

准員工學士(土木)阪本助太郎君
准員工學士(土木)眞田秀吉君
准員工學士(土木)熊谷直道君
准員工學士(土木)島重治君
准員工學士(電氣)木村駒吉君

紹介人 沖野忠雄君 紹介人 岡胤信君

○左ノ諸君ハ規則第三條及第四十二條ニ依リ退會セラレシニ付其氏名ヲ准會員名簿ヨリ削除セリ

准員 金子常二郎君	准員 馬場豊藏君	准員 桑原俊太君
准員 吉浦藤太郎君	准員 岩崎清春君	准員 村下龜四郎君
准員 毛利千代次君	准員 中嶋與曾八君	

論說及報告

工學博士 廣井 勇君

鐵筋混凝土橋梁

鐵筋混凝土 (Le béton armé; The reinforced Concrete) ハ創始尙ホ遠カラスト雖モ歐米ニアリテハ今ヤ業ニ普通ノ構造ニ屬シ各種工事ニシテ其應用ヲ見サルナキニ至レリ我國ノ如キ鐵材ニ乏シク而モせめんとノ製出國內ノ需用ニ超過スルノ今日ニアリテ工費ノ節約ト施設ノ耐久ヲ并得セシムルモノ蓋シ鐵筋混凝土ニ如クモノナルカルヘシ

左ノ一編ハ專ラ橋梁ノ築造ニ關シ記者カ曾テ工科大學ニ於テ講述セルモノノ要領ニ過キスト雖凡我國ニ於テ此種構造ノ普及ニ一助タランコヲ希望シ爰ニ記掲セルモノナリ
抑モ鐵筋混泥土ハ今ヨリ三十五年前佛國人もにゑ一ノ創作ニ係ハリ爾來幾多ノ進化發達ヲナシ家屋、床梁、橋梁水管、擁壁其他各種土木工事ニ應用セラル、ニ至レリ而シテ其原則タル混凝土ノ鐵材面ニ於ケル附着力ヲ利用シ混泥土ノ抗壓強度ヲ採リ其弱性タル抗張強度ヲ補フニ鍊鐵若クハ鋼鐵ヲ以テシ同時ニ混泥土ヲシテ鐵材ノ腐蝕ヲ豫防スルニアリ
橋梁及床梁ニ關シ鐵筋混泥土構造ヲ大別シテ桁及拱ノ二種トス

桁

桁ハ更ニ此ヲ區別シテ平桁及肋桁ノ二種トス

平 桁 平桁ノ最モ簡單ナルモノハ其元祖もにゑ一式ニシテ第一葉第一圖ニ示ス如ク桁ノ下面ニ接近シテ縱ニ五乃至十粳^{ヤシナ}ノ離間ニ數條ノ鐵若クハ鋼線ヲ並置シ更ニ横ニ小徑ノ線(徑三乃至六粧^{ヤシナ})ヲ配置シ其交叉點ヲ徑一粧内外ノ鐵線ヲ以テ締結シ網狀ヲ成シ全体ヲ混凝土ノ中ニ埋設スルモノトス乃チ第一圖(イ)ハ桁ノ縱斷面(ロ)ハ橫斷面タリ縱線ハ直接桁ノ要部ヲ成シ横線ハ單ニ集荷ノ配布及ヒ横繩ニ宛ツルモノトス

床梁ニアリテハ縱横ニ全徑ノ線ヲ用ヒ以テ四邊支承ノ構造ヲ施スコトアリ又タ第一圖(ハ)(ニ)ニ示ス如ク連續桁ヲ構成スルコトアリ何レモ上線ニ接近シテ線ヲ配置シ以テ局部ニ於ケル張裂力ニ對抗セシムルモノトス

異種平桁 前記もに述べ式ニ於ケル線ニ代フルニ工形鐵ヲ用フルモノヲばるであつぶ式ト
稱シ上形鐵ヲ用ユルモノヲざむ一式十形鐵ヲばんむ式ト稱ス何レモ横線ニ相當スルモノ
ヲ省クト同時ニ混疑土ノ附着面積ヲ縦線ニ増加スルヲ目的トナセリ

第二圖ハひやつと式ト稱シ角鐵ヲ用ヒ横線ヲシテ之ヲ貫通セシム第三圖ハらんそむ式ニシ
テ角形ノ扭鐵ヲ用ヒ以テ混疑土固着ノ度ヲ増進セシムルモノナリ

第四圖ハ普通主桁ノ間ニ煉瓦ヲ以テ架拱セル床梁ニ代フルニ簡單ニシテ且ツ耐火ノ目的ヲ
達セシムル構造ニシテ廣ク築造セルモノナリ

第五圖ハ擴鐵ト稱シ米國人ゴーる、ちんぐノ創作ニ據リ鐵鋸ヲ切擴ケ網狀ヲナセルコト全(ロ)

