

鐵筋混凝土ニ關スル實驗第一回報告

鐵筋混凝土ノ實驗ハ施行中嚮キニ火災ノ爲妨止セラレ爾來修
續シテ漸ク其一部ヲ完了シ茲ニ其結果ヲ報告候也

明治四十一年四月

臨時委員 工學博士 柴田 睦 作
委 員 工學博士 廣 井 勇

震災豫防調査會長工學博士 眞野文二殿

鐵筋混凝土ニ關スル實驗第一回報告

本實驗ノ目的ハ鐵筋混凝土ノ耐震的將々經濟的構造トシテ將
來本邦ニ於テ廣ク施設セラルヘキヲ豫期シ荷重ニ對シ其強弱
ヲ算定スルノ方法ヲ確定シ又混凝土ノ製法ニ關スル從來ノ疑
點ヲ解決セントスルニアリテ實驗ノ類別及供試材ノ種類ハ左
ノ如シ

實驗ノ類別

- 一、混凝土ノ製法ト抗壓強度ノ關係
- 二、膠泥及混凝土ノ強度及彈性
- 三、鐵筋混凝土桁ノ強度
- 四、鐵筋混凝土拱ノ強度

以上四項中本報告ニ係ハルモノハ先ツ第一及第二實驗ノ結果
ナリ

供試用材

セメント 實驗用ニ使用セシ「セメント」ハ總テ東京淺野セ
メント工場ノ製造ニ係ハリ其質獨逸試驗法ニ據ルトキハ左ノ
結果ヲ呈セリ

粉末ノ程度、

凝結時間、始平均四時間半、終平均七時間

變形性ハ之レヲ認メズ

抗張強度(一方糶ニ對スル疋)

經過期間	純セメント	セメント
四週	三〇、八	一四、二
六ケ月	四〇、五	一九、三
二ケ年	四四、七	二七、五

以上ハ供試材五個ノ平均ナリ

砂 砂ハ府下玉川ニ於テ採集セルモノニシテ半ハ石英砂ヲ含有シ其粒ハ一方糶ニ綱目百個ノ篩ヲ通ズルモノ百分ノ七十ニ達セリ而シテ前記ノ抗張強度試驗ニ試用セル砂ハ此種ノモノニシテ規定ノ篩ヲ通過セルモノタルモノナリ

砂利 砂利モ亦玉川ニ於テ採集シ其徑一、五乃至二糶ニシテ空隙ハ百分ノ三十七ニ當レリ

碎石 碎石ニハ堅質ノ石灰岩ヲ用ヒ其粒ハ前記砂利ト略同大ニナセリ而シテ其空隙ハ百分ノ四十二ニ當レリ

鐵材 鐵筋ニハ徑一糶ノ鋼釘ヲ用ヒ其質左ノ如シ

(十個ノ平均)

破壞強度

一方糶ニ對シ
三六八一疋
同
三一三三疋

伸張

百分ノ二十一

第一 混凝土ノ製法ト抗張強度ノ關係

煉込法ヲ以テ製セル膠泥ノ抗張強度ノ搗固法ニ據レルモノニ及ハザルノ遠キハ業ニ既ニ顯著ナル事實ナリト雖モ混凝土ノ抗張強度ニ於ケル兩製法ノ優劣ハ未タ判然ナラザルヲ以テ本試驗ヲ施行セリ

本試驗ニ供セシ塊ハ十糶立方ニシテ搗固法ニアリテハ所定ノ配合ニヨリ「セメント」、砂及砂石ヲ混合シ塊容積ノ百分ノ十三乃至十五ニ當レル水量ヲ徐々ニ加ヘ充分ニ混和シ摸型ニ填充シ層厚約三糶毎ニ槌ニテ表面ニ水ノ滲出スルニ至ル迄打固メタル後チ表面ヲ搔キ起シ更ニ次層ヲ加ヘタリ煉込法ニ據リ製作シタル塊ハ混和セル水量ヲ塊容積ノ百分ノ十九乃至二十一トシ膠泥ヲ粘體ニシ單ニ壓力ヲ加ヘ摸型ニ充實セリ

