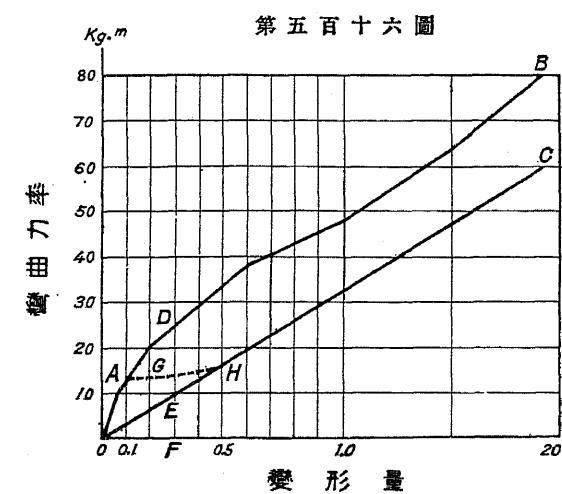
モノヲ噶矢トス氏ノ實驗ニ使用シタル供試片ハ斷面ノ各側約6cm、高サ60cmヲ有シ第五百十三圖ノ如ク荷重ヲ加エ鐵筋ハ第五百十五圖ノ如ク之ヲ應張側ノミニ配置セリ其配合比1:3ニシテ鐵筋ハ直徑4.25mmノモノ3條ヲ有シ更ニ之ト比較スル爲メ第五百十四圖ノ如ク純膠泥ノ同一斷面供試片ヲモ準備シタリ前者5片、後者1片ニ就キテ試験シ

タルニ後者ハ  $0.266 \text{ mm}/\text{m}$  (長サ  $1\text{m}$ ニツキ  $0.266 \text{ mm}$ ノ變形量, 以下倣之) 即チ  $\frac{27}{100000}$  ノ伸張ヲ生ジタル際破壊シタリシモ前者ノ一ハ  $1.98 \text{ mm}/\text{m}$  ノ伸張即チ純膠泥ニ比シテ約7倍ニ達シテ未ダ裂縫ヲ認ムルニ至ラザリキ更ニ之ヲ最初加ヘタル力率ノ44乃至71%ノ割合ヲ以テ 139052 回其實驗ヲ繰返シタルモ其恒久變形(Permanent set) ハ  $0.55 \text{ mm}/\text{m}$  乃至  $1.27 \text{ mm}/\text{m}$  ノ間ヲ往來シテ常ニ原状ニ近ク復歸シタルノミナラズ更ニ其供試片ヨリ應張側ニ於ケル  $12\text{mm} \times 15\text{mm}$ , 長サ 8 乃至  $20\text{cm}$  ノ小片ヲ切取り其彎曲強度ヲ試験シタルニ猶ホ  $22 \text{ kg/cm}^2$  ノ強度ヲ示スヲ見タリ斯くて氏ハ鐵筋ヲ有スル混疑土ハ其之ヲ有セザルモノニ比シテ著シキ彎曲能率ヲ有スペキモノナリトシ「コンシデール」氏及其他ノ實驗ニ從ヘバ直接伸張ニ比シテ彎曲ニ對スル伸張ハ約  $2\frac{1}{2}$  倍ナルベシト云フ)更ニ其理由ヲ次ノ如ク説明シタリ.

鋼鋸ガ張力ヲ受クルトキハ其力ハ最初鋸ノ全長ヲ通シテ等布的ニ配布セラルベキモ應力ノ増加ニ伴ヒ鋸ノ斷面ハ或點ニ於テ收縮シ茲處ニ著シキ伸張ヲ呈ス可シ即チ鋸ノ全長ニ就キテハ 20% 内外ノ伸張ヲ受クルニ對シ破壊點ノ附近ニアリテハ實際之 = 10 乃至 15 倍ノ伸張ヲ見ル可シ若シ此斷面收縮(Reduction in area)ノ現象ヲシテ又膠泥ニモ應用シ得ラルベキモノト假定セバ膠泥供試片ノ全長ニ對スル伸張ハ單ニ平均值ニ過ギズシテ膠泥ノ一部ハ實際更ニ之ニ數倍スルノ伸張度ヲ有スペキノ理ナリ鐵筋混疑土ニアリテハ混疑土ハ鋼材ニ附著シ而シテ鋼材ハ混疑土ヨリモ遙カニ大ナル彈性強度ヲ有スルガ故ニ混疑土ガ局部的ニ收縮セントスル程度ノ應力ニアリテハ鋼材ハ猶未ダ等布的ノ伸張ヲ

受クルノ域ニ達スルニ過ギズ而シテ此二者ノ間ニ附著力アルガ爲メニ其伸張度ニ於テ混疑土ハ鋼材ニ隨從スルコトヲ必要トス可シ從ツテ其全長ヲ通シテ可能的最大伸張ヲ受ク可ク其破壊ヲ見ルハ純混疑土ノ場合ニ比シテ遙カニ大ナル伸張ヲ見タル後ナラザル可ラズトセリ.

氏ハ更ニ  $4.7\text{cm}$  ノ角邊ヲ有シ對稱的ニ直徑  $4.4\text{mm}$  ノ鐵筋 4 條ヲ有スル供試片ヲ取リテ之ニ直接張力ヲ與ヘ鐵筋並ニ膠泥ニ於ケル伸張ヲ検定シ鋼材ノ既知彈性係數及其實測伸張ヨリ鐵筋ノ受クル張力ノ割合ヲ算出シ之ヲ全張力ヨリ減シタル殘量ヲ膠泥ノ斷面ニテ除シタルモノヲ以テ測定張力ニ對スル膠泥ノ單位張力ト定メタリ其應力及應力變形量ノ圖表第五百十六圖ノ如シ今圖



第五百十六圖

ニ據リテ之ヲ見ルニ荷重ガ鋼材ノ彈性限度以内ニアル時ハ變形量ハ等調的ニ增加スルモ其量極メテ少ナシ而シテ A 點ニ至リテ變形量ハ急激ニ增加シ更ニ再び等調ヲ呈シ其形 OAB ノ如クナル可シ測定ノ伸張及鐵筋ノ斷面積ヨリ鐵筋ノ受クル荷重ヲ算定シ其應力變形線ヲ見ルニ彈性限度内ニアリテハ直線ヲナシ AB 線ト實際ニ殆ンド平行セルヲ知レリ OF ナル或變形量ニ對シ EF ハ鋼材ノ受クル荷重ノ部分, ED ハ同シク膠泥ノ受クル部分ニシテ即チ二者

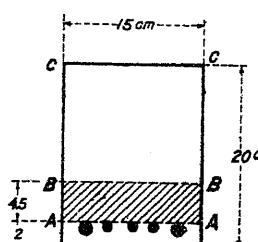
併用ノ場合ニ於ケル膠泥ハ著シク伸張スルノ事實ヲ確認シ得可シ去レドナル或限度ニ達シタル後ハ(伸張約 $0,1\text{ mm/m}$ , 應力 $1800\text{ kg/cm}^2$ )最早著シク増加セズ即チ若シ鐵筋膠泥ニアリテモ鐵筋ヲ有セザルモノト同一程度ニ膠泥ガ伸張スルモノトセバOAGHCナル曲線ニ落下スベキノ理ナリ(本節「バハ」氏實驗參照)斯クテ鋼材ハA點マデハ唯ニ伸張力ヲ膠泥ニ傳導スルニ役立ツノミトナル可シ然ルニ實際ニ於ケル兩者併用ノ伸張線ハOADBノ如クナルヲ見レバ膠泥ト鋼材トノ附著力ニ依リテ鐵筋膠泥ノ裂縫ヲ見ル迄ニハ著シク伸張ノ大ナルノ事實ヲ證明シ得可シトセリ。

其後佛國「コムミシヨン」ニ於テ更ニ重量 $1:2:4$ ノ配合ヲ有スル混疑土供試片ヲ作リテ「コンシデール」氏ノ實驗方法ヲ繰返シタリ供試片ハ其斷面 $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ ニシテ直徑 $6\text{ mm}$ ノ鐵筋4條ヲ有シ長サ $2\text{ m}$ ナリシガ第一號ハ其變形量 $1,35\text{ mm/m}$ , 第四號ハ $1,3\text{ mm/m}$ ニシテ初メテ裂縫ヲ生ジ鐵筋ヲ有セザルモノニ比シテ約10倍ノ伸張ヲ見タリ第二號ハ $0,61\text{ mm/m}$ , 第三號ハ $0,435\text{ mm/m}$ ニ至リ初メテ裂縫ヲ生ジ「コンシデール」氏ノ實驗ト殆ンド同様ノ結果ヲ得タリ更ニ水中放置ノモノハ空中放置ノモノニ比シテ其伸張度大ナリシコトヲ報告セリ。

「コンシデール」氏ノ實驗一度世ニ公ケニセラル、ヤ其說ノ當否ニ關シテ學者間ノ注意ヲ惹起セシメ米國及獨國ノ學者ニシテ其反證ヲ舉グルモノ尠カラズ米國「ハット」氏(Hatt), 澳國「エムペルガー」氏(Emperger), 蘭國「サンデルス」氏(Sanders)等ハ「コンシデール」氏ノ說ヲ是認シ白國「クリストフ」氏(Christophe), 米國「タルボット」氏(Talbot), 及同國「ターノール」氏(Turneaure)等ハ之ヲ駁論シタリ茲ニ於テカ「コン

シデール」氏ハ更ニ其論旨ノ疑點ヲ存セシメザル爲メ千九百四年

第五百十七圖



更ニ第五百十七圖ノ如キ斷面ニシテ長サ $3\text{ m}$ ヲ有スル2個ノ供試體ヲ作リ其配合ハ「セメント」 $400\text{ kg}$ , 砂 $0,4\text{ m}^3$ , 石灰碎石 $0,8\text{ m}^3$ トシ鐵筋ハ外側ニ直徑 $16\text{ mm}$ ノモノ2條, 内方ニ直徑 $12\text{ mm}$ ノモノ3條ヲ配置シ6ヶ月間一ハ濕砂中ニ一ハ水中ニ放置シタル後「メスナーゼ」氏(Mesnager)及「メルシエ」氏(Mercier)ニ依リテ之ヲ試驗セシメタリ第一號ハ長サ $1,02\text{ m}$ ノ測長(Gauge length)ニ對シ $0,625\text{ mm}$ , 第二號ハ測長 $0,5\text{ m}$ ニ對シ $0,68\text{ mm}$ ノ伸張ヲ呈シタル時其荷重ヲ加フルヲ止メ顯微鏡ヲ用キテ精細ニ其裂縫ノ有無ヲ検定シタリシガ應張側ノ純「セメント」上塗面ニハ毫モ異狀ヲ認ムルコトナカリキ更ニABノ部分ヲ鋸断シテ之ヲ試驗シタルニ其強度同質純混疑土ト殆ンド同一ナリシト云フ此結果ニ依リ「コンシデール」氏ハ決シテ前說ノ誤謬ニアラザリシコトヲ主張セリ。

千九百二年瑞西「メルシエ」氏(Mörsch)ノ實驗セルモノハ混疑土ノ配合 $1:4$ , 鐵筋ノ量 $0,4$ ,  $1,0$ 及 $1,9\%$ ヲ有シ桁ノ斷面 $15\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ ニシテ桁ノ中央部ニ於ケル標長 $80\text{ cm}$ ニ就キ應張層ニ於タル伸張度ヲ算

第一百四表

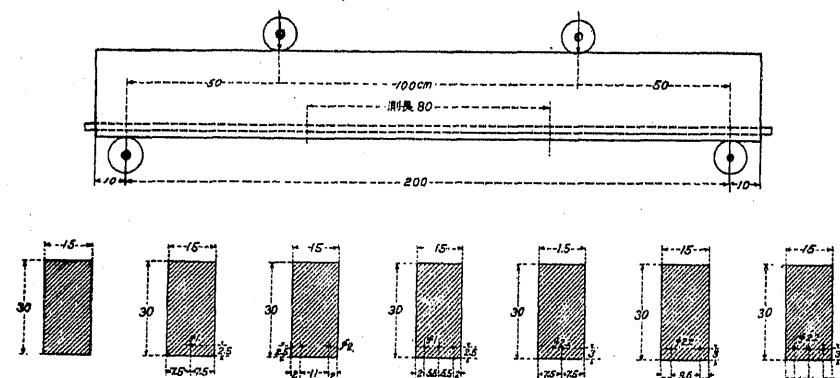
鐵筋混疑土ノ伸張度				
圓錐鐵筋ノ數	鐵筋ノ直徑 $\text{mm}$	混疑土ニ對スル 鐵筋ノ量 $\%$	鐵筋ノ伸張度 $\text{mm/m}$	應張側混疑土ノ 伸張度 $\text{mm/m}$
2	10	0,4	0,42	0,50
2	16	1,0	0,38	0,40
2	22	1,9	0,30	0,38

定シタルモノ第百四表ノ如シ。

此結果ニ依レバ鐵筋混泥土ハ純混泥土ニ比シテ約3倍ノ伸張度ヲ有スルヲ知レリ其供試桁ハ永ク之ヲ濕態放置ノ儘トシ然ル後空中放置ノ状態ニ於テ之ヲ試験シタリ氏ハ實驗ノ結果ニ相違アルハ一部分其放置状態ノ如何ニ依リテ之ヲ説明シ得可ク水中放置ノ混泥土ハ膨脹シ從ツテ空中放置ノモノ即チ容積ノ收縮セルモノニ比シテ其伸張度大ナル可キノ理由存スペシトセリ。

千九百三年獨國クラインローデル氏(Kleinlogel)ノ實驗報告ハ最モ先シジテ「コンシデール」氏ノ説ヲ否認シタルモノナリキ其供試桁ハ長サ $2.2m$ , 斷面 $15cm \times 30cm$ , 混凝土ノ配合 $1:1:2$ ニシテ第五百十八圖ノ如ク中央 $1m$ ノ兩端ニ對稱的ニ荷重ヲ加ヘ更ニ應張

第五百十八圖



第五百十九圖第五百二十圖第五百廿一圖第五百廿二圖第五百廿三圖第五百廿四圖第五百廿五圖

側ニ白泥(White wash)ヲ塗リテ裂縫ノ發見ヲ容易ナラシメタリ猶比較ノ爲メ供試桁ハ鐵筋ヲ有スルモノト純混泥土トノ二様トシ鐵筋ノ配置ハ夫々第五百二十圖以下第五百二十五圖ノ如クシ6ヶ月間濕砂中ニ放置シタル後荷重ヲ加エ標長 $80cm$ ニ就キテ其伸

張ヲ測定シタリ其結果第百五表ノ如シ

第一百五表

鐵筋ノ種々ノ配置ニ對スル伸張度		
番號	斷面	平均伸張度 mm/m
I	第五百十九圖	0,131
II	第五百二十圖	0,116
III	第五百二十一圖	0,156
IV	第五百二十二圖	0,161
V	第五百二十三圖	0,154
VI	第五百二十四圖	0,156
VII	第五百二十五圖	0,137

即チIIハIニ比シテ其伸張度稍々少ナクIII以下VIIハ稍々大量ヲ有スルVIIハ毫モ鐵筋ヲ有セザルIニ比シテ其伸張度殆ンド相同シ即チ氏ハ其實驗ニ依リテ「コンシデール」氏ノ所謂鐵筋ノ有無ニ依リテ混泥土ノ伸張量ニ差違アルノ説ヲ否認シタリ。

千九百二年米國「ウイスコンシン」大學(University of Wisconsin)ニ於テ「ターノール」氏(Turneaure)ノ施行セル實驗中偶然其初發ノ裂縫(Incipient crack)ヲ確ムルノ方法ヲ發見シタリ即チ水中ニ放置シタル供試桁ヲ取リ實驗ノ前一部分之ヲ乾カシタルモノ其試驗中ノ初期ニ於テ甚ダ微細ナル毛狀裂縫(Hair crack)ヲ顯出シ猶之ヲ精密ニ注意セシニ其顯出ニ先ダチ桁ヲ横斷シテ淡黒色ノ濕線(Wet line)ヲ認ムルコトヲ得タリ此濕線ハ速カニ甚ダ微細ナル裂縫ヲ伴フヲ常トセリ伸張ニ對スル綿密ナル測定ニ基キ此濕線即チ水斑點(Water marks)ハ鐵筋ヲ有セザル純混泥土ノ破壊ト同一ノ變形量ヲ生ジタル際ニ發生スベキコトヲ確認シ得タリ千九百六年同工科大學紀要ニ示セル一部分ノ結果ヲ摘載スレバ第百六表ノ如シ。

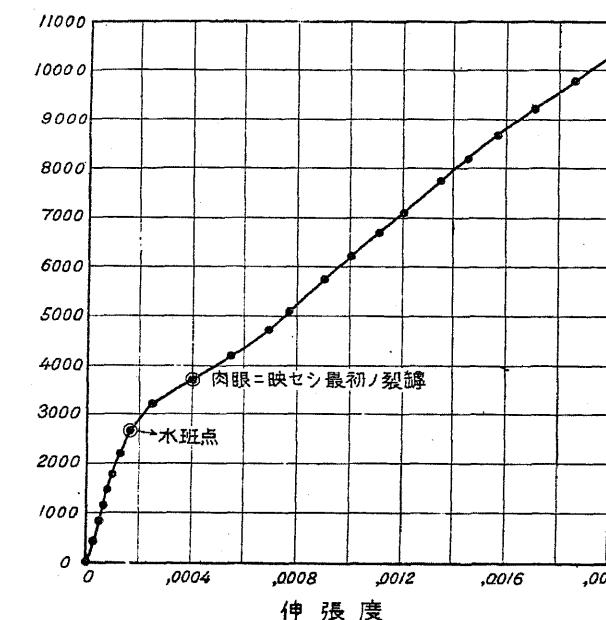
第一百六表

番 號	材 齡	荷重ノ方法	伸 張 量		立方供試體ノ 強度 $\text{kg}/\text{cm}^2$
			最初ノ水斑點	最初肉眼ニ映セ ル裂縫	
A	3月	1點	0,00011	0,00064	4250
B	"	"	0,00024	0,00046	2500
C	"	"	0,00025	0,00065	2775
D	"	"	0,00016	0,00056	3000
E	"	"	0,00012	0,00064	2600
F	1月	中心點	0,00015	0,00036	3500
G	"	"	0,00020	0,00031	3500
H	"	"	0,00009	0,00011	2350
I	"	"	0,00020	0,00060	2500
J	"	"	0,00013	0,00053 破壊點 0,00013	3150
K	"	"	—	0,00013	3000
L	"	"	—	0,00010	2500

此實驗ハ明カニ「コンシデール」氏ノ説ヲ否認シタルモノニシテ千九百三年「ターノール」氏ノ實驗ハ混泥土ノ重量配合 1:2:4, 斷面 6"×6", 自由徑間 60" ノモノニ就キ 48 時間型入ノ儘濕布ヲ以テ之ヲ掩ヒ後流水中ニ放置シタルモノノ實驗結果亦前述ト同様ノ現象ヲ認メタリ今其實驗中ヨリ得タル曲線ノ一部ヲ示スキハ第五百二十六圖ノ如シ氏ハ結論トシテ若シ水斑點ノ發生ヲ以テ未だ肉眼ニ映ゼザル裂縫ノ初發ヲ示スモノト假定セバ鐵筋混泥土ノ伸張度ハ純混泥土ノ破壊時ニ於ケル伸張度ト同ジク其值 0,0001 及 0,0002 ノ間ニアルベシトセリ。

千九百六年佛國「フェレ」氏 (Feret) ノ報告ニ依レバ幅 5cm, 高サ

第五百二十六圖



5cm, 長サ 60cm,  
供試桁ヲ取り 3  
ヶ年間水中ニ放  
置シタル後彎曲  
試験ヲ施シタル  
モノニ就キテ得  
タル最モ注意ス  
可キ現象ハ裂縫  
ノ前提トシテ桁  
ノ應張側ニ於テ  
先づ水斑點ノ顯  
ハル、コトニシ  
テ其水斑點ハ鐵  
筋ヲ有スル桁ニアリテモ其之ヲ有セザルモノ、裂縫ヲ生ズベキ  
程度ノ荷重點ニ於テ殆ンド常ニ之ガ顯出ヲ認メタルコト是レナ  
リ此現象ヨリ推シテ氏ハ若シ水斑點ノ顯出ヲ以テ裂縫ノ前提ト  
見做ストキハ鐵筋混泥土ノ伸張度ハ鐵筋ヲ有セザルモノ、伸張  
度ト比シテ著シキ徑庭アリトノ「コンシデール」氏ノ説ニハ必ズシ  
モ左祖スルコト能ハザルモノナリトセリ。

一般ニ裂縫ノ現出ヲ見出スニ容易ナル爲メ供試桁ノ應張側ニ  
膠泥ヲ塗リテ其面ヲ平滑トスルハ普通ノ方法ナルモ其裂縫ノ肉  
眼ニ映ズル程度ニ於ケルモノガ果シテ初發ノモノナリヤ否ヤ疑  
ナキ能ハズ前述ノ如ク學者ノ實驗ガ其初發裂縫ノ有無ニ依リテ  
伸張量ノ多寡ニ關シ意見ノ抒格アルヲ見レバ其之ヲ檢定スルニ

當リテ假令ヒ毛狀ノ裂縫ト雖モ豫メ之ヲ認メ得ルノ裝置ヲ準備シ置クノ必要アルヤ明カナリ故ニ其實驗ニ關シテハ或ハ白墨泥(White wash)ヲ以テ充分ニ應張面ヲ塗抹シ或ハ檻板面ヲ極メテ鄭重ニ鉋削シテ混擬土ノ底面ヲ平滑トシ綿密ニ其毛狀裂縫ヲモ檢視シ得ル様準備スルヲ要ス。

千九百七年獨國バッハ氏(Bach)ノ實驗報告ハ頗ル詳細ニ涉リテ以上ノ疑點ヲ解折セルモノアリ氏ノ實驗シタルモノハ長サ $2,16m$ , 高サ $30cm$ , 幅 $15cm$ ,  $20cm$  及 $30cm$ ノ三種ニシテ鐵筋ノ割合モ亦之ヲ數様ニ分チタリ支點間ノ距離ヲ $2m$ トシ中央 $1m$ ノ左右ニ於テ對稱的ニ荷重ヲ加エ標長 $70cm$ ヲ取リテ其伸張ヲ測定シ更ニ比較ノ爲メ $400cm^2$ ノ斷面ヲ有スル應張供試材ヲ作リ垂直荷重ヲ加エテ之ヲ切斷シタリ混擬土ノ配合ハ A 及 B ナル二種ノ「セメント」ヲ取り其容積 1 ト砂 3 及砂利 2 トノ割合ニ混ゼル混擬料 4 トノ比ヲ有セリ $30cm$ ノ側邊ヲ有スル立方供試體ニテ試驗セル混擬土ノ應壓力ハ硬化後 7 ケ月ニ於テ A 種「セメント」ノモノ $228kg/cm^2$ , B 種「セメント」ノモノ $247kg/cm^2$ ナリキ試驗桁ノ内其 95 個ハ試驗前 4 時間迄之ヲ濕潤狀態ニ, 2 箇ハ之ヲ乾燥狀態ニ他ノ 4 個ハ之ヲ水中ニ放置シ何レモ 6 乃至 7 ケ月ノ材齡ニ於テ之ヲ試驗シタリ濕潤狀態ニ於ケルモノハ荷重ヲ受クルニ從ヒ最初其應張側ニ裂縫ノ前驅タル水斑點ヲ顯出セリ其當時ニ於ケル伸張量第百七表ノ如シ。

即チ「コンシデール」氏ノ說ニ反シ最初ニ水斑點ノ顯ハレタル場合ニ於ケル混擬土桁ノ伸張量ハ直接伸張ヲ受クル供試片ノ切斷時ニ起ル伸張量ト殆ンド相同シキヲ知レリ。

第一百七表

鐵筋混擬土ノ伸張度		
セメント ノ種類	供試桁ノ種類	水斑點ヲ見タル時ノ伸張度
A 種	鐵筋ヲ有セザル 3 個ノ供試桁	$0,08mm/m$
"	鐵筋ヲ有スル 56 個ノ供試桁(鐵筋ノ數) (1 乃至 5 條)	$0,06 - 0,10mm/m$
"	鐵筋ヲ有セザル 5 個ノ伸張供試桁(切斷ノ際ニ於ケル伸張度)	$0,065 - 0,09mm/m$
B 種	鐵筋ヲ有スル 2 個ノ供試桁(鐵筋ノ數) (3 乃至 5 條)	$0,09 - 0,10mm/m$
"	鐵筋ヲ有セザル 4 個ノ伸張供試桁(切斷ノ際ニ於ケル伸張度)	$0,08 - 0,10mm/m$

純混擬土ノ供試桁ニ初メテ水斑點ヲ見タルトキハ未ダ其桁ニ裂縫ヲ認メズ而シテ $0,08mm/m$ ニ至リテ水斑點ノ顯ハレタルモノノ破壊時ニ於ケル伸張量ハ $0,125mm/m$ ナリキ。

鐵筋ノ配置ガ及ボス可キ影響ニ關シテハ鐵筋ノ數多クシテ桁幅小ナルモノハ其初發水斑點ノ數甚ダ多シ即チ裂縫ヲ生ズル前ニ混擬土ノ伸張量ハ鐵筋ノ數多キモノ程大ナルコト假令バ

幅 $30cm$ ニシテ直徑 $2,5cm$ ノ鐵筋 1 條ノミヲ

有スルモノノ伸張量  $0,185mm/m$

幅 $15cm$ ニシテ直徑 $1,0cm$ ノ鐵筋 3 條ヲ有スルモノノ伸張量  $0,171mm/m$

ノ如シ前述ノ如ク水中放置ノ混擬土ハ膨脹シ空中放置ノモノハ收縮スルヲ以テ前者ハ裂縫ヲ生ズル前混擬土ノ伸張量大トナル可ク後者ハ其量小トナル可シ假令バ高サ $30cm$ , 幅 $30cm$ , 鐵筋直徑 $2,6cm$ ノモノ 1 條ヲ有スルモノニ於テ

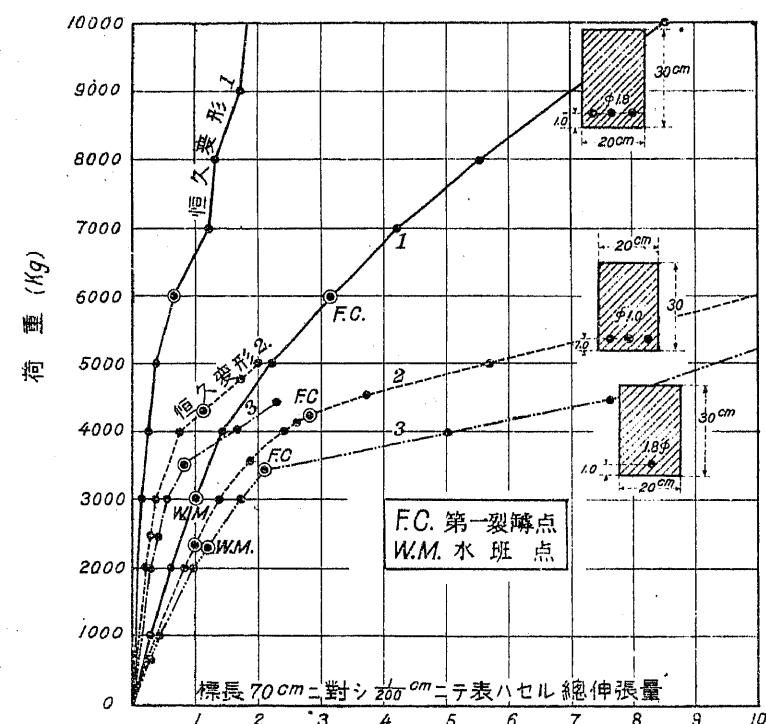
水中放置ノモノノ伸張量  $0,205mm/m$

空中放置ノモノノ伸張量  $0,097mm/m$

即チ空中放置ノモノハ水中放置ノモノヨリモ遙カニ早ク裂縫ノ顯ハル、ヲ見ル可シ但シ此現象ハ「セメント」ノ種類放置時間ノ長短若クハ配合ノ比ニ依リテ異ナル可キハ勿論ナリトス假令ハ空中放置ニ於ケル富質配合ノモノハ貧質配合ノモノヨリモ其容積ノ收縮大ナルヲ以テ裂縫ノ顯ハル、コト前者ハ後者ヨリモ早キガ如キ是レナリ更ニ混擬土ノ調合ニ多量ノ水ヲ使用シタルモノハ一般ニ裂縫ニ對スル抵抗小ナルガ如シ。

今第五百二十七圖ニ於テ「バッハ」氏ノ實驗ニ係ル結果ノ一例ヲ示

第五百二十七圖



ハ鐵筋ト混擬土トノ合成一體トシテノ作用ヲ呈スルコトヲ示シ  
次ノ急曲線ニ入ルヤ最初ノ水斑點現ハレ同時ニ鐵筋ハ著シク應

張力ヲ發揮シ次ノ近似直線ニ入ルニ先チテ初メテ肉眼ニ於テ明ラカニ裂縫ヲ認メ得ルニ至ルベシ。

前記ノ外米國ハット氏(Hatt)、同國タルボット氏(Talbot)、獨國ルーデロフ氏(Rudeloff)、同國プロブスト氏(Probst)、同國グラーフ氏(Graf)、同國ラベス氏(Labes)、同國メーラー氏(Möller)、澳國エムペルガー氏(Emperger)、白國クリストフ氏(Christophe)、瑞西シューレ氏(Schüle)等ノ實驗結果ノ公ケニセラレタルモノアリ今一タ之ヲ記載セズ。

以上ノ結果ヲ綜合スルニ鐵筋混擬土桁ノ應張側ニ就チ或一定ノ標長ニ對スル伸張量ヲ圖式的ニ表ハストキハ其曲線ノ性質略ボ相一致スルヲ見ル可シ即チ何レモ直線ヲ以テ初マリ多少急激ナル曲線ト變ジ更ニ再び直線狀態ニ復歸ス可シ而シテ最初ノ裂縫ハ急變曲線ノ終點即チ第二次直線ノ初點ニ近ク起ルヲ見ル但シ其初發毛狀裂縫(水斑點)ノ現出ハ略ボ純混擬土ノ極強點ニ近キモノト論斷セル者多ク「コンシデール」氏ノ所謂鐵筋ノ挿入ハ絕對ニ混擬土ノ伸張度ヲ增加ス可シトノ說ハ未タ遞カニ首肯シ難キノ點アルモノ、如シ但シ初發ノ水斑點ハ桁ノ應張面ヲ橫ギリテ全部ニ擴ガルノ事實ナキヲ以テ水斑點ノ現ハレタル後モ混擬土ハ猶全體トシテハ幾分ノ應張力ヲ有スルコトハ事實ナルモ此等毛狀裂縫ノ發生ハ著シク混擬土ノ應張力ヲ減殺ス可キヤ疑ヲ容レズ而シテ此等ノ毛狀裂縫ハ鐵筋ニ受クル應力  $5000\text{kg/cm}^2$  (352kg/cm) 若クハ其以下ニ對應セル伸張量ヲ受ケタル場合ニ顯ハル、ヲ以テ鋼材ニ對スル普通ノ許容應力ヲ利用セントスル場合ニハ混擬土ノ應張力ヲ無視スルノ妥當ナルヲ知ル可シ惟フニ各國ノ規定ニ桁應張側ニ於ケル混擬土ノ應張力ヲ無視ス可シトセルハ此等

ノ論據ニ基キタルモノナル可シ但シ必要上鐵筋ノ受クル應力極メテ小ナル場合ニハ混擬土ノ應張力ヲモ顧慮中ニ加フルコト必ズシモ不可ナリト云フ可ラズ此限度ハ恐ラクハ鐵筋ノ受クル應力  $2000\text{kg/cm}^2$  内外ナル可ク混擬土ニ於ケル伸張度  $0,00006$  内外其應力  $150$  乃至  $170\text{kg/cm}^2$  ( $10,6$  乃至  $12\text{kg/cm}^2$ ) ニ對應ス可シ。

猶ホ實際ノ計畫ニ於テ最モ重要ナル問題ハ如何ナル程度ノ裂縫迄内部ノ鐵筋ニ酸化作用ヲ與フルノ恐レナキカラ知ルニアリ此點ニ關シテハ經驗上實驗ノ初期ニ於ケル初發ノ毛狀裂縫ハ殆シド顧慮ス可キ影響ヲ與フルコトナキモノ、如シ。

#### 第八節 裂縫ノ現出ト力ノ傳導トノ關係。

第七節ノ所論ニ依リ應張側ニ於ケル裂縫ヲ生ズル前混擬土ノ與フル伸張量ハ多クトモ  $2mm/m$  内外ニ過ギザルヲ見ル可シ而シテ裂縫ヲ生ジタル場合ニ於テ混擬土ト鐵筋トノ間ノ力ノ傳導 (Transmission of force) ニ關シテ其裂縫ノ數ガ如何ナル關係ヲ與フ可キヤフ研究スルコト亦必要ノ問題ナリトス。

千九百二年佛國「コンシデール」氏 (Considère) ノ實驗ハ裂縫ヲ生ズル前混擬土ノ應力ハ漸次減少シ一度裂縫ヲ生ジタルトキハ其受クル張力ハ專ラ鐵筋ニ依リテノミ傳導セラル、コトヲ指摘シ其力ノ傳導ハ鐵筋ト混擬土トノ附着力ニ歸因シテ行ハル可キモノナリトシ更ニ鐵筋ノ數ヲ增加スルニ從ヒ鐵筋ガ混擬土内ヲ滑動セントスルノ傾向減少ス可ク鐵筋ノ周邊增加スルニ從ヒ附著力度小トナリ從ツテ裂縫ノ增開ヲ妨止ス可シトセリ。