圖ニ示ス如キモノヲ用ユル構造ニシテ晚近廣ク各種ノ鐵筋構造ニ應用セルモノナリ

第六圖ハまつれ一式ト稱シ平面(ロ)ニ見ル如ク線ヲ縦横ニ張リ混疑土ヲ以テ之ヲ掩フモノト
ス乃チ線ハ吊橋ノ如キ作用ヲ成シ混疑土ハ集荷ヲ配布スルノ外構造ノ要部ヲ成サス

第七圖ハこたんしん式ニシテ線ヲ編テ網狀ヲ成シ以テ鐵筋トナスモノナリ

第八圖ハあぬびく式ト稱シ之ヲ採用スルモノ頗ル多シ其特色トナセルハ徑一乃至四種ノ
圓鐵ヲ用ヒ之ニU形ノ平鐵ハ圖ヲ掛け混疑土ノ中ニ埋設スルモノトス其趣意タルはう式結
構ニ擬スルモノナリじ鐵ハ巾三内徑六種厚二乃至四耗ニシテ桁ノ兩端ニ向ヒ漸次其離間ヲ
減少スルモノトス圖中點線ヲ以テ示セル鐵桿ハもにゑー式ニ於ケル上端ノ線ニ相當スルモノ
ニシテ直桿ト交番ニ並置スルコト斷面圖ニ見ル如シ

平桁ハ總テ徑間比較的小ナル場合ニ限リ之ヲ用ユルモノトス乃チもにゑー式ニアリテハ二

米乃至二五メートル最大徑間トシあぬびく式ニアリテモ亦タ五メートル超過スルコト極メテ稀ナリ

第九圖ハ橋梁床構ノ實例ニシテ自重ノ外一方米ニ四百斤ノ荷重ヲ支フルセノトス

平桁ノ厚サハ自然徑間ニ依リ増減スルモノニシテ之ヲ實例ニ徵スルニもにゑ一式ニアリテハ通常四種乃至十種ノ間ニアリ此場合ニアリテ線徑ハ五乃至十粍ニシテ五乃至十種ノ間ニ之ヲ並置ス線緣及混擬土外面ノ最少離隔ハ一粍トス

あぬびく式ハもにゑ一式ニ比シ徑間稍大ナルモノニ用ヒ其厚ハ通常八粍乃至十六粍トス要スルニ平桁ノ應用ハ専ラ家屋ノ床梁ニアリテ間々溝渠ノ蓋石ニ用ユルコトアリト雖モ橋梁ニ應用スルヲ極メテ稀ナリ

肋桁 肋桁モ亦タ其種類一ニシテ足ラズ第十圖ハもにゑ一式肋桁ニシテ縱線ハ肋ノ下端ニアリテ横線ハ其上端ニ接近シテ之ヲ並置スルモノトス

あぬびく式ニアリテハ平桁ニ於ケル如キ鐵桿ノ配置ヲ縱橫ニ施シ肋ニハ稍大徑ノ桿ヲ使用スルヲ第十一圖ニ見ル如シ

其他第十二、十三、十四、十五、十六、十七ノ諸圖ニ示スモノハ各附記セル名稱ヲ有シ其構造ハ別ニ説明ヲ俟タスシテ明瞭ナルベシ第十七圖ニ於テ桁端ニ接シ中間ニ配置セル短桿ハ剪斷力ニ對抗セシムルノ目的ニ外ナラズ

肋桁ハ平桁ニ比シ自然徑間ノ大ナル場合ニ適シ肋桁橋梁ニシテ現ニ徑間十五米ニ達スルモノアリ第十八圖ニ示スモノハ徑間四、二五メートル鐵道橋ニシテろうざーん、じゅねーぶ間にアリ

其構造ハ前記あぬびっく式ニ屬セリ第三葉第一圖ハ英國はるニ於テ築造セル公道橋ニシテ
あぬびっく式ノ肋桁ヨリ成レリ混擬土ハ一二四ノ配合ニ據リ築造後一ヶ月ヲ經テ開通セシ
メタリ

拱

拱ニもにゑー、あぬびっく、めらんノ三種アリ

第十九圖ハもにゑー式ノ拱ニシテ線ヲ用ユルコト桁ニ於ケル如シ而シテ徑間及配荷ノ如何
ニヨリ(イ)(ロ)(ハ)ノ各種ヲ呈シ通常比較的小徑(五米以内)ノ拱ニ用ユルモノトス