試驗塊ハ其製作ニ使用セル砂石ニヨリ之ヲ第一、第二、第三ノ三種ニ別チ又配合法ニ依リ之ヲ甲乙丙ノ三種ニ區分セリ乃チ左ノ如シ

種別	砂	石	配合別	配合 (積量)
一	玉砂	利石	甲	セメント一、砂二、砂石三
二	碎石	利石	乙	セメント一、砂二、砂石四

三 玉砂利碎石半々併用 丙 セメント一、砂二、砂石五

混和セル水量ハ甲種ニアリテ最モ少ナク丙種ニ至リテ最モ多キヲ要セリ

斯クノ如クニシテ製作シタル塊ハ左ノ比重ヲ有セリ

搗固塊 二、二九乃至二、四〇

煉込塊 二、二一乃至二、二九

試験塊ノ吸水量ハ製作後三ヶ月ヲ經テ自然ニ乾燥シタルモノニシテ七十時間ノ浸水ニ據リ左ノ結果ヲ呈セリ

搗固塊 百分四〇(重量)

煉込塊 百分四五(重量)

抗壓試験ハ工科大学ニ設備セル「バクトン」試験機ニ據リ塊ヲ鑄鐵板ノ間ニ壓潰セリ而シテ塊製作後二ヶ月ヲ經過シテ施行セル試験ノ結果ハ實ニ左ノ如シ

抗壓強度(一方糎ニ對スル貯)

搗固塊

種別	甲	乙	丙
一	一七七	一七二	一五二
二	二一一	二〇八	一七九
三	二〇六	一八六	一九九

煉込塊

種別	甲	乙	丙
一	九四	一〇〇	一五二
二	九七	九〇	九二
三	七九	七九	八一

是ニ由テ之レヲ觀レバ煉込法ニヨリ製作セル塊ノ抗壓強度ハ搗固法ヲ以テセルモノニ比シ各種ヲ通シ僅カニ後者ノ平均半バニ過キス以テ兩法ノ優劣ヲ明カニスルニ足レリ

第二 抗壓實驗

強度ノ試驗

混凝土ノ抗壓強度ニ關シテ左記試驗ノ結果ヲ得タリ

抗壓強度試驗成績表 (一方糎ニ對スル貯)

配合 (一一、二、三)

砂石種別	經過時間		
	二ヶ月	六ヶ月	二ヶ年
砂利	一八六、八	一五九、二	一九九、七
碎石	二二〇、五	一九〇、二	二二二、〇
砂利半碎石半	二〇七、〇	二三五、五	一九四、三
各種平均	二〇一、四	一九五、〇	二〇二、〇

表 二 第

砂石種別	配 合 (一、二、四)		
	二ヶ月	六ヶ月	二ヶ年
砂 利	一七九、一	二六二、五	一九三、八
碎 石	二一七、六	二二九、五	二三九、四
砂利半碎石半	一八六、二	二二五、七	二六六、八
各種平均	一九四、三	二三九、三	二三三、三

表 三 第

砂石種別	配 合 (一、二、五)		
	二ヶ月	六ヶ月	二ヶ年
砂 利	一五六、五	一九一、二	一五一、五
碎 石	一八三、八	一四〇、二	二五七、八
砂利半碎石半	二二二、二	二五七、四	二六八、一
各種平均	一八四、二	一九六、三	二二五、八