獨國「バッハ」氏 (Bach) 及「グラーフ」氏 (Graf) ノ千九百五年、千九百七年、千九百十年及千九百十一年ニ涉レル實驗ノ結果ニ依ルニ裂縫ノ

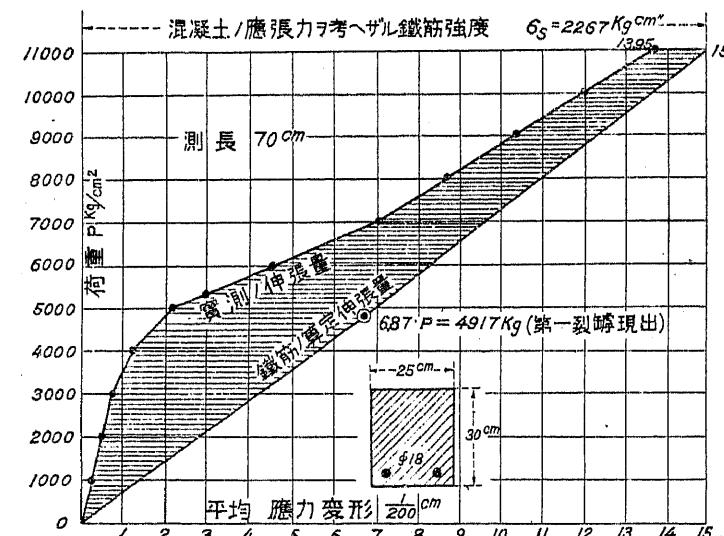
間隔數及其幅等ノ分配ハ鐵筋ノ應張側面ヨリノ距離、鐵筋配置ノ如何、鐵筋周邊ノ長サ及其表皮粗鬆ノ度等ニ依リテ異ナリ裂縫ノ初發ハ常ニ應張側面ノ下縁ニ於テシ裂縫ヲ生ジタル後ハ應張側ニ於ケル混擬土ハ猶鐵筋ノ伸張スルニ拘ラズ最早之ニ隨從スルコトナク裂縫ノ幅ハ益々增開スルヲ見ル可シ但シ鐵筋ノ表皮滑カナルモノハ其粗ナルモノニ比シテ裂縫ノ度更ニ大ニシテ其割合 2 倍乃至 4 倍ニ至ルコトアリ鐵筋ノ周長及鐵筋數ガ及ボス影響モ亦全ク之ニ準ズ。

今裂縫増開ノ進行ヲ説明スル爲メ其供試桁ノ一ニ顯ハレタル或一點ノ裂縫ニ就キテ之ヲ言ヘバ荷重  $8000\text{kg}$  ニ於テ裂縫ノ幅  $0,008mm$  ヲ有セシモノ  $12000\text{kg}$  ニ至リテ其長サノ增加ト共ニ幅  $0,032mm$  トナリ約 4 倍ニ增大セリ即チ  $8000\text{kg}$  ヨリ  $12000\text{kg}$  ニ至ル間ニ混擬土ノ變形量ハ鐵筋ノ變形量ニ比シテ  $0,024mm$  丈ケ遞進シタリ是レ其裂縫ノ位置ニ於テ其量丈ケ鐵筋ノ滑動セルコトヲ示スモノナリ。次ニ  $P = 14000\text{kg}$  迄ハ裂縫ノ長サ更ニ增加シタリシガ  $16000\text{kg}$  ニ至ルモ最早其長サヲ變ゼズ而シテ其裂縫ノ幅ハ  $12000\text{kg}$  以來更ニ增進ノ形迹ヲ認メズコレ  $P = 14000\text{kg}$  ニ達シタルトキ其右側ニ於テ更ニ新ラシキ他ノ裂縫ヲ生ジタリシニ依ル猶荷重ヲ增加シタルニ裂縫ノ長サ及幅トモ極メテ徐々ニ進行セルニ過ギザリキ更ニ他ノ一點ニ就キテ觀察スルニ裂縫ノ左右早ク新ラシキ他ノ裂縫ヲ見タル場合初發裂縫ノ長サ及幅ノ增進率ハ其新ラシキモノ、顯ハレタル數ニ應ジテ漸次其率ヲ遞減スルヲ認メタリ是ニ依リテ之ヲ見ルニ鐵筋ト混擬土トノ附著力ハ裂縫ヲ生ジタル位地ニ於テ漸次減少シ其幅ハ新タニ生ズル附近ノ裂縫ノ影

響ヲ受ケテ増減スルモノナルコトヲ知リ得可シ。

裂縫間相互ノ距離ガ裂縫ノ幅ニ及ボス關係ハ氏ノ實驗セル供試桁ニ就キテ云ヘバ鐵筋ノ受クル應力度  $780 \text{ kg/cm}^2$  ( $11092^*/\text{o}''$ ) 邊ニアリテハ其距離ト幅トハ殆ンド無關係ナルガ如シ  $1300 \text{ kg/cm}^2$  ( $18486^*/\text{o}''$ ) ニ至リテハ裂縫ノ間隔凡ソ  $12\text{cm}$  ヨリ小ナルトキハ幅ハ其距離ト共ニ增進ス可ク猶ホ大ナル距離トナレバ最早著シキ影響ヲ認メズ更ニ  $2340 \text{ kg/cm}^2$  ( $33275^*/\text{o}''$ ) ニ至リテ或裂縫ハ著シク增大シ其附近ノ裂縫ハ却ツテ閉塞シタルモノアリ要スルニ裂縫ノ増開ハ或特殊ノモノニ集中スルノ傾向アルヲ見ル可シ。

更ニ裂縫ヲ生ジタル場合應張側ニ於ケル應滑力ノ漸次減退スルノ事實ハ其應張側ニ於ケル變形示圖ニ依リテ推斷スルコトヲ



トキニ於テ最大値ヲ有シ荷重ノ増加ニ伴ヒ混擬土ノ有スル伸張量ハ漸次減少スルノ事實ヲ認ムルコトヲ得可シ。

千九百七年瑞西「シューレ」氏 (Schüle), 千九百八年米國「ベリー」氏 (Berry) ノ實驗ハ共ニ繰返シ同一荷重 (Repeated loading) ヲ加フルトキハ裂縫ノ長サト其數トヲ增加ス可キモノナルコトヲ認識セリ。

千九百七年獨國「プロブスト」氏 (Probst) ハ鐵筋ノ形狀ト桁ノ側面ニ生ズル裂縫トノ關係ヲ研究シタリシガ其斷面何レモ幅  $16\text{cm}$ , 高サ  $22\text{cm}$ , 鐵筋ノ種類圓鋸、「ランサム」鋸、「サッシャー」鋸及「ジョンソン」鋸ノ四種ニシテ何レモ應張側ニ其 5 條ヲ配置シ其斷面夫レゾレ  $3,69\text{cm}^2$ ,  $3,12\text{cm}^2$ ,  $3,58\text{cm}^2$  及  $3,32\text{cm}^2$  ヲ有シ一ハ水中放置, 一ハ空中放置ノ狀態ニ置キタルモノニ就キテ實驗シタリシガ其鋸ノ種類ニ從ヒテ殊更裂縫ノ數ニ増減アルノ事實ヲ認メズ而シテ水中放置ノモノハ之ヲ空中放置ノモノニ比シテ裂縫ノ展開輕少ナルガ如シトセリ。

更ニ佛國「メスナーゼ」氏 (Mesnager) 及「エルシエ」氏 (Mercier), 獨國「ブロイスク」氏 (Preuss), 同國「ホマン」氏 (Homann), 同國「マルテンス」氏 (Martens), 同國「エンゲッサー」氏 (Engesser), 同國「クラインローデル」氏 (Kleinlogel), 澳國「エムペルガー」氏 (Emperger), 白國「クリストフ」氏 (Christophe) 等ノ實驗アルモータ之ヲ摘載セズ。

以上ノ結果ヲ概括スルニ荷重ノ増進ニ伴ヒ無數ノ毛狀裂縫ガ一様ニ配付セラレ各裂縫ノ展開極メテ緩徐ナルモノ程其最大堪荷力ヲ高ム可シ裂縫ノ數少クトモ其展開ノ度大ナルトキハ混擬土ノ對抗力ハ著シク減殺セラルレバナリ。即チ鐵筋ノ表面ハ圓滑ナラザルヲ要シ其數多クシテ周邊大ナルヲ可トス然カモ裂縫ニ對スル關係ハ鐵筋ノ形狀ニ依リテ (米國式鐵鋸ノ如キ) 著シキ影響ヲ與フルコトナキモノ、如ク猶繰返シ同一荷重ヲ受クル場

合ハ裂縫ノ數及大サトモ共ニ増加ス可シ。

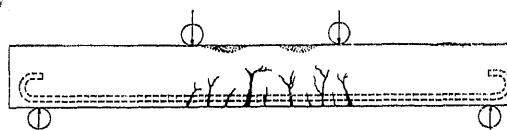
更ニ此等ノ實驗ヲ行フニ際シテハ直接剪力ノ加ハラザル様常ニ桁ヲ三分シテ其三分ノ一點ニ荷重ヲ加エ桁ノ中央ニ或標長ヲ撰ビテ其裂縫ノ性質ヲ研究スルコト必要ナリ。

### 第九節 鐵筋混泥土桁破壊ノ狀態

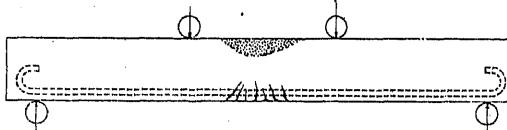
鐵筋混泥土桁ノ實驗ニアリテハ 1) 最大彎曲率ノ斷面若クハ其附近ニ於ケル鐵筋ノ張力不足(Tension failure), 2) 1) ト同様ノ點ニ於ケル混泥土ノ應壓力不足(Compression failure), 3) 混泥土ノ應剪力不足(Shear failure), 4) 鐵筋ト混泥土トノ間ノ附著力不足(Slipping failure), 5) 剪力大ナル個所ニ於ケル混泥土ノ傾斜張力不足(Diagonal tension failure)ノ何レカニ依リテ之ヲ破壊セシムルコトヲ得可シ内第四項ニ關シテハ既ニ第四節及第五節ニ論述シタルヲ以テ他ノ各項ニ涉リ以下節ヲ追フテ其研究ノ結果ヲ記述ス可シ。

1) 桁ガ遞次ニ荷重ヲ受ケ最初ニ鐵筋ガ降伏點ニ達シタルトキ

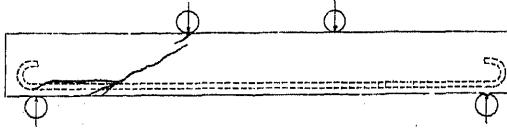
第五百二十九圖



第五百三十圖



第五百三十一圖



ハ猶荷重ノ增加ニ伴ヒ著シク變形量ヲ增加ス可シ  
其結果應張側ニ於テ大ナル裂縫ヲ生ジ中軸線ノ位置ハ上昇シ從ツテ應張側ニ於ケル混泥土ハ急激ナル壓力ノ增加ニ堪エズ遂ニ壓挫破壊(Crushing)ヲ呈スルニ至ル可シ即チ此場合ニアリテハ鐵筋不足ノ結

果降伏點ガ桁ノ強度ヲ支配セルモノト考フルコトヲ得可シ其狀態正ニ第五百二十九圖ノ如シ。

2) 若シ桁ガ比較的長クシテ鐵筋ノ量充分ナルトキハ鐵筋ノ降伏點ニ達スル前混泥土ノ應壓力既ニ其限度ヲ超エ應壓層ノ壓挫ニ依リテ破壊スルコト第五百三十圖ノ如シ此場合ニアリテハ應張側ニ亦多少ノ裂縫ヲ生ズルモ然カモ其展開<sup>1)</sup>ノ場合ノ如ク著シカラズ。

3) 支點ニ近ク著シキ荷重ヲ受クルトキハ其剪力ニ堪エズ混泥土ノ剪斷セラル、コトアリ去レド混泥土ノ直接剪力ハ應壓力ノ約二分ノーフ有スルヲ以テ斯クノ如キ破壊ハ實際ニ於テ殆ンド起リ得ザル現象ニシテ從ツテ顧慮ヲ要スルガ如キ場合極メテ稀レナリ。

4) 鐵筋及混泥土間ノ附著力不足ノ爲メニ生ズル破壊ハ又之ヲ見ルコト甚ダ稀レナルノミナラズ適當ナル構法ヲ施サバ之ヲ避クルコト極メテ容易ナルヲ以テ實際ニハ之ニ依リテ桁ノ強度ヲ限定スル場合殆ンドコレナシト云フコトヲ得ベシ。

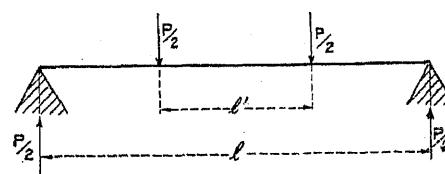
5) 剪力大ニシテ同時ニ著シキ水平或ハ力率應力(Horizontal or Moment stress)ノ存在スルトキハ若シ特殊ノ設備ヲ施サザル場合ニハ對角線張力ニ依リテ破壊セラル、コト少ナカラズ特ニ桁高ニ對スル徑間ノ割合1:10ヨリモ大ナルガ如キ場合ニ起ルコト多シ從來剪力破壊ト傾斜張力破壊トハ屢々混同セラレタル現象ナルモ普通破壊ノ狀態ハ後者ニ屬スルモノナルコトヲ注意セザルベカラズ其破壊ハ第五百三十一圖ノ如ク最初支點ニ近キ△點ニ發シ漸次傾斜方向ニ於テ上方ニ擴延シ次イデA點ヨリ桁ノ終端ニ

向ヒ水平裂縫ヲ生ズ可シ此水平裂縫ハ傾斜裂縫ノ生ジタル後ニ起リ從ツテ水平裂縫ノ起リタルトキハ既ニ傾斜張力ノ終熄シタルモノト見做スコトヲ得可シ場合ニ依リテハ傾斜張力ハ桁ノ上緣ニ達シ全ク對角線狀ニ桁ヲ兩斷スルコトアリ或ハ A 點ニ於ケル裂縫展開ノ結果鐵筋ヘノ張力ヲ增加シ爲メニ附著力ノ不足ヲ生ジ往々滑動破壞ヲ呈スルコトアリ斯クノ如ク其波及ノ影響數様ニ分ルト雖モ要ハ其初發ノ裂縫ニ存スルヲ以テ實際ノ計畫ニ際シテハ能ク其最初ノ原因ヲ防止スルノ方法ヲ講ズルコト必要ナリトス。

#### 第十節 中軸線ノ位置

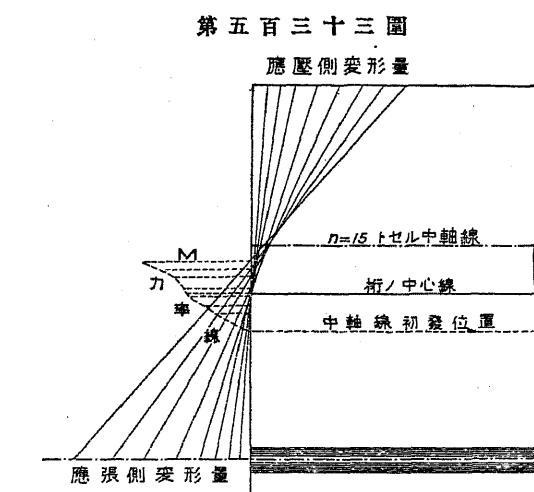
鐵筋混泥土桁ノ強度ヲ計算スルニ當リテハ第一ニ其中軸線(Neutral axis)ノ位置ヲ確定スルコト必要ナリ即チ中軸線ノ位置ヲ知ルコトヲ得バ桁ノ強度ハ可ナリ精密ニ之ヲ算出スルコトヲ得可シ而シテ其位置ノ確定ハ使用鐵筋ノ量ト  $\frac{E_s}{E_c} = n$  ナル比ニ關係ス可シ但シ  $E_c$  の値ハ甚ダ不確實ナルモ一般ニハ普通應壓試験ニ依リテ定メラレタル値ヲ取レバ充分ナル可シ去レド精密ニ云ヘバ異ナリタル應力ニ對スル  $E_c$  の變化及中軸線以下ニ於ケル混泥土應張力ノ影響加ハリ來ルベキヲ以テ  $E_c$  或ハ  $n$  の種々ノ假定シタル値ニ對スル理論的中軸線ノ位置ト其實驗的位置トハ多少ノ相違ヲ來スベキノ理ナリ今次ニ其實驗ノ結果ヲ略記スベシ。

第五百三十二圖



其實驗ノ方法ハ第五百三十二圖ノ如クレナル徑間ノ中央

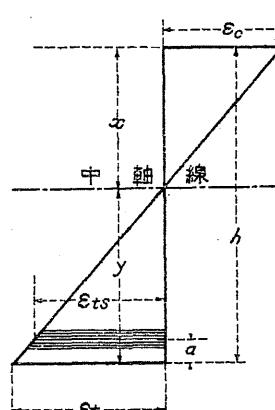
或距離ニ對稱的ニ荷重ヲ加エリニ於ケル彎曲力率ヲ一定ノ値トシ剪力ノ影響最モ少ナキ中央斷面ニ於テ應壓層ノ壓縮ト應張側ニ於ケル鋼材下層ノ伸張トヲ測定シ應力變形ヲ受クル間其斷面ハ常ニ不變ニ存スルモノト假定シテ(少クトモ裂縫ヲ生ゼザル間ハ不變ト見做シ得可シ)第五百三十三圖ノ如ク或彎曲力率ニ對應セル壓縮長ト伸張長トノ終端ヲ連ネ其線ガ斷面線ト交叉セル點ニ平水線ヲ引クトキハ其力率ニ對スル中軸線ノ位置ヲ求ムルコトヲ得可シ同様ニ他ノ力率ニ對スル變形量ヲ取り更ニ桁ノ



斷面ト各線トノ交叉點ヨリ引ケル水平線中ニ或尺度ヲ以テ其對應的力率ヲ畫キ其終端ヲ連タル曲線ノ延長線ガ桁ノ斷面ト交叉スル點ニ引ケル水平線ハ桁ノ荷重ヲ受ケザル場合ニ於ケル中軸線ノ位置ヲ示スモノトナルベシ。

若シ應壓側ニ於ケル壓縮ト應張側ニ於ケル伸張トヲ測定シ計算ニ依リテ中軸線ノ位置ヲ定メントセバ

$$\epsilon_o = \text{應壓側ニ於ケル測定壓縮量}$$



$\epsilon_t$  = 應張側ニ於ケル測定伸張量

$h$  = 桁ノ高さ

$y$  = 桁下側ヨリ中軸線迄ノ距離

トシ第五百三十四圖ニ於テ

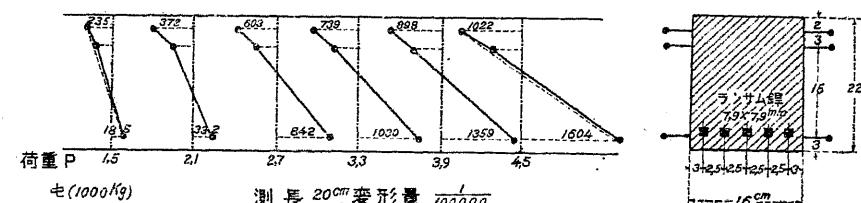
$$\frac{y}{\epsilon_t} = \frac{x}{\epsilon_0} = \frac{h-y}{\epsilon_0}$$

或ハ  $y \cdot \epsilon_0 = \epsilon_t(h-y)$  従ツテ  $y(\epsilon_0 + \epsilon_t) = \epsilon_t h$

故ニ  $y = \frac{\epsilon_t h}{\epsilon_0 + \epsilon_t}$  ..... (805)

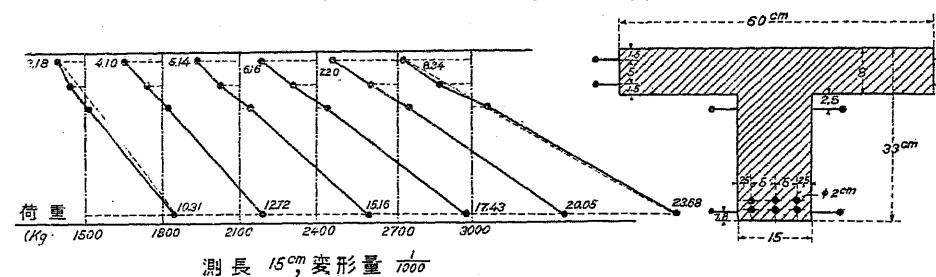
前述ノ如ク彎曲ノ前後桁ノ或断面ガ常ニ不變ノ平面狀態ヲ保持スルコト (Conservation of plane section) の假定ハ果シテ正當ナリヤ否ヤハ千九百三年及千九百六年獨國シユーレ氏 (Schüle), 千九百四年米國タルボット氏 (Talbot), 千九百七年獨國プロブスト氏 (Probst), 同年佛國メスナーゼ及アルシエ氏 (Mesnager and Mercier), 千九百八年獨國ミュラー氏 (Müller), 千九百九年米國ダヴィス氏 (Davis), 千九百十年同國ゴールドベック氏 (Goldbeck) 等ノ實驗セルモノアリ何レモ其大體ニ於テ材料ノ許容應力度ヲ超過セル後ニ於テモ或程度迄ハ斷面各層ノ應力變形ハ中軸線ヨリノ距離ニ從ツテ直線ニ近ク變化シ著シキ歪曲ヲ示サルコトヲ證明セリ其實驗ノ方法ハ何レモ剪力ノ少ナキ桁ノ中央點ニ於テ一定ノ測長 (Gauge length) ヲ取リ其桁ノ側邊數ヶ處ニ留針ヲ裝置シ其中軸線ニ對スル上下二層ノ應力變形ヲ畫カシムルモノニシテ今茲ニ其一二標準實驗ニ於ケル結果ヲ示ス可シ第五百三十五圖ハ獨國プロブスト氏ノ施シタル試驗桁第十一號ニシテ其斷面圖ノ如ク徑間 1.5m, 鐵筋 5 條其面積 3.7cm<sup>2</sup>, 中央 50cm ノ左右ニ荷重ヲ加エ更ニ其中央ニ於テ測

第五百三十五圖



長 20cm ヲ採用セリ其最初ノ裂縫ハ  $P = 2.4t$  (噸) = 起リ最高荷重  $8.59t$  = 達セリ。第五百三十六圖ハ獨國シユーレ氏 (Schüle) の實驗

第五百三十六圖



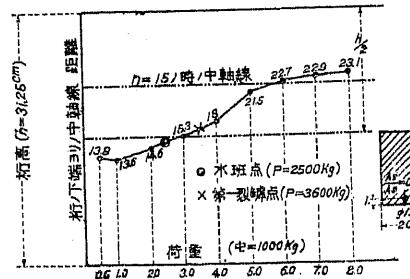
ニ係ル一例ニシテ其桁ノ斷面圖ノ如ク徑間 1.5m 其中央 50cm ノ左右ニ荷重ヲ加エ測長ハ中央 15cm ヲ撰定セリ最初ノ裂縫ハ  $0.9t$  = 起リ最高  $3.75t$  = 達セリ以上ノ實驗ニ依リ何レモ彎曲ノ前後不變ノ平面狀態ヲ保持スペシトノ假定ハ實際ニ於テ之ヲ認容スルモ差支ナキヲ證明セルモノナリ。

千九百十二年第四版「メルシュ」氏 (Mörsch) 著鐵筋混凝土篇中ニ記載セル研究ノ結果ニ據レバ桁ノ高 30cm, 幅 15cm, 徑間 2m ニシテ中央 1m ノ左右ニ荷重ヲ加エ測長 80cm ニ於テ應壓側ニ於ケル壓縮及應張側ニ於ケル伸張ヲ測定シタルニ應張側ニ於ケル鐵筋ハ直徑 a) 1cm, b) 1.6 cm, c) 2.2 cm ノモノ各 2 條ヲ有シ其混凝土斷面ニ對スル比夫々 0.4, 1.0, 1.9% ナリシガ彎曲ノ前後平面狀態ノ不變ヲ

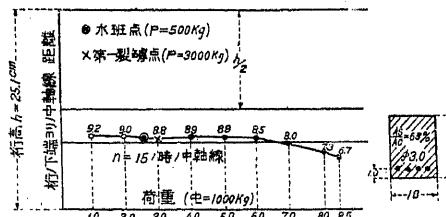
假定スルトキハ a) ニ對スル中軸線ハ最初殆ンド桁高ノ中央ニ近ク b) 之ニ次ギ c) ハ深ク其中央以下ニアリシモ荷重ヲ加フルニ從ヒ中軸線ノ位置ハ漸次上部ニ移動シテ最高荷重ニ近クニ從ヒ普國規定ニ示スガ如ク何レモ  $n=15$  トシテ算定セル假定中軸線ト略ボ相一致スルコトヲ見出シタリ。

千九百六年獨國「シューレ」氏 (Schüle) ノ實驗ハ T形桁ヲ用キ突緣ノ上幅 60cm, 厚サ 8cm, 肋桁ノ幅 15cm, 桁高 33cm, 鐵筋直徑 2.2cm ノモノ 4 條ナリシガ其内標準的ノモノ 2 個ニ就キテ之ヲ云ヘバ a) ハ優良ノ配合ヲ有シ混擬土ノ應壓力  $261 \text{kg/cm}^2$ , b) ハ劣等ノ配合ヲ有シ其應壓力  $100 \text{kg/cm}^2$  ナリシガ a) ハ  $0.75t$ , b) ハ  $0.6t$  ニ於テ最初ノ裂縫ヲ生ジ其最高荷重ハ夫々  $2.55t$  及  $1.95t$  ニ達シタリ此二者ヲ比較スルニ a) ハ中軸線ノ位置荷重ノ增加ト共ニ上昇シ第一裂縫ヲ生ジタル後殆ンド水平線ト變シ b) ハ初メヨリ少シク沈降

第五百三十七圖



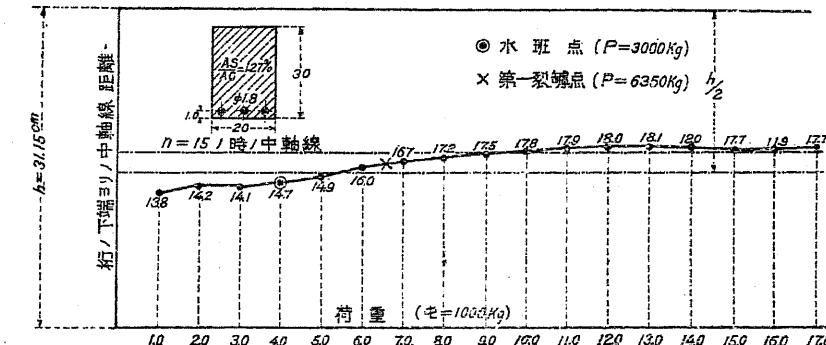
第五百三十八圖



シ裂縫ヲ生ジタル後更ニ著シク其沈降ヲ增加スルヲ見タリ而シテ其平均位置ハ何レモ  $n=15$  ト假定シタル算定中軸線ニ近キコトヲ證明セリ。

千九百七年及千九百十年獨國「バッハ」氏 (Bach) 及「グラフ」氏 (Graf) ノ實驗ニ據レバ混擬土配合ノ比  $1:4$ , 何レモ 6 乃至 7 ケ月後ノ材齡ヲ經タ

第五百三十九圖



ルモノニ就キテ之ヲ施行シ試驗桁ハ約  $20 \text{cm} \times 30 \text{cm}$  及  $18 \text{cm} \times 25 \text{cm}$  斷面ヲ有スル矩形桁ニシテ徑間 2m 其左右各々  $\frac{1}{4}$  點ニ荷重ヲ加ヘタリ今其内標準的ノモノ 3 個ノ成績ヲ示セバ第五百三十七圖以下第五百三十九圖ノ如シ a) ハ鐵筋ノ割合  $0.42\%$ , b) ハ  $1.27\%$ , c) ハ  $6.8\%$  ニシテ a 及 b ニ對スル立方供試體ノ應壓力ハ  $228 \text{kg/cm}^2$ , c ハ  $122 \text{kg/cm}^2$  ナリ即チ a 及 b ハ普通施工ノ實質ニ近ク c ハ混擬土ノ應壓力極メテ低ク鐵筋ノ量異常ニ多キモノトス更ニ比較ノ爲メ  $n=15$  トシテ算出シタル中軸線ノ位置ヲ示ス。

千九百四年米國「タルボット」氏 (Talbot) ノ實驗ハ其試桁ノ總數 22 個ニシテ断面矩形ヲ有シ自由徑間 14', 幅 12", 高サ  $13\frac{1}{2}$ " (桁ノ上側ヨリ鐵筋ニ至ル距離 12"), 荷重ハ徑間  $\frac{1}{3}$  點ニ加エタリ混擬土ノ配合比ハ  $1:3:6$  トシ鐵筋ハ圓錐, 角錐, 「ジョンソン」錐, 「サッシャー」錐, 「ランサム」錐及「カーン」錐ノ數種ヲ用キ鐵筋ノ割合  $0.42$  乃至  $1\frac{2}{3}\%$  ナリシ各桁何レモ其中軸線ノ位置ヲ測定シタリシガ其結果ニ依ルニ中軸線ハ初メ桁ノ中央線以下ニアルモ第二期即チ張力ノ大部分ガ鐵筋ニ傳導セテル、ニ至リテ漸次上昇シ而シテ第三期即チ張

力ハ専ラ鐵筋ノミニ依リテ負擔セラル・ニ至リテ(第十一節「タルボット」氏實驗參照)殆ド不變狀態ヲ保留シ最大荷重ニ近ヅキテ再び低下ス可シ而シテ一般ニ中軸線ノ位置ハ理論的算法ニ據ルモノヨリモ低位ナリキ第三期(荷重約 9000\* 以上)ニ於ケル位置ハ鐵筋ノ種類ニ係ハラズ相當ニ合致スルノ現象ヲ認ム可ク其結果ハ  $k = 0.26 + 0.18p$  ナル式ニテ略ボ其值ヲ示スコトヲ得可シルハ桁ノ上端ヨリ鐵筋中心ニ至ル距離ヲセルモノニ對スル中軸線ノ分數位置,  $p$ ハ鐵筋斷面ヲ混疑土斷面ノ百分率ニテ示セル數ヲ示スモノトス但シ第三期ニ於ケル中軸線ノ位置ヲ示セル軌跡(Locus)ハ曲線ナルモ實際ニ於テハ殆ンド之ヲ直線ト見做シテ差支ナキ程度ニ存在シタリ。

以上ノ實驗ニ依リテ之ヲ推論スルニ其受クル荷重小ニシテ桁ニ有スル鐵筋ノ量又少ナキモノニ於ケル中軸線ノ位置ハ荷重大ニシテ鐵筋ノ量大ナルモノヨリモ不確實ナリコレ斯クノ如キ場合ニ於テハ混疑土ノ應張力ガ比較的大ナル影響ヲ與フルニ依ル爲メナル可クT形桁ノ實驗ニアリテハ應張力ヲ與フ可キ混疑土ノ面積比較的小ナルノ結果其變動モ亦少キヲ見ルベシ更ニ實驗ノ結果ヨリ推シテカニ對シテ 15 ノ値ヲ取ルハ普通ノ假定ニ從ツテ桁ノ強度ヲ計算スル場合ニハ餘リニ大ナリトハ云フコト能ハズ此場合ニハ彈性係數  $E$  ノ値  $141000 \text{ kg/cm}^2$  ( $\approx 2000000^*/\text{in}^2$ ) ニ相當スルヲ以テ普通應壓試驗ニ依リテ定メラル。モノニ比シテハ稍々小ナルヤノ感アリ從ツテ屢々  $n = 12$  ヲ採用スル者アリ「バッハ」氏ノ實驗ニ使用シタルモノハ混疑土ノ應壓力  $423 \text{ kg/cm}^2$  = 於ケル  $E$  ノ値  $232400 \text{ kg/cm}^2$  ( $3300000^*/\text{in}^2$ ) = シテ殆ンド  $n = 10$  = 對應セリ然レ

ドモ 10 ナル值ハ彎曲試驗ニ依リテ得可キ結果ト一致セザルモノ多キガ如シ但シ國ニ依リテハ 8 乃至 20 ヲ使用セルモノアルモ一般ニハ  $n = 15$  ノ値ハ最モ中庸ヲ得タルモノナリト考フルヲ得可シ但シ荷重小ナル場合ニアリテハ中軸線ハ桁ノ高サノ  $\frac{1}{2}$  以下ニ位シ荷重ノ增加ニ伴ヒ漸次上昇スペキハ何レノ實驗ニアリテモ同一ナルヲ以テ精密ニ云ヘバ其受クル荷重ニ從ヒテ  $n$  ノ値ハ夫々變更ヲ要スペキモノニシテ  $n = 15$  ノ如キ一定ノ値ヲ假定スルハ畢竟計算ヲ簡易ナラシムルノ便法ニ過ギザルモノナルコトヲ記憶セザル可ラズ。

更ニ實驗的中軸線ノ位地ト拋物線的應力變化(Parabolic law of stress variation)ノ算法ヨリ得タルモノトヲ比較セバ其結果ハ試驗ノ末期ニ近ク著シキ差違ヲ呈スペキモ極強ノ  $\frac{1}{4}$  以内ニアリテハ其差極メテ小ナリ然カモ混疑土ノ應力ガ殆ンド其極強ヲ發揮シ得ル程度迄ニ鐵筋ノ低率ヲ有シタル狀態ニ限リ初メテ拋物線定理ニ據ル算定ガ實驗ノ結果ト近似スルノ現象ヲ認メ得ルモノ、如シ。