第二十圖ハあぬびっく式ニシテもにゑー式ニ比シ稍大ナル徑間ニ適シ橋梁ニ用ユルモノ尠
ナカラス鐵筋ノ配置ハ桁ニ於ケル同式ノモノニ異ナルコトナシ

第二十一圖ハめらん式ノ拱ニシテ其鐵筋ニハ結構若クハ展鐵桁ヲ用ヒ構造ノ強格ニ加フル
ニ施工ノ便ヲ以テス大形ノ橋梁ニ應用スルモノ蓋シ此種ノ拱ヲ以テ最モ多シトス

拱モ桁ノ如ク其構造ニ於テ亦タ平肋ノ二種アリ

左ニ前記各種拱ノ實例ヲ擧ケテ其構造ノ其要點ヲ摘記スヘシ

第二十二圖ハもにゑー式ノ埋脚拱ニシテ線網ヲ腹面ニ接近シテ布設シ拱腰ニ至リテ背面ニ
モ之ヲ及ホシ以テ兩面ニ於ケル裂張力ニ具フルモノトス縱横線ノ配置及繩結ハ桁ニ於ケル
場合ト異ナルコトナシ

もにゑー拱ニ關シテ往年澳國ニ於テ徑間二十三米ノ拱ヲ以テ最モ精確ナル實驗ヲ施セシコ

トアリ其結果、Bericht des Gewölbe-Ausschussesナル一冊ニ詳ナリ

第二葉ノ諸圖ハ佛國びやた川ニ架セル公道橋ニシテあぬびく式ニ屬スルモノナリ該橋ハ徑間五十米ニ亘リ一方米ニ四百噸ノ動荷及每軸十一噸ノ荷車ヲ支フルノ計算ニ基キ築造セルモノニシテ且ツ其橋脚ニ至ル迄盡ク鐵筋ノ構造ヲ施セル等未タ他ニ其例ヲ見ス該拱ハ四條ノ肋ヨリナリ其間一三米余ニ架スルニ同式ノ平桁ヲ以テシ拱側ニハ専ラ重量ヲ減スルノ目的ヲ以テ全然開構ヲ用ヒ柱徑僅カニ二十糢ニ過キス而カモ盡ク鐵筋ノ構造ヲ成セリ床梁ニハ徑間二米ノ肋桁ヲ以テ構格ヲ造リ四邊支承ノ平桁ヲ架設セリ

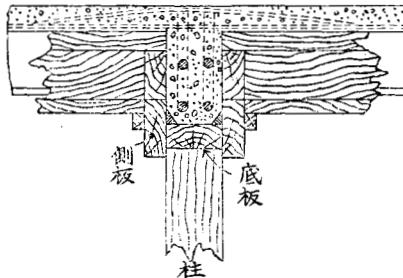
橋脚モ亦タ拱毎ニ肋壁ヲ設ケ外壁ニ接續スルノ外ハ全ク中空ノ構造タリ鐵筋ノ配置其他施設ノ細目ハ圖上自ラ明瞭ナルヘシ

第三葉二圖ハ米國華盛頓府ニ於テ建造セルモノニシテめらん式ニ屬セリ鐵筋ニハ十個ノ結構ヲ用ヒ各結構ハ四個ノ七十六耗山形鐵ヲ以テ之ヲ造リ構ノ高サ拱腰ニ於テ六十糢拱頂ニ至リ三十五糢ニ減ス混凝土ノ配合ハ一二四(積量)ニシテ碎石ヲ用ヒ其大サ六糢ヲ最大トナセリ拱側ハ混凝土ノ伸縮ニヨリ龜裂ノ生セントヲ虞レ二ヶ所ニ於テ之ヲ切斷シ更ニ(ハ)圖ニ示ス如ク鐵粹ヲ埋設シテ其中部ヲ堅牢ニセリ