本試験ニアリテハ供試材ハ總テ十糶立方ノ塊ニシテ搗固法ニヨリ之ヲ製シ所定ノ時間空中ニ於テ乾燥セシメ後チ鑄鐵飯ノ間ニ壓潰セシモノナリ

表中記掲ノ強度ハ各種六個中ノ最高三個ノ平均ナリ
以上ノ成績ニ據レバ混凝土ノ抗壓強度ハ碎石ヲ用ユルモノニ

アリテ最モ高ク單ニ砂利ノミヲ用ヒザルヲ可トスルモノナリ
砂石ノ量ニ關シテハ或ル範圍ニ於テハ其混凝土ノ抗壓強度ニハ何等ノ關係ナキモノ、如シ

要スルニ普通工事ニ施設スル混凝土ニアリテハ其抗壓強度ハ一方糶ニ對シ平均二百庇トシテ大差ナカルベシ

抗壓彈性實驗

壓力ニ對スル混凝土ノ彈率ハ長サ四十五糶ニシテ斷面十糶方ノ供試材ヲ以テ其實驗ヲ施セリ壓力ハ「バクトン」試驗機ニヨリ之ヲ課シ壓縮ハ廓度三百七十倍ノ伸縮計ヲ用ヒ此ヲ測レリ
本實驗ニ係ハレル供試材ハ膠泥八個及混凝土十個ヨリ成レリ
膠泥 壓力ニヨリ生ズル膠泥變形ハ專ラ膠泥ノ配合ニヨリ其度ヲ異ニスト雖モ應力變形ノ線ニ至リテハ何レモ第一葉ノ圖表ニ示ス如キ形狀ヲ成シ始メ壓力ヲ加フルヤ該線ハ應力軸ニ向ヒ稍々凸形ノ緩曲線ヲ呈シ而シテ壓力ヲ減ズルニ及ビテハ反對ノ曲線ヲ描キ而モ壓力ノ始點ニ復セズ必ズ多少ノ恒久變形ヲ存シ更ニ壓力ヲ加フルトキ曲線ハ進退共ニ直線ニ漸近シ遂ニ略同一ノ軌道ヲ往還スルニ至レリ
前記恒久變形ハ最大壓度一回ノ課力ニヨリ殆ンド其全部ニ達シ其後ニ至リテハ膠泥ノ彈性略々全キヲ得ルモノナリ
左表ハ加力ニ對スル應力變形ノ觀測ノ結果ナリ

變形度（全長ニ對スル比） 十萬分ノ一

附號	配合		應力度	（一方糎ニ對スル壓）
	灰膠	砂		
ニ	一	一	〇	五
ハ	一	三	一〇	二〇
ロ	一	二	三〇	四〇
イ	一	一	七〇	一〇〇
ニ	一	四	一〇〇	一五〇
ハ	一	三	一五〇	二〇〇
ロ	一	二	二〇〇	二五〇
イ	一	一	三〇〇	三〇〇
ニ	一	四	三〇〇	四〇〇
ハ	一	三	四〇〇	五〇〇
ロ	一	二	五〇〇	六〇〇
イ	一	一	六〇〇	七〇〇
ニ	一	四	七〇〇	八〇〇
ハ	一	三	八〇〇	九〇〇
ロ	一	二	九〇〇	一〇〇〇
イ	一	一	一〇〇〇	一〇〇〇

本表ハ第二葉圖ニ於テ實線ヲ以テ之ヲ表ハセリ是ニ由テ之レヲ觀レバ各應力變形ハ略直線ヲ呈シ左ノ等式ヲ以テ之ニ當ツルコトヲ得ベシ

$$y = ax + c$$

y ハ變形度ノ十萬倍
 x ハ應力度（一方糎ニ對スル壓）
 a 及 c ハ定數

而シテ a 及 c ニ對シテハ最小自乘法ニヨリ左ノ値ヲ得ルモノナリ

$$y = .486x - 1.1 \quad (\text{イ})$$

$$y = .658x + 3.7 \quad (\text{ロ})$$

$$y = .895x + 4.7 \quad (\text{ハ})$$

$$y = 1.206x + 1.6 \quad (\text{ニ})$$

以上ノ等式ニ於テ c ハ當初ノ課重ニヨリ殆ンド全部消失スルモノナレバ實用上必要ナルモノハ單ニ a ノ値ニシテ今膠泥ノ彈性ヲ E トシ供試材ノ長ヲ l トスルトキハ左ノ關係アルモノナリ