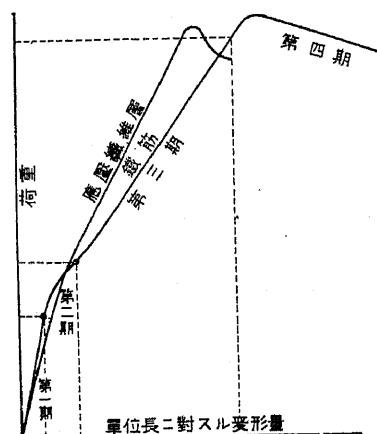
### 第十一節 應張力不足ニ原因スル桁ノ破壊

若シ桁ガ其長サニ比シテ高サ小ニシテ鐵筋ノ量相當ナルトキハ(鐵筋斷面ガ混疑土斷面ニ於ケル比 1.0 乃至 1.5% 迄)普通ノ加重方法ニ依リテ之ヲ試驗セバ鐵筋ガ其降伏點ニ達スル迄ハ桁ノ破壊ヲ見ルコト極メテ稀レナリ然カモ此場合ニ於ケル最大堪荷力ハ鐵筋ノ降伏點強度ヨリモ少シク大ナルニ過ギズ其破壊ノ狀態ハ第五百二十九圖ニ示セシガ如ク降伏點ニ達スル前桁ノ應張側ニ著シキ裂縫ヲ生ジ荷重ノ增加ト共ニ裂縫ノ幅展開シ中軸線ハ

上昇ス可ク從ツテ應壓側ニ於ケル混凝土ハ其應壓極度ヲ超過シテ遂ニ壓挫破壊ノ狀態ヲ呈ス可シ本節ニ於テハ剪力ノ働き最モ小ナル桁ノ部分ニ就キテ其實際ノ最大荷重ニ對シ應張側ニ於ケル抗力限度ノ理論的限度ニ於ケル比較研究ヲ論ズ可シ。

千九百四年米國「タルボット」氏(Talbot)ハ第十節ニ於テ掲載セル桁ニ就キ變形量檢定器(Extensometer)ヲ用キテ其應張側及應壓側ニ於ケル變形量ヲ精密ニ測定シ第五百四十圖ノ如キ標準的圖表

第五百四十圖



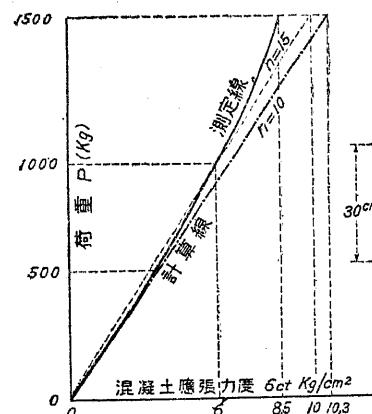
ヲ示シ其現象ニ就キテ之ヲ四期ニ分割セリ第一期ニアリテハ彎曲ヲ受クルニ際シ混凝土ト鐵筋トハ一ノ合成作用ヲ呈シ其變形量ハ殆ンド純混凝土ノ變形量ト相似ス可シ此現象ハ荷重約3000<sup>\*</sup>混凝土ノ下層殆ンド  $\frac{1}{10000}$  ノ伸張ヲ示スニ至リテ止ム第二期ニアリテハ荷重ノ增加ト共ニ鐵筋ノ伸張ハ著シク增進シ混凝土ノ應壓力モ同様ノ作用ヲ繼續ス可ク中軸線ハ亦上昇ス可シ此期間ニアリテハ應力及變形ノ性質モ急激ノ變化ヲ呈シ混凝土ハ大ニ其應張力ヲ失ヒ重ニ之ヲ鐵筋ニ傳導ス可シ肉眼ニテハ未ダ其裂縫ヲ認ムルコト能ハザルモ恐ラクハ此期間ニ於テ毛狀裂縫(Hair crack)ノ等布的分配ヲ生ズルナル可シ第三期ニ至レバ鐵筋變形量ノ增率ハ荷重ノ增率ニ比例シ其應力及變形圖ハ殆ンド直線ヲ示ス可シ應壓側ニ於ケル現象亦之ニ準ズ此期間ニアリテハ中軸線ノ位置ハ殆ンド不動ニシテ混

凝土ハ大部其強度ヲ失フ可ク明カニ肉眼ニ映ズベキ纖細ナル垂直裂縫ヲ顯出シ荷重ノ増進ト共ニ其數ヲ增加シ殊ニ加重點ノ中間ニ於テ等布的分配ヲ見ル可ク漸次其幅ヲ展開ス可シ此現象ハ鐵筋ノ量異常ニ多キ場合ノ外ハ殆ンド最大荷重ニ達セル迄繼續ス可シ第四期ハ最大荷重點ニ初マリ桁ハ著シキ撓ミヲ生ジ荷重ハ寧ロ下落ス可ク鐵筋又急激ニ伸張シテ降伏點ヲ超過シ裂縫ノ幅亦增大シテ中軸線ハ上昇シ其結果應壓側ノ壓力激増シテ遂ニ混凝土ヲ壓挫セシムルニ至ル氏ノ實驗セル鐵筋ノ彈性限度ハ55000及33000<sup>\*/m</sup>ノ二種ナリシガ前者ハ鐵筋ノ量1%以上後者ハ1.5%以上ヲ有シタル桁ニアリテハ其彈性限度ニ達スル前既ニ應壓側ニ於ケル壓挫ヲ見タリ即チ鐵筋ノ量前述ノ割合以下ナルトキハ混凝土ノ應壓極度ヲ發揮セザル以前鐵筋ノ降伏點ニ達シタルトキ既ニ桁ハ破壊ス可シ故ニ強度ノミニ就キテ云ヘバ鐵筋ノ滑脱ト剪力ニ對スル準備充分ナルトキハ明カニ彈性限度ノ高キ鋼材ヲ使用スルノ利益ナルコトヲ了解シ得可シ之ヲ要スルニ氏ノ實驗セル1:3:6配合ノ混凝土ニシテ前記二種ノ鐵筋ヲ有スルモノニアリテハ應張力ニ依リテ破壊ス可キ限度ハ彈性限度小ナルモノニアリテハ1.5%，其大ナルモノニアリテハ1%以下ノ鐵筋ヲ有スル場合ナルコトヲ知ル可シ更ニ第十節ニ述ベシガ如ク氏ノ實驗セル鐵筋ノ種類ハ甚ダ多カリシモ其結果ニ關シテハ鐵筋表面ノ形狀ニ依リテ著シキ差違ヲ認メザリシト云フ。

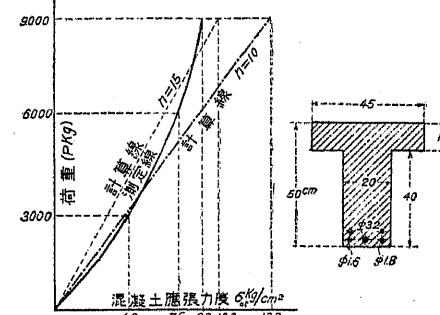
千九百七年、千九百十年及千九百十一年獨國「バッハ」氏(Bach)及「グラーフ」氏(Graf)ノ實驗ハ頗ル詳細ニ涉リテ研究セラレタル最も有益ナル報告ナルヲ以テ今其大要ヲ摘載ス可シ供試桁ノ寸法

ハ第七節同氏實驗中ニ述べタルモノト同ジク濕態放置ノ狀態ニアリシモノニ就キテ應張層ノ伸張ヲ測定シタル結果中二ツノ標準例ヲ示サンニ第五百四十一圖ニ於テ黒線ハ矩形桁ニ就キテ荷

第五百四十一圖



第五百四十二圖



重ノ増加ニ伴フ混凝土ノ應張力度ヲ第五百四十二圖ハ同ジクT形桁ニ就キテノ同一結果ヲ示ス更ニ比較ノ爲メ點線ヲ以テ  
 $n=10$  及  $n=15$  トシテ普國規定公式(378式若クハ498式ト同ジ)ニ基キ算出シタル圖表ヲ併載セリ之ニ依リテ混凝土ノ應張力ガ荷重ノ増率ヨリモ緩漫ナル速度ニ依リテ變化スルモノナルコトヲ見ル可シ。

更ニ幅30cm、高サ30cmノ斷面ト直徑2.5cmノ單一鐵筋ヲ有スル濕態放置桁ニ就キテ普國規定ニ基キ算出セル混凝土ノ應張力 $\sigma_{ct}$ ト同一混凝土ニシテ斷面400cm<sup>2</sup>ヲ有スル供試體ノ應張力 $\sigma_x$ トヲ比較スルニ混合ニ要セシ普通使用ノ水量ト其最大限度ノ水量トハ前者ハ常ニ後者ニ比シテ其應張力大ナルコトハ豫想ト異ナラズ即チ水量調合ノ如何ガ應張力ニ及ボス影響アルコトヲ知ル可

シ更ニ前者ハ  $\frac{\sigma_{ct}}{\sigma_x} = 1.1$  乃至 1.3、後者ハ  $\frac{\sigma_{ct}}{\sigma_x} = 1.1$  乃至 1.2ニシテ桁トシテノ應張力ト應張材トシテノ應張力トハ其差甚ダ大ナラザルヲ見ル猶鐵筋ノ量ヲ異ニセル桁ト純混凝土桁トノ應張力ヲ比較研究シタルニ鐵筋ノ增加及配置ト共ニ $\sigma_{ct}$ ノ變化スルコト既ニ第七節ニ説明セシガ如ク純混凝土桁ノ應張力ハ單筋ヲ有スルモノト比シ特ニ著シキ差違アルヲ認メズ。

次ニ乾濕兩態放置ノ影響ニ關シテハ其最初裂縫ノ顯出ハ

45日濕態放置  $P = 5687\text{kg}$   $\sigma_{ct} = 24.8\text{kg/cm}^2$

38日濕態, 7日乾態放置  $P = 4500\text{kg}$   $\sigma_{ct} = 18.8\text{kg/cm}^2$

7日濕態, 38日乾態放置  $P = 3583\text{kg}$   $\sigma_{ct} = 15.0\text{kg/cm}^2$

即チ乾態放置ノモノハ著シク $\sigma_{ct}$ ノ値減少スルヲ見ル可シ。

材齡ニ伴ヒテ裂縫顯出ノ遅速アルコト第百八表ノ如シ。

第百八表

材齡ニ伴ヒテ裂縫顯出時ノ荷重(kg)				
材齡	28日	45日	6月	1年
濕態放置	5417	5687	7167	7500
7日濕態, 他乾態放置	4083	3583	4167	4250

供試桁放置ノ狀態ト配合比トノ關係ニ就キテハ其最初裂縫ノ現出ハ第百九表ニ示スガ如キ結果ヲ得タリ。

總伸張ト恒久變形(Permanent set)トノ割合ハ鐵筋ヲ有セザルモノニ於テ最大ニシテ鐵筋ノ增加ト共ニ恒久變形ノ量減少ス可シ而シテ恒久變形ハ荷重ノ增加ト共ニ增進シ初メテ裂縫ヲ見ルニ至リテ恒久變形ト總伸張トノ比最モ大ニシテ更ニ荷重ヲ增加ス

第一百九表

乾濕態放置ト配合比トニ伴フ裂縫顯出時ノ荷重(kg)		
配合比	45日濕態放置	7日濕態, 38日乾態放置
1 : 3 : 4	P=4500kg ( $\sigma_c=146kg/cm^2$ )	P=2700kg ( $\sigma_c=149kg/cm^2$ )
1 : 2 : 3	P=5687kg ( $\sigma_c=224kg/cm^2$ )	P=4333kg ( $\sigma_c=264kg/cm^2$ )
1 : 1.5 : 2	P=7750kg ( $\sigma_c=282kg/cm^2$ )	P=3083kg ( $\sigma_c=310kg/cm^2$ )

$\times \sigma_c =$ 立方供試體強度

ルニ從ヒ其比ハ順次減少ス可シ今幅20cm, 高30cmノ鐵筋混疑土

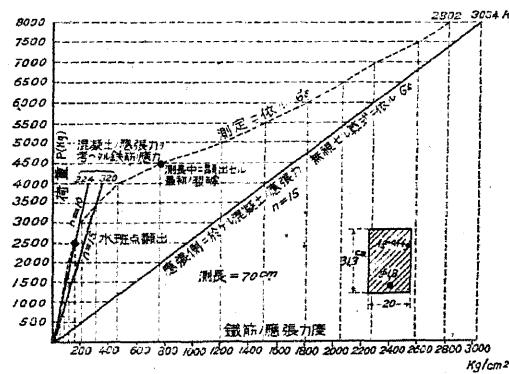
第一百十表

鐵筋混疑土ニ於 ケル比	荷 重	總伸張	恒久變形	恒久變形
				總伸張
0.4%	2000	0.385	0.050	0.13
	4000	1.220	0.365	0.30
	4250 裂縫 顯出	1.445	—	—
	4500	1.800	0.660	0.37
	6000	5.100	1.670	0.33
	8000	8.755	2.495	0.28
	5000	0.945	0.130	0.14
	7000	1.830	0.475	0.26
	7500 裂縫 顯出	—	—	—
	8000	2.335	0.625	0.27
1.2%	12000	4.525	1.005	0.22
	16000	6.685	1.325	0.20
	750	0.190	0.010	0.05
	1125	0.325	0.045	0.14
	1500	0.490	0.090	0.18
	1875	0.730	0.170	0.23
	2100 破壞	—	—	—

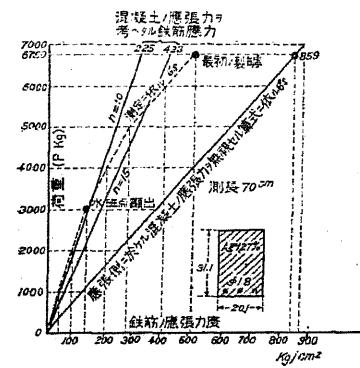
矩形桁及幅15cm, 高30cmノ純混疑土桁ニ就キテ測長70cmニ於ケル検定ノ結果第百十表ノ如シ。

外方荷重ト鐵筋ノ實際應力トノ關係ハ第五百四十三圖及第五百四十四圖ニ圖解セル例ニ依リテ之ヲ見ル可シ第五百四十三圖

第五百四十三圖



第五百四十四圖



ハ其斷面幅20cm, 高サ31cm, 測長70cmニ對スル平均値ヲ示ス點線ニテ表ハセルモノハ鐵筋ノ得タル應張力度ニシテ黑線ニテ表ハセルモノハ應張測ニ於ケル混疑土ノ應張力ヲ無視シ  $\sigma_c$ ノ値ヲ算出セルモノナリ即チ最初ノ裂縫ヲ生ズルニ至ル迄ハ實測曲線ハ荷重ト共ニ上昇シ裂縫ヲ生ジタル後(4000kgノ時)著シク扁平ト變ジ荷重ノ増加ト共ニ漸次計算曲線ニ接近ス可シ第五百四十四圖ハ鐵筋ノ數多キ場合ノ一例ヲ示シ其現象ハ又全ク前者ト同シ以上ノ結果ニ依リテ之ヲ見ルニ普通ノ公式ニテ算出シタル  $\sigma_c$ ノ値ハ實際ニ受クル應張力度ヨリモ大ナルモノナルコトヲ知リ得ベシ。

千九百七年獨國プロブスト氏(Probst)ノ實驗ハ桁ノ高22cm, 幅16cm, 桁ノ自由徑間1.5m, 荷重ハ中央1/3點ノ左右ニ加エタリ混疑土

ハ軟練トシ其配合比 1:2:4 ニシテ断面 12cm × 12cm ヲ有スル供試體ノ應壓力 70 日材齡ニ於テ  $205 \text{ kg/cm}^2$  ヲ得タリ供試桁ノ半部ハ實驗ノ 2 日以前迄之ヲ濕砂中ニ置キ他ハ 10 日前迄之ヲ濕態トシ其後何レモ天然乾燥狀態ニ保留シタリ測長ハ中央ニ於テ 20cm ヲ取リ桁ノ下側面ヨリ 2cm = 於テ測定裝置ヲ施シ應張側ニ於ケル伸張ヲ實測シタリ其結果第百十一表ノ如シ。

第百十一表

測定及算式ニ依リテ得タル桁應張側ノ強度								
鐵筋ノ種類	鐵筋ノ 斷面積 $A_s(\text{cm}^2)$	桁ノ最 大荷重 $P(\text{kg})$	算式ヨリ 得タル $\sigma_{smax}$ $(\text{kg}/\text{cm}^2)$	鐵筋ノ降 伏點強度 $\sigma_s(\text{kg}/\text{cm}^2)$	$\frac{\sigma_{smax}}{\sigma_s}$	算式ヨリ 得タル $\sigma_{cmax}$ $(\text{kg}/\text{cm}^2)$	混凝土ノ 應張力度 $\sigma_c(\text{kg}/\text{cm}^2)$	$\frac{\sigma_{cmax}}{\sigma_c}$
圓錐 5 條	3,7	7350	2990	2540	1,18	163	205	0,80
「ランサム」錐 5 條	3,1	10190	4897	約 4300	1,14	238	“	1,16
「サッシャー」錐 5 條	3,6	7840	3286	2940	1,12	174	“	0,85
「ジョンソン」錐 5 條	3,3	7660	3443	2860	1,20	174	“	0,85
「ジョンソン」錐 5 條	4,0	10500	4084	3190	1,28	232	“	0,13

以上ノ結果ニ依ルニ桁ノ受ケ得可キ最高荷重ハ略ボ其降伏點ニ比例スルヲ見ル可ク普通ノ算式ニ依リテ得タル鐵筋ノ應張力度ハ實際測定ノ應張力度ト比シテ 12 乃至 28% 大ナルヲ見ル可シ。

更ニ蘭國「サンデルス」氏 (Sanders), 佛國「メスナーゼ」氏 (Mesnager) 及「メルシエ」氏 (Mercier), 同國「フェレー」氏 (Feret), 澳國「ツタインノルティウス」氏 (Tutein Nolthenius), 同國「エムペルガー」氏 (Emperger), 瑞西「メルシェ」氏 (Mörsch), 同國「シュー レ」氏 (Schüle), 獨國「メラー」氏 (Möller), 同國「キルシュ」氏 (Kirsch) 及「ザリーガー」氏 (Saliger), 米國「ハット」氏 (Hatt), 同國「ハウ」氏 (Howe), 同國「ターノール」氏 (Turneaure) 等ノ實驗アルモ何レモ普通算式ニ依リテ得タル  $\sigma_s$  の値ハ實驗ノ結果ニ比シテ稍々高キノ

事實ヲ認定セル者多シ。

以上ノ結果ヲ綜合スルニ 1) 何レノ實驗ニアリテモ一般ニ使用ス可キ算式ニ依リテ得タル鐵筋ノ應張力度ハ寧ロ實值ヨリモ高キコトヲ示ス 2) 鐵筋ノ滑脱若クハ鈎端ノ抵抗ニ依ラズシテ應張側ニ於テ破壊ノ現象ヲ呈ス可キ桁ノ抵抗力ハ鐵筋ノ降伏點強度ニ比例スルモノ、如シ 3) 最大荷重ノ場合ニ於ケル  $\sigma_{smax}$  ハ應張試驗ニ依リテ得タル鐵筋ノ降伏點ヨリモ稍々大ナリ 4) 算式ニ依リテ得タル混擬土ノ應壓力ハ立方供試體ニ依リテ得タル強度ヨリモ大ナリ 5) 調合ノ水量異常ニ多キモノハ混擬土ノ應張力小ナリ 6) 濕態放置ノモノハ其應張力大ナリ 7) 鐵筋ノ增加ト共ニ恒久變形ノ量ヲ減少ス 8) 之ヲ要スルニ張力ヲ受ケテ破壊スル桁ニアリテハ鐵筋ノ降伏點強度ガ其桁ノ強度ヲ支配スルモノト云フ可クスカル場合ニハ彈性限度大ナル鋼材ヲ使用スルノ有効ナルヲ見ル可シ。

## 第十二節 應壓力不足ニ原因スル桁ノ破壊。

桁ノ徑間大ニシテ其應張測ニ於ケル鐵筋ノ量充分ナルトキハ其受クル最大荷重ニ依リテ應張測ノ鐵筋ガ未ダ降伏點ニ達セザル前桁ノ上層ニ於ケル混擬土(應壓層ニ鐵筋ヲ有スルトキハ混擬土及其鐵筋)ハ既ニ其堪壓力ヲ超過シ第二編第十一章第五節ニ論ジタルト同様角塙狀斷片ヲ爲シテ破壊スルニ至ルベシ此場合ニ於テ其混擬土(若クハ鐵筋)ノ應壓極強ハ果シテ幾許ノ値ニ達スベキヤ又其極強ハ立方供試體ニ於ケル直接壓力試驗ニ依リテ得タル壓力ト幾許ノ徑庭アルヤ本節ニアリテハ此等ノ研究ヲ比較シ更ニ  $\frac{E_s}{E_0} = n$  ノ値ニ論及スル處アル可シ。

千九百七年瑞西「シューレ」氏 (Schüle) の報告ニ依レバ供試桁ノ断面  $12\text{cm} \times 15\text{cm}$ , 自由径間  $1.5\text{m}$  ニシテ中央  $0.5\text{m}$  ノ左右ニ荷重ヲ加エ鐵筋ノ數 4 條ニシテ剪力ニ依ル破壊ヲ避クル爲メ左右各々徑間ノ三分ノ一點及中央點ヨリ  $55\text{cm}$  ノ二ヶ處ニ於テ夫々 1 條宛鐵筋ヲ傾斜セシメ混凝土ノ種類ハ二種トシ鐵筋ノ断面積ハ之ヲ五種ニ分チタリ其實驗ノ結果ハ鐵筋ノ量  $1.68\%$  ノ有スルモノ、外ハ何レモ遙カニ鐵筋ノ降伏點ニ達セザル以前ニ於テ應壓側ノ壓挫ヲ受ケテ破壊シタリ今其桁ノ實驗應壓力ト立方供試體應壓力トノ關係ヲ示セバ第百十二表ノ如シ。

第百十二表

桁ノ應壓側ニ於ケル混凝土ノ應壓力ト立方供試體應壓力トノ關係							
種類	鐵筋斷面積ノ 混凝土斷面積 ニ於ケル百分 率 (%)	鐵筋ノ最大 應張力度 $\sigma_{max} (\text{kg}/\text{cm}^2)$	鐵筋ノ降伏 點強度 $\sigma_s (\text{kg}/\text{cm}^2)$	$\frac{\sigma_{max}}{\sigma_s}$	$n=15$ トセ ル混凝土ノ 算定最大應 壓力度	立方供試體 ノ應壓力度 $\sigma_c$	$\frac{\sigma_{max}}{\sigma_c}$
A	1,68	2900	3550	0,82	184	113	1,68
	2,55	2130	3070	0,70	176	106	1,66
	3,63	1640	3060	0,54	175	72	2,43
	4,20	1310	3090	0,42	155	64	2,42
	4,91	1560	2820	0,55	207	137	1,51
	1,68	3760	3550	1,06	291	333	0,87
B	2,55	3230	3070	1,05	330	267	1,24
	3,63	2840	3060	0,93	370	264	1,40
	4,20	2640	3090	0,85	376	264	1,42
	4,91	2200	2820	0,78	348	262	1,33

即チ A 種ニアリテハ應壓側ニ於ケル算定應壓強度ハ立方供試體強度ノ  $1.51$  乃至  $2.43$  倍ニシテ B 種ハ同様  $1.33$  乃至  $1.42$  倍ニ達シタリ而シテ何レノ場合ニアリテモ應張側ニ於ケル鐵筋ノ降伏點ニ達

セザル前應壓側ニ於テ破壊スペキ程度ニ應張側ニ於テ充分ノ鐵筋ヲ有スルトキハ其鐵筋量ノ多少ハ  $\sigma_{max}$  ノ值ニ特殊ノ影響ヲ與フルコトナキガ如ク更ニ優逸ナル配合比ヲ有スル混凝土ニアリテハ劣等ナル配合比ヲ有スルモノヨリモ立方供試體強度ニ對スル增加率割合ニ少ナキモノ、如シ。

千九十七年及千九十年獨國「バッハ」氏 (Bach) 及「グラーフ」氏 (Graf) ノ實驗ハ其綿密ナル試驗方法ニ於テ頗ル推奨ノ價値アルモノナリ其供試桁ハ矩形及丁形ノ二種ニシテ徑間  $2\text{m}$  及  $3\text{m}$  ノ有シ加重ハ死重ノ外剪力ノ加ハラザル様中央  $1\text{m}$  ノ左右ニ於テシ測長少クトモ  $50\text{cm}$  ノ範圍ニ於テ上側ノ壓縮量ヲ測定シ同時ニ比較ニ便スル爲メ桁ト全ク同時ニ同様ノ混凝土ヨリ立方供試體ヲ作り其直接應壓力ヲモ検定セリ其桁ノ種類甚ダ多シト雖モ今其二三ノ結果ヲ摘載ス可シ。

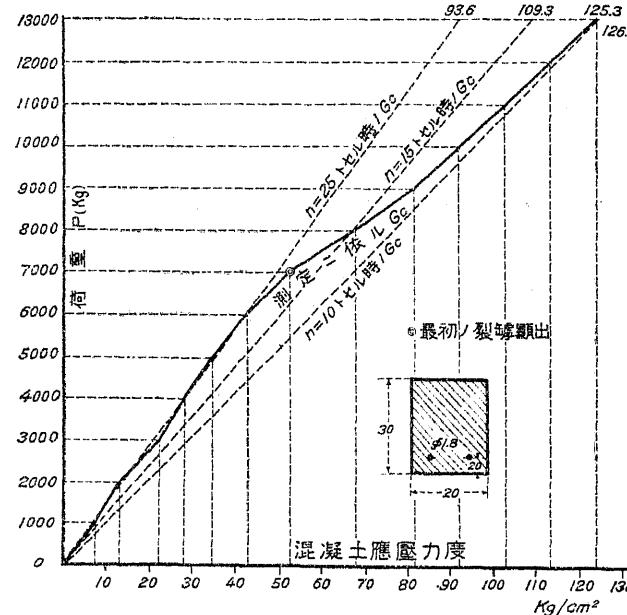
a) 矩形桁高サ  $30\text{cm}$ , 幅  $25\text{cm}$ , 鐵筋ノ量  $0.7\%$ , 最初ノ裂縫ヲ生ゼントキノ荷重  $P = 7000\text{kg}$ , 最高荷重  $P_{max} = 16000\text{kg}$ , 繼曲力率  $M = 50 \frac{P}{2} \text{cm} \cdot \text{kg}$ , 混凝土立方供試體ノ應壓力度 =  $213\text{kg}/\text{cm}^2$  (安全率ヲ 6 トセハ混凝土ノ許容壓力度 =  $35\text{kg}/\text{cm}^2$ ), 混凝土ノ實際ノ壓縮量ヨリ算出セル鐵筋及混凝土ノ彈性係數比  $n$  ハ

$$0.1 \text{ 乃至 } 35.9 \quad 0.1 \text{ 乃至 } 71.8 \quad 0.1 \text{ 乃至 } 119.6 \text{ kg/cm}^2.$$

$$n = 7.2 \quad 7.8 \quad 9.3.$$

今横距トシテ實驗ニ依リテ得タル混凝土ノ應壓力度ヲ縱距トシテ  $P$  ナム荷重ヲ取ルトキハ第五百四十五圖ノ如キ曲線ヲ得可シ更ニ比較ノ爲メ點線ヲ以テ  $n = 10$ ,  $n = 15$  及  $n = 25$  ト假定シ桁ノ應張側ニ於ケル混凝土ノ應力ヲ無視セル一般算式ヨリ得タル

第五百四十五圖



kg迄ハ荷重ト應力トハ殆ンド正比例ヲ爲シ裂縫ヲ生ジタル後ハ  
 荷重ニ比シテ應力ハ著シク増加ス可シ更ニ桁ガ完全ナル裂縫ヲ  
 生ジタル後假令バ  $P = 10000\text{kg}$  ヲ超過シタルトキハ其曲線ハ漸次  
 $n = 10$  ノ算定線ニ近クヲ見ル此結果ハ應張側ニ於テ裂縫ヲ生ジ  
 タル後ニアリテハ桁ノ應壓側ニ於ケル應力ハ直接壓縮試験ニ依  
 リテ得タル實際ノ結果ニ對應セル  $n$  ノ値ヲ撰ミタルトキノ算定  
 ド殆ンド同一ノ域ニ達スルコトヲ示スモノナリ更ニ  $P = 6000\text{kg}$   
 邊迄即チ裂縫ノ顯出以前ニ於ケル應力ハ之ヲ  $n = 7.5$  トシテ應張  
 側ニ於ケル混擬土ノ應張力ヲモ考慮中ニ加エタル算式ニ依リテ  
 算出シ得タル應力ト殆ント相一致スルコト第百十三表ノ如シ

b) 矩形桁,  $h = 30\text{cm}$ ,  $b = 20\text{cm}$ ,  $A_s = 1,3\%$ , 最初裂罐ヲ生ジタルト

σ。ノ値ヲ算出セリ此場合ニアリテハ  $P$  ノ値約 7000kg 远ハ普通ノ算式ヨリ得ルモノハ其應力ヲ過算シタル結果トナル可シ換言セバ實際ニ得タル應壓力ハ之ヲ算式ヨリ得タルモノニ比シテ小ナリ而シテ 6000

## 桁梁二關スル實驗

### 第百十三表

矩形桁ニ於ケル測定應壓力ト算定應壓力トノ比較		
荷重 (kg)	測定應壓力度 (kg/cm <sup>2</sup> )	$n=7,5$ トセル場合ノ 算定應壓力度 kg/cm <sup>2</sup>
2000	14,9	12,8
4000	29,1	25,6
6000	42,9	38,4

(安全率ヲ 6 トセバ混疑土ノ許容應壓力度 =  $\frac{228}{6} = 38 \text{kg/cm}^2$ ), n )  
値八

0,1 乃至  $24,5 \text{ kg/cm}^2$  0,1 乃至  $49 \text{ kg/cm}^2$  0,2 乃至  $73,5 \text{ kg/cm}^2$  0,2 乃至  $98 \text{ kg/cm}^2$

$$n = \quad 8,0 \qquad \qquad \qquad 9,2 \qquad \qquad \qquad 10,7 \qquad \qquad \qquad 13,2$$

今測定セル混泥土ノ應壓力度ト算式ニ依ル應壓力度トヲ比較セバ第百十四表ノ如シ。

### 第百十四表

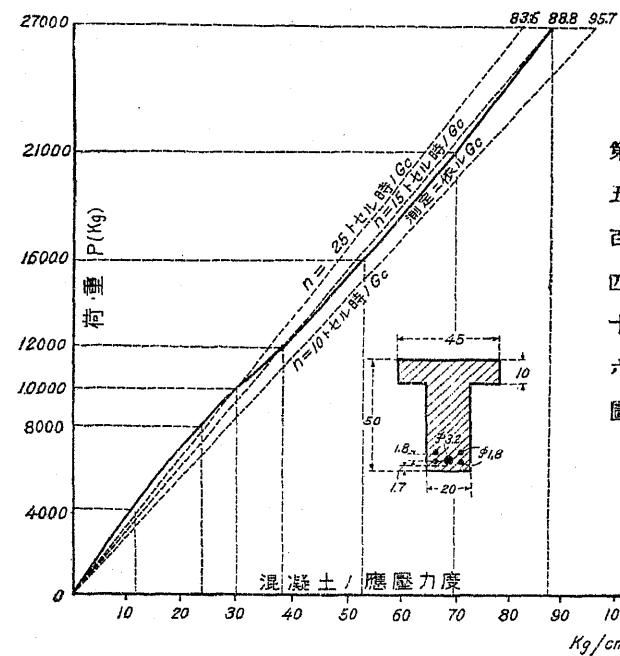
## 測定及算式ニ依ル混泥土應壓力度ノ比

測定及算式ニ依ル混疑土應壓力度ノ比			
荷重 (kg)	測定セル混疑土ノ應 壓力度 kg/cm <sup>2</sup>	應張側ニ於ケル混疑土ノ 應張力ヲ考へ n=8 トセ ル場合ノ應壓力度 kg/cm <sup>2</sup>	應張側ニ於ケル混疑土ノ 應張力ヲ考ヘズ n=15 ト セル場合ノ應壓力度 kg/cm <sup>2</sup>
2000	13,5	13,9	15,2
4000	29,3	27,8	30,5
6000	46,3	41,7	45,7
8000	62,7	—	61,0
10000	77,8	—	76,2
12000	89,8	—	91,4
12400	100,9	—	106,7

是ニ依リテ判定スルニ a) ノ場合ト同ジク若シ應張側ニ於ケル

混擬土ノ應張力ヲ考慮中ニ加ヘ而シテラシテ直接壓縮試験ニ依リテ得タル應壓力ニ比例スル如キ値ヲ取ラシメバ  $P$  の値略ボ  $4000kg$  近ハ實驗及計算ノ結果甚ダ相類似スルヲ見ル可ク更ニ裂縫ヲ生ジタル後ハ荷重ノ増進ニ伴ヒ應力ノ増進スル割合恰モ應張側ニ於ケル混擬土ノ應張力ヲ無視セル場合ノ算値ト著シク相一致スルヲ見ル可シ。

c) T形桁、斷面第五百四十六圖、 $A_s = 1.8\%$ 、最初ノ裂縫ヲ生ジタルトキノ荷重  $P = 12000kg$ 、最大荷重  $P_{max} = 48000kg$ 、 $M = 100 \frac{P}{2} cm \cdot kg$ 、立方供試體ノ應壓力度 =  $247 kg/cm^2$  (許容應壓力度 =  $\frac{247}{6} = 41 kg/cm^2$ )、 $n$  の値ハ

 $0.2 - 24.5$  $0.2 - 49.1$  $0.2 - 98.1 kg/cm^2$  $n = 7.6$  $8.2$  $10.1$ 

其結果ハ第五百四十六圖ニ示スガ如シ。之ニ依レバ裂縫ヲ生ズル以前ニ於ケル應力ハ普通ノ算式ヨリ得タル値ヨリモ小ナリ應張側ニ於ケル混擬土ノ應張力ヲ考慮中ニ加エ  $n = 8$  トセバ  $P = 10000kg$  近ハ實驗ト計算トノ

第一百十五表

T形桁ニ於ケル測定應壓力ト算定應壓力トノ比較		
P	測定應壓力度 $kg/cm^2$	應張側ニ於ケル混擬土ノ應張力ヲ考エ $n = 8$ トセルトキノ應壓力度 $kg/cm^2$
4000	11.1	11.9
8000	23.7	23.8
10000	30.9	29.8
12000	38.5	35.8