施工方法

用材ノ質ハ總テ普通工事ニ要スルモノニ異ナルコトナシト雖瓦せめんとハ特ニ最モ緩結性ノモノヲ用ヒ以テ數時間ニ亘ル作工中凝結ノ虞ナカラシムルヲ可トス砂利若クハ碎石ハ比

圖

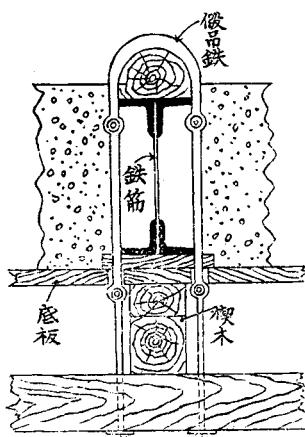


甲

重多大ナラスシテ成ル可ク硬質ナルモノヲ採リ粒ノ徑二、五乃至三種ヲ最大トスヘン
砂及砂利碎石ハ清淨ニシテ鐵ノ腐蝕ヲ生スベキ酸類ノ附隨セアルモノタルヘシ
混凝土ノ配合ハ普通せめんと一砂二砂利若クハ碎石四積量トシ比較的粗弱ナルヲ以テ足レ
ルモノハせめんと一砂三、五砂利五ヲ用ヒ又薄層若クハ局部ニシテ填充ノ困難ナル場合ニハ
せめんと一砂三ノ膠泥ヲ用ユルモ可ナリ
混凝土ノ混合ハ機力ヲ以テスルニ如カスト雖瓦亦タ單ニ人力ニ依ラサルヲ得サル場合尠ナ
カラサルヘシ

混凝土ノ混合ハ所謂硬煉法ニヨリ模型ニ填充スルニ當リ成ル可ク搗固ヲ施シ以テ高度ノ凝
結力ニ達セシムヘシ若シ局部ニシテ搗固ノ困難ナルモノア
ルトキハ稍水量ヲ増加シ以テ専ラ充實ノ完全ヲ期スヘシ
模型ハ構造ノ強格ト取除キノ便ヲ兼子シメ板材ノ接合ヲ水
密ニシ内面ニハ精削ヲ施コシ使用ニ際シテハ之ニ石鹼若シ
クハ礦油ヲ塗リ以テ混凝土ノ附着ヲ豫防スヘシ甲圖ハ肋桁
ノ模型ニシテ第三葉二圖ノ(ニ)(ホ)ハ拱ノ一例タリめらん拱ニ
アリテハ鐵筋ヲ利用シテ模型ヲ吊リ以テ支構ヲ省クコトア
リ乃チ乙圖ニ示ス如シ然レトモ鐵筋ハ此カ爲メ多少變形ヲ
免レサルノ不利アルニヨリ廣ク實施スルニ至ラス
混凝土ノ填充ハ層々之ヲ施スヘシ一層ノ厚サハ自然搗固ノ

圖乙



難易ニヨリ之ヲ異ニスヘシ乃チ桁若シクハ拱ニシテ搗固ノ爲メ震動ニヨリ被害ノ虞アルモノハ層ヲ薄クシ小形ノ器具ヲ以テ搗固メサル可ラスト雖凡拱脚若クハ大形ノ桁構ニシテ充分ノ搗固ヲ施スコトヲ得ルモノハ層厚ヲ倍スルコトヲ得ヘシ例ヘハ肋桁ニアリテハ肋ハ厚五釐ノ層々ニ搗固メ其間梁ハ二釐厚ノ層ニ仕上クルモノトスト雖凡拱脚ノ如キニアリテハ厚十二釐ヲ超過セシムルアリ

混疑土ハ一層ノ成ルコトニ其表面ヲ搔キ粗ケ以テ層々ノ固着ヲ完全ナラシムヘシ一個ノ混疑土体ヲ製作スルニハ決シテ作業ヲ中止スヘカラス

一個ノ混疑土体ニシテ數時間作業ヲ終結スル能ハサルモノハ豫メ之ヲ適當ニ分チ每區ノ接合ヲ期スヘカラス乃チ拱ノ如キハ之ヲ縱ニ數條ニ分チ一條ノ拱ハ一回ニ之ヲ完成シ床梁ノ如キモ亦タ適宜ノ間格ニ之ヲ分チ同時ニ寒暖ノ伸縮ニ供スヘキ離隙ヲ其間ニ存スヘシ

混疑土ノ搗固ニ要スル器具ハ普通面七種角乃至十六種角ニ至スルモノトスヘシ
ス局部ノ狹隘ニシテ其使用ニ適セル場合ニハ更ニ小形ノ蛸若クハ鐵桿ヲ用ユルモノトス又タ薄層ニハ大鍤ヲ用ユルモノ可ナリ

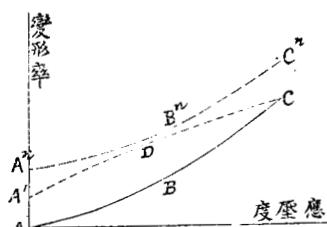
混疑土ハ填充後急速ノ乾燥ヲ豫防スヘシ其他普通混疑土工事ニ要スル總テノ注意ヲ怠ル可ラス