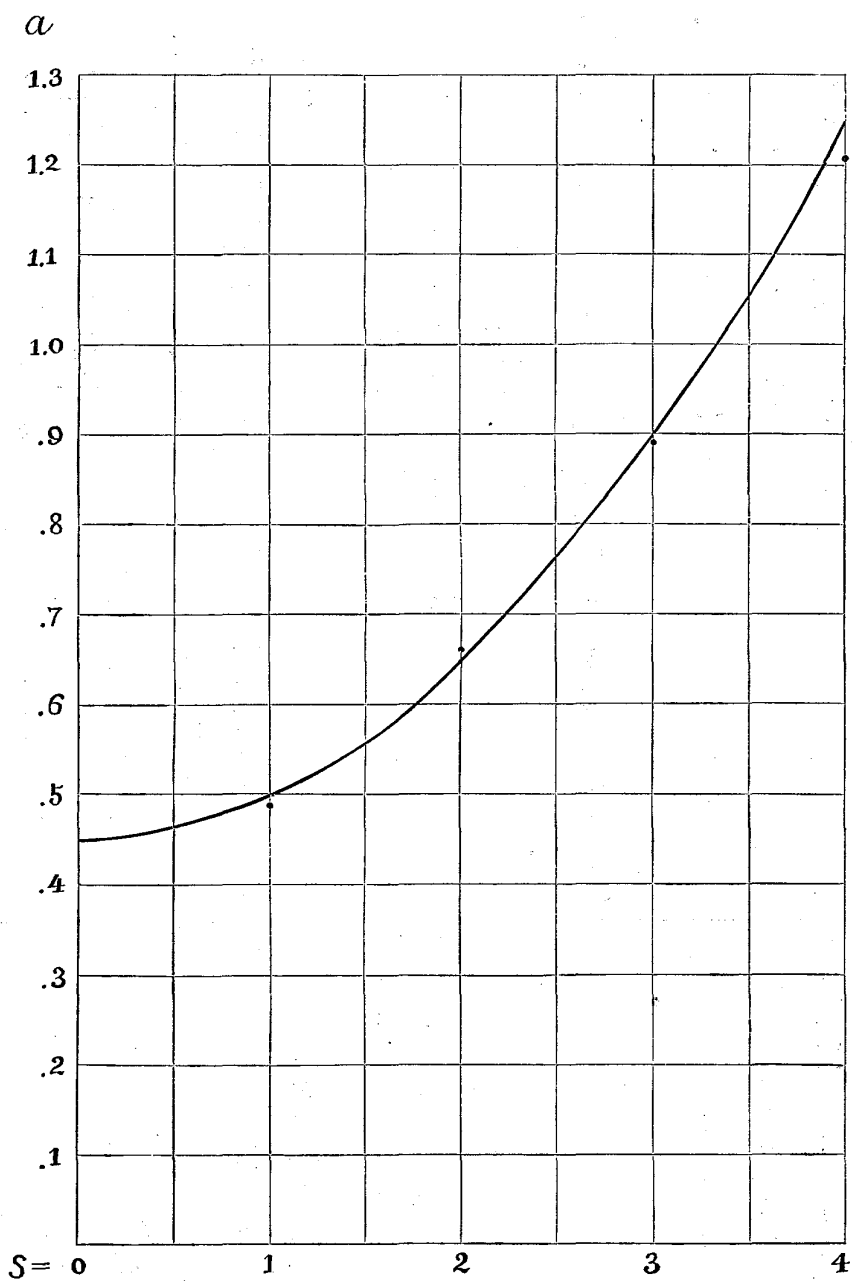
$$l \alpha = \frac{l(y-c)}{100000}$$

$$E = \frac{100000}{a} \text{ kgs/cm}^2$$

而シテ a ノ値ハ專ラ「セメント」ニ對スル砂ノ量ニヨリ差アルモノニシテ其關係左ノ如シ

セメントニ對スル砂ノ重量	a
一	、四八六
二	、六五六
三	、八九五
四	、二〇六

本表ハ左ノ圖ニ點ヲ以テ示セルモノニシテ此ニ拋物線ヲ當嵌メ最小自乘法ニヨリ定數ヲ求ムルトキハ左ノ式ヲ得ルモノナリ



$$20a - 8.95 = S^2$$

a	S
ハ前記係數	ハ「セメント」ニ對スル砂ノ量

前圖ニ描ケル曲線ハ乃チ本式ニ對スルモノナリ而シテ其最大差ハ約百分ノ一ナリトス
 混凝土 混凝土モ亦前記膠泥ト略同一ノ彈性ヲ呈スル事第三葉應力變形圖ニ示ス所ノ一例ニヨリ之レヲ知ルニ足ルベシ

唯其恒久變形ノ多大ナルト壓力加減兩線ノ曲度膠泥ニ比シ稍々大ナルハ混凝土ノ特性トス左表ニ掲グル試驗ノ結果ハ製作ヨリニケ年ヲ經過シタル供試材各種ノ配合ニ對スルモノナリ

變形全長ニ對スル比 (十萬倍)

(表中括弧内ノ數字ハ供試材ノ個數)

配合應力度	〇	五	一〇	二〇	三〇	四〇	五〇	五五
セメント、砂、 碎石一、(一)	五二	七八	一〇九	一八六	二四九	三〇四	三五七	三八二
セメント、砂、 碎石三、(二)	二六	五〇	七七	一四〇	二〇〇	二五六	三〇八	三三三
セメント、砂、 碎石四、(二)	三一	八七	一三七	二三三	二九九	三六九	四三七	四六九
セメント、砂、 碎石五、(一)	二八	四二	六〇	一〇六	一五三	一九七	二四〇	二六二
セメント、砂、 碎石五、(二)	五九	一〇二	一四六	二三八	三二七	三八八	四四三	四八四
セメント、砂、 碎石五、(一)	四七	五五	七八	一三五	一八七	二三六	二八三	三〇四
セメント、砂、 碎石六、(一)	三五	八〇	一二四	二〇六	二七七	三四三	四〇七	四三七
平均	三四	七三	一〇九	一八三	二四八	三一〇	三六八	三九五