結果能ク相一致スルコト第百十五表ニ示スガ如シ。

12000kg 以上即チ應張側ニ裂縫ヲ見タル後ハ其

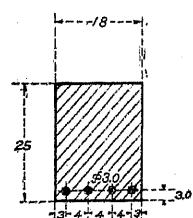
應力ノ曲線ハ  $n = 10$  及  $n = 15$  ニ對スル應壓力線ノ間ニ落ツルヲ見ル可シ。

次ニ矩形桁及T形桁ガ其應張側ニ於ケル應壓力ノ降伏ニ依リテ破壊セル狀態ニ就キテノ研究ハ亦頗ル興味アル結果ヲ得タリ其供試桁ハ徑間 3m、荷重ハ中間 1m の兩端ニ之ヲ加エ混擬土ノ配合 1:3:4 = シテ軟練トシ濕布ヲ以テ之ヲ掩ヒ濕砂上ニ放置シタリ今其二三ノ例ヲ摘記スレバ

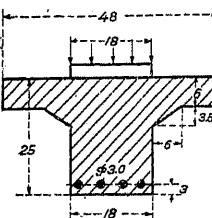
a) 第五百四十七圖ノ如キ矩形桁ニ於テ材齡 45 日、立方供試體ノ應壓力度  $112 kg/cm^2$  ヲ有スルモノノ破壊狀態ハ第五百五十一圖ノ如ク正ニ立方供試體ノ破壊ト同ジク三角稜形ヲ爲スヲ見ル可シ此種類ノ桁 3 個ノ最大荷重ハ平均  $7667kg$  = シテ今  $n = 15$  トシ普通算式中ニ測定最大荷重ノ値ヲ挿入シテ桁ノ應張側ニ於ケル混擬土ノ應壓力度ヲ算出セバ之ヲ立方供試體ノ強度ト比シテ約 1.89 倍ナルコトヲ知レリ。

b) 第五百四十八圖ノ如キ T形桁ニ於テ材齡及立方供試體ノ應壓力度 a) ト全ク相同シキモノヲ取レバ其破壊狀態第五百五十二圖ノ如ク突縁ノ上面ニ三角稜形ノ破碎ヲ示ス可シ其最大荷重ハ

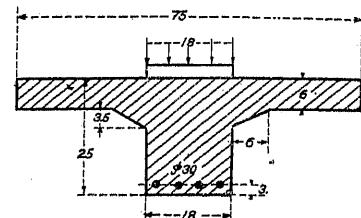
第五百四十七圖



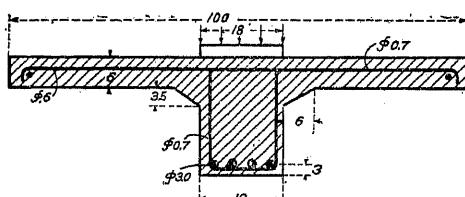
第五百四十八圖



第五百四十九圖



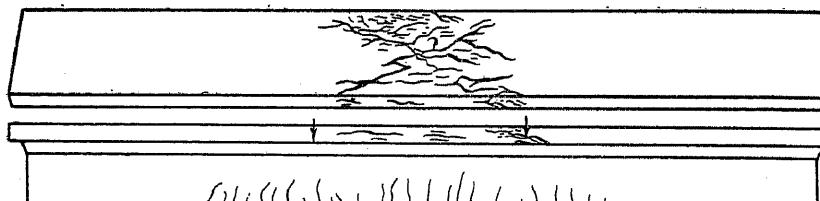
第五百五十圖



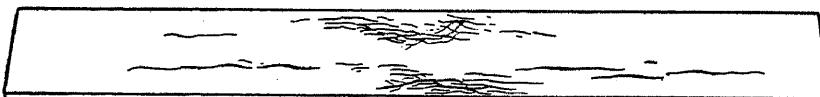
第五百五十一圖



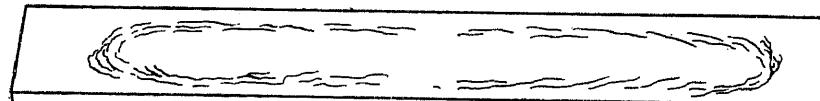
第五百五十二圖



第五百五十三圖



第五百五十四圖



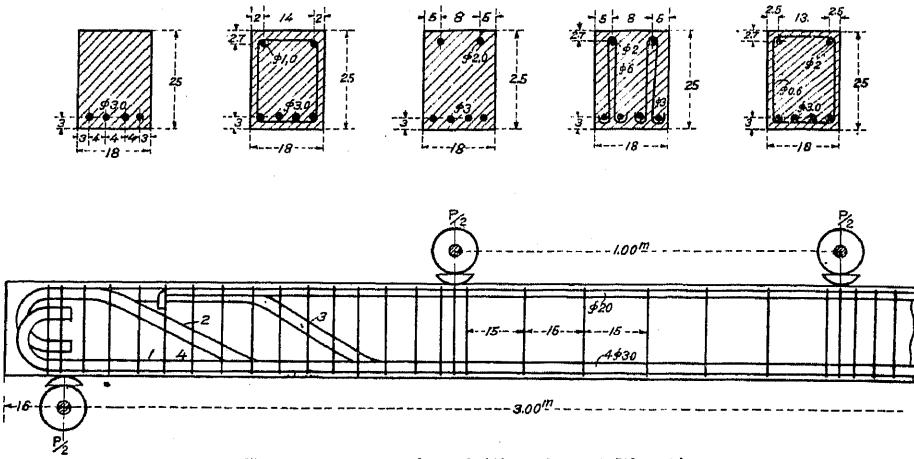
2個ノ平均  $13150\text{kg}$  ニシテ  $n=15$  トシテ普通ノ算式中ニ此値ヲ入ル、トキハ混擬土ノ應壓力度ハ立方供試體應壓力度ノ  $1.19$  倍ナリシヲ知ル。

c) 更ニ第五百四十九圖ノ如ク若シ突緣ノ幅ヲ增加シテ  $75\text{cm}$  トセバ應壓側混擬土ノ應力超過ノ爲メニ生ズル裂縫ノ外更ニ第五百五十三圖ノ如ク略ボ突緣ト肋桁トノ連續線ニ沿フテ裂縫ノ顯ハル、ヲ見ル即チ肋桁ヨリノ力ノ傳導ニ連レ其突緣トノ連續線ニ於ケル混擬土ノ抵抗力不充分ナルコトヲ示ス然カモ其最大荷重ハ增加シテ 3個ノ平均  $21333\text{kg}$  トナリ  $n=15$  ト假定シテ算式ニ依リテ得可キ混擬土ノ應壓力度ハ立方供試體ノ強度ニ比シテ  $1.26$  倍トナル可シ。

d) 更ニ突緣ノ幅  $1\text{m}$  トシ突緣中ニ横筋ヲ加フルコト第五百五十圖ノ如クセバ最大荷重ハ著シク增加シテ 3個ノ平均  $25733\text{kg}$  トナリ平均  $19333\text{kg}$  =至リテ肋桁ト突緣トノ接續線ニ沿フテ裂縫ヲ生ジ最大荷重ヲ受クルニ至リテ第五百五十四圖ノ如キ裂縫ヲ生ズ可シ此場合ニ於テハ普通ノ算式ニ依リテ得タル混擬土ノ應壓力度ハ立方供試體ノ強度ニ比シテ  $1.18$  倍ヲ有ス可シ。

二氏ハ更ニ進ミテ複式即チ應壓側ニモ鐵筋ヲ有スル場合ニ就キテノ實驗ヲ施行シタリ其供試桁第五百五十五圖以下第五百五十九圖ノ如ク各々 3個ヲ作リ第五百五十五圖ハ應壓側ニ鐵筋ヲ有セズ第五百五十六圖ハ應壓側ニ直徑  $1\text{cm}$  の鐵筋 2條ヲ有シ加重點ノ中間ニハ  $15\text{cm}$  の距離毎ニ繫索ヲ配置シ第五百五十七圖ハ應壓側ニ直徑  $2\text{cm}$  の鐵筋 2條ヲ有シ加重點ノ中間ニハ繫索ヲ有セズ第五百五十八圖ハ第五百五十七圖ト同様ナルモ繫索ヲ有シ

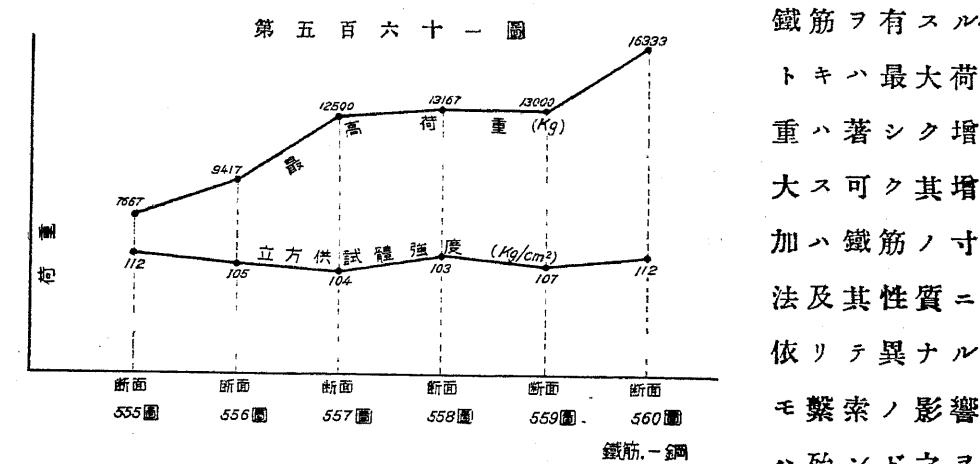
第五百五十五圖 第五百五十六圖 第五百五十七圖 第五百五十八圖 第五百五十九圖



第五百六十圖(第五百五十八圖ノ分)

第五百五十九圖ハ同様繩形繫索ヲ有ス繫索ハ何レモ加重點ノ左右側ニ於テ第五百六十圖ノ如キ配置トセリ凡テ市場ニ販賣セル普通鐵材ヲ使用シ直徑 $1cm$ ノモノハ其降伏點強度 $3034kg/cm^2$ , 直徑 $2cm$ ノモノハ $2487kg/cm^2$ ヲ有セリ更ニ第五百五十九圖ト同型ニシテ應壓側ニ於ケル材料ヲ鋼トシ其降伏點強度 $4322kg/cm^2$ ノモノヲ添和セリ混凝土ノ配合ハ $1:3:4$ トシ供試桁ハ何レモ濕砂中ニ放置シ濕布ヲ以テ之ヲ包被シタリ其立方供試體ノ強度ハ平均 $109kg/cm^2$ ニシテ何レモ材齡45日ニ於テ之ヲ試験シタルニ凡テ應壓側ノ壓縮ニ依リテ破壊シ實驗ノ終了セル迄應張側ノ裂縫ハ纖細ニシテ強度何レモ其降伏點ニ達セズ附着力モ同様未ダ超過スルニ至ラザリキ其破壊狀態ハ鐵材使用ノモノハ混凝土ノ壓縮ト共ニ鐵材ノ彎折(Buckling)ヲ生シ鋼材使用ノモノハ上部鐵筋ノ附着力ヲ超過シ爲メニ混凝土ハ桁ノ中央部及ビ終端ニ於テ破壊シ從ツテ鋼筋ハ彎折ノ作用ヲ受クルコトナカリキ其平均最大荷重ハ

第五百六十一圖ニ示セルガ如シ是ニ依リテ之ヲ見ルニ應壓側ニ



認ムルコトヲ得ズ今若シ $n=15$ トシ普通ノ算法ニ從ヒ $\sigma_{cmax}$ ヲ計算スルトキハ第百十六表ノ如シ。即チ應壓層ニ於ケル鐵筋ノ量

第一百十六表

複式鐵筋ヲ有スル混凝土ノ應壓力度		
斷面	$\sigma_{cmax}(kg/cm^2)$	立方供試體強度ニ對スル增加百分率(%)
第五百五十五圖	156	39
第五百五十六圖	168	59
第五百五十七圖	176	69
第五百五十八圖	188	65
第五百五十九圖	182	70
第五百六十圖(鋼筋)	228	103

一千九百十一年獨國[スエンソン]氏(Suenson)ノ實驗ハ應壓側ノ破壊ニ依ル桁ノ場合ニ於テ應張側ニ於ケル鐵筋量ノ影響如何ヲ研究シタリ供試桁ニ使用セル混凝土ノ配合ハ $1:2:3$ ニシテ高サ $6cm$ , 幅 $9cm$ ノ斷面ヲ

有シ徑間 1.8m, 應張側ニ於ケル鐵筋ハ十種ノ異ナリタル排列ヨリ成リ供試桁ノ總數 100 個ニシテ内 60 片ハ徑間ノ中央ニ於チ, 40 片ハ中央 60cm ノ兩點ニ於テ荷重ヲ加エ更ニ 20cm ノ立方供試體強度ヲモ検定シタリ材齡何レモ 28 日後ニ試験シタリシガ應張側ニ於ケル鐵筋ノ量比較的大ナリシヲ以テ桁ハ何レモ其鐵筋ノ應力降伏點ニ達セザル以前ニ於テ勿論應壓側ニ於ケル混凝土ノ壓挫ニ依リ破壊シタリ其結果ニ依レバ鐵筋ノ量 3.8 乃至 18.1% ヲ有スルモノ最大荷重ノ時鐵筋ノ最大應力  $\sigma_{cmax}$  ハ僅ニ 798 乃至 2685kg/cm<sup>2</sup> 即チ何レモ降伏點强度ニ達セズ而シテ  $n = 15$  トシテ測定ノ結果ヲ算式中ニ挿入シテ得タル應壓側ニ於ケル混凝土ノ强度  $\sigma_{cmax}$  ハ 276 乃至 365kg/cm<sup>2</sup> ニシテ立方供試體ノ强度  $\sigma_c$  ハ 193 乃至 284kg/cm<sup>2</sup> ナリシヲ以テ  $\frac{\sigma_{cmax}}{\sigma_c} = 1.2$  乃至 1.34 ヲ得可ク然カモ鐵筋ノ量如何ニ依リテ  $\sigma_{cmax}$  ノ值ニ特殊ノ影響ヲ與ヘタルノ形跡ヲ認メザリキ。以上實驗ノ外獨國「プロブスト」氏(Probst), 同國「メニーラー」氏(Möeler), 瑞西「メルシュ」氏(Mörsch), 同國「シューレ」氏(Schüle), 蘭國「サンデルス」氏(Sanders), 澳國「トゥルリー」氏(Thullie), 同國「エムペルガー」氏(Emperger), 同國「テトマイヤー」氏(Tetmajer), 同國「メラン」氏(Melan), 佛國「メスナーゼ」氏及「メルシエ」氏(Mesnager et Mercier), 米國「ハルディング」氏(Harding), 同國「ターノール」氏(Turneaure), 同國「タルボット」氏(Talbot), 及同國「ウィティー」氏(Withey)等ノ實驗アルモ何レモ桁混凝土ノ應壓力度ハ立方供試體ノ應壓力度ニ比シテ大ナルコト及ビ普通算式ニ依ル應壓力度ハ實驗ノ結果ニ比シテ過算的ナルコトヲ證明セリ。

以上ノ結果ヲ綜合スルニ 1) 若シ計算ニ使用スル  $n$  ナル係數ヲシテ其實驗混凝土ノ立方供試體ヨリ直接ニ導キタルモノトシ

同時ニ應張側ニ於ケル混凝土ノ應張力ヲ顧慮中ニ加フルトキハ著シク許容應力度ヲ超過セザル範圍内ニアリテハ桁混凝土ノ應壓力ハ計算及實驗ノ結果何レモ克ク相一致スルノ事實ヲ認め得可シ 2) 若シ應張側ニ於ケル混凝土ノ應張力ヲ全然無視セル一般算式ニ依リテ得ラル可キ桁混凝土ノ應壓力度ハ許容應力度ノ範圍内ニアリテハ實驗ノ值ニ比シテ稍々過算シタル結果ヲ得可シ 3) 應張側ニ於ケル鐵筋ノ應力ガ降伏點ニ達セザル以前及鐵筋ト混凝土トノ間ノ附着力ヲ超過セザル以前ニ於テ應壓側混凝土ノ壓挫破壊ヲ來シタル場合ニハ其受ケタル最大荷重ヨリ算定セル  $\sigma_{cmax}$  ノ值ハ立方供試體ヨリ得タル直接應壓力度  $\sigma_c$  ヨリモ大ナリ抑モ立方供試體ニアリテハ混凝土ハ如何ナル方向ニモ剪斷スルコト自由ナルヲ以テ其最モ弱キ剪斷面ニ依リテ供試體强度ハ限定セラル可ク之ニ反シテ桁ニアリテハ剪斷破壊ハ桁端ニ垂直ナル面ノミニ限ラル可シ加之ノミナラス桁試驗ニアリテハ立方供試體ガ其試驗臺ニ据付ノ不備若クハ試驗機ノ壓縮面不平行ノ働キ等ニ依リテ生ズル副應力(Secondary stress)ヲ生ズル如キ影響ヲ受クルコトナキヲ以テ推理的ニモ桁試驗ニ依リテ得タル應壓力度ノ立方供試體强度ヨリモ強キノ理由ヲ推定シ得可シ 4) 一般ニ立方供試體及桁トモ空氣中ニ放置セシムルモノ多シ此狀態ニアリテハ水中放置ノモノニ比シテ混凝土ハ其乾燥ノ影響ヲ受クルコト多シ而シテ立方供試體ハ其寸法小ナルヲ以テ比較的大ナル桁ノ場合ヨリモ其影響殊ニ大ナルコト明カナリ故ニ若シ桁及立方供試體トモ水中放置ノ狀態ニテ其應壓力度ヲ比較セバ恐ラクハ其結果二者著シキ差違ヲ認ムルコトナカル可シ 5) 應

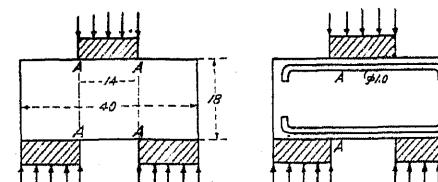
張側ニ於ケル鐵筋ノ量如何ハ應壓側ニ於ケル混凝土強度ニ特殊ノ影響ヲ與フルコトナキガ如シ 6) T形桁ニアリテハ  $\frac{\sigma_{max}}{\sigma_c}$  ハ矩形桁ノ場合ヨリモ稍々小ナリ 7) 應壓側ニ於ケル鐵筋ノ補強ハ其量ノ增加ニ伴ヒテ漸次其受ク可キ最大荷重ヲ增進スルノ傾向アルモノ、如シ。

### 第十三節 直接剪力ニ對スル鐵筋混凝土ノ強度

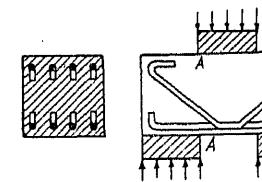
本節ニアリテハ純粹ニ剪斷力ヲ受クルモノ (Pure shear) = 就キテノ實驗ヲ論ジ桁ノ場合ニ於ケル傾斜應張力 (Diagonal tension stress) ノ影響ニ就キテハ更ニ節ヲ改メテ之ヲ說ク可シ。

千九百四年瑞西「メルシュ」氏 (Mörsch) の實驗ハ第五百六十二圖、第

第五百六十二圖



第五百六十三圖



第五百六十四圖



五百六十三圖及第五百六十四圖ニ示セル三種ノ供試片ヲ作リ其混凝土配合率ヲ 1:4 トシ材齡 45 日ヲ經過シタルモノニ就キテ A-A ナル斷面ニ於ケル剪斷試験ヲ施行シタリ其結果第百十七表ノ如シ。

表中最大荷重ニ對スル應剪力度ハ AA ノ兩斷面ニ沿フテ荷重ガ平等ニ配付セラル、モノト假定シタル値ヲ示ス以上ノ成績ニ依レバ AA ナル斷面ニ初メテ裂縫ヲ呈ス可キ荷重ハ鐵筋ノ有無ニ係ハラズ著シキ差違ヲ認メズ然カモ最初ノ裂縫ヲ見タル後ニアリテハ鐵筋ヲ有セザルモノハ直チニ其應力ヲ失ヒ其之ヲ有ス

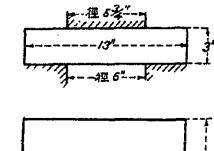
第一百十七表

鐵筋混凝土ノ應剪力度			
供試片ノ種類	A-A ナル斷面ニ於ケル初メテ裂縫ヲ見タルトキノ荷重 (kg)	最大荷重 (kg)	最大荷重ニ對スル應剪力度 (kg/cm²)
第五百六十二圖	24000	24000	37,1
第五百六十三圖	23750	41000	63,3
第五百六十四圖	22000	32333	50,0

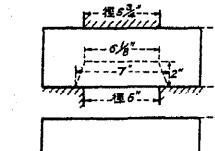
ルモノハ猶著シク其荷重ヲ增進スルノ事實ヲ認メ得可シ。

千九百六年米國タルボット氏 (Talbot) の實驗ハ種々ノ配合ヲ有スル混凝土ノ應剪力度ニ就キテ其供試片ノ種類及試驗裝置ノ關係ヲ研究シタルモノニシテ其模形ハ第五百六十五圖以下第五百六

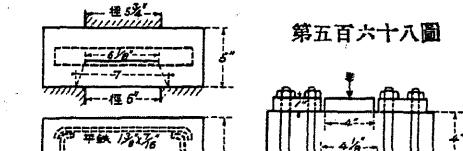
第五百六十五圖



第五百六十六圖



第五百六十七圖



十八圖ノ如シ前三者ハ直徑 6" ノ孔隙ヲ有スル平版上ニ休止シ後者ハ 4 1/4" ノ面ヲ殘シテ他ハ之ヲ緊定シ前者ハ直徑 5 3/4", 後者ハ直徑 4" ノ啞子 (Piston) ニテ之ニ壓力ヲ加ヘタリ其結果ノ一部第百十八表ノ如シ。

其結果ニ依ルニ同一配合ノ混凝土ニアリテハ其試驗裝置ノ如何ニ依リテ夫々應剪力ヲ異ニシ配合ノ優良ナルモノハ其應剪力

第一百十八表

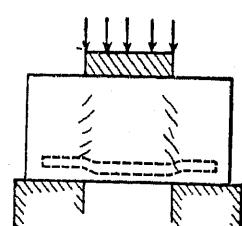
混凝土ノ應剪力度			
供試片ノ種類	混凝土ノ配合比	應剪力度 $\text{kg}/\text{cm}^2$	立方供試體ノ強度 $\text{kg}/\text{cm}^2$
第五百六十五圖	1 : 3 : 6	824	2460
	1 : 2 : 4	1209	3256
第五百六十六圖	1 : 3 : 6	1152	2460
	1 : 2 : 4	1280	3256
第五百六十七圖	1 : 3 : 6	1849	2460
	1 : 2 : 4	2176	3256
第五百六十八圖	1 : 3 : 6	1337	2460
	1 : 2 : 4	1436	3256

度亦大ナルヲ見ル可シ。

其他英國「ブリック」氏(Brick), 獨國「チップケス」氏(Zipkes), 佛國「メスナーゼ」氏及「メルシエ」氏(Mesnager et Mercier)等ノ實驗アルモ之ヲ略ス。

以上ノ結果ヲ綜合スルニ 1) 單純剪斷ヲ受クル供試片ニアリテハ其鐵筋ノ有無ニ係ハラズ最初ノ裂縫顯出ニ至ル迄ハ其堪荷力ニ著シキ差違ヲ認メズ 2) 鐵筋ヲ有スルモノハ最初ノ裂縫顯出後著シク荷重ノ增加ニ堪ユ可シ即チ最初ノ裂縫ハ一般ニ第五

五百六十九圖



百六十九圖ノ如ク傾斜狀ヲ爲ス可ク鐵筋ガ點線ニテ示セル變形ヲ受ケタル後荷重ノ増加ニ伴ヒ初メテ其應剪力ヲ充分ニ發揮スルモノ、如シ 3) 鐵筋ノ斷面積同一ナルトキハ其數ノ多キモノ程堪荷力大ナリ 4) 壓力ヲ加フル面ノ左右兩側ニ於ケル供試片ノ厚サ及其緊定方法ニ從ヒ其堪荷力ニ多少ノ差違ヲ生ズ可シ 5) 混凝土ノ配合比優良ナ

ルモノハ其應剪力亦從ツテ大ナリ。

#### 第十四節 傾斜應張力不足ニ原因スル桁ノ破壊

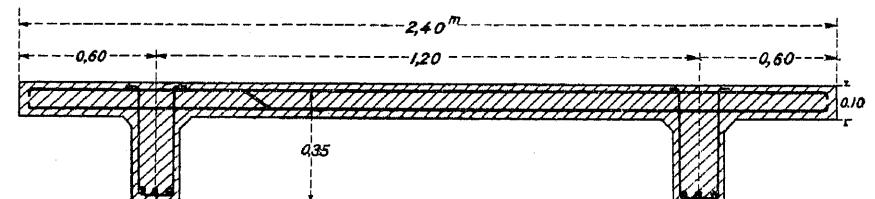
傾斜張力(Diagonal tension)=對スル桁ノ強度ハ單ニ剪力ノ單一函數ニアラズシテ混凝土ニ於ケル水平應張力若クハ彎曲應力ニ聯關係可ク而シテ後者ノ應力ハ亦破壊斷面ニ於ケル實際ノ彎曲力率及補強水平鐵筋ノ量ト附帶ス可シ即チ鐵筋ノ量多キトキハ水平變形量ヲ低減シ混凝土ニ於ケル張力ヲ減ズ可ク從ツテ傾斜張力ニ歸因スル破壊抵抗力ヲ增進ス可シ即チ傾斜張力ニ對スル桁ノ強度ハ剪力、彎曲力率及補強鐵筋量トノ間ノ相互關係ニ依リテ定マルベキモノナリ然レドモ其重ナル函數ハ剪力ニ存スルコト勿論ナリトス此理由ニ基キ其加重方法ノ如何ハ亦桁ノ強度ニ影響ヲ及ボス可シ普通ノ構造物ニアリテハ等布的若クハ之レニ近似セル荷重ヲ受クルモノトシテ計算スルコト多シ而シテ實驗ノ場合ニハ桁ノ三分ノ一點ニ於テニツノ集中荷重ヲ加フルコトガ略ボ等布荷重ヲ受クル桁ニ存立ス可キ狀態ヲ示スモノトシテ最モ一般ニ應用セラルスクテ三分ノ一點ニ荷重ヲ加フルトキハ最大彎曲力率ヲ起ス點ニ於テ又等布荷重ヲ受クル場合ニハ彎曲力率零ノ點ニ於テ何レモ最大剪力ヲ生ズ可シ故ニ傾斜張力ニ依リテ起ル破壊ハ前者ハ加重點ノ外側ニ於テ後者ハ力率ガ最大值ヨリ著シク小ナル處即チ支點ニ近ク起ルヲ見ル故ニ剪力ニ關スル狀態ハ後者ノ方稍々有利的ナリ更ニ桁ノ中央ニ單一集中荷重ヲ加フルハ夫々三分ノ一點ニ荷重ヲ加フルヨリモ或力率ニ關シテハ其生スル剪力小ナリ故ニ剪力ノミニ就キテハ前者ハ一層有利的ナリト云フコトヲ得可シ但シ傾斜張力ニ依リテ破壊セシム可

キ桁ノ高サガ其徑間ニ對スル比ハ1:10以下ナルコト多シ。

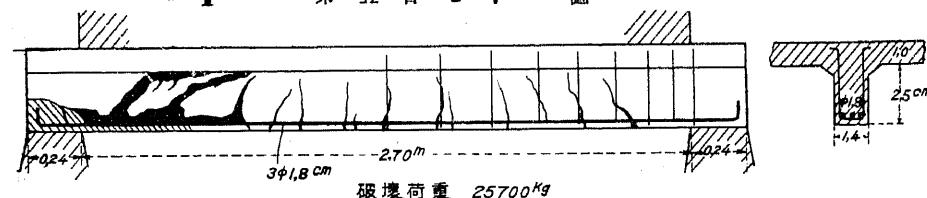
瑞西「メルシュ氏 (Mörsch)」ハ其著書鐵筋混凝土篇ニ於テ千九百三年及千九百六年ニ於ケル氏ガ實驗ノ結果ヲ詳述セリ今其要點ヲ摘記スレバ千九百三年ニ於ケル研究ハ四ツノ二列T形桁(Double Tee beam)ニ施シタルモノニシテ其結果繫索ヲ有スル桁ノ最大荷重ハ其之ヲ有セザルモノニ比シテ大ナルコト及ビ傾斜セル鐵筋ヲ有スル桁ハ同斷面積ノ直線鐵筋及繫索ヲ有スル桁ヨリモ最大荷重ノ值遙カニ大ナルコトヲ示シタリ。

氏ハ千九百六年ニ於テ更ニ十二種ノ桁ニ就キテ大規模ノ實驗ヲ施シタリ其斷面ハ何レモ第五百七十圖ノ如キ二列T形桁ニシテ桁ノ中心距離及緣端間ノ長サハ何レモ同一トシ只其肋桁ノ幅ヲ異ニセリ故ニ第五百七十一圖以下第五百八十二圖ニ於テ其肋桁ノ斷面ノミヲ示ス鐵筋ノ總斷面積ハ何レモ略ボ其量ヲ同一ノ

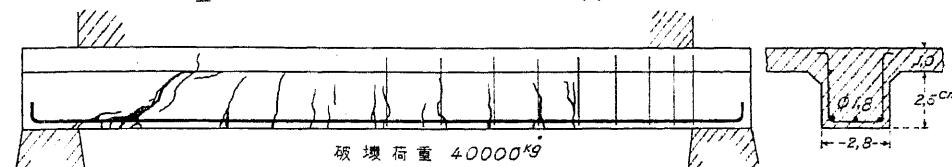
第五百七十圖



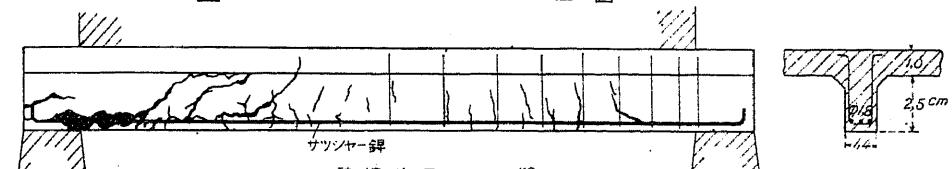
第五百七十一圖



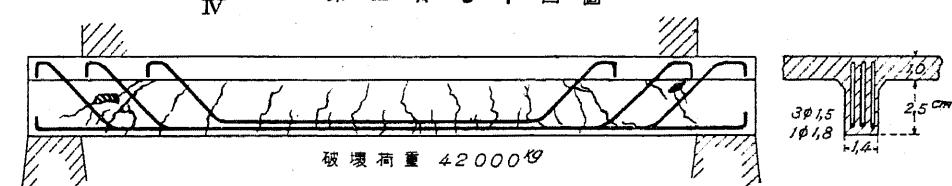
第五百七十二圖



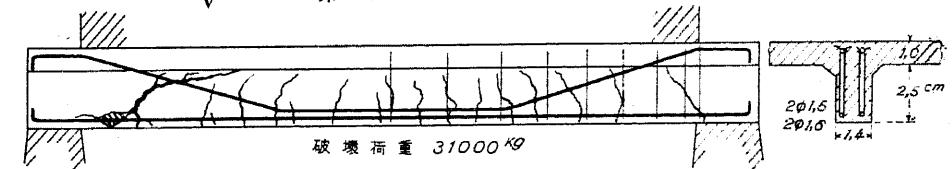
第五百七十三圖



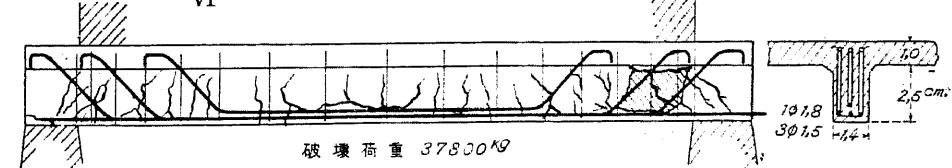
第五百七十四圖

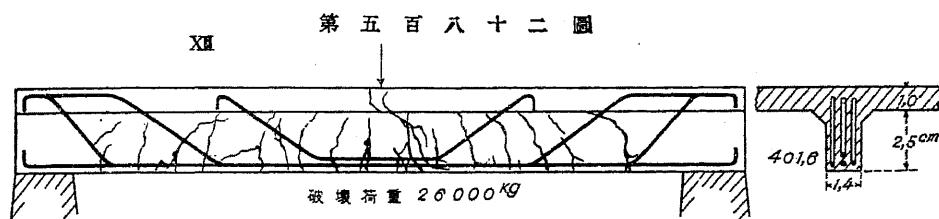
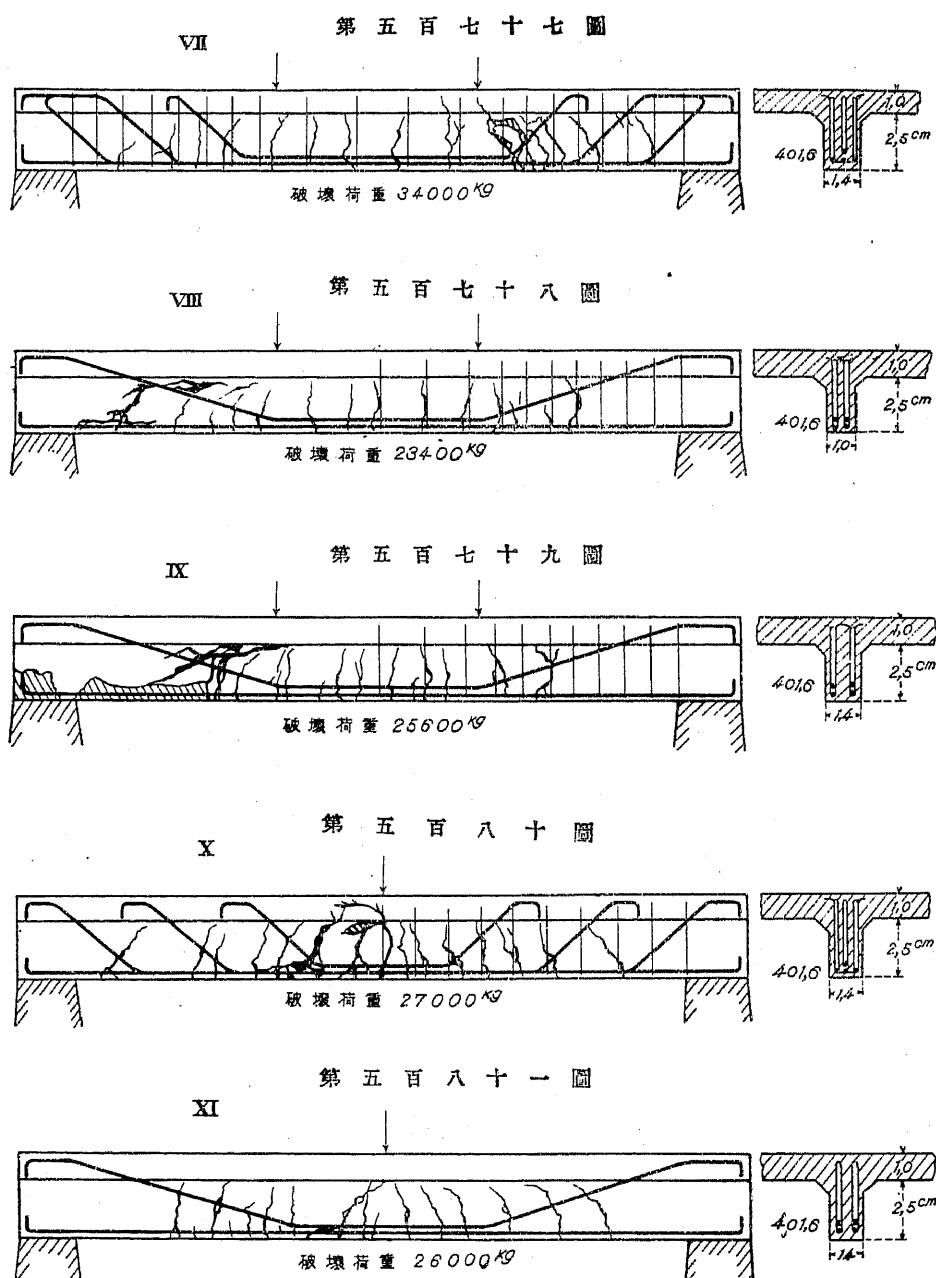


第五百七十五圖



第五百七十六圖





值トセリ混泥土ハ  $1:4\frac{1}{2}$  ノ配合ヨリ成リ其應張力ハ  $7.7 \text{kg/cm}^2$ , 應壓力ハ  $182 \text{kg/cm}^2$  ヲ有シ材齡 3 ケ月ヲ經過シタル後之ヲ試験シタリ其破壊ノ狀態ハ第五百七十一圖以下第五百八十二圖ニ示スガ如ク其結果ノ概要第百十九表ノ如シ.