摸型ノ取除ハ之ヲ最モ徐々ニスルニ如カスト雖モ多用ノ目的ヲ以テ側部ハ通常填充後三日以上ヲ經テ之ヲ取除キ底部及支材ハ混凝土ノ凝結力其重量ヲ支フルニ充分ナルヲ待テ之ヲ撤スルモノトス其期間ハ専ラ期節ニヨリ差アリト雖モ通常一ヶ月乃至二ヶ月トス

強度ノ計算

鐵筋混凝土ノ强度ノ計算ヲ試ムルニ先チ混凝土ノ性ニ關シ一言セサル可ラス

壓縮及抗壓 混凝土ノ抗壓强度ハ其配合及供試材ノ質及大小等ニヨリ著シキ差アリト雖凡通當工事ニ用ル配合一二四内外ニシテ凡ソ三ヶ月ヲ經タルモノハ普通ノ試驗方法ニヨルトキハ一方梗ニ對シ百二十乃至三百延ニシテ低度ノ平均ヲ百五十延トス本邦製ノせめんとハ前記ノ强度ニ達セサルモノ多ク低度ノ平均凡ソ百二十延ニ過キサルモノ、如シ混凝土ノ壓力ニ對スル彈性ニ關シテ由來實驗ニ乏シカラス就中米國うをうたーたうんニ於テ施セシモノ及ヒばゝふ氏ノ實驗(Zeitschrift d. Vereines Deutscher Ingenieure 1895-1896)ノ如キハ殊ニ精緻ヲ極メタリ混凝土ノ彈性力率ハ鐵材ノ如ク一定セルモノニ非スシテ應壓度ノ多少ニヨリ差アリ乃チ應壓度ノ低キトキハ彈性力率高ク前者ノ加フルニ隨ヒ漸次後者ヲ減退セシムルモノトス左ノ圖表ハ略實驗ノ結果ヲ示スモノニシテ橫線ハ應壓度堅線ハ變形率トス今試驗標本ニ漸次壓力ヲ荷シ其變形ヲ觀測スルトキハ應壓度及變形率ノ關係ハABCノ曲線(彈性力率一定セルトキハ直線)ヲ呈シ其ヨリ壓力ヲ減スルトキハ舊線ニヨラス亦タ舊點ニモ復セスCDA'ノ新線ヲ呈シAA'ノ覆水變形ヲ生ス



以上ノ實驗ヲ數回反覆スルトキハ覆水變形ハ $A A'$ ニ止リ應力度及變形率ノ關係ハ一定ノ曲線 $A B C$ 及 $A' B' C'$ ツ呈シ得ルニ至ルモノトス。ばづ氏ノ實驗ニ據レハ C ニ對スル應力度ハ破壊應力度ノ凡ソ三分ノ一ニ當レリ又タ全實驗ニヨレハ普通工事ニ於ケル原料及配合ノ混擬土ニシテ應力度三十乃至二十軒ナルトキハ彈性力率ハ一方纏ニ對シ一八〇、〇〇〇乃至二五〇、〇〇〇軒ノ範圍ニアリ左レハ普通ノ實用應力度ニシテ此ノ範圍ヲ出サルトキハ左ノ比アリトス。

$$\frac{E_m}{E_c} = 8 - \frac{11}{\sigma}$$

E_m ハ鐵材ノ彈性力率ニシテ二、〇〇〇、〇〇〇軒トス
 E_c ハ混擬土ノ彈性力率ニシテ前顯ノ如シ

抗張強度 單純ナル混擬土ノ抗張強度ハ極メテ微弱ニシテ通常抗壓強度ノ十分ノ一二過キス且ツ其彈性力率ハ應壓ニ於ケル如シトナセトモ尙ホ不明ニ屬セルモノアリ故ニ構造ノ強弱ヲ計算スルニ當リテハ抗張強度ハ全ク之ヲ無視スルヲ當トス然レバ鐵筋ヲ有スル混擬土ノ柄ニ限り其抗張強力ヲ算入スルコトアリ他ナシ左ノ實驗ノ結果ニ基クモノナリ今單純ナル混擬土ノ柄ニ載荷シ緣維(Extreme fibre)ノ伸張凡ソ一万分ノ一ニ達セシムルトキ忽チ破壊ヲ來スヘシト雖モ之ニ相當ノ鐵筋ヲ裝置スルトキハ緣維ノ伸張殆ント一千分ノ一ニ達スルニ非ラサレハ混擬土ニ龜裂ヲ生セス而シテ此事實ニ對スル該實驗者こんしでーる氏(Memoires de L'Academie des Sciences 1898)ノ説明ハ鐵筋ニヨリ局部ノ伸張ヲ全長ニ配布セシムル