以上ノ結果ハ第四葉圖ニ於テ之ヲ表セリ

前掲平均ノ應力變形度ヲ表示スベキ直線ニ對シ式ヲ求ムルト
キハ左ノ如シ

$$y = .68x + 3.62$$

y ハ變形度
 x ハ應力度

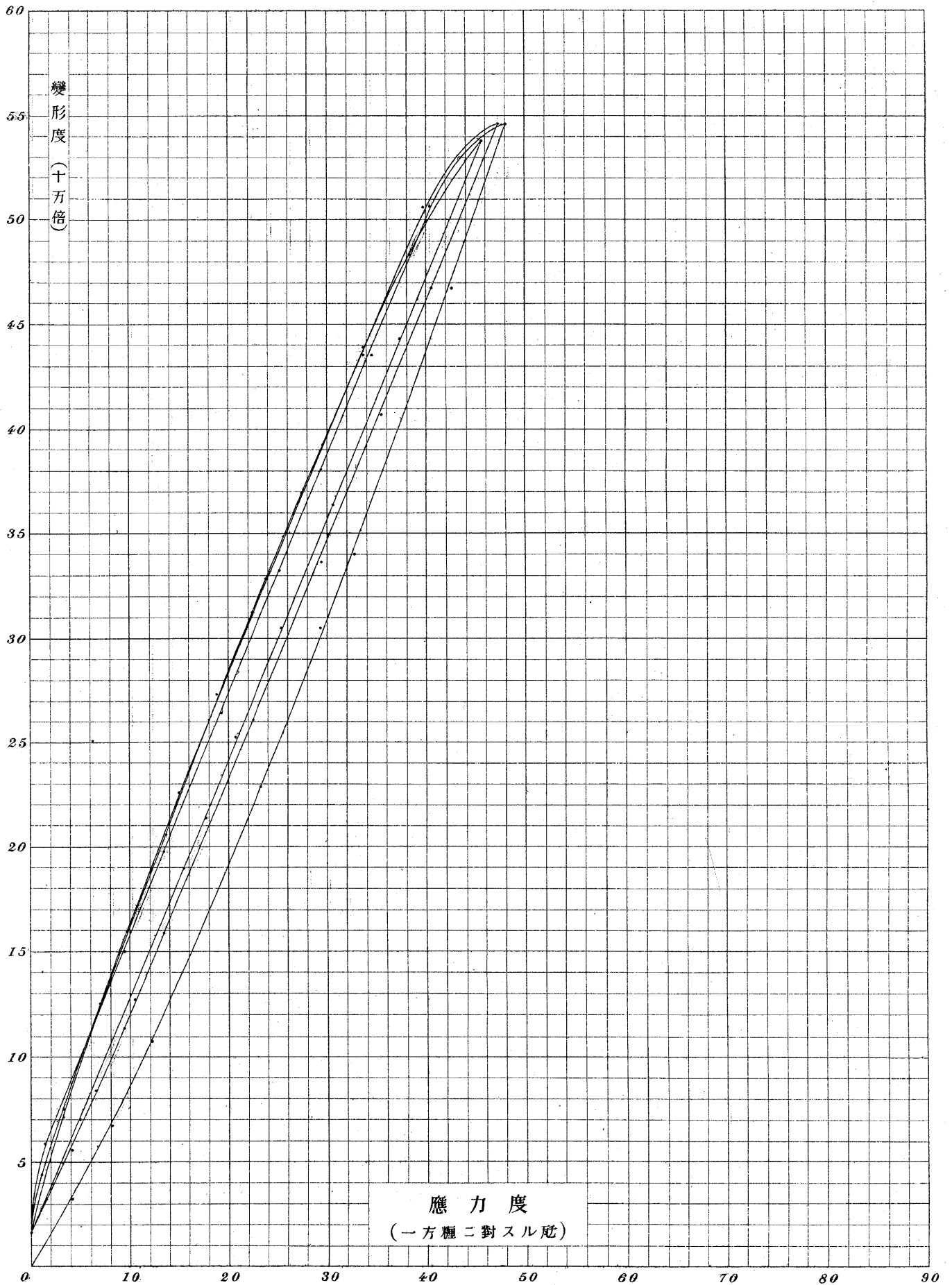
乃チ本式ニヨルトキハ普通工事ニ使用スル混凝土ノ彈率ハ一方糲ニ對シ約一四七、〇〇〇砵ニシテ柔鋼ニ比シ其約十三分ノ一二當レルモノナリ