第一百九表

傾斜張力ニ對スル桁ノ強度				
桁ノ種類	最初ノ製縫チ生シタルトキノ荷重(kg)	傾斜製縫チ生シタルトキノ荷重(桁破壊ノ原因タリシモノ)(kg)	最大荷重(kg)	突緣ト肋桁トノ接續點ニ於ケル應剪力度( $\text{kg/cm}^2$ )
I (第五百七十一圖)	7000	15000	25700	10,4
II (第五百七十二圖)	13700	30000	40000	13,9
III (第五百七十三圖)	5800	13000	19500	8,1
IV (第五百七十四圖)	9000	33000	42000	16,7
V (第五百七十五圖)	7000	14000	31000	13,0
VI (第五百七十六圖)	6000	19000	37800	15,2
VII (第五百七十七圖)	7500	—	34000	13,8
VIII (第五百七十八圖)	5100	9800	23400	14,7
IX (第五百七十九圖)	5900	14500	25600	11,0
X (第五百八十圖)	7500	—	27000	11,2
XI (第五百八十一圖)	6000	—	26000	11,1
XII (第五百八十二圖)	5500	—	26000	10,8

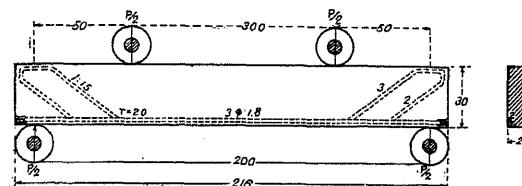
I, II, III, V, VIII, IX 等ノ破壊狀態ニ就テハ何レモ繫索ヲ有セ

ザル左側ニ於テ剪力ヨリ生ズル傾斜張力ノ超過ニ依リテ其致命傷ヲ生ジタルヲ見ル(其終端ニ近ク致命的應剪力度各桁夫々 16,9, 12,9, 13,2, 21,0, 22,8 及 17,7,  $kg/cm^2$  ニ達シタルトキ)即チ繫索ヲ有スルモノハ剪斷ニ對スル抵抗力ヲ昂進スルノ事實ヲ認メ得可シIV及VIニアリテハ其破壊ハ傾斜鐵筋ノ起點ニ於ケル附着力ヲ超過シタルニ起因セリ(各桁夫々 33,5 及 30,4  $kg/cm^2$  ニ達シタルトキ)但シ下部直線ヲナセル鐵筋ノ終端ハ之ヲ鈎状トセバ其滑動ニ對スル抵抗力ヲ增進セシメ破壊ヲ遲延スルコト VI ニ對スル IV の狀態ヲ研究セバ明カナル可シ I ト II トハ其鐵筋ノ量及配置ヲ等シクシ只肋桁ノ幅後者ハ前者ノ二倍ナルノミ然ルニ其最大荷重ノ比ハ 1:1,56 ノ割合ヲナシ後者ハ 56% ノ増進ヲ示ス VIII 及 IX モ是レト同様肋桁幅ノ比 1:I,4 ニシテ最大荷重ノ比ハ 1:1,09 ニ過ギズ更ラニ I, V, 及 IV の比較スルニ其肋桁ノ幅同一ナルモ其最大荷重ノ比 1:1,21:1,63 ナリ即チ最大荷重ハ鐵筋ノ配置ニ依リテ大ニ支配セラル、ヲ見ル可シ VII, VIII 及 IX ハ何レモ徑間三分ノ一ノ左右點ニ於テ荷重ヲ加エタリ而シテ VII ハ 7500kg = 於テ加重點附近ニ裂縫ヲ生シ荷重ノ増加ニ伴ヒ其裂縫漸次大トナリ更ニ終端ニ近ク新タニ裂縫ノ續出ヲ認メタルモ其破壊ノ源因ハ主トシテ鐵筋強度ノ降伏點ヲ超過シタルニ歸因セリ ( $\sigma_s = 3420kg$  = 達シタルトキ) X, XI 及 XII ハ其中央點ニ於テ荷重ヲ加エタリシガ何レモ其加重點ニ近ク初メテ裂縫ヲ生ジ荷重ノ増進ニ伴ヒ剪斷ノ働くキヨリ來ル影響割合ニ小ニシテ其致命傷ハ鐵筋ノ強度降伏點ニ達シタルカ(各桁夫々  $\sigma_s = 3880, 3800$  及 3740  $kg$  = 達シタルトキ)若クハ其上端應壓層ニ於ケル混擬土ノ壓縮ニ歸因シ中央點ニ近ク裂

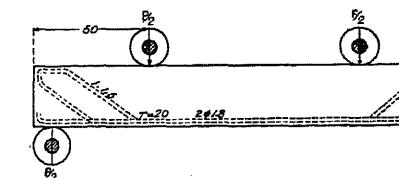
縫ヲ增大シテ破壊セルヲ見ル可シ。

千九百七年獨國「バッハ」氏 (Bach) の實驗ハ傾斜鐵筋ノ種々ノ配置、桁内ニ於ケル直線鐵筋ノ終端鈎形ノ有無直線及傾斜鐵筋ヲ有スル桁内ノ繫索等ガ及ボス影響如何ヲ研究シタルモノニシテ供試桁ノ種類ハ第五百八十三圖以下第五百八十六圖及第五百八十

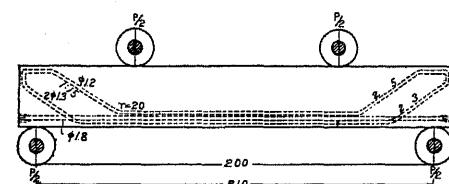
第五百八十三圖



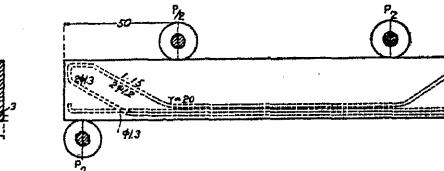
第五百八十四圖



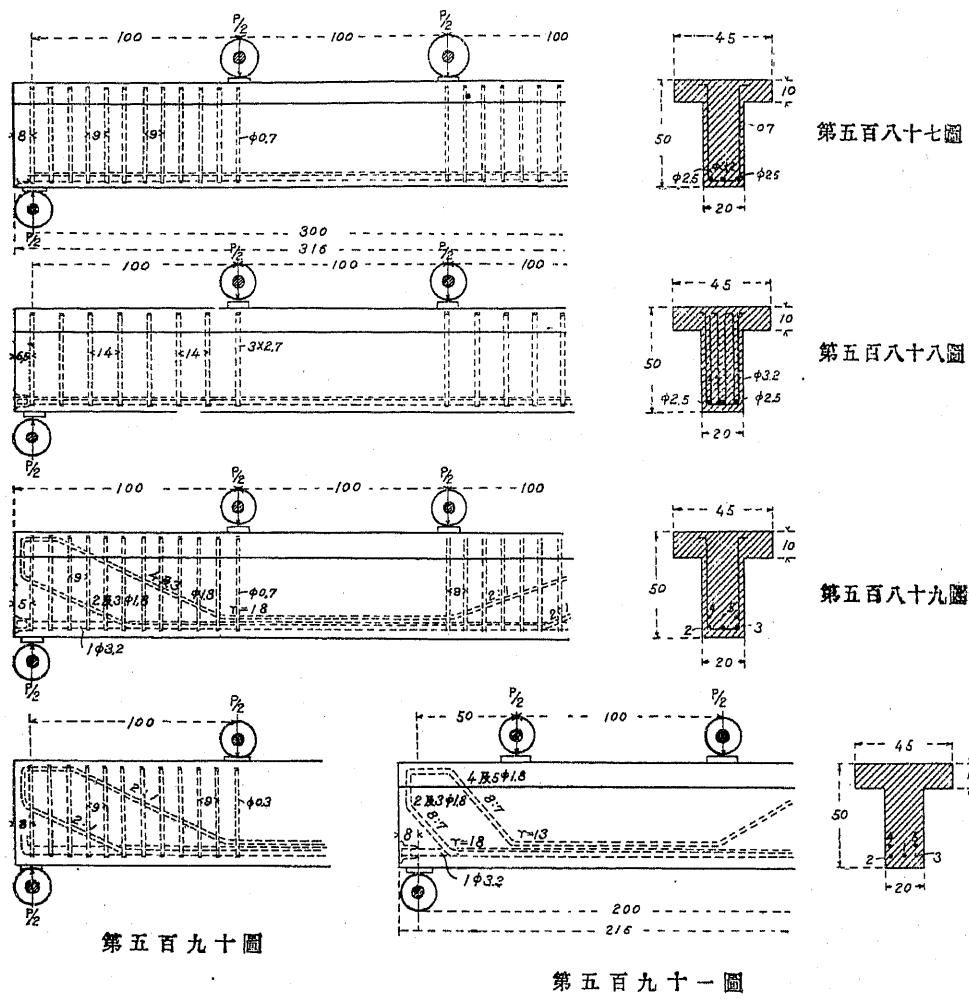
第五百八十五圖



第五百八十六圖



七圖以下第五百九十一圖ノ如シ混擬土ハ 1:4 ノ配合ヨリ成リ「セメント」ハ矩形桁及 T 形桁ニ就キテ其種類ヲ異ニシ何レモ 30cm ノ立方供試體ニ於テ材齡七ヶ月ノ後、前者ハ  $228 kg/cm^2$ 、後者ハ  $247 kg/cm^2$  ナリシ供試桁ハ實驗當日迄凡テ之ヲ濕砂中ニ置キ濕布ヲ以テ包被シタリ矩形桁ニ關スル平均結果ハ第百二十表ニ示スガ如シ但シ第五百八十三圖及第五百八十四圖ノ鐵筋斷面ハ  $7,8 cm^2$ 、第五百八十五圖及第五百八十六圖ノモノハ  $7,5 cm^2 (1,3\%)$  ノ有シタリキ。



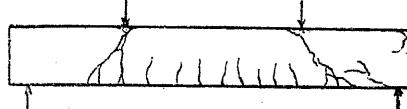
第百二十表

## 傾斜筋ヲ有スル矩形杭ノ最大荷重

供試杭ノ形狀	平均最大荷重 (kg)	鉤端ヲ有スルモノノ、最 大荷重ノ増進量(kg)
第五百八十三圖 直徑1.8 cmノ鐵筋3條内1條直筋鉤端ナシ2條傾斜筋鉤端ヲ有ス	17333	
第五百八十四圖 直筋鉤端ヲ有スル外總テ同上	21333	4000
第五百八十五圖 直徑1.8 cm直筋1條鉤端ナシ直徑1.3 cm傾斜筋2條何レモ鉤端ヲ有ス	17000	
第五百八十六圖 直筋4條鉤端ヲ有スル外總テ同上	19667	2667

以上ノ結果ニ依ルニ中央直筋ノ鉤端ヲ有スルモノハ其最大荷重ヲ增進セシムルノ效力アルコトヲ認定シ得可シ次ニ其破壊ノ狀態ヲ見ルニ鉤端ヲ有スルモノハ常ニ其鉤端ノ附近ニ於ケル混疑土ヲ破碎セシムルノ現象アリ第五百九十二圖ハ其一例ヲ示スモノナリ但シ其供試杭ノ或モノハ(假令ハ第五百八十五圖ノ杭)鐵筋ノ強度降伏點ヲ超過シタルガ爲メ加重點ノ附近ニ於テ

第五百九十二圖



致命傷ヲ與ヘタリ今普國ノ規定ニ從ヒ杭ノ應力ヲ計算セバ假令ハ第五百八十四圖ノ供試杭ニアリテハ ( $P_{max} = 21333kg$ ),  $\sigma_s = 2841 kg/cm^2$ ,  $\sigma_a = 166 kg/cm^2$ ,  $\tau$  (最大剪力) =  $22.1 kg/cm^2$  ノ得可シ.

次ニ第五百八十七圖以下第五百九十一圖ノT形杭ニ關スル實驗ノ結果ヲ擧グル時ハ第百二十一表ノ如シ.

第百二十一表

## 傾斜筋ヲ有スルT形杭ノ最大荷重

供試杭ノ形狀	最初ノ裂縫ナ 生ジタル時ノ 荷重(kg)	鐵筋ノ終端カ柱 ノ小口面ヨリ滑 動シ初メタル時 ノ荷重(kg)	平均最 大荷重	繩索ヲ有ス ル爲メノ最 大荷重ノ增 進(kg)	傾斜筋ノ 配置ニ伴フ 最大荷重ノ 増進(kg)
直筋3條繩索ナシ他ハ第五百八 十七圖ト同様	13000	21667	33000	—	—
第五百八十七圖直筋3條, 圓錐繩索24條	12667	25000	30467	7467	—
第五百九十八圖直筋3條, 平鐵繩索48條	11333	28667	37667	14667	—
直筋1條傾斜筋4條,繩索ヲ有セ ズ他ハ第五百八十九圖ト同様	13000	24667	33333	—	10333
第五百八十九圖直筋1條、傾斜 筋4條,圓錐繩索24條	11667	30000	41000	7667	—
第五百九十圖直筋1條,鉤端ヲ有 ス他ハ第五百八十九圖ト同様	12000	33000	46500	—	5500
第五百九十一圖直筋1條、傾斜 筋4條,徑間2m	25000	32000	—	—	—

以上ノ結果ニ依レバ繩索ヲ有スル桁ノ最大荷重ハ其之ヲ有セザルモノニ比シテ著シク荷力ヲ増進スルコトヲ認メ得可シ更ニ第五百八十九圖ノ如ク傾斜鐵筋ヲ有スルモノハ同一ノ繩索數ヲ有シ然カモ直筋ノミヲ配置セル第五百八十七圖ノ桁ト比シテ著シク其強度ヲ昂ム可ク而シテ下部直筋ノ鉤端ヲ有スルモノニアリテハ一層其増進ノ度大ナルヲ見ル可シ。

今若シ鐵筋ノ重量ニ比例シテ其最大荷重ノ増加率ヲ比較スルトキハ第百二十二表ノ如キ結果ヲ得可シ。

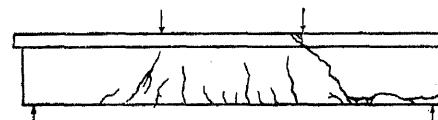
第百二十二表

鐵筋ノ重量ニ對スル荷重ノ增加					
桁ノ種類	直筋3條 ヲ有スル 桁	繩索ノ數24 候第五百八 十七圖	繩索ノ數48 候第五百八 十八圖	繩索ヲ有セザ ルモノハ第五百 八十九圖	繩索ノ數24 候第五百八 十九圖
鐵筋ノ重量(kg)	43,7	52,0	73,1	49,1	56,9
鐵筋1kgニ對スル最 大荷重ノ增加(kg)	—	900	499	1914	1364
				1691	

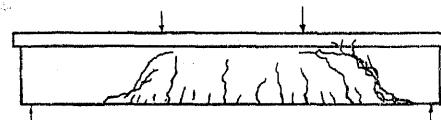
即チ傾斜鐵筋ノ配置ニ必要ナル重量1kgノ鐵筋ハ繩索ニ於ケル1kgノ鐵筋ヨリモ著シク有效ナルノ事實ヲ認ムルコトヲ得可シ。

T形桁ノ破壊狀態ニ就キテ觀察スルニ繩索ヲ有セズシテ水平直筋ノミヲ配置セルモノハ第五百九十三圖ノ如ク桁端ニ近ク傾

第五百九十三圖



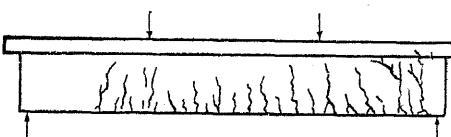
第五百九十四圖



斜裂縫ヲ生ジ更ニ鐵筋ノ水平線ニ沿フテ裂縫ノ顯ハルヲ見ル此水平裂縫ヲ生ジタルトキハ即チ鐵筋ノ附着抵抗力ヲ失ヒタル

ノ證ナリ次ニ前同様ノ鐵筋ヲ有シ更ニ24條ノ繩索ヲ有スルモノハ(第五百八十七圖)第五百九十四圖ノ如ク桁ノ外側ニ於ケル裂縫展開ノ度荷重ノ増進ニ比シテ著シク緩漫ニシテ鐵筋所在地ニ於ケル水平裂縫亦著シク小ナリ即チ繩索ニ依リテ裂縫ノ増進ヲ防

第五百九十五圖



止スルノ事實ヲ認ムルコトヲ得可シ更ニ繩索24條ヲ有スルモノハ(第五百八十八圖)

第五百九十五圖ノ如ク其裂

縫ノ傾斜前二者ニ比シテ一層其角度ノ急峻ナルヲ見ル即チ剪力ニ依リテ生ズル裂縫ノ影響著シク小ナルコトヲ示スモノナリ次ニ傾斜鐵筋ヲ有シ繩索ヲ有セザルモノハ(第五百八十九圖)最大荷重著シク増進シ傾斜鐵筋ノ強度降伏點ヲ過ギタル後ニ至リテ初メテ破壊狀態ヲ呈ス可ク更ニ同一狀態ニ於テ繩索ヲ有スルモノハ(第五百九十圖)其生ズル裂縫ノ數後者ニ比シテ甚ダ多シト雖モ其開展度頗ル渺ナシヨレ繩索ニ依リテ其動キヲ防止セラル、ガ爲メナリ而シテ其破壊ハ桁ノ中央ニ於テ鐵筋ノ強度降伏點ヲ超過シタル場合ニ起ル可シ今試ミニ普國規定ノ算法ニ基キ其得タル最大荷重ヨリ應力ヲ計算シ第五百八十七圖ト第五百九十圖トニテ示セル桁ヲ比較スレバ

第五百八十七圖

$$\sigma_s = 1480 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_o = 74 \text{ "}$$

$$\tau_n = 18,1 \text{ "}$$

第五百九十圖

$$2958 \text{ kg/cm}^2$$

$$155 \text{ "}$$

$$27,1 \text{ "}$$

是ニ依ルニ應剪力ハ傾斜鐵筋ヲ使用スルモノニ於テ著シク其效

率ヲ増大スルノ事實ヲ認ムルコトヲ得可シ.

千九百十一年獨國「バッハ」氏 (Bach) 及「グラーフ」氏 (Graf) ノ研究ニ  
係ルモノハ徑間 3m ヲ有スル T 形桁ニシテ断面高サ 40cm, 突縁ノ  
厚サ 10cm, 同ジク幅 50cm, 肋桁ノ幅 15cm, 20cm 及 30cm ノ三種  
ニシテ應張側ニハ 2 乃至 7 條ノ鐵筋ヲ有シ其總斷面積約  $25\text{cm}^2$   
ニシテ荷重ハ中間 1m ノ左右ニ於テ對稱的ニ之ヲ適用シタリ混  
凝土ハ軟練トシ配合 1:2:3 ヲ有ス立方供試體ノ強度ハ 45 日ノ材  
齡ニ於テ  $245\text{kg/cm}^2$  ニ達シタリキ供試桁ハ濕布ニテ之ヲ掩ヒ濕砂  
中ニ貯藏シタリ其供試桁ノ形狀第五百九十六圖以下第五百九  
九圖ノ如シ.

最初剪力ニ對スル抵抗ニ關シ肋桁ノ幅ガ及ボス影響ヲ見ルニ  
其結果第百二十三表ノ如シ。

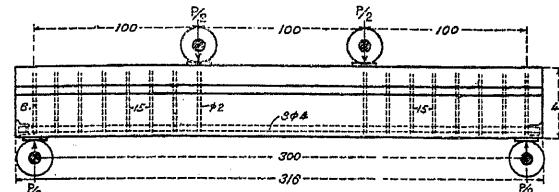
### 第百二十三表

剪力ニ對スル肋桁幅ノ影響					
肋桁ノ幅(cm)	繫索ヲ有セ ザル桁ノ最 大荷重(kg)	同 應 剪 力 $\tau_n$ (kg/cm <sup>2</sup> )	繫索ヲ有ス ル桁ノ最大 荷重(kg)	同 應 剪 力 $\tau_n$ (kg/cm <sup>2</sup> )	同 附 着 力 $\tau_a$ (kg/cm <sup>2</sup> )
15 (1)	12333(1)	13,2	16667(1)	17,8	10,6
20 (1,33)	16333(1,32)	13,0	22000(1,32)	17,5	14,0
30 (2)	24500(1,99)	12,8	27333(1,64)	14,5	17,0

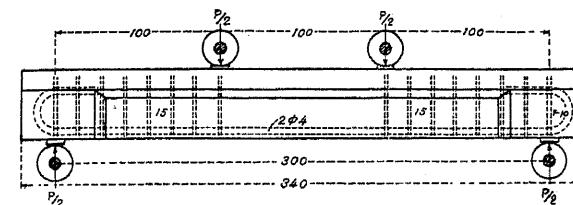
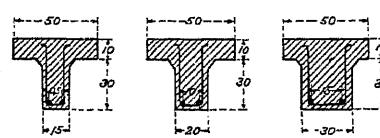
即チ繩索ヲ有セザル桁ニ於ケル最大荷重ハ肋桁ノ幅ト共ニ増加シ繩索ヲ有スル桁ニアリテハ 15cm 及 20cm ノモノハ前ト同様ニシテ 30cm ノモノハ稍々其増進率ヲ低減セリ即チ此場合ニアリテハ鐵筋ノ滑動ニ依リテ致命傷ヲ得タルニ依ル。

次ニ剪力ヲ受ケテ桁ノ破壊スル場合ニ於ケル鐵筋鉤端ノ影響

第五百九十六



第五百九十七圖 第五百九十八圖



~~50~~

第五百九十九

- |   |                    |         |
|---|--------------------|---------|
| 1 | 鉤端又ハ繩索ヲ有セザルモノ、最大荷重 | 16333kg |
| 2 | 鉤端ヲ有セズ繩索ヲ有スルモノ     | 22000kg |
| 3 | 鉤端ヲ有シ繩索ヲ有セザルモノ     | 24667kg |
| 4 | 鉤端ト繩索トヲ有スルモノ       | 36000kg |

即チ鈎端ヲ有スルモノハ之ヲ有セザルモノニ比シテ 51% 乃至  
64% (3 及 4) ノ増進ヲ見ル今其破壊状態ヨリ之ヲ判定スルニ假令  
ハ 2 條ノ直筋ヲ有シ鈎端ナキモノト同様鈎端ヲ有スルモノトヲ  
比較セバ荷重 16000kg ニ達スル迄ハ兩者ノ裂縫状態ニ著シキ差違  
ヲ認メザルモ荷重ノ增大ニ伴ヒ前者ノ鐵筋線ニ沿ヒテノ最初ノ  
裂縫ハ漸次展開シ遂ニ其左方ニ於ケル鐵筋ハ滑動シ從ツテ 18000  
kg ニ至リテ其左方鐵筋ノ方向ニ沿ヒテ數多ノ小裂縫ヲ生ジタル  
モ後者ニアリテハ同一ノ荷重ニ達スルモ毫モ其現象ヲ認メズシ  
テ 26000kg ニ至リ初メテ前者ト同様ノ域ニ達シタリキ

次ニ繋索ノ太サト其距離トガ桁ノ最大荷重ニ及ボス影響ニ關

シテハ第百二十四表ノ結果ヲ得タリ。

第百二十四表

繩索ノ直徑 (mm)	最大荷重			
	繩索間ノ距離 20cm	同上 15cm	同上 10cm	同上 5cm
5	29833	32833	36333	40500
7	32667	36000	40000	—
10	36267	37600	42667	—

備考 繩索ヲ有セザル桁ノ最大荷重 = 24667kg

即チ繩索ヲ有スル桁ノ最大荷重ハ其之ヲ有セザルモノニ比シテ大ナルハ言フヲ俟タズ繩索ノ距離同一ナルトキハ其直徑ト共ニ増進シ同一ノ直徑ヲ有スルトキハ其距離ノ減退ト共ニ増進ス。次ニ繩索ノ重量 1kg = 對シ桁ノ最大荷重ノ増加ハ第百二十五表ノ如シ。

第百二十五表

繩索ノ直徑 (mm)	最大荷重			
	繩索ノ間隔20cm	同上 15cm	同上 10cm	同上 5cm
5	2870	3402	3431	2328
7	2286	2411	2359	—
10	1634	1333	1343	—

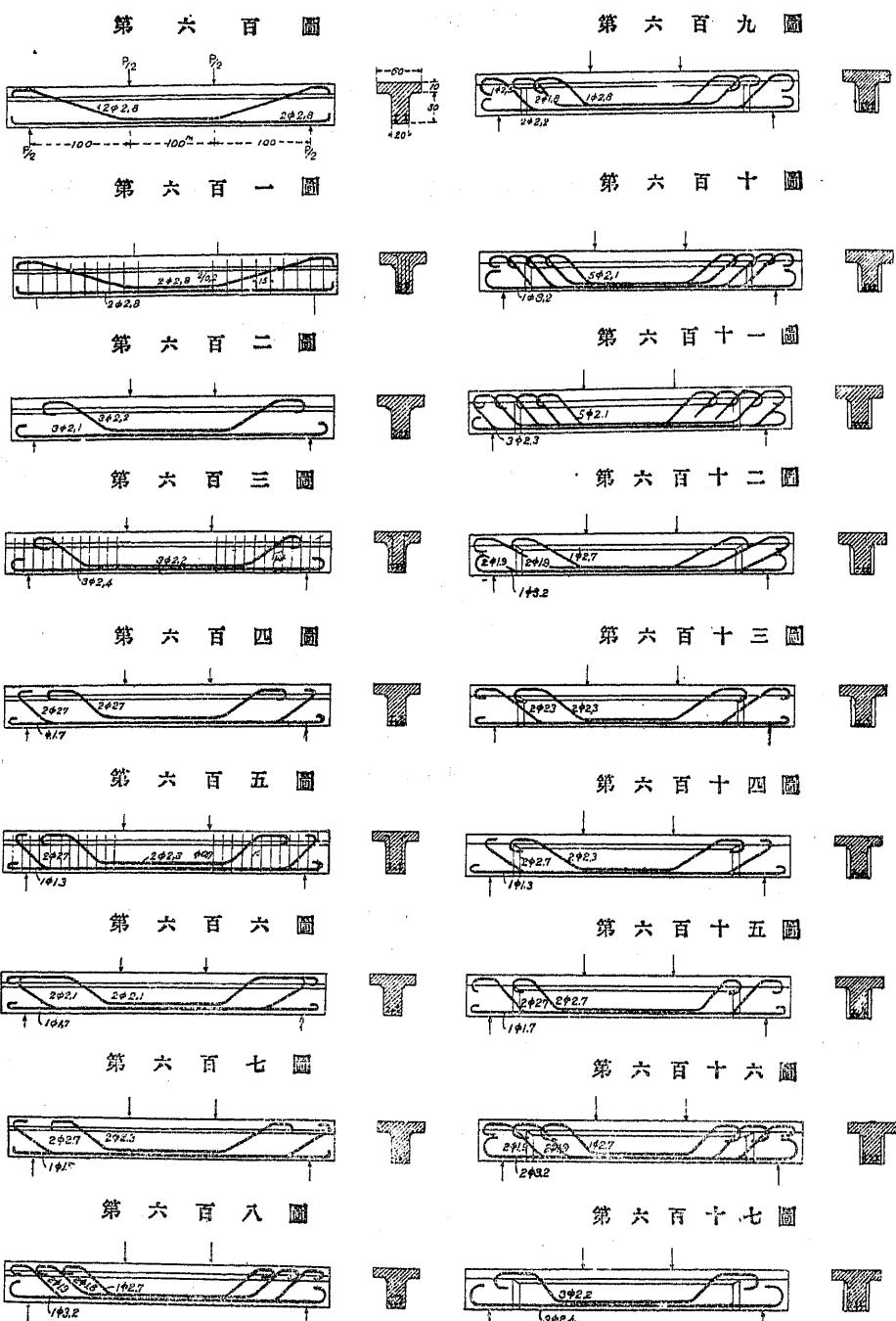
即チ直徑小ナル繩索ノ重量 1kg ハ其大ナルモノニ比シテ寧ロ有效ニ作用スルヲ見ル更ニ能ク之ヲ比較研究スルトキハ繩索ノ直徑増加ニ伴ヒテ増進セラルベキ荷重ガ繩索ヲ有セザルモノニ對

スル荷重ニ於ケル増進率ハ殆ンド其繩索ノ直徑ニ正比例ヲナス可ク更ニ此耐荷力ノ増加ハ同一直徑ヲ有スル繩索ノ數ヲ増加スルトキハ猶亦其數ニ正比例ヲナスノ事實ヲ見出スコトヲ得可シ。

獨國鐵筋混凝土委員會報告第十二號〔バッハ〕氏及〔グラーフ〕氏ノ千九百八年ヨリ千九百十一年ニ涉ル實驗報告ニ掲載セル實驗ハ其桁ノ種類甚ダ多ク其鐵筋ノ總量ヲ略ボ同一トシ傾斜鐵筋ノ種

第百二十六表

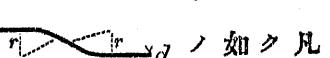
鐵筋ノ配置ヲ異ニセル桁ノ應剪力度及其他ノ應力度					
桁ノ種類	鐵筋ノ重量 (kg)	最大荷重 (kg)	最大荷重ヲ受 クタルトキノ附 着力度 (kg/cm²)	最大荷重ヲ受 クタルトキノ應 剪力度 (kg/cm²)	傾斜鐵筋若ク ハ繩索ノ應張 力 (kg/cm²)
第六百圖	67,4	28333	13,6	23,9	—
第六百一圖	77,6	44767	21,1	37,1	—
第六百二圖	73,4	42000	15,6	35,2	2600
第六百三圖	80,5	58567	17,6	39,9	2600
第六百四圖	70,1	38000	—	31,6	2345
第六百五圖	77,1	44800	—	37,2	2345
第六百六圖	77,2	42000	—	34,9	2595
第六百七圖	64,9	39333	—	31,8	2430
第六百八圖	72,0	46000	37,4	37,6	2870
第六百九圖	71,9	49500	—	40,3	3080
第六百十圖	73,9	45500	37,0	37,2	3090
第六百十一圖	73,8	47333	26,5	38,4	3220
第六百十二圖	74,8	40833	33,0	33,1	—
第六百十三圖	73,5	39400	(60,0)	32,2	—
第六百十四圖	70,9	43167	—	34,6	—
第六百十五圖	74,1	48000	—	39,5	2960
第六百十六圖	74,8	45667	36,9	37,1	2850
第六百十七圖	73,6	37167	13,6	30,8	—



々可能的配置ニ對シテ最大荷重及應剪力ノ比較研究ヲ施シタルモノニシテ頗ル参考ノ價値アルモノナリ今各桁ニ就キテ其結果ヲ一々説明スルハ繁雜ニ失シ却ツテ要領ヲ得ルニ困難ナルヲ以テ第六百圖以下第六百十七圖ニ於テ其主要ナルモノノ鐵筋配置ヲ表ハシ更ニ第百二十六表ニ於テ其成績ヲ纏シテ之ヲ示ス供試桁ハ凡テT形桁ニシテ有效徑間3m, 突緣ノ幅50cm, 其厚サ10cm, 肋桁ノ高30cm, 幅20cmヲ有シ荷重ハ桁ノ中間1mノ左右ニ對稱的ニ之ヲ加ヘタリ使用鐵筋ノ直徑1.7乃至3.2cmニシテ其降伏點ニ於ケル強度3200乃至3600kg/cm<sup>2</sup>ナリ故ニ加重ノ結果鐵筋ノ應力3000kg/cm<sup>2</sup>ヲ超過スルニアラザレバ桁ノ加重點外側ニ於テ彎曲ノ結果破壊セラル、コトナキノ理ナリ實驗ノ結果ニ依ルニ凡テノ桁ヲ通シテ最初其中央部ニ於テ混凝土ノ應力22.8乃至29.7kg/cm<sup>2</sup>ニ達シタルトキ彎曲ヨリ來ル最初ノ裂縫ヲ顯出シ更ニ第六百圖ノ斷面ニ比シテ繩索傾斜鐵筋及U式鉤形ノ量大ナルモノハ著シク其應剪力及最大荷重ヲ増進スルノ事實ヲ認ムルコトヲ得タリ。

其外澳國「エムペルガー」氏 (Emperger), 同國「クラインローゲル」氏 (Kleinlogel), 米國「タルボット」氏 (Talbot), 同國「ウィティー」氏 (Withey), 同國「マールブルグ」氏 (Marburg), 同國「カールソン」 (Carson), 同國「ハルディング」氏 (Harding), 英國「アンウイン」氏 (Unwin), 佛國「メスナーゼ」氏及「メルシエ」氏 (Mesnager et Mercier), 瑞西「シューレ」氏 (Schüle) 氏, 獨國「ルフト」氏 (Luft), 同國「ハーニッシュ」氏 (Harnish) 等ノ實驗報告アルモ其結果ニ於テ何レモ大同小異ナルヲ以テ之ヲ掲載セズ。

以上研究ノ結果ヲ綜合スルニ 1) 鐵筋ノ降伏點強度及混凝土

ノ應力度ヲ超過セザル以前破壊狀態ヲ來ス可キ場合ニハ大抵最初ニ加重點若クハ支點ニ近ク裂縫ヲ生ズ可ク而シテ此裂縫ハ必ズ $45^\circ$ ニ近キ或角度ヲ爲シテ傾斜セル方向ニ沿ヒ荷重ト共ニ其幅ヲ展開ス可シ是レ剪力及張力ニ依リテ生ズル傾斜張力ニ對シ混凝土ノ應張力之ニ對抗スル能ハザルニ依ル 2) 若シ傾斜鐵筋若クハ繩索ノ設備ヲ缺クトキハ此裂縫ハ遂ニ鐵筋ノ水平線ニ沿フテ走ル可シ 3) 繩索若クハ傾斜鐵筋ノ配置ヲ爲ストキハ荷重ノ增加ニ伴ヒ裂縫ノ方向ハ別段上記ノモノト異ナラザルモ唯其裂縫ノ生ズル時期ハ遲延ス可ク其傾斜亦急峻トナルベシ從ツテ直筋ノミヨリ成ル桁ニ比シテ著シク其最大荷重ヲ增進ス可シ 4) 傾斜鐵筋ハ之ヲ $45^\circ$ ニ折曲グルモ其變曲點ハ之ヲ急折セシメザルヲ可トス(瑞西及澳大利規定ニテハ  ノ如ク凡テ  $r = 5d$  トナス可シトセリ) 5) 鐵筋ノ終端ヲ鈎形トナストキハ其破壊荷重ヲ增大セシムルコトヲ得可シ 6) 鐵筋ノ量及配置ヲ同ジクシ肋桁ノ幅ヲ異ニスルトキハ其幅ノ大ナルモノハ最大荷重モ亦大ナリ 7) 混凝土ノ配合比優良ナルモノハ傾斜張力ニ對スル抵抗力大ナリ 8) 最大荷重ハ材齡ト共ニ増進ス 9) 繩索ノ距離同一ナルトキハ其最大荷重ハ繩索ノ直徑ト共ニ増進シ同一直徑ヲ有スルトキハ其距離ニ反比例ヲナス可シ.