ニアリトスト雖モ未タ判然タラス要スルニ本實驗ノ結果ハ此種桁ノ強度ニハ混疑土ノ破壊
應力度ヲ限リトシテ抗張力ニ算入スルヲ得ヘシトナスモノナリ

剪斷強度 混疑土ノ剪斷強度ニ關シテハ實驗未タ完カラスト雖モ^ヨ一氏ノ說ニヨ
レハ抗壓強度ノ六分ノ一乃至五分ノ一ナリトス

附着強度 混疑土ノ鐵材面ニ於ケル附着力ハばうしんが一氏ノ實驗ニ據レハ一方粳ニ
對シ二十乃至四十八軒ナリトス

固有應力 せめんニハ凝結スルニ當リ多少ノ變形ヲ免レサルモノニシテ之ヲ水中ニ於
テスルトキハ膨脹シ空中ニ於テ凝結セシムルトキハ收縮シ其度ハ純せめんニニアリテ最モ
甚シク砂ヲ混スルニ隨ヒ之ヲ減少スルト雖モ總テ混疑土ハ初メ多少ノ變形ヲ免カレサルハ
爭フヘカラサル事實ニシテ自然鐵筋ノ存スル爲メ相互ニ固有應力ヲ生スルモノトス然レモ
其度ヲ確知スルヲ能ハサルヲ以テ未タ強弱ノ計算ニ酌量スルニ至ラス

實用應力度 混疑土ニ於ケル實用應力度ハ低均破壞應力度ノ通常六分ノ一トス乃チ
本邦製せめんニ用ヒ一二四ノ配合ヲ以テ造クレルモノハ抗壓ハ一方粳ニ對シ二十軒以上
ヲ超過セシムルコト能ハサルヘシ抗張ニ至リテハ之ヲ無視スルニ非サルヨリハ僅カニ二
軒内外トス但シ桁ニアリテハ高度ノ應力ハ一局部ニ限レルニ由リ以上ノ應力度ニ凡ソ二割
ヲ增加スルコトヲ得ヘシ殊ニ抗張ニ對シテハ前顯實驗ノ結果ニ基キ十軒内外トスルコトア
リ

計算 鐵筋混疑土ニ於ケル單純ナル應壓ハ左ノ方式ニヨリ直ニ算出シ得ベシ

P ハ全壓力

s_c ハ混疑土ニ於ケル應力度

s_m ハ鐵筋ニ於ケル應力度

$$P = s_c A + s_m a$$

a ハ鐵筋ノ斷面積

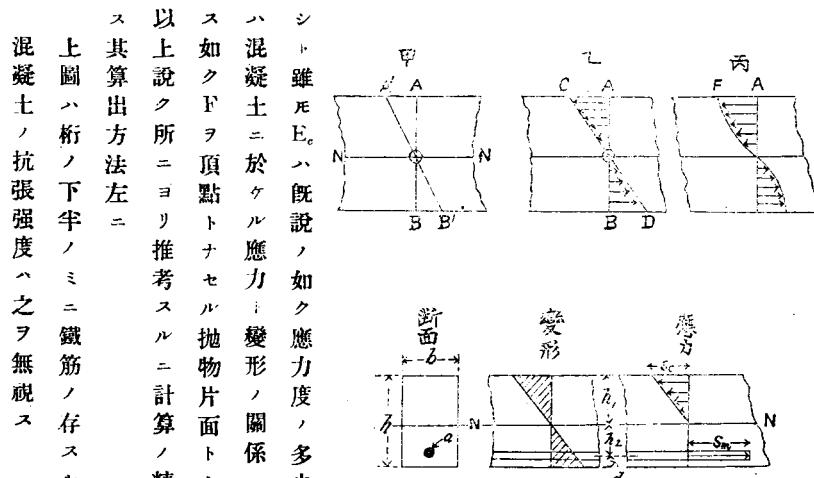
今前記ノ式ニ於テ鐵材ノ彈性力率ヲ E_e トシ混疑土ニアリテハ s_c ノ應力度ニ相當スル彈性力率ヲ E_e トスルトキハ鐵筋及混疑土ハ其變形ヲ同一ニスルニヨリ、 $\frac{E_e}{E_c}$ トナリ、仍テ替換シテ左式ヲ得ヘシ

$P = A a s_c$ ハ前顯ノ如シ

$$P = s_c (A + \varphi a)$$

φ ハ $\frac{E_e}{E_c}$ ノ比ニシテ實驗係數タリ(第二百九十四頁參照)