膠泥應歷實驗

應力變形圖

配合 {セメント 一} 重量
 {砂 四}

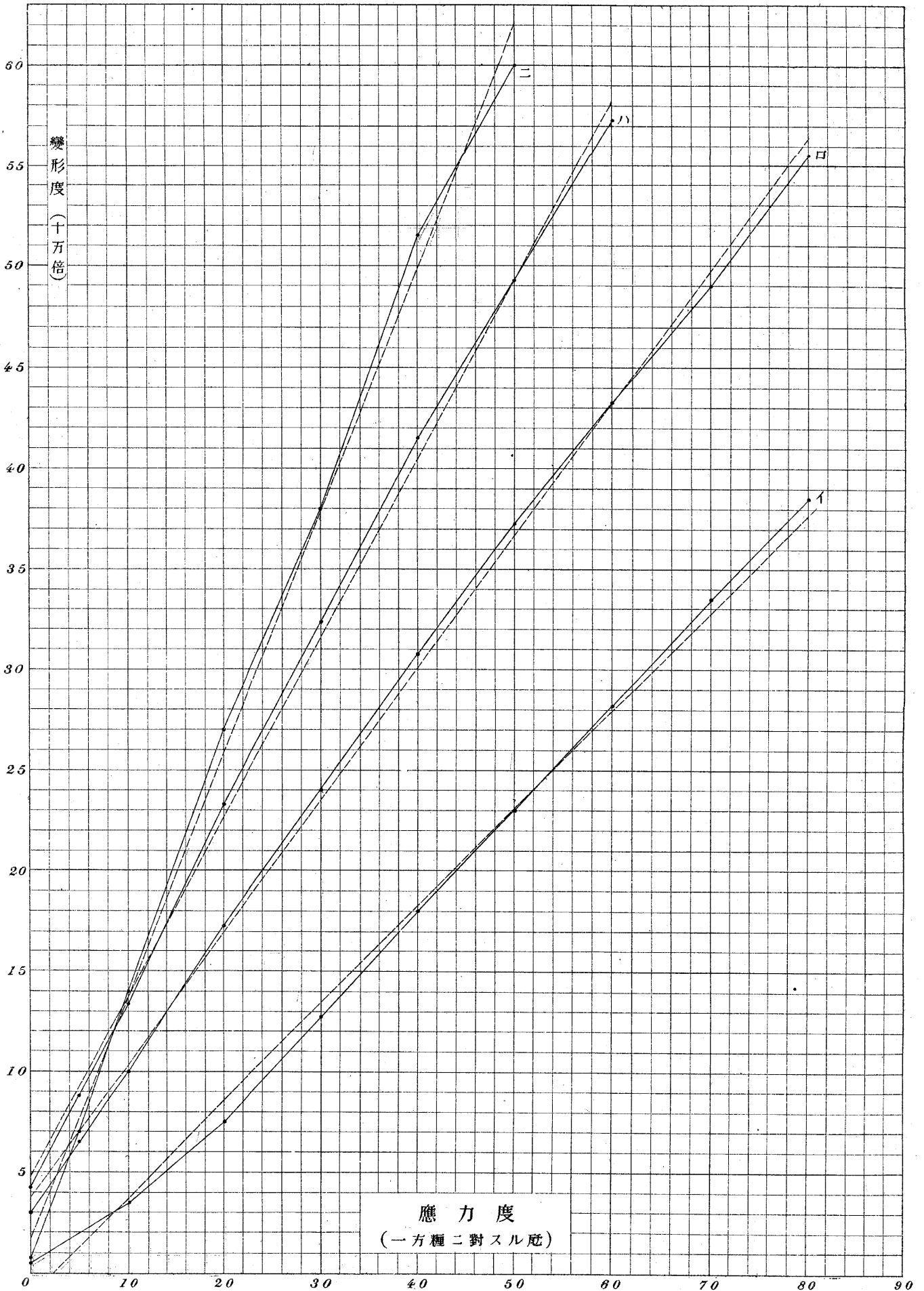
第一葉



膠 泥 應 壓 實 驗

應 力 變 形 圖

第二葉