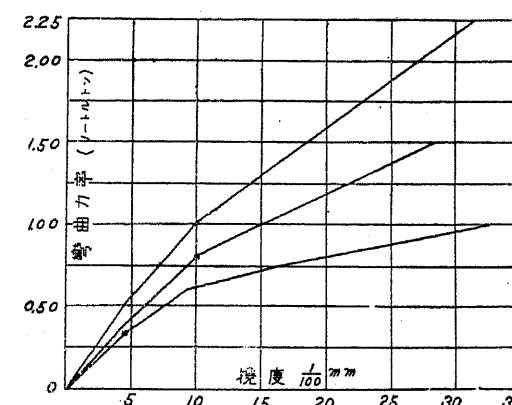
#### 第十五節 擡度ニ關スル實驗

鐵筋混凝土桁ニアリテハ混凝土ガ或程度ノ應張力ヲ有スルコト及最初ノ裂縫ヲ生ジタル後ニアリテモ猶鐵筋ト混凝土トノ間に存スル幾分ノ附着力ヲ有スルヲ以テ或許容荷重ノ範圍内ニアリテハ其擡度(Deflection)ハ一般ニ甚ダ少量ナリ而シテ其構造物ノ

各支點ハ夫々少クトモ一部緊定狀態(Partially fixed condition)ニアルヲ以テ實際ニアリテハ普通ノ算式ニ依リテ得ラル、擡度ヨリモ更ニ小ナルモノナルコトヲ知ル可シ。

千九百三年「ワイス及フライタッハ」會社(Wayss and Freytag)ガ獨國[スツットガルト]材料試驗所ニテ施シタル實驗ノ桁ハ其斷面 $18cm \times 30cm$ , 徑間 $2m$ ニシテ中央 $1m$ ノ左右ニ荷重ヲ加エ鐵筋ノ割合 $1.35, 0.9$ 及 $1.7\%$ ノモノニ就キテ得タル結果第六百十八圖ノ如シ

第六百十八圖



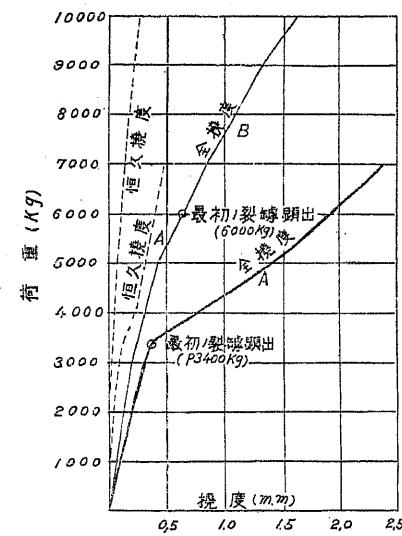
和曲線(Transition curve)ニテ之ヲ連接セル形トナル可シ此最初ノ直線ハ混凝土ノ應張力ヲ呈スル時期緩和曲線ハ其應張力極度ニ達シタル時期第二ノ直線ハ混凝土ノ應張力ヲ失ヒ纖細ナル裂縫續出シ專ラ鐵筋ニ依リテ應張力ヲ發揮スル時期ヲ示ス此時期ニアリテモ猶混凝土ノ一部ト鐵筋トノ間ニ附着力ヲ有スルヲ以テ必ズシモ荷重ニ正比例ヲナス可キ完全ナル直線ヲ示サズT形桁ノ場合ニアリテモ又殆ンド矩形桁ト同様ノ現象ヲ呈ス可シ。

斯クテ算式ニ據ル擡度ノ決定ハ種々ノ狀態ニ於テ之ヲ變ゼザ

ル可ラズ即チ第一期ニアリテハ普通ノ撓度定理ニ依ル可ク只物量力率ヲ表ハスニ當リ鐵筋斷面積ヲシテ $\pi$ 倍ノ混疑土ニ換算ス可キノ差アルノミ第二期及第三期ニアリテハ算式ノ應用ハ不可能ナリ何トナレバ此時期ニ於ケル撓度ハ鐵筋ノ平均伸張裂縫ノ間隔、鐵筋及混疑土間ノ附着力程度ノ聯繫セル結果ナルベケレバナリ。

千九百七年及千九百十一年ニ涉リテ獨國「バッハ」氏 (Bach) 及「グラーフ」氏 (Graf) ノ實驗ハ種々ノ狀態ニ於ケル研究ヲ施シタルモノニシテ何レモニツノ支點上ニ於ケル桁ノ中間對稱的ノ二點ニ荷重ヲ加ヘタルモノナリ第六百十九圖ニ示セルモノハ其一例ナリ何レモ其斷面  $20cm \times 30cm$  ヲ有シ且ハ鐵筋ノ直徑  $1.8cm$  1條、Bハ同斷面ノモノ 3條ニシテ其割合  $0.42\%$  及  $1.27\%$  ヲ有ス黒線ハ其

第六百十九圖



全撓度 (Total deflection), 點線ハ其恒久撓度 (Permanent deflection) ヲ示スモノナリ今此等曲線ノ形狀ヲ見ルニ Aハ最初ノ裂縫ヲ生ジタル後著シク撓度ヲ增進ス可シ即チ補強鐵筋ノ量多キモノハ其撓度少ナキヲ知ル此現象ハ獨リ全撓度ノミナラズ恒久撓度ニ於テモ亦同一ナリトス。

第百二十七表ハ全撓度ニ對スル混疑料ノ影響ヲ示スモノニシテ其撓度ハ大體ニ於テ混疑土ノ應

壓力度ニ逆比例スルヲ見ル。

混疑土配合ノ比ガ及ボス影響ハ第百二十八表ノ如シ材齡ノ及ボス影響ニ關シテハ

材齡 28日 45日 6月 1年

$P = 3000kg$  時ノ全撓度 (mm) 0.175(1) 0.175(1) 0.155(0.90) 0.140(0.80)

即チ材齡ノ增加ト共ニ撓度ヲ減少セシム可シ。

第百二十七表

撓度ト混疑料トノ關係		
混疑土ノ種類	$P = 3000kg$ ノトキノ撓度 (mm)	混疑土立方供試體ノ強度 ( $kg/cm^2$ )
「セメント」1, 「ライン」砂 2, 輕石砂利 3	0.360	134
“ , 玄武岩碎粉 2, 玄武岩碎石 3	0.200	178
“ , 石灰石碎粉 2, 「ライン」砂利 3	0.180	191
“ , 「ライン」砂 2, 「ライン」砂利 3	0.175	224
“ , , , 玄武岩碎石 3	0.160	233

第百二十八表

撓度ト配合比トノ關係			
混疑土配合ノ比	同一荷重ニ對スル全撓度 (mm)	裂縫ヲ生ズル直前ニ於ケル全撓度 (mm)	混疑土立方供試體ノ強度 ( $kg/cm^2$ )
1:1.5:2	0.485 (1)	0.160 (1)	282 (1)
1:2 : 3	0.385 (0.8)	0.175 (1.1)	224 (0.8)
1:2 : 4	0.365 (0.8)	0.220 (1.4)	146 (0.5)

放置狀態ノ及ボス影響ニ關シテハ第百二十九表ノ如シ。

第百二十九表

撓度ト放置狀態トノ關係		
放置狀態	全 撓 度 (mm)	
	$P = 3000kg$ ノトキ	裂縫發生ノ直前
45日間湿砂中に温布テ以テ絶セタルモノ	0.175 (1)	0.385 (1)
38日間同上然シ後空中放置	0.185 (1.08)	0.295 (0.77)
7日間同上	0.190 (1.09)	0.215 (0.56)

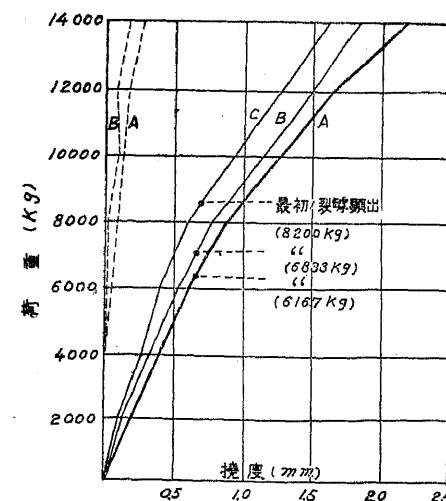
桁ノ材齡增加ト共ニ空中放置状態ノ及ボス影響ハ第百三十表ノ如シ。

第百三十表

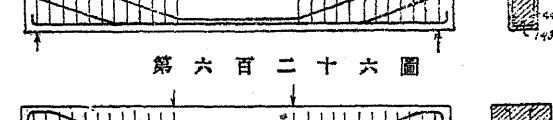
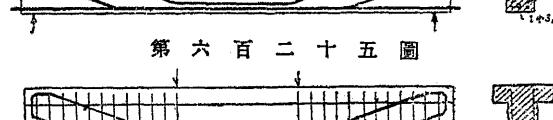
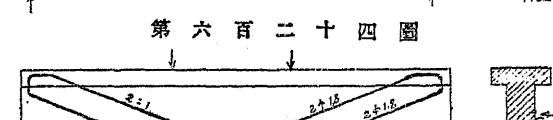
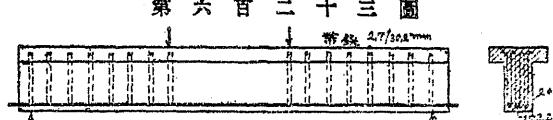
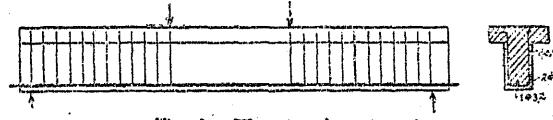
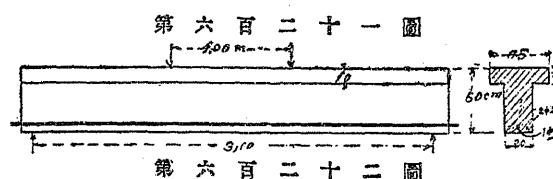
放置状態	$P = 3000\text{kg}$ ノトキ桁ノ撓度 (mm)			
	28日後	45日後	6月後	1年後
実験當日迄湿砂中ニ 濕布ヲ以テ掩ヒタル モノ	0,175(1)	0,175(1)	0,155(1)	0,140(1)
7日間湿布ニテ掩ヒ 然ル後空仲ニ放置シ タルモノ	0,190(1,09)	0,190(1,09)	0,170(1,10)	0,180(1,29)

T形桁ニ於テ突縁ノ幅相等シク肋桁ノ幅異ナル場合ニ於ケル影響ハ第六百二十圖ニ示スガ如シ桁ノ寸法ハ高サ 40cm, 突縁ノ幅 50cm, 肋桁ノ幅 A 15cm, B 20cm, C 30cm, 鐵筋ハ何レモ直徑 4cm ノモノ 2 條ヲ有ス。其圖表ニ依ルニ肋桁ノ幅大ナルモノハ撓度順次ニ小ナルヲ見ル可シ。

第六百二十圖



繫索又ハ傾斜鐵筋ノ作用  
ハ許容荷重ノ範圍中ニアリ  
テハ著シク桁ノ剛度 (Stiffness)  
ニ影響ヲ與ヘズ去レド其強  
度並ニ最後ノ撓度ヲ増加ス  
可シ今「バッハ」氏ノ實驗セル  
モノノ内T形桁ニ就キテ第  
百三十一表ニ其結果ヲ掲グ  
可シ第六百二十一圖以下第  
六百二十六圖ハ其傾斜鐵筋



及繫索ノ配置ヲ示ス  
モノナリ但シ著シク  
許容力度ヲ超過シ裂  
縫ノ數ヲ增進シタル  
後ハ繫索ヲ有スルモ  
ノハ其之ヲ有セザル  
モノニ比シテ撓度小  
ナリ更ニ繫索ノ直徑  
大ナルモノ及繫索ノ  
距離小ナルモノニア  
リテハ其影響亦著シ  
キヲ見ル可シ。

第百三十一表

桁ノ種類	鐵筋 断面積 ( $\text{cm}^2$ )	混疑土ニ 對スル鐵 筋ノ百分 率%	繫索若クハ傾 斜鐵筋ノ數	撓度ト傾斜鐵筋及繫索トノ關係		平均極撓 度 (mm)	最大荷重 (kg)
				荷重1800kgニ對ス ル桁ノ中央點ニ於 ケル撓度 (mm)	全撓度 恒久撓度		
第六百二十一圖	17,9	0,8	—	1,58	0,10	2,4	23000
第六百二十二圖	17,8	"	24(繫索)	1,43	0,08	3,2	30467
第六百二十三圖	17,8	"	48( " )	1,42	0,08	3,8	37667
第六百二十四圖	18,6	0,87	4(傾斜) 24(鐵筋)	1,47	0,09	6,0	33333
第六百二十五圖	18,3	"	4(傾斜) 24(繫索)	1,51	0,08	5,8	41000
第六百二十六圖	18,5	"	4(同上) 24(終端鉤狀)	1,54	0,08	9,4	46500

## 第二章 柱ニ關スル實驗

### 第一節 壓筋ト横筋トヲ有スル鐵筋混泥土柱ノ實驗

鐵筋混泥土柱ガ其軸線ニ沿フテ中心荷重ヲ受クル場合ノ應力ハ極メテ單純ナルガ如クニシテ然カモ實驗ノ結果ト適合スル様其應力ト縱横筋トノ關係ヲ正確ニ表明ス可キ公式ヲ求メントスルハ極メテ至難ノコトナリト云フ可シコレ横筋ノ種類及其間隔柱ノ長サト斷面トノ比等ノ關係ニ依リテ一様ナル結果ヲ呈セザルノミナラズ精密ニ中心荷重ヲ受ケシムルノ裝置困難ナルノ理由ニ基クモノナリ。

千九百三年米國「ランツ」氏 (Lanza) ノ實驗報告ニ從ヘバ其供試柱ノ總數 21, 斷面  $8'' \times 8''$  及  $10'' \times 10''$  の二種ニシテ長サハ之ヲ數様ニ分チタリ混泥土ノ配合比 1:3.6, 鐵筋ハ角鐵及捩鐵ノ二種トシ前者ノ強度 56000 乃至 60000 $\text{kg}/\text{cm}^2$ , 後者ハ平均 80000 $\text{kg}/\text{cm}^2$  ナリキ材齡 28 乃至 45 日ノ後之ヲ試験シタル結果第百三十二表ノ如シ。

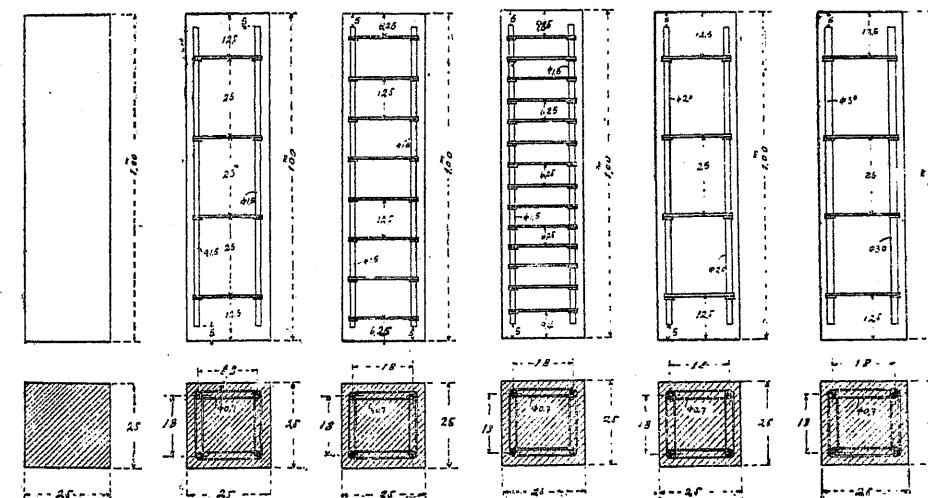
算定強度ハ鐵筋混泥土強度  $\sigma_c$  ノ純混泥土強度  $\sigma_o$  ニ於ケル比  $\frac{\sigma_c}{\sigma_o} = [1 + (n - 1)p]$  ナル一般算式中  $n = 20$  トシ  $p = 0$  トシタル場合ノ  $\sigma_c$  ノ純混泥土ノ強度ト見做シ第一群ハ 1470 $\text{kg}/\text{cm}^2$ , 第二群ハ 1800 $\text{kg}/\text{cm}^2$  ト假定シテ算出シタルモノナリ  $n = 20$  ハ混泥土ノ彈性係數  $E_c = 1500000$  ニ對應スルモノニシテ破壊當時ノ値トシテハ蓋シ適當ノモノナル可シ以上ノ結果ニ依ルニ鐵筋ノ量同一ナル場合ニハ寸法大ナル柱ハ小ナルモノヨリ強ク鐵筋ノ面單純ナルモノト扭形

第百三十二表

鐵筋混泥土柱ノ強度						
番號	柱ノ斷面	比: 柱ノ長サ 柱ノ側長	鐵筋ノ數 及直徑	混泥土ニ對 スル鐵筋ノ 斷面比( $p$ )	平均壓挫強 度( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	算定強度 $\sigma_c = 1470(1+19p)$
1—6	$8'' \times 8''$	9.18 及 25.5	1—1 "	1.56	1904	1904
7—8	"	25.5	1—1 $\frac{1}{4}$ "	2.44	2267	2170
9—12	"	18 及 25.5	4—1 $\frac{3}{4}$ "	3.51	2535	2450
13—14	"	9	4—1 "	6.25	3140	3250
15—17	$10'' \times 10''$	7.2 及 20.4	1—1 "	1.00	2145	$\sigma_c = 1800(1+19p)$ 2145
18—19	"	14.4	I—1 $\frac{1}{4}$ "	1.56	2452	2320
20—21	"	14.4	4— $\frac{3}{4}$ "	2.25	2870	2600

ノモノトノ間ニハ著シキ強度ノ差違ヲ認メズトセリ。

千九百五年獨國「バッハ」氏 (Bach) ノ實驗報告ニ依レバ供試柱ノ高サ 1m, 側邊  $25\text{cm} \times 25\text{cm}$  ( $\frac{l}{b} = 4$ ), 混泥土ノ配合比 1:3:2 及 1:4 ニシテ水量ハ 15% トシ鐵筋ハ 4 條ニシテ直徑 7mm ノ圓錐繫索ニテ  
第六百二十七圖 第六百二十八圖 第六百二十九圖 第六百三十圖 第六百三十一圖 第六百三十二圖



之ヲ連結シタリ其供試柱ノ種類ハ第六百二十七圖以下第六百三十二圖ノ如ク之ヲ六種トシ各種3個ノ平均値ニ對スル成績第百三十三表ノ如シ。

第百三十三表

鐵筋混泥土ノ強度								
種類	材齡 (日)	混泥土ノ 断面積 $A_o$ ( $cm^2$ )	鐵筋ノ 断面積 $A_s$ ( $cm^2$ )	鐵筋混 土ニ對 スル断面 比 $p$ (%)	繫索ノ距 離 $y$ ( $m$ )	最大荷重 $P$ ( $kg$ )	$\frac{P}{A_o}$	$\frac{P}{A_o + 15A_s}$
I	90	616,5	—	—	—	86800	141	—
II	100	619	7,1	1,15	25	104000	168	143
III	98	619	7,1	1,15	25	104800	177	151
IV	94	618	7,1	1,15	6,3	129900	205	175
V	94	619	12,6	2,04	25	105200	170	130
VI	94	616	28,3	4,60	25	116900	190	112

以上ノ結果ニ依ルニ立方供試體强度ト柱ノ强度トノ比ハ  $1:0.88$   
 ニシテ混疑土ト鐵筋トノ受タル應力ノ比ハ最大荷重ノ場合ニ於  
 テ  $1:11$  乃至  $1:13$  ナリキ鐵筋ノ同一比即チ  $I_{15}$  ヲ有スルモノハ  
 $y = b$  ヨリ  $y = \frac{b}{4}$  迄繫索ノ距離ヲ減スルニ從ヒ順次其應壓力度  
 ヲ増加ス今  $\frac{b}{y} = m$  トシ以上ノ結果ヨリ推シテ氏ハ其柱ノ强度  
 $m = 1$  ヨリ  $m = 4$  迄ハ之ヲ次式ニテ表ハシ得可シトセリ

$\sigma_c$  は純混凝土柱の强度,  $\sigma_s$  は鉄筋混凝土柱の强度を示すモノトス.

次ニ繫索ノ距離ガ $b$ ニ等シキ場合(25cm)即チ $m=1$ トセバ

$$\frac{P}{A+154} = 141 \quad 143 \quad 130 \quad 112$$

即チ  $p = 1,15$  近々

ナル一般公式ハ充分ニ其正確ナルヲ認メ得可キモ  $p = 2,04$  トナレバ  
應力ハ既ニ  $8\%$ ,  $p = 4,6$  トナレバ  $20\%$  ヲ減ズ可シ即チ  $2\%$  以上  
補強鐵筋ノ割合ヲ增加スルニ從ヒ益々算定値ヨリモ以下ニ低下  
スルヲ見ル可シ.

因ミニ 5 個ノ立方供試體ニ就キテ柱ヲ作リシト同様ノ混疑土ヲ用キ同様ノ搗固ヲ施セルモノノ平均強度ハ  $159 \text{kg/cm}^2$  ナリキ。

千九百六年澳國「ツーリエ」氏(Thullie)ハ 88 個ノ供試柱ニ就キテ柱ノ強度ヲ試験シタリシガ其半數ハ長サ  $1m$ , 他ノ半數ハ  $1,5m$ , 斷面ハ方形ニシテ  $b = 8cm$  卽チ  $\frac{l}{b} = 12,5$  及  $18,75$  ノ割合ナリシ以上供試柱ノ内僅カニ 1 個ノミ彎折(Buckling)ヲ受ケ他ハ悉ク剪斷若クハ壓縮ニ依リテ破壊シタリ而シテ其實際ノ強度ヲ検定スルニ柱ノ高サガ特ニ其堪荷力ニ差違ヲ呈シタルヲ認メザリキ而シテ「バッハ」氏ハ  $y = b$ , 及  $y = \frac{b}{4}$  ノ範圍内ニ於テ繫索ノ距離小ナル程強度大ナルコトヲ認定シタルモ「ツーリエ」氏ノ實驗ニアリテハ  $y = b$  ョリ  $y = 2b$  ノ範圍内ニアリテハ其影響ヲ認メザリシヲ以テ氏ハ  $y = b$  以上ニハ恐ラク「バッハ」氏ノ所說ヲ適用スルコト能ハザルベシトキリ。

更ニ氏ノ實驗ニ使用シタル鐵筋ノ率ハ0, 0,78, 1,23, 1,56, 2,46及  
3,13%ノ各種ナリシガ其結果ニ依リテ推論スルニ2,5%迄ハ實驗  
ノ結果ト(807)ノ公式トハ相合致スペキモ2,5%以上ニアリテハ其  
值算式ノ結果ニ比シテ著シク低下スルノ事實ヲ見出シタリ(前述  
「ババ」氏ノ實驗ハ2%迄ハ此事實アルコトヲ認定セリ)。

千九百七年米國「タルボット」氏 (Talbot) の報告ニ從ヘバ其供試柱ノ數18個ニシテ更ニ之ト比較スル爲メ同一ノ混疑土ヲ用キテ立方及圓墻供試體ヲモ検定シタリ立方體ハ其側邊12", 圓墻體ハ直徑8", 高サ16" トシ柱ノ種類ハ純混疑土, 4條ノ鐵筋ノミヲ有スルモノ及4條ノ鐵筋ト12"ノ距離毎ニ直徑 $\frac{1}{4}$ "ノ縦筋トヲ有スルモノ、三種高サハ6', 9'及12', 斷面ハ9"×9"及12"×12"ノ二種トシ混疑土ノ配合比ハ1:2:3 $\frac{3}{4}$ ニシテ供試材ハ凡テ14日間之ヲ型内ニ放置シタリ材齡59日乃至71日ニ於ケル實驗結果ノ要項次ニ示スガ如シ。

$$\text{角墻及圓墻供試體ノ強度 } \frac{P}{A_e} = 1477 - 2460\%/\text{in}^2$$

$$\text{鐵筋ノ百分率 } 1.21\%, \frac{P}{A_e} \text{ノ平均値 } 1792\%/\text{in}^2$$

$$\text{, } \frac{P}{A_e + 15A_s} \text{ノ平均値 } 1536\%/\text{in}^2$$

$$\text{鐵筋ノ百分率 } 1.52\%, \frac{P}{A_e} \text{ノ平均値 } 1706\%/\text{in}^2$$

$$\text{, } \frac{P}{A_e + 15A_s} \text{ノ平均値 } 1280\%/\text{in}^2$$

即チ鐵筋ノ率大ナルモノハ其小ナルモノニ比シテ強度却ツテ小ナルヲ見ル其原因ハ蓋シ製作ノ不手際ナリシ結果ナル可シ氏ハ結論シテ云ク 1) 供試柱ノ製作ハ總テ充分ノ注意ヲ拂ヒタルニ拘ラズ其堪荷力甚ダ不等一ナルヲ見レバ實際ノ施工ニアリテハ更ニ甚ダシキ強度ノ懸隔アルモノト見ルヲ至當トス 2) 立方供試體ノ強度ハ常ニ柱トシテノ混疑土ノ強度ヨリモ大ナリ其結果ノ一例第百三十四表ノ如シ。

第一百三十四表

立方供試體ト柱トノ強度ノ關係				
番 號	混疑土断面ニ對ス レ鐵筋ノ百分率(%)	立方供試體ノ強度 $\frac{P}{A_e}$	$\frac{P}{A_e}$	$\frac{P}{A_e + 15A_s}$
7	1.21	2218	1763	1564
11	1.21	2432	1934	1635
2	1.5	1962	1578	1280
10	1.5	2095	1280	910
16	1.5	2247	1607	1138
5	0	2446	1706	—
15	0	1962	1194	—
18	0	1507	1081	—

3) 壓縮變形量ノ圖表ヲ作ルトキハ鐵筋混疑土柱ノ強度ハ純混疑土柱ノ強度ヨリモ約15% 小ナリ此結果ノ果シテ那邊マデ有效ナルヤ否ヤハ未ダ之ヲ保證スルコト能ハズ 4) 柱ノ變形曲線ハ拋物線ニ近シ若シ荷重ヲ取去ルトキハ曲線ハ變ジテ略ボ直線トナリ更ニ荷重ヲ加フルトキハ再ビ拋物線ト變ズ可シ而シテ縦筋ノ距離ガ柱ノ側邊ヨリモ大ナルトキハ堪荷力ニ別段ノ效益ヲ與ヘズ從ツテ其距離ハ必ず側邊ヨリモ之ヲ小トセザル可ラズ。

千九百九年「タルボット」氏ハ再ビ柱ニ就キテ他ノ實驗ヲ施行シタリ其斷面ハ9"×9"及12"×12"トシ前者ハ各緣端ヲ去ル $1\frac{1}{8}$ "ノ點ニ直徑 $\frac{1}{2}$ "ノ鐵筋後者ハ同様 $1\frac{1}{2}$ "ノ點ニ直徑 $\frac{3}{4}$ "ノ鐵筋(其數何レモ4條)ヲ配置シ何レモ縦筋ヲ有スルモノト之ヲ有セザルモノトノ二種ニ分チ鐵筋ノ率ハ1.2乃至1.52% トシ柱ノ長サハ6', 9'及12'ニシテ混疑土ノ配合比ハ1:2:4, 立方供試體ノ強度ハ64日後ニ於テ2100%/ $\text{in}^2$ , 鐵筋ノ降伏點強度39800%/ $\text{in}^2$  其極張力59184%/ $\text{in}^2$ ナ

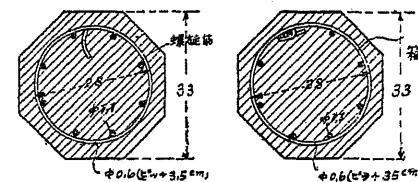
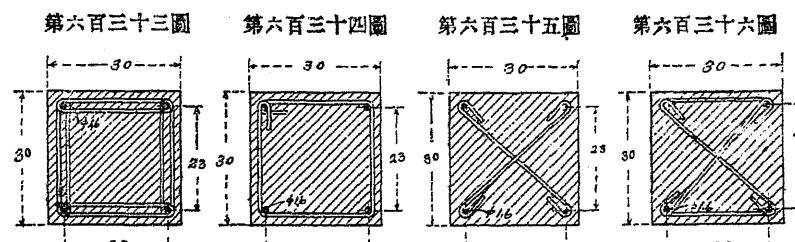
ツキ供試柱18個ノ内6個ハ純混凝土柱ナリシガ其破壊ハ何レモ急激ニシテ常ニ其豫徴ヲ示サズ結果又不同ナルモ總平均 $1551\text{kg/cm}^2$ ナリキ鐵筋ヲ有スルモノハ其結果ノ不同ナルコト前者ト異ナラザルモ其平均ヲ示セハ第百三十五表ノ如シ。

第一百三十五表

純混凝土柱ト鐵筋混凝土柱トノ強度比較					
混泥土断面ニ對スル鐵筋ノ百分率%	0	1.2%		1.5%	
		横筋ヲ有セザルモノ	横筋ヲ有スルモノ	横筋ヲ有セザルモノ	横筋ヲ有スルモノ
$\sigma_0 = \frac{P}{A_0}$	1551	1716	1898	1588	1760
$\sigma_e = \frac{P}{A_0 + 15A_s}$	1551	1431	1581	1328	1466