單純ナル張力ハ鐵筋混疑土ヲシテ支ヘシムルコト極メテ稀ナリ若シ其必要アラバ混疑土ノ強度ハ之ヲ無視シ鐵筋ヲシテ全然之ヲ負担セシムルモノトス
彎曲率ニ對スル強度ノ計算ニ就テハ由來其方法ヲ案スルモノ一ニシテ足ラス或ハ實驗方式ヲ用ヒ或ハ繁雜ナル解拆ヲ試ムルモノアリト雖凡要スルニ前者ノ應用ハ實驗ノ範圍ニ限り後者ハ混疑土ノ如キ異種混成ノ物体ニ於テ其精確ヲ期スヘキモノニ非ルナリ
左ノ計算法ハ専ラ簡易實用ヲ主トスルモノナリ



今甲圖ニ示セル桁若クハ拱ノ一部ニ彎曲ヲ生スルトキハ初メ A B ノ位置ニアリタル斷面ハ變形ノ爲メ伸縮中線 N N' ノ上下ニ於テ A' B' ノ位置ニ移ツルヘシ而シテ A' B' ノ斷面ハ A B ノ如ク平面タルヲ失ハサルコトハ實驗ノ證スル所ナリトス去レハ全斷面ニ於ケル各部ノ伸縮ハ一一ニ伸縮中線ヨリノ距離ニ比例シ縁維ニ於テ其極 A A' 及 B B' ニ達スルモノナリ

以上ノ變形ニ對スル應力ハ若シ E_c ニシテ一定ノ數量タラハ普通彈性論ニ於ケル如ク乙圖ニ於テ O A C 及 O B D ノ両三角ヲ以テ示スコトヲ得ヘシト雖凡 E_c ハ既說ノ如ク應力度ノ多少ニヨリ幾分カ増減スルモノニシテ從來ノ實驗ニヨレハ混凝土ニ於ケル應力・變形ノ關係ハ拋物線ニ近似スルニヨリ前記ノ應力ハ之ヲ丙圖ニ示ス如ク F ノ頂點トナセル拋物片面トセハ稍々實際ニ庶幾カラン
以上說ク所ニヨリ推考スルニ計算ノ精確ヨリ寧ロ簡易速用ヲ主トセハ E_c ノ一定スルニ如カス其算出方法左ニ

上圖ハ桁ノ下半ノミニ鐵筋ノ存スル場合トス
混擬土ノ抗張強度ハ之ヲ無視ス

s_c 及ビ s_m ハ 混凝土ノ 線維及鐵筋ニ於ケル 應力度

$$\varphi \times E_e^m / E_e \times \text{比トス}$$

h_1 ハ 伸縮中線ト上端ノ 離間 h_2 ハ 全鐵筋中真ノ 離間

伸縮中線ノ 上下ニ於テ 應力ハ 平衡ノ爲メ等一ナル可キニヨリ先ツ 應力圖ヨリ左ノ 方式ヲ得

$\frac{1}{2} s_c h_1 b = s_m \varphi$

又タ 變形圖ニ對照シテ 左ノ 方式ヲ得ヘシ

$$s_m = \frac{s_o}{h_1} / h_2 a$$

仍テ 替換ヲ ナストキハ 直ニ h_1 及ビ h_2 ラ得ルト左ノ 如シ

$$h_2 = \frac{b h_1^2}{2 \varphi a} \quad h_1 = \sqrt{\frac{2 \varphi a h_2}{b}} \quad h_1 + h_2 + d = h$$

蓋シ 桁ノ 有効厚ハ $\frac{3}{8} h_1 + h_2$ ニ 外ナラサレハ 弯曲率 M ナルトキハ

混疑土ニ於ケル 最大抗壓度 $\propto \frac{2M}{b h_1 (3h_1 + h_2)}$

$$\text{鐵筋ニ於ケル 抗張度 } \propto \frac{M}{a (\frac{3}{8} h_1 + h_2)}$$

伸縮中線ノ 上下ニ 鐵筋ヲ 存スル 場合ニハ 前全斷ノ順序ニヨリ 中線ノ 位置ヲ 得ルコト左式ノ
如シ

$$h_1 = -\frac{24a^2}{b} + \sqrt{\frac{24a^2}{b} + \frac{4a^2c^2}{b^2}} \quad \text{但シ 上下鐵筋ノ 位置ハ 中真ニ對シ等一トス}$$