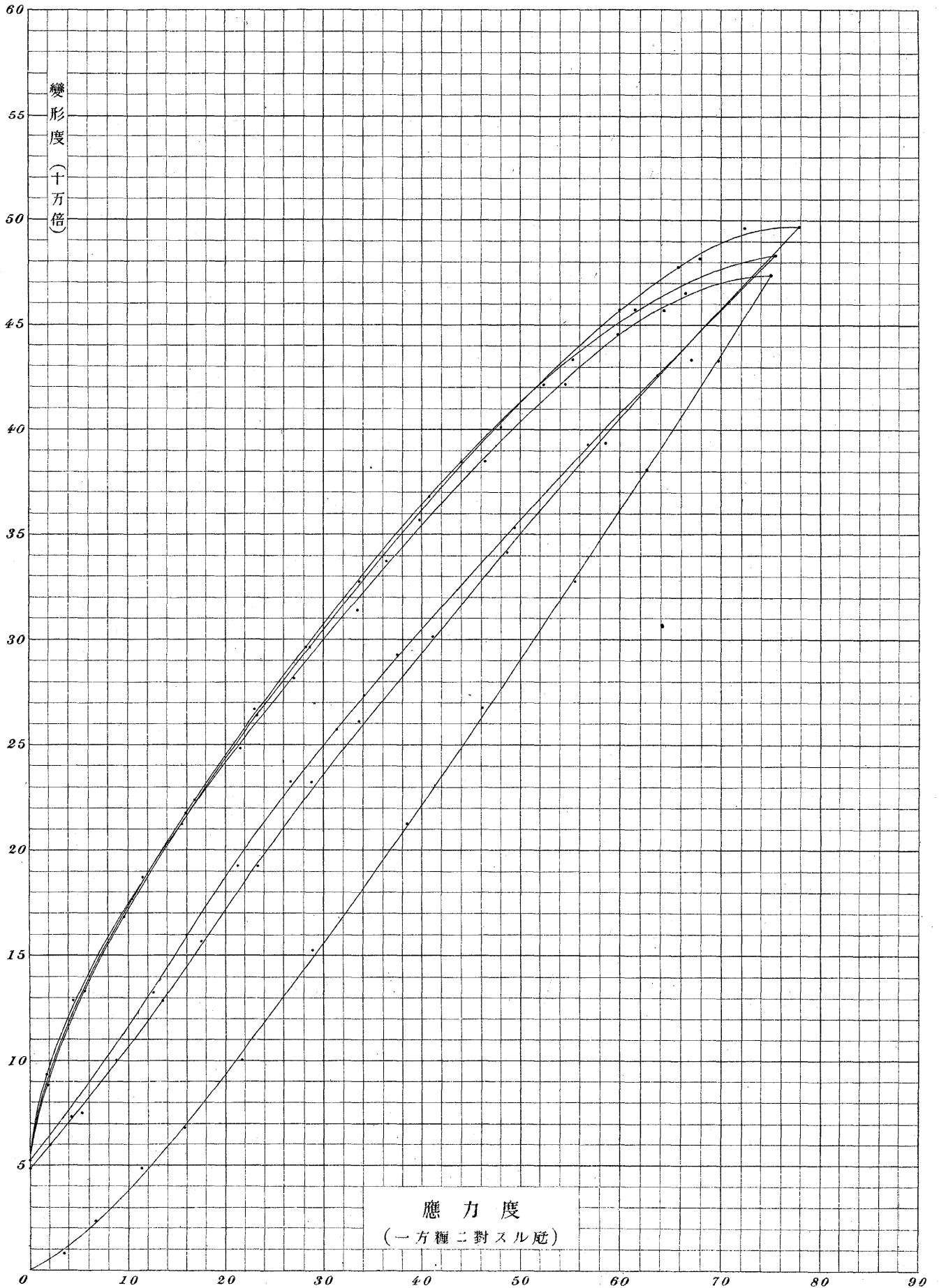


混 凝 土 應 壓 實 驗

應 力 變 形 圖

配合 { セメント 二 } 積 量
 { 砂 三 }
 { 碎 石 四 }

第 三 葉



混 凝 土 應 歴 實 験

應 力 變 形 圖

第四葉