即チ横筋ヲ有スル柱ニアリテハ $\sigma_0$ ニ對スル(807)ノ公式ハ略ボ實驗ノ結果ト相一致スルヲ見ル可シ。

千九百十年獨國「ルーデロフ」氏 (Rudeloff) ノ實驗報告ニ依レバ第一回試験ハ横筋ノ配置ヲ13種トシ柱ノ長サ $2m$ , 断面 $900\text{cm}^2$  何レモ直徑 $16mm$ ノ堅筋4條ヲ有シ断面ハ四角及八角形トセリ横筋若クハ圓環ハ直徑 $7mm$ 其間隔 $20\text{cm}$ ニシテ緣端ヨリノ距離 $10\text{cm}$ ナリ此實驗ノ結果ハ極メテ不満足ナリキ即チ其製作ハ可成普通工事ノ施工ニ近キ方法ニ依リ横筋ハ堅筋ト之ヲ緊接セザリシニ依ル但シ雨天ノ際作リタルモノハ其強度之ヲ晴天ノ際作リタルモノニ比シ小ニシテ又往々純混凝土柱ヨリモ強度弱キモノアリ何レモ其上端加壓點ニ近ク破壊シタリコレ此點ニアリテハ加壓ノ度不均齊ナリシ結果ナル可シ更ニ横筋ノ影響ハ間隔小ナルトキニアラザレバ其效力極メテ薄キコトヲ證明シタリ第二實驗ハ



長サ $0.9m$  横筋ノ距離 $20\text{cm}$  及 $15\text{cm}$  トセリ此場合ニハ堅筋ト横筋トハ之ヲ緊接シタリ其立方體強度ニ對スル柱ノ強度ハ $1:0.6$  ナリキ其供試體ノ断面第六百三十三圖以下第六百三十八圖ノ如ク其結果第百三十六表ノ如シ。

第一百三十六表

鐵筋混凝土柱ノ強度							
断面ノ形状	混泥土ノ断面積( $\text{cm}^2$ )	堅筋ノ断面積( $\text{cm}^2$ )	横筋ノ重量(kg)	横筋ノ断面積( $\text{cm}^2$ )	裂縫チ生シタルトキノ強度(kg)	破壊荷重(kg)	横筋重量1kgニ對スル強度増加
純混凝土	900	—	—	—	155400	155400	$P - 155400$ 横筋ノ重量
第六百三十三圖	"	8,04	3,31	4,2	193500	196800	12500
第六百三十四圖	"	"	1,66	2,1	170200	176600	12800
第六百三十五圖	"	"	1,17	1,5	185500	187000	27000
第六百三十六圖	"	"	2,83	3,6	168000	178300	36000
第六百三十七圖	全體 900 550 核心 900 550	7,6	4,84	6,2	161600	208600	11000
第六百三十八圖	"	"	"	"	196400	200000	9200

以上ノ結果ニ依ルニ對角線形ニ横筋ヲ使用シタルモノハ係蹄形ノモノニ比シテ其强度大ナリ即チ壓縮ニ對スル混泥土ノ横逃ヲ防止スルノ力大ナルコトヲ示ス又對角線筋ト係蹄形筋トヲ併用シタルモノハ其補強却ツテ弱キヲ見ルコレ一ヶ處ニ横筋ヲ重合セシムルトキハ混泥土ノ搾固ヲ困難ナラシムル結果ナル可シ。

其他豎筋ノミヲ有スル柱ノ研究ニ關シテハ米國「ランツ」氏 (Lanza), 同國「ホワード」氏 (Howard), 同國「ヴァンオルナム」氏 (Van Ornam), 英國「ポップルウエル」氏 (Popplewell), 以國「ギディー」氏 (Guidi), 澳國「エムペルガー」氏 (Emperger), 獨國「プロブスト」氏 (Probst), 同國「カーカルデー」氏 (Kirkaldy) 等ノ實驗セルモノアルモ煩ニ涉ルヲ以テ今一タ之ヲ記載セズ。

以上實驗ノ結果ヲ綜合スルニ 1) 豎筋ノミヲ有スル柱ハ純混泥土柱ト同一ノ應力ニ達シタル場合ニ於テ突如剪力ニ依リテ破壊ス可シ即チ此種ノ柱ニアリテハ韌性 (Toughness) ヲ缺クヲ以テ割合ニ安全率ヲ大トスルヲ要ス但シ其柱ノ受ク可キ極荷重ハ鐵筋ニ對シ大凡普通算式ニテ示セル值ニ近キ丈ケ增進ス可キハ勿論ナリ 2) 鐵筋ノ量同一ナルトキハ寸法大ナル柱ハ其小ナルモノニ比シテ應壓力度大ナリコレ柱ニハ凡テ横筋配置ヲ有スルヲ以テ柱ノ小ナルモノ程其搾固ノ困難ナル爲メ混泥土ノ密度小ナルニ依ル 3) 少量ノ鐵筋ハ其柱ノ耐壓力ヲ增加スルノ效力少ナシコレ混泥土ノ搾固不充分ナル割合ニ鐵筋ノ分擔ス可キ强度小ナルガ故ナリ 4) 對角線形ニ横筋ヲ配置セルモノハ係蹄形ノモノニ比シテ其强度大ナルガ如シ蓋シ前者ハ搾固ノ容易ナルガ爲メナル可シ 5) 鐵筋表面ノ粗鬆如何ハ其耐壓强度ニ及ボス影響

小ナルモノ、如シ 6) 柱ノ一般算式ハ鐵筋ノ割合 2% 内外迄ハ略ボ實驗ノ結果ト一致ス可キモ 2% ヲ超過スルトキハ實驗ノ强度ハ漸次算定强度ヨリモ低下ス可シ 7) 橫筋ノ間隔小ナル程其耐壓强度大ナリ 8) 混泥土ノ配合比優良ナルモノハ補強鐵筋ニ依リテ增加ス可キ强度率小ナルモノ、如シ 9) 柱ノ混泥土應壓力度ハ立方供試體强度ニ比シテ 50% 内外純混泥土柱ニ比シテ 15% 内外小ナリ 10) 柱ニ於ケル混泥土ノ密度及剛度ハ純混泥土ヨリモ鐵筋混泥土ニ於テ小ナル可キヲ以テ豎筋ノ量少ナキ場合ニハ其强度ノ增加亦極メテ少ナシ。

## 第二節 縮筋若クハ螺旋鐵筋ヲ有スル柱ノ實驗

壓力ヲ受クル混泥土ガ小間隔ニ配置セル縮筋 (Band) 若クハ螺旋筋 (Spirally wound wire) ニテ補強セラル、トキハ其鐵筋ハ壓力ニ依リテ生ズル横壓 (Lateral expansion) ヲ防止シ著シク其構材ノ應壓强度ヲ增進ス可シ此構法ニアリテハ鐵筋ハ混泥土ノ普通彈性限度以下ノ場合ニハ左シタル應力ヲ受クルコトナシト雖モ彈性限度ヲ超過シタル後ハ混泥土ノ崩壊ヲ防止シ著シク大ナル變形ニ堪ニ從ツテ其極強ヲ增大ナラムシ可シ更ニ豎筋ヲ加フルトキハ豎筋ハ軸壓ニ對スル變形ニ比例シテ其應力ヲ受クルコト第一節ニ述ベタルガ如ク爲ニ荷重小ナル場合ニアリテモ螺旋鐵筋ノミヲ有スルモノニ比シテ其效率更ニ大ナルモノアルヲ見ル今此等構法ニ對スル實驗ノ結果ニ就キテ其强度ノ増進量ヲ推定ス可シ。

千九百二年佛國コンシデール氏 (Considère) ハ氏ノ創作ニ係ル螺旋鐵筋構法ト實驗ノ結果トヲ發表シ螺旋筋ノ總量ガ與フル强度ノ增加ハ之ヲ豎筋ニ換算シテ使用シタリト假定スル强度ノ 2.4 倍

ニ達スペキコトヲ断定セリ其結果トシテ氏ノ與ヘタル極堪荷力  
(Ultimate load) ニ對スル公式ハ

ニテ示シ得可シトセリ但シ此場合ニ於ケル  $A_s$  ハ螺旋筋ニ依リテ  
包圍セラレタル混凝土核心(Beton kernel)ノ断面積,  $\sigma_c$  ハ純混凝土ノ  
極强度,  $A_s$  ハ螺旋筋ヲ緊結セル豎筋ノ断面積,  $A'_s$  ハ或単位長ニ於  
ケル螺旋筋ヲ同長ノ豎筋ニ換算セルモノノ断面積,  $\sigma_a$  ハ普通軟鋼  
ヲ使用スルモノトシテ其降伏點ニ於ケル强度ヲ示シ少クトモ  
 $2400 kg/cm^2 (34130 \#/in^2)$  ヲ採用ス可シトセリ鋼材ノ降伏點强度ハ即チ  
其鐵筋混凝土ノ最大荷重ヲ受ケタル場合ノ强度ト見做スコトヲ  
得ベケンパナリ( $f$  ヲ安全率トセバ第五編第十章第三節(676)式ニ  
於ケル  $\sigma_c$  ハ(808)式ノ  $\frac{1,5\sigma_c}{f}$  =當リ同ジク(808)式ノ  $\sigma_c$  ハ(676)式ノ  
 $\sigma_c(n-1)$  =該當ス更ニ  $1,5$  ハ氏ノ實驗ヨリ得タル極強ノ場合ニ於ケ  
ル係數ヲ示スモノエシテ豎筋ノ量少クトモ混凝土核心断面積ノ  
1% ヲ有シ螺旋筋ノ「ピッチ」ハ少クトモ其直徑ノ  $\frac{1}{4}$  乃至  $\frac{1}{10}$  平均  $\frac{1}{7}$   
ニ限ルモノトセリ。

以上コンシデール氏實驗ノ結果一度世ニ公ケニセラル、ヤ歐米ノ學者ニシテ此種柱ノ實驗ニ就キテ其公式ノ當否ヲ検定シタル者尠カラズ今茲ニ其二三ノ結果ヲ摘載ス可シ

千九百五年獨國「ザリーガー」氏 (Saliger) ハ螺旋鐵筋ヲ有スルモノノ理論的公式ヲ案出シ之ヲ獨國建築及土木學會誌 (Zeitschrift f. Architektur u. Ingenieur) = 揭載シタリ今

$P =$  螺旋鐵筋ヲ有スル柱ノ堪荷力

$m = \text{柱ノ長サニ沿ヘル變形量ノ横變形量} \div \text{於ケル比(ギテ)}$

$$\text{ソン比} = \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_s};$$

$\sigma_s$  = 螺旋筋之應張力度

$$\mu = \text{柱ノ單位長ニ於ケル螺旋筋ノ總容積ガ同長豎筋ノ總容積ニ於ケル比} = \frac{V'}{V}$$

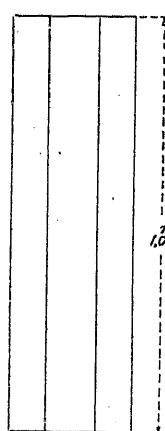
$$n_a = \frac{\text{螺旋鐵筋ノ張力ニ對スル彈性係數ト混疑土ノ橫壓ニ對スル彈性係數トノ比}}{\frac{E_s}{E_c}},$$

二七八

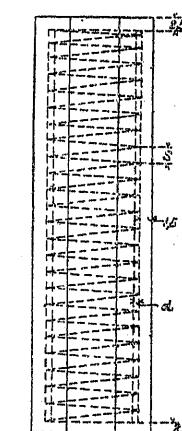
ニテ表ハスコトヲ得可シ即チ螺旋筋ヲ有スル柱ノ强度ハニツノ部分ヨリ成リ第一堅筋ノミヲ有スル柱ノ極堪荷力  $P'$  ト第二螺旋筋ノ應張力度  $\sigma_h = \frac{\mu}{2} \cdot m$  ナル或係數ヲ乘ジタルモノナルコトヲ示シ其值ハ「コンシデール」氏ノ係數 2.4 = 該當スペキモノナルコトヲ結論シタリ但シ「コンシデール」氏ノ係數ハ後ニ述ブルガ如ク少シク高キニ失スルヤノ感アリテ寧ロ是ヲ 2 トスル方實驗ノ結果ト克ク相一致スルモノ、如シ要スルニ「コンシデール」氏ノ公式ハ其形チ理論的公式ト吻合シ唯其係數ノ値ノ妥當ナルヤ否ヤノ問題ヲ存スルニ過ギズトセリ。

千九百五年獨國バハ氏ノ實驗報告ニ依レバ其供試體ハ之ヲ八  
角形トシ断面内圓ノ直徑  $27.5\text{ cm}$ , 長サ  $1m$ , 混凝土ノ配合比  $1:4$ , 水  
量  $14\%$ , 材齡 5 乃至 6 ケ月ノモノニシテ其形チ第六百三十九圖以  
下第六百四十二圖ニ示セルガ如ク其最初ノ裂罅ヲ見タル時ノ荷重

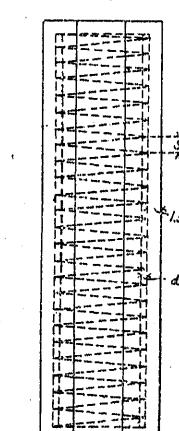
第六百三十九圖



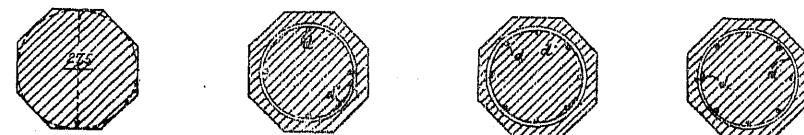
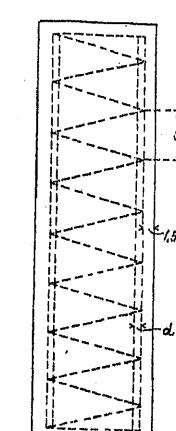
第六百四十圖



第六百四十一圖



第六百四十二圖



及其最大荷重ノ摘要ハ第百三十七表ニ示スガ如シ但シ最初ノ裂縫ハ必ず螺旋ヲ包被セル外殻(Outer shell)ニ起リ最初ノ破壊ハ又外殻ノ破片ヲ伴フヲ見ル猶比較ノ爲メ鐵筋ヲ有セザル柱ノ堪荷力ヲモ検定シ供試柱ハ Iニ就キテ 4 個他ハ凡テ 3 個ヲ製作シタリ。

該表中末項算式ヨリ得タル値ハ次ノ方法ニ據リテ得タル値ヲ換算断面ニテ除シタルモノナリ。今純混疑土柱ノ平均强度  $\sigma_0 = 133 \text{ kg/cm}^2$ ,  $\sigma_0 = 2400 \text{ kg/cm}^2$  ナルヲ以テ假令バアニ就キテ云ヘバ  $A_s = 452 \text{ cm}^2$ ,  $A_s = 7.6 \text{ cm}^2$ ,  $A_s' = 3.9 \text{ cm}^2$  故ニ(808)式ヨリ,

$$P = 1.5 \cdot 133 \cdot 452 + 2400(7.6 + 2.4 \cdot 3.9)$$

$$= 90174 + 40704 = 130878 \text{ kg.}$$

第一百三十七表

螺旋筋ヲ有スル柱ノ強度												
供試 柱ノ 型式	記號	螺旋筋		豎筋 數	最初ノ 裂縫ヲ 見タル 直徑 (mm)	純混疑 土柱ノ 强度ニ 對スル 均強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	平均最 大强度 (kg/cm <sup>2</sup> )	純混疑 土柱ノ 强度ニ 對スル 増強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	增加 率	核心混 凝土ノ 耐荷力 (kg/cm <sup>2</sup> )	總荷重力度 測定ノ モノ (kg)	「コンシテ ール」氏 算式ヨリ 得タルモノ (kg/cm <sup>2</sup> )
		ピッチ (mm)	直徑 (mm)									
第六百三十九圖	I	—	—	—	133	—	133	—	1.00	—	—	
第六百四十圖	II	38	5	4	7	159	26	159	26	1.20	230	116300 187
第六百四十圖	III	37	7	4	7	161	28	178	45	1.34	257	139400 221
第六百四十圖	IV	42	10	4	7	170	37	240	107	1.80	347	167900 270
第六百四十一圖	V	38	5	8	11	224	91	226	93	1.70	327	130900 209
第六百四十一圖	VI	37	7	8	11	230	97	230	97	1.73	332	160600 257
第六百四十一圖	VII	43	10	8	11	243	110	281	148	2.12	406	182200 292
第六百四十一圖	VIII	31	7	4	7	196	63	200	67	1.51	289	145400 233
第六百四十一圖	IX	40	10	4	7	170	37	211	78	1.59	305	173400 278
第六百四十一圖	X	41	12	4	7	180	47	256	123	1.93	370	205100 329
第六百四十一圖	XI	37	14	4	7	158	25	246	113	1.85	355	274000 438
第六百四十二圖	XII'	40	7	8	5	163	30	163	30	1.23	236	133800 212
第六百四十二圖	XII''	40	10	8	7	164	31	230	97	1.73	332	177100 283
第六百四十二圖	XII'''	40	14	8	10	184	51	302	169	2.28	436	230200 350
第六百四十二圖	XIII'	80	7	8	7	162	29	162	29	1.22	234	104400 166
第六百四十二圖	XIII''	80	10	8	10	179	46	181	48	1.36	261	144000 230
第六百四十二圖	XIII'''	80	14	8	12	186	53	199	66	1.50	298	193200 308
第六百四十二圖	XIV'	120	7	8	10	155	22	155	22	1.17	224	117300 188
第六百四十二圖	XIV''	120	10	8	12	183	50	183	50	1.38	264	135700 217
第六百四十二圖	XIV'''	120	14	8	14	207	74	207	74	1.56	299	171200 272

以上ノ結果ニ依ルニ V, VI, VII ノ種類ニ屬スルモノノ實驗ノ結果ハ「コンシテール」式ヨリ得タルモノト略ボ相一致スルモ其他ハ一二ヲ除クノ外何レモ實驗ヨリ得タルモノ、值著シク小ナル

ヲ見ル可シ II ヨリ IV 及 VIII ヨリ XI ニ至ル迄ハ何レモ豎筋ノ總断面積  $1,54cm^2$  ニシテ混疑土ニ對スル割合  $0,24\%$ , XII' ハ前者  $1,57cm^2$ , 後者  $0,25\%$ , XII'' ハ前者  $3,08cm^2$ , 後者  $0,5\%$  ナリスクノ如ク豎筋ノ量貧弱ナルモノハ其算式ヨリ得タルモノト實驗ヨリ得タル強度トノ間ニハ非常ノ差違ヲ生ズ可ク從ツテ螺旋筋ヲ有スル柱ニハ豎筋ノ量不釣合ノモノ假令バ  $0,8\%$  ヨリ小ナルモノニハ「コンシデール式」ヲ適用スルノ不當ナルヲ知ルコトヲ得可シ更ニ豎筋ノ量割合ニ多キモノ假令ハ V, VI 及 VII ハ  $1,2\%$ , XII'', XIII'' 及 XIV' ハ  $1,0\%$ , XIII'' 及 XIV'' ハ  $1,45\%$ , XIV''' ハ  $2,0\%$  ニシテ更ニ螺旋筋割合ニ少キモノハ其實驗値略ボ「コンシデール式」ヨリ得タルモノニ近シ假令バ V ノ螺旋筋ハ  $1,5\%$  ニシテ實驗ト算式トヨリノ値ノ差  $17kg/cm^2$  ナルニ拘ハラズ螺旋筋ノ量大ナルモノ假令バ XIII'' ハ  $5,7\%$  ニシテ其實驗ト算式トノ値ノ差  $109kg/cm^2$  ノ如ク大ナルヲ見ル可シ即チ「コンシデール式」ハ或假定ト  $\frac{\text{豎筋ノ百分率}}{\text{横筋ノ百分率}}$  ノ或一定ノ關係ヲ有スル場合ニ於テノミ有效ナルノ結果ヲ得ルモノ、如シ更ニ XIII 及 XIV ノ部ニ屬スルモノハ其「ピッヂ」異常ニ大ナルヲ以テ(螺旋直徑ノ  $\frac{1}{3}$  乃至  $\frac{1}{2}$ ) 豊筋ノ量割合ニ大ナルニ拘ハラズ横筋ノ距離大ナルモノト同ジク其堪荷力小ナリ而シテ最初ニ裂縫ヲ見タルトキノ荷重ト最大荷重トハ其値殆んど相同シコレ荷重ノ增加ニ連レ核心内混疑土ノ横壓ニ依リ核心外混疑土ノ殻皮ヲ壓出シ茲ニ裂縫ヲ生シ核心内ノ混疑土モ亦同時ニ横逃シテ破壊ヲ早ムルヲ以テナリ。

之ヲ要スルニ螺旋ノ量ヲ增加スルニ從ヒ其「ピッヂ」ヲ小トシ同時ニ豎筋ノ斷面若クハ其數ヲ增加スルニアラサレバ「コンシデール式」

ル式ニテ示スガ如キ實强度ニ達スルコト能ハズ其後「コンシデール氏」ハ各地ニ施行セル二百以上ノ實驗結果ヲ參照シテ  $\frac{A_s'}{A_s}$  ノ比ハ或適當ナル定數ナルコトヲ要ストシ(恐ラクハ其比 1 乃至 3 ノ範圍内タル可シ)其割合亦適當ナル場合ニハ 40 乃至 60% ノ應壓力度ヲ增加シ得可ク  $2,4$  ナル係數ハ寧ロ之ヲ改訂スルノ實際ニ近キモノナル可キヲ發表シタリ。

千九百七年佛國「コムミッション」ノ實驗報告ニ從ヘバ供試柱ハ豎筋及螺旋筋ヲ有スル二種ナリシガ今其螺旋筋ニ關スルモノノミニ就キテ其概要ヲ舉グレバ柱ノ長サ  $2m$  乃至  $4m$ , 斷面ハ  $20cm \times 20cm$  ノ角形及直徑  $20cm$  ノ八角柱ノ二種トシ鐵筋ノ混疑土ニ對スル割合  $1,18$  乃至  $1,77\%$ , 螺旋筋ノ直徑  $5$  乃至  $6mm$ , 螺旋ノ「ピッヂ」  $1,4$  乃至  $4,5cm$  = シテ其最大荷重ニ達シタルトキノ壓縮量長サ  $1m$  ニツキ  $8$  乃至  $10mm$  ナリシヲ以テ豎筋ハ何レモ其降伏點強度ニ達シタリシヲ見ル其結果ノ要項ハ第百三十八表ニ示スガ如シ。

該表第十一項ニ於テ「コンシデール式」(808式)ニテ計算シタル破壊荷重ヲ示シ更ニ佛國「コムミッション」ノ發表セシ公式

$$P = A_s \cdot 2400 + A_o \cdot \left(1 + m \frac{V'}{V}\right) \sigma_0 \quad \dots \dots \dots \quad (810)$$

ヲ應用シテ得タル  $m$  ナル係數ノ値ヲ掲グ(810)式中  $A_s$  ハ豎筋ノ斷面積,  $2400$  ハ鐵筋ノ假定降伏點強度,  $A_o$  ハ螺旋內混疑土ノ斷面積,  $\frac{V'}{V}$  ハ單位長ニ於ケル螺旋筋ノ容積ト螺旋內混疑土容積トノ比(其值  $\frac{A_s'}{A_o}$  = 等シ第五編第十章第三節參照),  $\sigma_0$  ハ純混疑土ノ應壓力度ヲ示ス。

以上ノ結果ニ依ルニ測定強度ハ「コンシデール式」算定強度ニ比シテ高低一様ナラズ  $m$  ノ値亦甚ダ可變的ニシテ混疑土ノ貧弱ナ

第百三十八表

螺旋筋有スル柱ノ强度											
柱ノ断面及 放置状態	螺旋内 混凝土 面積 $A_c$ ( $\text{cm}^2$ )	豎筋 面積 ノ割 合 スル百分 率 (%)	螺旋筋 面積 ノ割 合 スル百分 率 (%)	螺旋筋 ノ直徑 (mm)	螺旋筋 「ビ ッ チ」 (cm)	「ビ ッ チ」 ノ螺旋直 徑ニ對ス ル比	豎筋ノ螺旋 筋断面 積ニ對ス ル比 $A_s : A'_s$	純混凝 土ノ強 度 $\sigma_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	柱ニ對 スル測 定強度 $k_i$ (kg/cm <sup>2</sup> )	「コンシテ ール」式ニ テリル耐 力強度 $k_{ii}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	n 値
断面20×20cm, 流込 混凝土, 軟態放置	266	1,44	3,05	6	2,0	1:9,2	1:2,1	91	384	345	93
同上, 漏態放置	"	"	"	"	"	"	"	97	409	355	94
同上, 搞固混凝土, 乾燥放置	"	"	"	"	"	"	"	150	499	433	68
同上漏態放置	"	"	"	"	"	"	"	166	477	458	55
八角形, 直徑20cm, 長サ2m	"	1,77	4,36	"	1,4	1:13,3	1:2,5	242	618	658	31
同上長サ2,5m	"	1,43	3,21	"	1,9	1:9,8	1:2,25	"	550	582	35
同上長サ2,6m	"	1,13	2,54	"	2,4	1:7,8	"	"	480	537	34
同上長サ4m	"	"	1,36	"	4,5	1:4,1	1:1,19	198	382	401	58
同上長サ4m	"	"	1,45	5	3,0	1:6,2	1:1,29	"	358	408	46
同上長サ2m	"	1,77	4,36	6	1,4	1:13,3	1:2,5	184	571	572	42
同上長サ2,5m	"	1,43	3,21	"	1,9	1:9,8	1:2,25	"	512	497	49
同上長サ2,6m	"	1,13	2,54	"	2,4	1:7,8	"	"	422	450	45
同上長サ3m	"	"	1,36	"	4,5	1:4,1	1:1,19	147	333	326	79
同上長サ4m	"	"	1,45	5	3,0	1:6,2	1:1,29	"	341	332	78

ルモノハ  $m$  ノ値大ナリコレ螺旋筋ノ能率ハ混疑土ノ品質ニ反比例ラナスコトヲ示スモノナリ其破壊状態ハ一二ヲ除クノ外彎折ノ現象ヲ呈シタルモノナカリキ

千九百七年米國「タルボット」氏 (Talbot) の實驗報告ニ依レバ供試柱ニハ圈狀鐵筋 (Hooping) ノ二種ヲ使用シタリ一ハ幅 1", 厚サ數種ノ「ゲージ」ヲ有スル電氣鍛接箍鐵 (Electrically welded band) ヨリ成リ一ハ 1" ノ「ピッチ」ヲ有スル螺旋鐵筋ヨリ成ル繩鐵ニ使用シタル鋼材ノ降伏點強度ハ 48000<sup>+</sup>/。<sup>-</sup>0." ヲ有ス螺旋筋ハ二種ニシテ一ハ富炭素鋼 (Highcarbon steel) 一ハ軟鋼ヲ用キ前者ハ直徑  $\frac{1}{4}$ " 線ニテ強度

115000%/", 7番線ニテ60000%/", 後者ハ前ト同直徑ニテ夫々54000%/"  
及38500%/"ヲ有ス柱ノ長サ10', 直徑12"トシ膠泥ノ薄層ヲ以テ圈  
線ヲ包被シタリ混擬土ノ配合比1:2:4, 材齡56日乃至69日後ニ試  
験シタル成績第百三十九表ノ如シ.

第百三十九表

純筋及螺旋筋ヲ有スル柱ノ强度							
番號	鐵筋ノ種類	鐵筋ノ寸法 〔ゲージ 又ハ(φ)〕	鐵筋 〔ビ チ〕 〔%〕	混擬土ニ對 スル鐵筋ノ 百分率(%)	平均最大強 度 %/o	純混擬土ニ 對スル増進 强度 %/o	1%ノ鐵筋 ニ對スル増進 强度 %/o
純混擬土	—	—	—	—	1740	—	—
I		16番	2	1,07	2339	599	560
II	電氣鍛接	12 “	2	2,09	2877	1137	540
III	縦 鐵	8 “	2	3,21	3202	1462	450
IV		12 “	3	1,39	2735	995	710
V		12 “	4	1,02	2226	486	480
VI	富炭素鋼	7 “	—	0,83	2505	765	920
VII	螺旋筋	1/4"	—	1,69	3437	1697	1000
VIII	軟 鋼	7番	—	0,84	2168	428	510
IX	螺旋筋	1/4"	—	1,65	2736	996	600

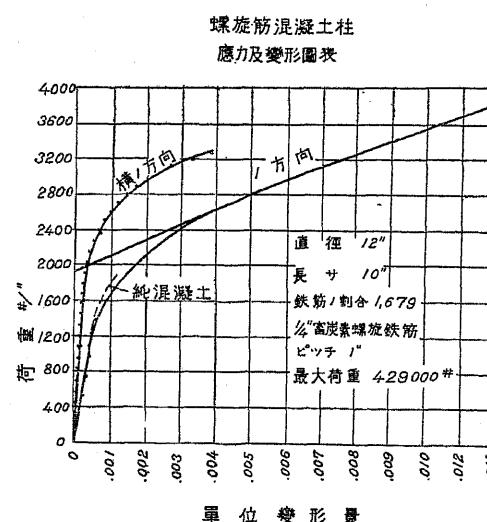
以上ノ結果ニ依リテ配合比 1:2:4 ヲ有スル純混疑土ノ強度ヲ  
 1740%/" トセバ籠鐵ヲ有スル柱ニ於ケル鋼材ノ 1% ニ對スル平均  
 強度ノ増進ハ 548%/", 富炭素鋼線ニ對シテハ平均増進 960%/", 軟  
 鋼線ニ對シテハ 555%/" ナリ今堅筋ノ爲メニ増進ス可キ強度ヲ理  
 論式ニ從ヒ鐵筋ノ各 1% = 對シ  $\sigma_0 \cdot (n-1) \cdot \frac{1}{100}$  ト假定セバ氏ノ實  
 驗ニアリテハ純混疑土柱ノ破壊點ニ於ケル  $n$  の値ハ略ボ 17 ナリ  
 シヲ以テ堅筋ノ 1% ニ對スル強度増進ハ  $1740 \cdot (17-1) \cdot \frac{1}{100}$  卽チ  
 約 280%/" ナリ之ヲ籠鐵ニ依リテ得タル鋼材ノ 1% ニ對スル強度

増進率ト比較スルトキハ後者ハ前者ニ比シテ約2倍トナリ螺旋筋ノ1%ニ對スル値ト比較スルトキハ後者ハ約2倍乃至 $3\frac{1}{2}$ 倍ニ達スルヲ見ル更ニ實驗ノ範圍内ニアリテハ強度ノ增加ハ殆ンド其使用鐵筋量ニ比例スルモノ、如シ。

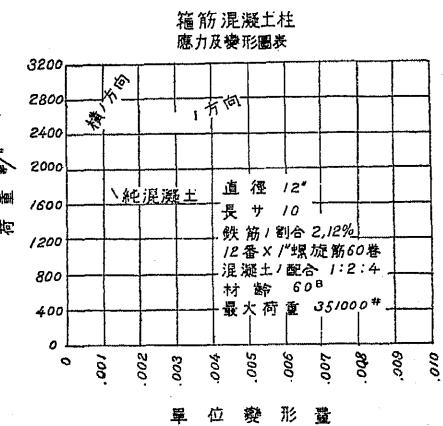
更ニ破壊前ニ於ケル純混泥土柱ノ極強ニ對應スル荷重以下ニアリテハ特ニ圈狀鐵筋ノ補強影響ヲ認ムルコトナキモ此荷重程度ヲ超過スルトキハ柱ハ急激ニ壓縮ヲ受ケ圈筋ハ初メテ其對抗動作ヲ初ム可シ圈筋ヲ有スル柱ハ其荷重低キ場合ニハ事實上純混泥土ヨリモ剛度少ナキガ如キモ破壊荷重ニ近クニ從ヒ全變形量ハ大ニ増進シ純混泥土ニ比シ6倍乃至12倍ニ至リ最大荷重ニ於テ殆ンド5倍ニ達ス但シ柱ノ外殻ハ純混泥土ノ極強ニ對應スル荷重ニ於テ既ニ其剥落ヲ始ムルヲ見ル可シ。

其標準的應力及變形圖表(Stress strain curve)ハ第六百四十三圖及

第六百四十四圖



第六百四十三圖



第六百四十四圖ニ示スガ如シ前者ハ圓形箍筋ヲ有スルモノ後者ヘ富炭素螺旋筋ヲ有スルモノ、一例ナリ即チ圈筋ノ重ナル影響ハ純混泥土ノ強度ヲ超過シタル後著シク混泥土ノ粘性(Toughness or ductility) 及其極強ヲ增加スペキコトヲ示ス而シテ純混泥土ト同ジク1200乃至1500%/"ノ應力ヲ受クル迄ハ凡テノ柱ニ對スル變形量ハ殆ンド同一ナリ即チ多少ノ恒久的變形アルモ上記ノ強度ハ署ボ凡テノ柱ヲ通シテ其彈性限度ト見做シ得ベキモノナルコトヲ知ル。

更ニ圖表ニ於テ其殆ンド直線ヲ爲セル部分ヲ延長シテ之ヲ縱距線ニ達セシムルトキハ其交叉點ハ純混泥土ノ最大荷重ヲ示スモノトナル可シ各圖表ノ左方ニアル曲線ハ單位橫壓變形(Lateral unit deformation)ヲ示スモノニシテ此曲線モ亦縱變形ト同様ノ變化ヲ呈シ純混泥土ノ極強ニ近キ荷重ヲ超過シタル後ハ兩者共ニ荷重ノ增進ニ連レテ著シク其變形量ヲ增加スルコト假令ハ第六百四十三圖ノ場合ニハ其極強ニ於ケル變形量ハ純混泥土ノ極強ニ於ケル變形量ノ殆ンド9倍ニ達シ第六百四十四圖ノ場合ニハ殆ンド13倍ニ達スルヲ見ル可シ而シテ柱ノ極強ハ箍筋ガ降伏點強度ニ達シタル時ニ起リ此點ヲ超過シタル後ハ更ニ著シク其變形量ヲ增加スペキモ然カモ荷重ハ却ツテ低下スルノ現象ヲ呈ス可シ。

壓縮ニ對スル混泥土ノ「ボアソン」比ハ甚ダ可變的ニシテ混泥土ノ破壊前ニアリテ著シク增加ス可ク初期ノ荷重ニアリテハ0.1ナルモノノ破壊荷重ニ近ク0.25乃至0.3ニ達スルコトアリ。