此ヨリ各最大應力度ヲ得ルト前記ノ方法ニ異ナルコトナシ
計算ヲシテ前記ノ方法ニ比シ多少精緻ナラシメント欲セハ變形及應力ノ關係ヲ示スニ拋物
線ヲ以テスヘシ乃チ單筋ノ場合ニ於ケルモノ左ノ如シ

伸縮中線上下ノ應力ヲ等ニスルトキハ

$$\frac{2}{3}S_e h_1 b = s_m a$$

更ニ變形圖ニ對照スルトキハ左ノ變化ヲ得ヘシ

$$\frac{2}{3}bE_c h_1^2 = E_m a(h - h_1 - d)$$

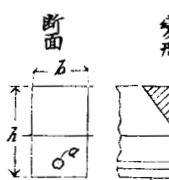
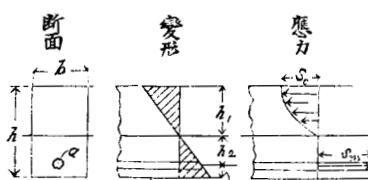
$$\text{仍ラ } \frac{E_m}{E_c} = \varphi \rightarrow \text{スル一キバ}$$

$$h_1 = -\frac{3}{4}\varphi \frac{a}{b} + \sqrt{\frac{3}{2}\varphi \frac{a}{b} \left(\frac{3}{8}\varphi \frac{a}{b} + (h - d) \right)}$$

其ヨリ彎曲率M=對スル最大應力度ヲ得ルト左ノ如シ

混凝土ノ緣維ニ於ケル應力度 $s_c = \frac{3M}{2bh_1(h - \frac{3}{8}h_1 - d)}$

鐵筋ニ於ケル應力度 $s_m = \frac{M}{a(h - \frac{3}{8}h_1 - d)}$



伸縮中線ノ上下ニ鐵筋ノ存スル場合ニハ以上全斷ノ順序ニヨリh₁ニ對シ左ノ式ヲ得ヘシ

$$h_1 = -\frac{3\varphi a}{2b} + \sqrt{\frac{3\varphi a}{2b} \left(\frac{3\varphi a}{2b} + h \right)}$$

其ヨリ前全一ノ方法ニヨリ最大應力度ヲ得ヘシ

以上ノ計算法ニアリテハ混擬土ノ抗張強度ハ全然之ヲ無視セリト雖凡裏キニ實驗ノ結果ト

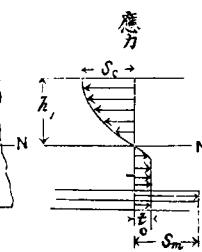
シテ説述セル桁ニ於ケル混疑土ノ抗張強度ヲ算入スルトキハ應力ノ配布ヘ左圖ニ示ス如クニシテ前全斷ノ順序ニヨリ左ノ式ヲ得ヘシ

$$\frac{2}{3}S_e b h_1 = t_o b (h - h_1) + s_m \sigma$$

$$\frac{5}{12}S_e b h_1^2 + \frac{1}{2}t_o b (h - h_1)^2 + \frac{2}{3}s_m \sigma (h - h_1 - d) = M$$

此ヲ變形圖ニ對照シ $\frac{t_o}{S_e} = \beta$ ル $\rightarrow \frac{F_m}{E_c} = \varphi$ ルスルトキハ

$$\frac{2}{3}b h_1 = \beta b (h - h_1) + \varphi \sigma \frac{(h - h_1 - d)}{h_1}$$



$$h_1 = \frac{\beta b h - \varphi a}{4\beta^2 + 2\beta b} + \sqrt{\frac{\varphi a (h - d)}{\frac{2}{3}b + \beta b} + \left(\frac{\beta b h - \varphi a}{4\beta^2 + 2\beta b} \right)^2}$$

此ヲ以テ各部ニ於ケル最大應力度ヲ得ルト既掲ノ次第ニ異ナルコトナシ乃チ

$$s_e = \frac{M}{\frac{5}{12}b h_1^2 + \frac{1}{2}\beta b (h - h_1)^2 + \frac{\varphi a (h - h_1 - d)}{h_1}}$$

拱ニ於ケル攻力ノ計算方法ニ關シテハ嚮キニ工學會誌第二百二十卷ニ記述セル如シ

鐵筋混疑土ニ就テハ爾來工學ニ關スル各種ノ雜誌ニ記掲スルモノ尠ナカラス殊ニ左ノ新著書ハ本問題ノ細目ニ亘リ殆ント餘ス所ナシトス

P. Christophe, Le Béton Armé et ses applications.
Berger et Guilleme, Cement Armé.