千九百十年獨國「ワイス及フライタッハ」會社(Wayss u. Freytag)ノ



5mm 以下ノモノハ其成績頗ル良好ナリキ但シ各供試柱ハ何レモ其材齡長キ爲メ荷重一般ニ大ナリシト XI ノ如ク鐵筋ノ量殆ンド 1.7% = 達セルモノハ其負擔荷重ノ割合頗ル大ナルトハ注意スペキノ現象ナリトス。

因ミニ第一節ルーデロフ氏實驗中第六百三十七圖ハ螺旋筋第六百三十八圖ハ縫筋ヲ有スルモノニシテ其  $m$  ノ換算值夫々 70.0 及 54.3 ナリキ。

以上記述ノ外米國「ウイティ」氏 (Withey), 同國「ベリー」氏 (Berry), 同國「ウォータータウン」造兵廠 (Watertown Arsenal), 獨國「アブラモフ」氏 (Abramoff), 同國「クラインローゲル」及「オドリコ」氏 (Kleinlogel u. Odorico), 澳國「ツウーリエ」氏 (Thullie) 等ノ實驗アルモ茲ニ之ヲ省略セリ。

以上ノ結果ヲ綜合スルニ 1) 「コンシデール」氏公式ハ其形ニ於テ能ク理論的公式ト一致ス 2) 「コンシデール」式中 1.5 ナル係數ハ同氏ノ意見ニ所謂鐵筋ヲ挿入スルトキハ純混凝土ノ強度ヨリモ其對抗力ヲ增加スペシトノ結果ヨリ打算シタルモノナルベキモ他ノ實驗ニ徵シテ疑點ヲ存スペキノ餘地アリ暫ク之ヲ刪除スルヲ穩當ト認ム可シ 3) 「コンシデール」式中 2.4 ナル係數ハ他ノ實驗ノ結果ト對照シテ少シク高キニ失スルガ如シ獨國及澳國規定ニ示セル係數 2 ヲ使用スル方妥當ナル可シ 4) 佛國「コムミッショソ」ノ規定公式ハ亦「コンシデール」氏ノ變形ト見做スコトヲ得可シ但シ其係數ノ値ハ混凝土ノ配合比測齡若クハ鐵筋ノ直徑縫筋螺旋筋等ノ形狀ニ依リテ一様ナラズ第五編第十章第三節 II 項ニ示セルガ如ク同規定ガ如上ノ各關係ヲ參照シテ夫々係數ノ値ヲ變更シタルハ頗ル合理的根據ヲ有スルモノト云フ可シ 5) 螺

旋筋若クハ縫筋ノ「ピッチ」大ナルトキハ強度ニ對スル能率小ナリ

6) 柱ノ堪荷力ハ螺旋筋若クハ縫筋ノ量ト共ニ增加スルモ約 1% 以上ハ其效率比較的薄キガ如シ 7) 螺旋筋ハ圓形トナス方有效ナリ角形トセバ其折曲ノ度急激ナル爲メ鐵筋ノ外皮脆弱トナル恐レアリ從ツテ其柱ノ強度モ不等一タルヲ免レズ 8) 螺旋筋若クハ縫筋ノミヲ有スルヨリモ豎筋ヲ添和シタルモノハ柱ノ彈性限度及極強ヲ增加ス可ク其能率最モ大ナリ而シテ豎筋ト豎筋トノ百分率ノ比或適當ナル値 (1:1 乃至 1:3) ヲ有スル場合ノ外普通算式ノ適用ハ正確ナラズ 9) 螺旋筋ノ量ヲ增加スルニ伴ヒ其「ピッチ」ヲ小トシ同時ニ豎筋ノ量ヲ增加スルコト必要ナリ 10) 外殻ノ裂縫ハ柱ノ降伏ヲ意味スルモノニアラズ柱ノ極強ハ螺旋筋内ノ混凝土破片ヲ生ジタル場合ニ達ス可シ 11) 混凝土ノ優性ナルモノハ柱ノ強度又大ナルハ勿論ナルモ螺旋ノ比較的能率減少スルヲ以テ普通ノ配合以上ノモノヲ使用スルノ必要ナキガ如シ 12) 螺旋筋或ハ縫筋ヲ有スルモノハ純混凝土柱ノ極強迄ハ殆ンド其影響ヲ認メザルモ其以上ニ至レバ急ニ堪荷力ヲ増進シ破壊荷重ニ近ク變形量ハ著シク增大ス可シ。

### 第三節 長柱ニ關スル實驗

從來豎筋ヲ有スル鐵筋混凝土柱ノ實驗研究ハ其柱ノ長サト最小幅トノ比  $\frac{l}{b} = 18$  乃至 20迄ノ間ニアリテ彎折ノ動キヲ有セザルモノト考ヘタル場合ニ關スルモノ多シ第五編第十章第四節ニ論シタルガ如ク各國大抵此限度以下ニ於テ同章第二節及第三節ノ公式ヲ應用シ得可シトセリ今方柱ノ斷面ヲ取リテ考フルニ其環動半徑  $r$  (Radius of gyration) ハ

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{b^4}{12} : b^2} = 0,29b$$

ナルヲ以テ鐵筋ヲ有セザル柱ニアリテハ其限度ハ

$$\frac{l}{r} = \frac{l}{0.29b} = \frac{18}{0.29} \text{ 乃至 } \frac{20}{0.29} = 62 \text{ 乃至 } 69$$

トナル可シ故 =  $\frac{l}{r}$  ガ 60 乃至 70 以内ナル場合ニハ彎折ヲ顧慮スルノ必要ナキガ如ク其以上 =  $\frac{l}{r}$  ノ比大トナリタルトキハ「オイラー」式、「ランキン」式若クハ直線式ヲ使用セザル可ラズ(第五編第十章第四節参照)而シテ「オイラー」式ハ其彎折ヲ生ズル迄彈性係數  $E$  ガ不變ナル場合ノ柱ニ就キテハ有効ナルモ混凝土若クハ鐵筋混凝土ニアリテハ其儘同式ヲ適用スルハ實際ニ於テ不合理ナリト云ハザル可ラズ。

瑞西「リッター」氏 (Ritter) ハ「バッハ」氏ノ研究シタル混擬土變形曲線 (Deformation curve) ヲ基トシテ彎折ニ對スル公式ヲ案出シタリ即チ長柱ノ耐壓強度  $\sigma_c$  ハ

トセリ  $\sigma_0'$  ハ其材料ノ應壓極强度ヲ示ス若シ  $f$  ヲ安全率トセバ 安全應壓强度ハ  $\sigma_0 = \frac{\sigma_0'}{f}$  ナリ故ニ  $A_i$  ヲ柱ノ假想的斷面(Ideal section) トセバ

$$A_s = \frac{f \cdot P}{g_s} = \frac{P}{g_s} \cdot \left( 1 + 0,0001 \frac{l^2}{r^2} \right) \dots \dots \dots \quad (813)$$

即チ其形式「ランキン式」ト相同ジ但シ螺旋筋ヲ有スルモノニアリテハ其關係ニ多少ノ變更ヲ與ヘザル可ラザルコト勿論ナリ即チ  
 $\frac{l}{r}$ 大ナレバ彎折シ小ナレバ壓挫若クバ剪斷ヲ受ク可キヲ以テ  
 $\frac{l}{r}$ ノ

中間ノ値ニアリテハ螺旋筋ノ量如何ニ從ヒ壓挫若クハ彎折ノ何レカニ依リテ破壊ス可シ其螺旋筋ノ量ヲ幾許トセバ  $\frac{l}{r}$  ノ或長サニ於テ彎折ヲ受ケザルカノ限度ヲ見出サントセバ蓋シ實驗ニ依リテ之ヲ定ムルヲ最モ妥當ナリトス 「コンシデール」氏 (*Considère*) ノ實驗ニ依レバ  $\frac{l}{b} = 10$  ノ場合ニ螺旋筋ノ量 3.5% ノ如ク大ナルニ拘ラズ既ニ彎折ニ依リテ破壊セルノ事實ヲ見タリ即チ鐵筋ヲ考慮中ニ加フルトキハ  $\frac{l}{r} = 35$  ニ於テ既ニ長柱ノ働くキヲ受ケタルモノナリ氏ハ (812) 式ニ於ケル係數 0,0001 ノ代リニ之ヲ  $\alpha$  トシ氏ノ實驗ヨリ其値ヲ算出シ平均係數 0,0002 ヲ得タリトセリ去レド氏ノ實驗ハ其數少ナキヲ以テ直チニ其係數ヲ 0,0002 ト斷定スルハ未ダ早計ナリト云ハザル可ラズ。

千九百九年佛國「メスナーゼ」氏 (Mesnager) の實驗シタルモノハ柱ノ斷面  $8 \times 40\text{cm}$ , 長サ  $3$  乃至  $5\text{m}$  ニシテ直徑  $10\text{mm}$  ノ堅筋ヲ用キ  $12\text{cm}$  ノ間隔毎ニ相互之ヲ連結シ其鐵筋ノ割合  $1.96\%$ , 材齡  $3$  ケ月後ニ之ヲ實驗シタリ柱ノ兩端ハ充分之ヲ研磨シタルモ緊定狀態ハ猶不完全ナリキ更ニ立方供試體ノ平均強度ヲ検定シテ  $296\text{kg/cm}^2$  ヲ得タリ今若シナル長サヲ有スル柱ノ兩端完全ニ緊定セラレタルモノ即チ  $\beta = \frac{l}{2}$  ( $\beta$  ハ算定ニ用フル柱ノ長サ) トシテ「リッター式ヨリ計算シタルモノト實際ノ破壊荷重トヲ比較スルトキハ

$$\frac{l}{h} = \quad 40 \quad 50 \quad 60$$

算式ニ依ル最大荷重 = 74000 62500 52700 kg.

實驗ニ依ル最大荷重 = 91800 78500 66900 kg.

ヲ得可シ此算定ニ使用セル係數  $a$  ノ值ハ 0,0001 ヲ採用シタルモ  
若シ實驗ノ結果ヨリ  $a$  ヲ算出スルトキハ

$$\frac{l}{b} = 40 \quad 50 \quad 60.$$

不繫定状態ト假定スルトキ ( $l=l'$ )  $\alpha = 0,0000174 \quad 0,0000184 \quad 0,0000192$

平均  $0,0000184$

一部繫定状態ト假定スルトキ  $\alpha = \frac{16}{9} \cdot 0,0000184 = 0,0000327$

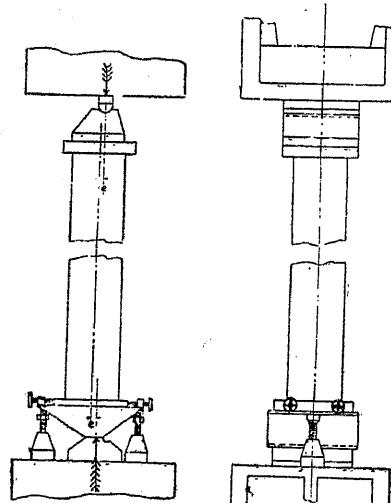
完全ニ繫定状態ト假定スルトキ  $\alpha = 4 \cdot 0,0000184 = 0,0000736$

即チ此實驗ノ結果ト參照セバ  $\alpha = 0,0001$  ト取ルハ餘リニ大ニシテ  
多クトモ  $\alpha = 0,000075$  トセザル可ラザルガ如シ去レド此實驗ニア  
リテモ其數甚ダ少キヲ以テ之ニ依リテ斷定ヲ下スコト蓋シ又難  
シト云ハザル可ラズ。

要スルニ長柱ニ關スル實驗ノ成績ハ今日ノ程度ニアリテハ猶  
未ダ不明ニシテ確然タル結論ヲ得ルコト能ハザルモノト知ル可  
シ。

#### 第四節 偏倚荷重ヲ受クル柱ノ實驗。

第六百五十六圖



柱ガ偏倚荷重ヲ受クルトキ  
ハ中心壓縮(Axial compression)ノ  
外彎曲作用ヲ受ク可シ此場合  
ノ實驗研究ハ佛國「ゴムミッショ  
ン」及澳國「ツウーリエ」氏(Thomie)  
ノ施行シタルモノアルモ何レ  
モ確タル結論ヲ得タルモノナ  
シ千九百十年米國「ウィティ」氏  
(Withey)ノ發表シタルモノハ最  
モ參考タル可キ資料ヲ有スル  
ヲ以テ今其概要ヲ茲ニ掲グ可

第四十一表

番號	混凝土 配合 比	材 齡 (月)	豎筋 直徑 (in)	豎筋 數	鋼筋 混凝土 割合 $A_s/A_c$	鋼筋 混凝土 割合 スル割合 (%)	鋼筋 混凝土 内 螺旋筋 混凝土 割合 スル割合 (%)	加重ノ 方法	偏倚 荷重 $P$ (#)	破 壞 荷 重 $P$ (#)	極強度 $P_{max}$ (#)	降伏點 強 度 (#)	同上 土壤 度 (#)	降伏點 土壤 度 (#)	同上 混凝土 強 度 (#)	混凝土 強 度 (#)	柱ニ 關 スル 實 驗 數 値	
I	1:1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	2	—	—	82,6	標準返 重	—	標準返 重	—	523000	6330	—	—	—	—	—	4650	—
II	“	“	—	—	84,6	標準返 重	—	標準返 重	—	500000	5900	—	—	—	—	—	4665	—
III	“	“	8— <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	5,7	“	標準返 重	—	> 617500	> 7300	—	—	—	—	—	—	—	4220	—
IV	“	“	“	5,8	82,6	標準返 重	—	“	> 7480	—	—	—	—	—	—	—	4120	—
V	1:1 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	{2 5	8— <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1,9	84,6	標準返 重 中心荷重 偏倚荷重	—	1,0	> 7300 6390 6390	464000 333000 333000	5390 3940 420000	32000 4890 —	—	—	—	6135	—	
VI	“	“	“	“	“	標準返 重 中心荷重 偏倚荷重	—	“	> 7300 601000 601000	514000 384000 384000	6080 4640 42000	37500 5480 —	—	—	—	7440	—	
VII	“	“	8— <sup>11</sup> / <sub>16</sub>	3,6	82,6	標準返 重 中心荷重 偏倚荷重	—	“	> 7480 54335000 54335000	514000 4060 4060	6230 35400 37500	35400 5150 —	—	—	—	6340	—	
VIII	“	“	“	3,5	84,6	標準返 重 中心荷重 偏倚荷重	—	“	> 7300 594000 594000	514000 4060 4060	6080 4640 40200	35100 40200 —	—	—	—	6435	—	
IX	“	“	8— <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	5,8	82,6	標準返 重 中心荷重 偏倚荷重	—	“	> 617500 590000 590000	542000 7150 7150	6590 — —	36000 40200 —	40200 — —	—	—	6075	—	
X	“	“	“	5,6	86,6	標準返 重 中心荷重 偏倚荷重	—	“	> 617500 595000 595000	515000 4060 4060	5940 4060 4060	32200 34200 —	—	—	—	5835	—	
XI	“	“	“	5,7	84,5	標準返 重 中心荷重 偏倚荷重	—	“	420000 275000 481000	4965 244000 244000	2890 — —	33300 34800 34800	— — —	—	—	—	—	
XII	“	“	“	5,6	86,6	標準返 重 中心荷重 偏倚荷重	—	“	> 275000 5560 5560	3180 275000 3180	2840 34800 34800	33300 — —	—	—	—	—	—	

シ氏ノ研究ハ柱ヲ十二種ニ分チ第六百五十六圖ノ如キ裝置ニ依リテ試験ヲ施シタリ柱ノ長サ凡テ  $8\frac{1}{2}$  '、直徑  $10\frac{1}{4}$  "乃至  $10\frac{1}{2}$  "ノ圓墻状ニシテ豎筋ハ圓錐ヲ使用シ横筋ハ7番線富炭素鋼ヲ用ヰ其「ピッチ何レモ1」、混凝土ニ對スル螺旋筋ノ斷面比1%ナリキ其實驗ノ結果第百四十一表ニ示スガ如シ。

以上ノ結果ニ依リテ之ヲ剖ズルニ混凝土ノ配合優良ナルモノハ其強度ト剛性(Stiffness)トハ著シク増進ス可シ中心荷重ヲ受クル柱ニアリテハ豎筋或ハ螺旋筋ノ量ヲ或程度以上ニ増加スルモ比較的利益アルヲ認メズ去レド偏倚荷重ヲ受クルトキ殊ニ柱ノ一方ニ張力ヲ生ズル場合ニアリテハ豎筋ノ量豊富ナルモノハ  $\frac{E_s}{E_c} = n$  ノ値ヲ增加スルノ利益アリ繰返荷重ヲ加フルトキ若クハ或長時間同一荷重ヲ適用シタルトキノ影響ハ未タ一定ノ結論ヲ得ルニ至ラザリシモ實際ノ結果ヨリ推セバ柱ノ降伏點強度ノ40乃至50%ニ等シキ荷重ヲ數回繰返シ適用スルモ彈性的若クハ恒久的變形ノ増加ヲ認メズ而シテ豎筋ノ降伏點強度ヲ超過シタル後螺旋筋ノ與フル强度及粘性(Toughness)ハ著シク増進ス可シ

偏倚的荷重ヲ受クル場合ニ使用スル普通公式  $\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{P_e}{W}$  ( $A$ ハ混凝土及鐵筋換算ノ斷面積、 $e$ ハ偏倚度、 $W$ ハ斷面係數)ハ鋼筋ニ對シテ適當ノ増加ヲ假定セバ鐵筋混凝土柱ノ場合ニモ之ヲ應用シテ實驗ノ結果ト比シ著シキ差違ヲ生ズルコトナシ氏ハ其實驗ニ於テ  $\frac{E_s}{E_c} = n$  及「ボアソン」比ヲ測定シタリ其結果第百四十二表ノ如シ。

之ニ依ルニ荷重割合ニ小ナルトキハ  $n$  の値ハ割合ニ小ナリ又「ボアソン」比ハ0.18乃至0.21平均0.17ニシテ豎筋ノ量大ナル程其比

第一百四十二表

番 號	豎筋断面ノ混凝土 ニ對スル百分率 (%)	偏倚荷重ヲ受クル柱ノ $n$ 及「ボアソン」比		
		$\frac{P}{A} = 2000 \text{ kg/cm}^2$ / $\text{cm}^2$ 時ノ彈性係数	$\frac{E_s}{E_c} = n$	「ボアソン」比
V	1.9	5800000	5.6	0.20
VI	"	"	"	0.18
VII	3.6	6200000	5.7	0.21
VIII	3.5	5800000	6.1	0.16
IX	5.8	6100000	6.4	"
X	5.6	6200000	"	0.19
XI	5.7	5700000	7.1	0.14
XII	5.6	5200000	8.0	0.13

小ナルヲ見ル可シ。

#### 第五節 柱ノ算式ニ對スル評論

鐵筋混凝土ニ關シ一般ニ使用セラル、 $P = \sigma_0(A_0 + 15A_s)$  ナル公式ハ之ヲ一種ノ實驗公式(Empirical formula)ト見做シテ差支ナシ如何トナレハ荷重ノ實用的值若クハ破壊的值ノ如何ニ拘ハラズ何レモ  $\frac{E_s}{E_c} = n = 15$  ト見做スノ不合理ナルベケレバナリ去レド此式ニ據リテ算定セル破壊應力ハ可許的範圍内ニ於テ實驗ノ結果ト對照シ著シキ懸隔アルヲ認メズ而シテ材齡28日ノ硬化後ニ於ケル混凝土ノ應壓力度  $\sigma_0$  180 乃至  $200 \text{ kg/cm}^2$  ( $2560$  乃至  $2844 \text{ kg/in}^2$ ) トシ鋼材ノ應張力度  $\sigma_s$  3800 乃至  $4000 \text{ kg/cm}^2$  ( $54036$  乃至  $56880 \text{ kg/in}^2$ ) ト假定セバ直接壓縮ノミヲ受クル柱ニ對スル混凝土ノ許容應力度  $\sigma_c$   $35 \text{ kg/cm}^2$  ( $498 \text{ kg/in}^2$ )、鋼材ニ對スル許容應力度  $\sigma_s$   $1000 \text{ kg/cm}^2$  ( $14220 \text{ kg/in}^2$ ) 以上ニ超過セシム可ラズ但シ各材極強ノ程度ニ應ジテ許容應力度ヲ對應的ニ加減シ得可キハ勿論ナリトス。

上記ノ一般公式ハ補強鐵筋ノ量 2% ヨリ大ナル場合ニハ其結果ニ差違ヲ生ズルコト數多實驗ノ證明スル處ナリ但シ「ウティ氏」ハ其實驗ノ結果螺旋筋ヲ有スル柱ニアリテハ豎筋ノ量 2% ヲ超過スルモ猶ホ上式ヲ適用シテ差支ナカル可シトセリ。

柱ノ應壓力度ハ立方供試體ノ應壓力度ニ比シテ著シク小ナルコト亦數多實驗ノ證明スル處ナリ而シテ彎曲ヲ受クル桁ノ強度ハ立方供試體ノ強度ヨリモ大ナルガ故=(第一章第十二節參照)柱ニ對スル許容力度ハ之ヲ彎曲ヲ受クル桁ノ強度ニ比シテ更ニ低下セシムルノ必要アリ。

柱ニ使用スル鋼材ハ少クトモ混疑土斷面ノ 0.8% 以下ナル可ラズ更ニ壓力ヲ受クル鐵筋ハ凡テ柱ノ幅ヨリ多カラザル距離ニ於テ横筋ニテ相互之ヲ連結セシムルヲ要ス。

柱ハ少クトモ次ノ寸法ヲ有スル間ハ彎折ヲ受ケザルモノトシテ之ヲ取扱フコトヲ得可シ

混疑土ノ許容應力度 圓柱ノ最小徑ガ 矩形柱ノ最小幅ガ  
柱長ニ對スル比 柱長ニ對スル比

$30 \text{ kg/cm}^2 (427 \text{ ft}^2)$	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{21}$
35 " (498 " )	$\frac{1}{17}$	$\frac{1}{20}$
40 " (569 " )	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{19}$
45 " (640 " )	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{18}$

彎折ヲ受クル柱ノ實驗ハ未タ不充分ナルヲ以テ柱ノ最小徑ト長さトノ比ハ以上ノ値ヲ超過セザル程度ニ於テ施工スルヲ安全ナリトス。

偏倚荷重ヲ受クル柱ニアリテハ  $\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{P \cdot e}{W}$  ナル一般公式ハ其儘之ヲ應用スルモ實驗ノ結果ト遠カルコトナキガ如シ更ニ其彎曲ニ對スル許容應壓力度ハ桁ニ對スルモノト同様之ヲ仕様スルモ差支ナシ。

柱ノ寸法  $\frac{l}{b} > 18$  ナル場合ニハ長柱トシテ計算スルヲ要ス但シ螺旋筋ヲ有スルモノニアリテハ  $\frac{l}{b} = 10$  以上トナレバ彎折ノ影響ヲ考フルノ必要アルモノ、如シ長柱トシテ計算スル場合ニ一般ニ「オイラー式」ハ不適當ナルガ如ク「ランキン式」若クハ直線式ヲ使用スルヲ可トス但シ其公式中ニ含メル係數ハ更ニ多クノ實驗ニ依リテ之ヲ變更スルノ必要アル可シ。

橫筋ノ間隔及最良配置ハ實驗ノ結果未タ之ヲ斷定シ得ルノ域ニ達セズ普通ノ實施距離  $e = b$  ハ柱ノ破壞強度ヲ減少セザル程度ニ於テ猶少シク之ヲ增加スルモ差支ナキガ如シ但シ  $e = \frac{b}{2}$  ノ如キ少距離ニアリテハ其堪荷力ヲ增進セシムルノ事實ハ殆ンド疑ヲ容レズ 螺旋筋ヲ有スル柱ニアリテハ實際ノ結果ヲ參照セバ 豊筋:螺旋筋 :: 1:1 乃至 1:3, 螺旋ノ「ピッヂ」ハ其直徑ノ  $\frac{1}{5}$  乃至  $\frac{1}{9}$  ノ範圍内ニ置クヲ適當ナリト認ム。

柱ノ破壞狀態ヲ見ルニ純混疑土柱ハ突然其破壞現象ヲ呈スルモ鐵筋混疑土柱ニアリテハ必ズ其前兆ヲ示スモノトス此事實ハ實際適用ノ場合ニ於テ極メテ重要ナル事項ノ一タルヲ失ハズ

#### 第六節 各國發布ノ柱ニ關スル規定摘要

千九百七年普國發布ノ規定ニ據レバ柱ノ長サ其最小幅ノ 18 倍ヲ超過スルトキハ彎折ヲ受クルモノトシテ計算シ橫筋ノ距離ハ略ボ柱ノ最小幅ト等シクス可ク更ニ豎筋直徑ノ 30 倍以上ナル可

ラズトシ彎折ヲ受クル柱ニアリテハ「オイラー」式ニ據ル可ク柱ニ對スル混疑土ノ許容應力度ハ混疑土極應力度ノ $\frac{1}{10}$ タル可ク彎折ニ對スル鋼材ノ安全率ハ5ヲ使用スペシトセリ更ニ千九百九年縦筋若クハ螺旋筋ヲ有スル柱ノ強度ニ關スル規定ヲ添和シ第五編第十章(678)式ヲ使用スペキヲ薦告セリ。

千九百六年佛國發布ノ規定ニ據レバ鐵筋混疑土構造物ニシテ壓縮ヲ受クルモノニアリテハ同質純混疑土ノ硬化90日後ニ於ケル破壞荷重ノ28%ヲ超過スペカラズトシ若シ混疑土ガ螺旋筋ヲ有スルカ横筋若クハ傾斜筋ヲ有シ其長サニ沿フテ働く壓縮ノ爲メ多少ナリトモ混疑土ノ横壓變形ニ抵抗シ得ル裝置ヲ有スル場合ニハ其横筋ノ量及對抗ノ程度ヲ考ヘ前記應力度ヲ多少昇進セシムルコトヲ得去レド如何ナル場合ニアリテモ純混疑土破壞應力度ノ60%ヲ超過スルコト勿ル可シ更ニ彎折ヲ考ヘザル場合即チ高サニ對スル最小幅ノ割合20以下ニシテ縦筋若クハ螺旋鐵筋ヲ有スル場合ニ關シテハ普通短柱ノ公式ニテ得タル值ヲ更ニ $(1+n \cdot \frac{V'}{P})$ 倍ス可キコトヲ規定セリ其詳細ハ第五編第十章第三節ニ詳カナリ。

彎折ヲ受クル程度ノ柱ニアリテハ

$$\sigma_c = \frac{P}{A} \left( 1 + \frac{k l^2}{10000 r^2} \right) \quad (814)$$

ナル算式ヲ使用ス可シ $P$ ハ軸壓ノ總量,  $l$ ハ柱ノ長サ,  $r$ ハ環動半徑,  $\sigma_c$ ハ上記許容應力度,  $k$ ハ柱ノ終端緊定ノ狀態ニ伴フ係數ニシテ

1) 一端緊定他端持放ノトキ  $k = 4$

2) 兩端樞軸ノトキ  $k = 1$

3) 一端緊定他端樞軸ノトキ  $k = \frac{1}{2}$

4) 兩端緊定ノトキ  $k = \frac{1}{4}$

更ニ3)ノ場合ノ緊定不完全ナルトキハ $k$ ハ $\frac{1}{2}$ 及1ノ平均, 4)ノ場合兩端ノ内何レカーツ緊定不完全ナルトキハ $k$ ハ $\frac{1}{4}$ 及 $\frac{1}{2}$ ノ平均, 兩端トモ不完全緊定ナルトキハ $\frac{1}{4}$ 及1ノ平均值ヲ取ル可シトセリ。

若シ柱ノ長サ非常ニ大ナルトキハ(814)式中括弧内ニ於ケル1ナル數字ハ之ヲ無視スルコトヲ得即チ

$$\sigma_c = \frac{P}{A} \cdot \frac{k l^2}{10000 r^2} \text{ 或ハ } P < \frac{10000 A \cdot r^2}{k \cdot l^2} \cdot \sigma_c \quad (815)$$

若シ軸壓 $P$ ノ外更ニ彎曲力率ヲ受クル場合ニハ(814)式中1ナル數字ヲ無視スルコト能ハザルノミナラズ彎曲力率ニ依リテ生ズル纖維應力ヲモ顧慮セザル可ラズトセリ(814)式ハ之ヲ次ノ如ク變更セザル可ラズトセリ。

$$\sigma_c = \frac{P}{A} \cdot \left( 1 + \frac{k l^2}{10000 r^2} \right) + \frac{M \cdot y}{I} \quad (816)$$

$y$ ハ中軸線ヨリ最遠纖維層ニ至ル距離ヲ示スモノナリ。

千九百年瑞西國發布ノ規定ニ據レバ中心若クハ偏倚壓力ヲ受クル構材ノ應力ハ最モ危險ナル可キ外力ト其彎曲力率トニ對シ次ノ如ク假定スペシトセリ

混疑土及鐵筋ハ彈性的材料トシテ取扱ヒ混疑土ノ應張力ヲ考フル場合ニハ $10kg/cm^2$ ヲ超過セザル範圍ニ於テ之ヲ負擔セシムルモ可ナリ豎筋ノ斷面ハ之ヲ10倍シタル換算混疑土斷面ト見做

ス可シ偏倚荷重ヲ受クルモノニアリテハ其應張側ノ鐵筋ハ混  
凝土ニ賴ルコトナク單獨其張力ニ抵抗シ得可キ様設計セザル可ラ  
ズ柱及應壓材ハ少クトモ鐵筋ノ量混凝土ノ0,6%以上ヲ有スルニ  
アラザレバ之ヲ鐵筋混凝土構造ト見做ス可ラズ縊筋若クハ螺旋  
筋ヲ用ヒ其「ピッチ」多クトモ其螺旋圓徑ノ $\frac{1}{5}$ ヲ超過セザルトキハ  
其同量ヲ豎筋トシテ使用シタル斷面ニ換算シ豎筋ニ對スル2,4  
倍ノ應壓力ヲ受ケ得可キモノト算定ス可シ以上換算ノ總假想斷  
面ハ螺旋筋ヲ有スルモノニアリテハ2倍然ラザルモノニアリテ  
ハ1,5倍ヲ超過ス可ラズ豎筋ヲ有スル應壓材ニアリテハ其相互  
連結ノ横筋間隔ハ最小豎筋直徑ノ20倍若クハ柱ノ最小側ヨリモ  
大ナル可ラズ。

中心荷重ヲ受クル混泥土ノ許容應壓力度ハ  $35 \text{ kg/cm}^2$  トシ偏倚  
荷重ヲ受クルモノニアリテハ

應壓側ノ中軸線上ニテ	$35 \text{ kg/cm}^2$ ,
應壓側ノ最遠纖維層ニテ	$45 \text{ kg/cm}^2$ ,
應張側ノ最遠纖維層ニテ	$10 \text{ kg/cm}^2$ ,
鐵筋ノ許容力度	$1200 \text{ kg/cm}^2$

タル可シ若シ柱ノ全長ガ其最小幅ニ對スル比20ヲ超過セザルト  
キハ彎折ノ危險ナキモノト見做シ20ヲ超過シタルトキノ許容應  
壓力量六

ヲ適用ス可シトセリ。

一千九百十一年澳國發布ノ規定ニ據レバ柱ノ長サルト環動半徑

トノ比  $\frac{L}{r} = 60$  ヲ超過シタルトキハ彎折作用ヲ受クルモノト  
考フ可シ鐵筋ノ量ガ混擬土斷面ニ於ケル比 0.8% 以下ナルトキハ  
之ヲ鐵筋混擬土柱ト見做サズ更ニ 2% 以上ナルトキハ其餘剩ハ  
堪壓力度ヲ減定ス可シ但シ拱ノ場合ニアリテハ 0.4% ヲ以テ最  
小限度トス螺旋筋ヲ有スル應壓材ニシテ中心荷重ヲ受クルモノ  
ハ其受壓假想斷面ヲ

ト假定ス可シ但シ  $A_c$  ハ混疑土全體ノ斷面積,  $A_s$  ハ堅筋ノ斷面積,  
 $A'_s$  ハ螺旋筋ヲ同重量ノ堅筋ニ換算シタル斷面積ヲ示スモノトス  
 若シ上式ニテ算出ノ  $A_c$  ノ値  $1.5(A_c + 15A_s)$  若クハ  $2.0A_c$  ヨリモ大  
 ナルトキハ後者ニツノ内何レカ小アル方ヲ以テ  $A_c$  ノ限度トス更  
 ニ偏倚荷重ヲ受クル場合ニハ彎曲力率ニ依リテ生スル應力ヲ螺  
 旋筋ニ負擔セシム可ラズ螺旋ノ「ビチ」ハ多クトモ其最小徑ノ  $\frac{1}{5}$  タ  
 ル可シ繩筋若クハ之ニ類似スル横筋ヲ有スルモノ亦之ニ準ズ。

材料ノ許容應力度ハ次ノ標準ニ據ル可シ。

混 凝 土 ノ 配 合 比	彎曲若リハ偏倚荷重ヲ受クル場合		中心荷重ヲ受クル場合
	應 壓 力 度 (kg/cm <sup>2</sup> )	膨 脹 力 度 (kg/cm <sup>2</sup> )	
混 凝 土 1m <sup>3</sup> =對スル「ポートラン」セメント	470kg.	42	25
"	"	350kg.	37
"	"	280kg.	32

應張及應壓力度 鐵鐵  $900 kg/cm^2$ , 軟鋼  $1000 kg/cm^2$ .

比 60 % 超過スルトキハ其許容力度ハ a) 中心荷重ヲ受クル  
場合ニハ上記  $B$  ノ應壓力度ニ更ニ  $\alpha = \left(1.72 - 0.012 \frac{L}{r}\right)$  ナル減定係

數ヲ乘ズ可ク b) 偏倚荷重ヲ受クル場合ニハ 同様  $A$  ノ値 =  $\frac{1-a}{a}$   
ヲ乘ズ可シ。